

56/2551

**คู่มือการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ยางคอมพาวนด์  
กรณีศึกษา บริษัท เอ็น. ซี. อาร์. รับเบอร์ อินดัสตรี จำกัด**

**นายวันชัย รอมาลี**

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต  
แขนงวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช

พ.ศ. 2551

**Quality Manual for Rubber Compound Process:  
A Case Study of N.C.R. Rubber Industry Co.,Ltd.**

**Mr. Wanchai Rormalee**

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Degree of Master of Business Administration

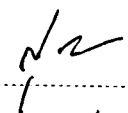
School of Management Science

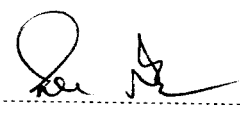
Sukhothai Thammathirat Open University

2008


หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ      คู่มือการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางคอม  
พาวน์ กรณีศึกษา บริษัท เอ็น. ซี. อาร์. รับเบอร์ อินดัสตรี จำกัด  
ชื่อและนามสกุล      นายวันชัย รอมาลี  
แขนงวิชา      บริหารธุรกิจ  
สาขาวิชา      วิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช  
อาจารย์ที่ปรึกษา      รองศาสตราจารย์สุวิณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ ได้ให้ความเห็นชอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ  
ฉบับนี้แล้ว

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์สุวิณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์นัตถชัย ลอยฤทธิวุฒิไกร)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาวิทยาการจัดการ อนุมัติให้รับการศึกษา  
ค้นคว้าอิสระฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต  
แขนงวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

  
.....  
(รองศาสตราจารย์อัจฉรา ชีวะตระกูลกิจ)  
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาการจัดการ  
วันที่ ๒1 เดือน .. น.ด. .. พ.ศ. ๒๕๖๒

ชื่อการศึกษา คั่นคว่ำอิสระ คู่มือการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ยางคอมพาวนด์  
กรณีศึกษา บริษัท เอ็น. ซี. อาร์. รับเบอร์ อินดัสตรี จำกัด

ผู้ศึกษา นายวันชัย รอมาลี ปริญญา บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สุวิณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ ปีการศึกษา 2551

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำคู่มือการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ยางคอมพาวนด์สำหรับบุคลากรในโรงงานรวมถึงบุคคลทั่วไปที่สนใจทางด้านเทคโนโลยี การผลิตผลิตภัณฑ์ยางให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่มีคุณสมบัติการใช้งานตามที่ต้องการ ตลอดจนสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงการผลิตผลิตภัณฑ์ยางให้มีคุณภาพดีขึ้น

วิธีการศึกษา ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาคั่นคว่ำข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางคอมพาวนด์ จากเอกสาร ตำรา และประสบการณ์การทำงาน มาเรียบเรียงเป็นคู่มือ

ผลการศึกษา ได้จัดทำคู่มือโดยมีเนื้อหาครอบคลุม ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางคอมพาวนด์ การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผสมยาง การใช้วงจรมคุณภาพ การสุ่มตัวอย่างในการตรวจสอบ การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานและคู่มือการทำงานสำหรับพนักงานในกระบวนการผสมยางของแต่ละสถานงาน ตลอดจนข้อเสนอแนะแนวทางการป้องกัน และแก้ไขข้อผิดพลาดที่มักเกิดขึ้นเพื่อให้สามารถปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ คู่มือการจัดการคุณภาพ กระบวนการผลิตยางคอมพาวนด์ บริษัท เอ็น. ซี. อาร์. รับเบอร์ อินดัสตรี จำกัด



## กิตติกรรมประกาศ

คู่มือการค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์สุวิณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ และรองศาสตราจารย์นัทรชัย ลอยฤทธิวิฎิโกร (อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ) ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อการปรับปรุง เพื่อให้คู่มือการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์อย่างคอมพิวเตอร์ นี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณสุวัฒน์ บุญบรรดาสุข (กรรมการผู้จัดการ) และคุณประเสริฐ บำรุงชัยชนะ (ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงาน) บริษัท เอ็น. ซี. อาร์. รีบเบอร์อินดัสตรี จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์ให้ผู้จัดทำ ดำเนินการนำข้อมูลของบริษัทฯ มาใช้ในการจัดทำคู่มือในครั้งนี้

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุบิน คุณแม่สมจิตร รอมาลี ที่ได้ช่วยดูแลกิจการฟาร์มเห็ด ในช่วงที่ผมต้องทุ่มเทเวลาให้กับการเรียน MBA และขอบพระคุณเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือจนคู่มือนี้สำเร็จ

ท้ายสุดนี้ คุณงามความดีและประโยชน์อันเกิดจากคู่มือการค้นคว้าอิสระนี้ ผู้จัดทำขอ น้อมบูชาคุณบิดามารดาและบูรพคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาอบรมสั่งสอนข้าพเจ้า จนกระทั่งประสบผลสำเร็จในวันนี้

วันชัย รอมาลี

ธันวาคม 2551

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                          | ง    |
| กิตติกรรมประกาศ .....                          | จ    |
| บทที่ 1 บทนำ .....                             | 1    |
| ความหมายและความสำคัญของการจัดการ .....         | 1    |
| ความหมายของการจัดการ .....                     | 1    |
| การจัดการเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ .....          | 3    |
| สรุปความสำคัญของการจัดการ .....                | 4    |
| องค์การและการจัดการ .....                      | 5    |
| เป้าหมายขององค์การและการจัดการ .....           | 5    |
| หน้าที่และบทบาททางการจัดการ .....              | 6    |
| ลักษณะของงานด้านการบริหาร .....                | 7    |
| บทบาททางการจัดการ .....                        | 9    |
| เครือข่ายและวาระงานด้านการบริหาร .....         | 13   |
| ประเภทของทักษะของผู้บริหาร .....               | 14   |
| ทักษะของผู้บริหาร .....                        | 17   |
| บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง .....            | 21   |
| ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารเคมีและยางแห้ง ..... | 21   |
| สารเคมีสำหรับยาง .....                         | 21   |
| ยาง .....                                      | 23   |
| สารวัลคาไนซิง .....                            | 27   |
| สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ .....                | 30   |
| สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ .....        | 31   |
| สารตัวเติม .....                               | 33   |
| สารช่วยในการแปรรูปยาง .....                    | 35   |
| สารต้านทานยางเสื่อมสภาพ .....                  | 38   |
| สารพวกอื่นๆ .....                              | 41   |

สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| ยาง .....  | 46   |
| เทคโนโลยีการผสมยาง .....                             | 49   |
| การบดย่อยยางหรือมาสติเคชัน .....                     | 50   |
| กลไกการผสม .....                                     | 51   |
| การเข้าไปในเนื้อยางของสารตัวเติม .....               | 52   |
| การกระจายตัวของสารตัวเติม .....                      | 54   |
| การแตกตัวของสารตัวเติม .....                         | 54   |
| เครื่องผสมยาง .....                                  | 55   |
| ลำดับการผสมเคมี .....                                | 56   |
| วิธีและเทคนิคของการผสมยางด้วยเครื่องผสมระบบปิด ..... | 58   |
| แนวคิดเกี่ยวกับระบบการผลิต .....                     | 65   |
| แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการกับระบบการผลิตต่างๆ .....    | 67   |
| ปัจจัยที่กำหนดกำลังการผลิต .....                     | 69   |
| ความสำคัญของการวางแผนกำลังการผลิต .....              | 70   |
| แนวคิดเรื่องคุณภาพ .....                             | 71   |
| แนวคิดเรื่องการจัดการคุณภาพ .....                    | 76   |
| ความปลอดภัยในงาน .....                               | 77   |
| บทที่ 3 การจัดการคุณภาพ .....                        | 79   |
| การควบคุมคุณภาพ .....                                | 79   |
| การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ .....                  | 82   |
| การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ .....               | 86   |
| บทสรุป .....   | 89   |
| ภาพรวมองค์ประกอบการเพิ่มผลผลิต .....                 | 89   |
| ความหมายของคุณภาพ .....                              | 90   |
| ประเภทของคุณภาพ .....                                | 91   |
| ความสำคัญของคุณภาพ .....                             | 91   |
| มาตรฐานการปฏิบัติงานและการจัดทำมาตรฐาน .....         | 95   |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| วงจรกิจการบริหารงาน PDCA และวงจรกิจการดำเนินงาน SDCA .....                     | 100  |
| แนวคิดการบริหารงานและการทำงานอย่างมีระบบ .....                                 | 101  |
| วงจรกิจการบริหารงาน PDCA .....   | 102  |
| วงจรกิจการดำเนินงาน SDCA .....   | 106  |
| 5ส เทคนิคพื้นฐานการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิต .....                                | 107  |
| ความเป็นมาและประโยชน์ที่ได้รับ .....   | 107  |
| ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำ 5 ส .....  | 109  |
| คำจำกัดความของ 5ส .....  | 109  |
| จุดประสงค์การทำ 5ส .....   | 111  |
| การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผสม .....  | 117  |
| การตรวจสอบสมบัติของวัตถุดิบ .....  | 117  |
| การตรวจสอบสมบัติของยาง .....   | 118  |
| การตรวจสอบสมบัติของสารตัวเติม .....  | 118  |
| การตรวจสอบสมบัติของสารทำให้ยางนิ่มและน้ำมัน .....                              | 119  |
| การตรวจสอบสมบัติของสารเคมีอื่นๆ .....  | 119  |
| ดัชนีชี้วัดการดำเนินไปของการผสม .....  | 119  |
| การทดสอบสมบัติของยางคอมพาวด์ .....   | 120  |
| การทดสอบสมบัติของยาง .....   | 122  |
| การทดสอบสมบัติของยางดิบและยางคอมพาวด์ .....                                    | 124  |
| สาเหตุของความแปรปรวนหรือความไม่สม่ำเสมอของผลการทดสอบ .....                     | 135  |
| บทที่ 4 คู่มือการจัดการคุณภาพในกระบวนการผสมยาง .....                           | 138  |
| รายละเอียดของขั้นตอนการทำงาน .....   | 139  |
| กระบวนการผสมยาง .....  | 143  |
| วิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การจัดเตรียมวัตถุดิบ แป้ง , เหม่า , ยางและน้ำมัน ..... | 144  |
| วิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การจัดเตรียมวัตถุดิบประเภทยาตีและยาสุก .....           | 147  |
| วิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การผสมยางที่เครื่อง BANBURY .....                      | 149  |
| วิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การผสมยาสุกที่เครื่อง KNEDER .....                     | 153  |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| การปรับลดความหนืด .....                                | 156  |
| การปรับลดความเป็นอีลาสติก .....                        | 157  |
| การปรับเพิ่ม Tack .....                                | 158  |
| การปรับเพิ่ม Filler dispersion .....                   | 159  |
| การปรับเพิ่ม Green strength .....                      | 161  |
| การปรับเพิ่ม Scorch time .....                         | 162  |
| การปรับลด Reversion .....                              | 165  |
| บทที่ 5 ข้อเสนอแนะ .....                               | 167  |
| ข้อผิดพลาดที่พบบ่อยๆ และการแก้ไขป้องกัน .....          | 167  |
| วัตถุดิบ .....   | 167  |
| คน .....   | 169  |
| เครื่องจักร .....                                      | 190  |
| ไม่มีการทบทวนผลการปฏิบัติงาน .....                     | 210  |
| มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในงาน .....                        | 211  |
| การเกิดไฟฟ้าดับ ลมตกหรือแรงดันลมไม่พอ น้ำไม่ไหล .....  | 212  |
| บรรณานุกรม .....                                       | 213  |
| ภาคผนวก .....  | 215  |
| ก หนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการทำคู่มือ ..... | 216  |
| ประวัติผู้ศึกษา .....                                  | 217  |

สารบัญตาราง

|              | หน้า   |
|--------------|--|
| ตารางที่ 1.1 | บทบาทการบริหารตามแนวคิดของเฮนรี มินทซ์เบิร์ก ..... 9                       |
| ตารางที่ 1.2 | คุณสมบัติของผู้บริหารที่ประสบความสำเร็จในปี ค.ศ. 2000 ..... 18             |
| ตารางที่ 2.1 | ค่าตัวแปรความสามารถในการละลายขององค์ประกอบชนิดต่างๆ ..... 53               |
| ตารางที่ 2.2 | การเปรียบเทียบลักษณะของเครื่องผสม 2 ชนิด ..... 62                          |
| ตารางที่ 3.1 | บทบาทของการควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการออกแบบขั้นตอนการผลิต ..... 80           |
| ตารางที่ 3.2 | ตารางเปรียบเทียบประเภทของการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ ..... 85            |
| ตารางที่ 3.3 | คำแนะนำในการเลือกใช้มาตรฐานของแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ ..... 88 |
| ตารางที่ 3.4 | ตัวอย่างของระบบมาตรฐานต่างๆ ..... 100                                      |
| ตารางที่ 3.5 | วิธีมาตรฐานต่างๆ ที่นิยมใช้ในการทดสอบสมบัติของยาง ..... 123                |
| ตารางที่ 3.6 | สภาวะสำหรับการทดสอบค่าความหนืดมูนี้ตามมาตรฐาน ASTM D164 ..... 126          |
| ตารางที่ 4.1 | ตารางทวนสอบเครื่องชั่ง ..... 140   |
| ตารางที่ 5.1 | แสดง 12 ขั้นตอนการทำ TPM ..... 203   |

สารบัญภาพ

|  | หน้า |
|--|------|
| ภาพที่ 1.1 กระบวนการบริหาร (Management process) .....                                    | 2    |
| ภาพที่ 1.2 พีรามิดระดับของการบริหารงาน .....   | 17   |
| ภาพที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะด้านการจัดการกับระดับของการบริหาร .....               | 19   |
| ภาพที่ 2.1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง .....                                     | 46   |
| ภาพที่ 2.2 ลำดับการผสมเคมีโดยทั่วไป .....  | 57   |
| ภาพที่ 2.3 ระบบการผลิต (Spectrum of Manufacture) .....                                   | 65   |
| ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบของคุณภาพที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้า .....                    | 72   |
| ภาพที่ 3.1 แผนการตรวจสอบผลงานแบบคัดเลือก แบบวงจรเปิด แบบวงจรปิด .....                    | 82   |
| ภาพที่ 3.2 กระบวนการของการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ .....                            | 86   |
| ภาพที่ 3.3 ประเภทของแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ .....                            | 87   |
| ภาพที่ 3.4 การเพิ่มผลผลิตโดยรวมที่ได้คุณธรรมและยั่งยืน .....                             | 90   |
| ภาพที่ 3.5 วงล้อเดมมิง .....   | 101  |
| ภาพที่ 3.6 ภาพความสัมพันธ์ระหว่างวงล้อเดมมิงกับวงจรการบริหารงาน PDCA .....               | 101  |
| ภาพที่ 3.7 วงจรการบริหารงาน PDCA ในตอนเริ่มแรก (แบบตะวันตก).....                         | 102  |
| ภาพที่ 3.8 วงจรการบริหารงาน PDCA ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว (แบบญี่ปุ่น).....              | 103  |
| ภาพที่ 3.9 วงจรการทำงาน SDCA.....  | 105  |
| ภาพที่ 3.10 ความสัมพันธ์ของวงจร PDCA และวงจร SDCA กับไคเซ็นและการรักษา<br>เสถียรภาพ..... | 106  |
| ภาพที่ 4.1 การจัดเตรียมวัตถุดิบ แป้งและเขม่าด้วยการขังมือ .....                          | 144  |
| ภาพที่ 4.2 การจัดเตรียมวัตถุดิบ (ยาง) .....  | 145  |
| ภาพที่ 4.3 รูปแสดงการขังยาดีและยาสุก .....   | 147  |
| ภาพที่ 4.4 อุปกรณ์ safety สำหรับพนักงานที่ปฏิบัติงาน .....                               | 148  |
| ภาพที่ 4.5 ป้ายชี้บ่งของแต่ละสถานีการทำงาน .....   | 149  |
| ภาพที่ 4.6 รูปภาพการผสมยางที่เครื่อง BANBURY .....                                       | 152  |
| ภาพที่ 4.7 ป้ายชี้บ่งของสถานีการทำงานขังยาสุก .....                                      | 154  |
| ภาพที่ 4.8 รูปภาพการผสมยางที่เครื่อง KNEDER .....  | 155  |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความหมายและความสำคัญของการจัดการ

ลัทธิกาล ศรีวระรมย์ (2549:7) ในช่วงก่อนที่จะมีการปฏิวัติอุตสาหกรรม (Industrial Revolution) ของมนุษยชาติเกิดขึ้นหรือเมื่อปลาย ค.ศ. 1800 ที่ผ่านมานั้นพบว่า แนวคิดด้านการจัดการอย่างมืออาชีพอย่างในปัจจุบันและหลักการบริหารองค์การไม่เคยปรากฏอยู่ช่วงเวลานี้มาก่อนเลย แต่ปัจจุบันกลับมีผู้คนที่เป็นนักบริหารนับล้าน ๆ คนเกิดขึ้นทั่วโลก กล่าวกันว่า เฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาเพียงแห่งเดียวก็มีบุคคลที่นั่งอยู่ในตำแหน่งหน้าที่ด้านการบริหารเกือบ 15 ล้านคนหรือคิดเป็นร้อยละ 12 ของทรัพยากรมนุษย์ระดับบริหารของทั้งโลก ซึ่งแน่นอนบรรดาผู้บริหารเหล่านี้ต่างก็ทำหน้าที่ทั้งด้านการวางแผน การประสานงาน และการควบคุมการใช้ทรัพยากรขององค์การ การเป็นผู้นำพาผู้ใต้บังคับบัญชาของพวกเขาก้าวเดินไปสู่อนาคต และเป็นผู้นำองค์การเพื่อรับมือกับทุกสิ่งไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีไปจนถึงความคาดหวังของผู้คนในสังคม สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือแนวคิดหรือหลักการด้านการบริหารจัดการนั้นถือเป็นสิ่งที่สามารถได้รับผลกระทบได้ในชีวิตประจำวันทั่วไปของทุก ๆ คนในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป เพราะบรรดาผู้บริหารนักการจัดการเหล่านี้จะดำเนินบทบาทของตนอยู่ตามองค์การทุกประเภทและขนาดทั้งภาครัฐบาลองค์การธุรกิจเอกชน องค์การพัฒนาเอกชนต่าง ๆ เช่น โรงพยาบาล โรงเรียน องค์การการกุศล เป็นต้น

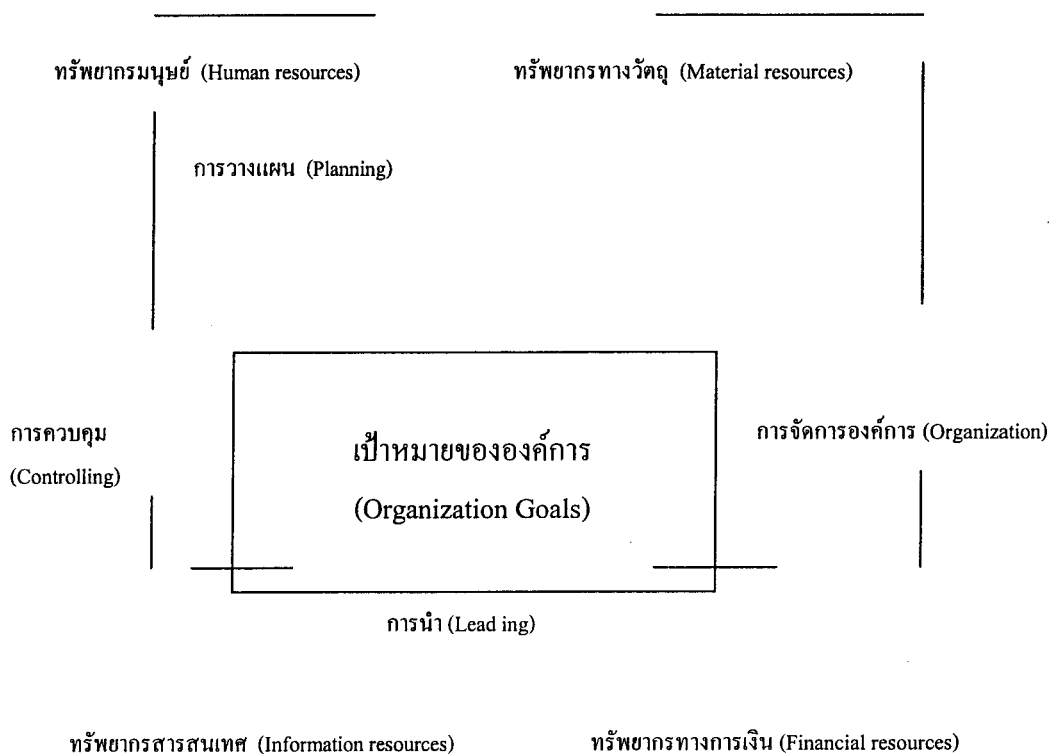
#### ความหมายของการจัดการ

พัฒนาการของศาสตร์และศิลป์ด้านการจัดการได้ผ่านช่วงเวลาของการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงมาเป็นเวลานานหลายปี เช่นเดียวกับการนิยามความหมายของการจัดการที่แตกต่างหลากหลายออกไปเช่นกันกล่าวคือ นักทฤษฎีในยุคต้น ๆ มิได้มองหรือแนวคิดเกี่ยวกับ “การจัดการ” (Management) ไว้อย่างง่าย ๆ ว่าหมายถึงความสามารถในการทำงานโดยอาศัยผู้อื่นช่วยตามที่ต้องการ (The ability to work through others) ส่วนแนวคิดด้านการจัดการร่วมสมัยกลับมองว่า การจัดการก็คือ การทำงานกับเครื่องมือเครื่องมือและทรัพยากรต่าง ๆ จำนวนมากเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ เป็นการมองถึงส่วนประกอบอื่น ๆ นอกเหนือจากเรื่องของมนุษย์เพียงอย่างเดียว ปัจจุบันยังมีนิยามคำว่า “การจัดการ” ที่ค่อนข้างจะครอบคลุมและสามารถสื่อความหมายถึงกิจกรรมสำคัญหรือภารกิจหลักของการจัดการไว้ค่อนข้างชัดเจนว่า หมายถึง “กระบวนการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์การ โดยอาศัยขั้นตอนในการวางแผน (planning) การจัดองค์การ (organizing) การนำ (leading) และการควบคุม (controlling) การใช้ทรัพยากรทางการบริหารต่าง ๆ ได้แก่ มนุษย์ วัสดุ



อุปกรณ์ เงินทุน ตลอดจนสารสนเทศที่เกี่ยวข้องในองค์การอย่างเหมาะสมมีประสิทธิภาพ (efficiency) และประสิทธิผล (effectiveness)”

จากนิยามนี้จะเห็นได้ว่าการจัดการจึงเป็นเสมือนกระบวนการที่มีลักษณะเฉพาะ เป็นชุดของสิ่งที่จะต้องขับเคลื่อนไปข้างหน้า เป็นการประสานกิจกรรมต่าง ๆ ให้ดำเนินไปด้วยกันอย่างเหมาะสมภายใต้การกำกับดูแลของผู้บริหาร (Manager) เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายขององค์การตามที่ตั้งไว้ ซึ่งในส่วนของนักบริหารนี้เองคือ ผู้ที่ต้องเข้ามาข้องเกี่ยวโดยตรงในกระบวนการบริหาร (management process) ทั้งสี่ประการ ได้แก่ การวางแผน การจัดองค์การ การนำและการควบคุมหรือการประเมินผล เพื่อให้มั่นใจว่าการใช้ทรัพยากรขององค์การนั้น ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นักบริหารในองค์การประเภทต่าง ๆ เหล่านี้ต่างก็เผชิญกับปัญหาและความท้าทายซึ่งต้องแก้ไขที่แตกต่างกันออกไป เช่นนี้อาจจะต้องแก้ปัญหาด้านการจัดเตรียมวัตถุดิบ การจัดการเรื่องคน ข่าวสาร ข้อมูล ตลอดจนด้านการเงิน เพื่อสนองตอบความต้องการด้านการผลิตสินค้าหรือการให้บริการขององค์การและการดำเนินงานเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายของนักบริหารตามกระบวนการบริหารนั้น พวกเขาจะต้องเผชิญความกดดันจากการดำเนินงานตามหน้าที่การจัดการทั้งสิ้นโดยไม้อาจหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งระดับความกดดันจะมากหรือน้อยนั้นก็ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่มีอยู่ตามภาพประกอบที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 แสดงถึงกระบวนการบริหาร (Management process) ประกอบไปด้วยหน้าที่สำคัญสี่อย่างซึ่งเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ได้แก่การวางแผน (planning) การจัดองค์การ (organizing) การนำ Leading) และการควบคุม (Controlling)

### การจัดการเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งซึ่งบรรดานักบริหารต่างเข้าใจและตระหนักเป็นอย่างดีก็คือ ความจริงที่ว่าคงไม่มีผู้บริหารคนใดจะสามารถดำเนินงานให้สำเร็จลงได้ด้วยตนเองเพียงลำพัง แม้จะมีความเก่งและสามารถเป็นเลิศ หรือแม้จะทุ่มเททำงานหนักปานใดก็ตาม เหตุผลก็เพราะธรรมชาติของการจัดการนั้นเป็นการทำงานที่เกี่ยวข้องและให้คนเป็นกลไกสำคัญ และคนนี่เองคือองค์ประกอบซึ่งยากยิ่งที่จะเข้าใจและหยั่งรู้ในจิตใจหรือความรู้สึกนึกคิดง่าย ยิ่งไปกว่านี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้บริหารกับพนักงานระดับต่าง ๆ ในองค์การนั้นก็ยากที่จะคาดเดา และเป็นไปไม่ได้เลยที่จะไปกำหนดกฎเกณฑ์ขึ้นมาใช้แก้ปัญหาทุกสถานการณ์ นี่จึงเป็นเพียงเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เห็นว่าการจัดการนั้นเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์

หากพิจารณาถึงบทบาทและหน้าที่ของ Lia Manoliu ซึ่งเป็นอดีตนักกีฬาสตรีเหรียญทองแดง กีฬาโอลิมปิก ปัจจุบันดำรงตำแหน่งประธานคณะกรรมการโอลิมปิกแห่งโรมาเนีย และอยู่ในสถานะที่สำคัญซึ่งมีผลต่อประเทศในการเข้าร่วมการชิงชัยในกีฬาโอลิมปิกประจำปี ค.ศ. 1992 โดยจะต้องเชื่อมั่นในศักยภาพในการที่จะเป็นผู้นำ การจูงใจและกระตุ้นผู้คนที่เกี่ยวข้อง ในวงการกีฬาของประเทศโรมาเนีย โดยจะต้องใช้ทั้งทักษะทางด้านเทคนิคและด้านการบริหารจัดการ การวางแผน การจัดการเรื่องงบประมาณ แน่นนอนต้องใช้ทั้งศาสตร์และศิลป์ปะในการจัดการกับบุคคล และท้าทายกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย ตัวอย่างภาระหน้าที่ที่นับสิบหรือนับร้อยโดยการให้คำแนะนำและชี้แนะถึงมาตรฐานของกีฬาประเภททีม ตลอดจนการสอดส่องดูแล อำนาจความสะดวกด้านการฝึกซ้อม จัดหาว่าจ้าง โค้ชหรือผู้ฝึกสอน สนับสนุนเงินทุนในการเดินทางไปฝึกซ้อมและแข่งขันแก่สมาคมกีฬาต่าง ๆ นอกจากนี้ยังต้องเป็นผู้ประสานงานกับทางเจ้าหน้าที่รัฐบาล สมาชิกของคณะกรรมการโอลิมปิกสากล เป็นต้น

ในอดีตที่ผ่านมาพบว่าหลักการด้านการจัดการมักจะถูกศึกษาและทดสอบด้วยหลักการเชิงวิทยาศาสตร์และมีการนำไปประยุกต์ใช้งาน อย่างไรก็ตามผู้คนจำนวนมากไม่น้อยก็ไม่สามารถที่จะพัฒนาทักษะด้านการจัดการของพวกเขาให้ดีขึ้นได้หากปราศจากการผสมผสานและรู้จักดึงเอาความเป็นเลิศด้านความคิดสร้างสรรค์ของตนเองเพื่อนำมาใช้ และเนื่องมาจากพัฒนาการของแนวความคิด องค์ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและเครื่องมือด้านการจัดการที่ก้าวหน้าต่างก็กำหนดไว้เป็นแนวทางไว้ว่านักบริหารที่ดีต้องฉลาดใช้หลักการเหล่านี้ควบคู่ไปกับการคิดหรือแนวทางของ

ตนเองประกอบการตัดสินใจด้วย สำหรับบางสถานการณ์ที่ล่าช้าข้อมูล ความรู้ที่มีอยู่ไม่สามารถ  
ตอบคำถามได้ครบถ้วนหรือถูกต้อง

**สรุปความสำคัญของการจัดการมีดังนี้**

**1. การจัดการ (Management)** เป็นกระบวนการออกแบบและรักษาสภาพแวดล้อมซึ่ง  
บุคคลจะทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะเน้น  
การดำเนินงานให้เป็นไปตามนโยบาย หรือแผนที่วางไว้ การจัดการมีลักษณะและจุดมุ่งหมายดังนี้

- 1.1 มีหน้าที่ในการจัดการ
- 1.2 การจัดการเป็นสิ่งสำคัญสำหรับทุกองค์การ
- 1.3 หน้าที่ของการจัดการในระดับที่แตกต่างขององค์การ
- 1.4 ทักษะในการจัดการและลำดับขั้นขององค์การ
- 1.5 มีผู้นำในสายบังคับบัญชาขององค์การ
- 1.6 เป้าหมายของผู้บริหารและขององค์การ
- 1.7 บริษัทที่เป็นเลิศทางการจัดการ
- 1.8 องค์การที่ยิ่งใหญ่
- 1.9 ลูกจ้างต้องเป็นบุคคลสำคัญที่สุด

**2. กระบวนการบริหาร โดยอาศัยหน้าที่ 4 ประการ คือ**

- 2.1 การวางแผน (Planning)
- 2.2 การจัดองค์การ (Organizing)
- 2.3 การชักนำ (Leading)
- 2.4 การควบคุม (Controlling) ทรัพยากรขององค์การ

**3. การจัดประเภทระดับผู้บริหาร (Manager levels) มีดังนี้**

- 3.1 การมีผู้บริหารระดับสูง (Top managers)
- 3.2 การมีผู้บริหารระดับกลาง (Middle managers)
- 3.3 การมีผู้บริหารระดับต้น (First-line management หรือ Frontline managers)

**4. การมีศาสตร์ในการจัดการ (Science) ประกอบด้วย**

- 4.1 การศึกษาโดยใช้หลักวิทยาศาสตร์ (The scientific approach)
- 4.2 บทบาทของทฤษฎีการจัดการ (The role of management theory)
- 4.3 การมีเทคนิคการจัดการ (Management techniques)

**5. องค์การ (Organization) ลักษณะส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้**

- 5.1 จุดมุ่งหมายที่เด่นชัด (Distinct purpose)

5.2 บุคคลหรือสมาชิก (People or member)

5.3 โครงสร้างที่เหมาะสม (Deliberate structure)

## 6. การจัดการปฏิบัติการ (Operation management) มีปัจจัยดังนี้

6.1 ปัจจัยนำเข้าและผู้ที่ได้ประโยชน์จากองค์การ (Input and stakeholder)

6.2 กระบวนการแปรสภาพทางการบริหาร (Transformation process)

6.3 ระบบการติดต่อสื่อสาร (Communication system)

6.4 ตัวแปรภายนอก (External variables)

6.5 ผลผลิต (Output)

6.6 การกระตุ้นระบบ (Re-energizing the system)

7. การเปลี่ยนแปลงและอนาคตของการจัดการ เช่น การขายสู่ตลาดโลก การจัดการโดยใช้คุณภาพรวม องค์การที่มีการเรียนรู้ การมองการณ์ไกล จริยธรรมและความรับผิดชอบด้านสังคม การกระจายกำลังแรงงาน ค่านิยมในการจ้างแรงงานและสิทธิมนุษยชน การเปลี่ยนแปลงด้านสารสนเทศและเทคโนโลยี และลักษณะอาชีพและโครงสร้างลักษณะอาชีพ

### องค์การและการจัดการ

ในโลกแห่งความจริงนั้นมนุษย์ไม่ว่าจะอยู่ที่ไหน หรือไม่ทำอะไรก็ตาม ล้วนแล้วแต่มีองค์การเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นโรงเรียน สถาบันศาสนา ร้านค้า โรงพยาบาล ธนาคาร ธุรกิจบริการสถานที่พักผ่อน หรือแม้แต่สมาคมล้วนมีลักษณะขององค์การทั้งสิ้น ไม่ว่าองค์การนั้น ๆ จะดำเนินงานในลักษณะหน่วยงานของรัฐ องค์การธุรกิจเอกชน หรือองค์การพัฒนาเอกชน (NGOS) องค์การเหล่านี้ล้วนมีผลกระทบต่อทุก ๆ คนอยู่บ้างแน่นอน การทำความเข้าใจว่าองค์การคืออะไร มีรูปแบบอย่างไร และผู้บริหารจะสามารถแสดงบทบาทต่าง ๆ ในองค์การนั้นได้อย่างไร จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ

### เป้าหมายขององค์การและการจัดการ

โดยทั่วไปลักษณะที่คล้ายคลึงกันประการหนึ่งของผู้จัดการไม่ว่าจะเป็นองค์การประเภทใดก็ตามคือ ภาระหน้าที่ในการดำเนินตามหน้าที่ด้านการจัดการและนำเอาเทคนิคการบริหารต่าง ๆ มาใช้อย่างเต็มที่เพื่อมุ่งสู่จุดมุ่งหมายขององค์การเป็นสำคัญ แม้ในรายละเอียดการดำเนินงานอาจจะแตกต่างกันไปตามรูปแบบขององค์การแต่ละประเภท เช่น องค์การเพื่อแสวงหากำไร ผู้บริหารก็ต้องการทุ่มเทอย่างสุดความสามารถในการที่จะดำเนินงานไปให้ถึงเป้าหมาย อาจจะต้องมีการดูแลและเอาใจใส่ลูกค้าอย่างใกล้ชิด เพื่อสนองตอบความต้องการของลูกค้าและสร้างความพึงพอใจสูงสุดแก่ลูกค้าอันจะนำมาซึ่งยอดขายที่เพิ่มขึ้น และผลกำไรที่จะตามมานั่นเอง เพราะลูกค้า (customer) ซึ่ง

อาจจะหมายความถึงบุคคลและองค์การก็ตามคือผู้ที่ซื้อสินค้าหรือบริการของธุรกิจนั้น ๆ และทำให้องค์การดำเนินไปได้บรรลุเป้าหมายในที่สุดเพราะแม้แต่องค์การของรัฐบาลก็ยังมีลูกค้าหรือผู้ใช้บริการเช่นกัน ซึ่งอาจจะเรียกว่าเป็นผู้ที่มีส่วนได้เสีย (constituents) ที่หน่วยงานของรัฐบาลจะต้องสนใจห่วงใยและเอาใจใส่ต่อการบริการเช่นเดียวกัน แต่ภาระหน้าที่ของผู้บริหารภาครัฐอาจจะยากยิ่งกว่าภาระหน้าที่ผู้บริหารองค์การธุรกิจเอกชนด้วยซ้ำไป เพราะบางครั้งองค์การของรัฐมักจะมีเป้าหมายที่ไม่ชัดเจนและมีการถกเถียงกันอยู่เสมอเพราะทุกคนต่างคาดหวังในประสิทธิภาพของการบริหารงานที่ดี แต่อาจจะมองข้ามไปว่าผู้บริหารภาครัฐนั้นจะต้องอยู่ภายใต้กฎระเบียบของราชการที่มากมาย บางครั้งบางสถานการณ์ไม่อาจตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง หลายครั้งที่ผู้จัดการหน่วยงานของรัฐต้องพบกับความยากลำบากในการทำงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย เนื่องจากเป้าหมายบางอย่าง เช่น เรื่องความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินและคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชนชาตินั้นไม่สามารถวัดได้ง่ายนัก อย่างไรก็ตามผู้จัดการภาครัฐเหล่านี้จำเป็นต้องทุ่มเทศักยภาพความรู้ความสามารถอย่างเต็มที่เช่นเดียวกับผู้จัดการภาคเอกชน ด้วยการเป็นผู้นำเพื่อนร่วมงานในองค์การปฏิบัติหน้าที่ เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่องค์การกำหนดไว้

ตามที่ได้อธิบายไปแล้วว่าการจัดการนั้นประกอบไปด้วยหน้าที่พื้นฐานสำคัญ 4 ประการ เพื่อช่วยให้ผู้จัดการบรรลุเป้าหมายได้ไม่ว่าจะอยู่ในตำแหน่งและองค์การประเภทใดก็ตามย่อมมีการผสมผสานและใช้ทักษะการจัดการทั้งสี่ประเภทมากน้อยแตกต่างกันไปเสมอ

#### หน้าที่และบทบาททางการจัดการ

กระบวนการจัดการประกอบไปด้วยหน้าที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ การวางแผน (Planning) การจัดองค์การ (Organizing) การนำ (Leading) และการควบคุม (controlling) ซึ่งหน้าที่ทั้งสี่อย่างนี้มีลักษณะคาบเกี่ยวสัมพันธ์กัน ไม่ได้แบ่งแยกจากกันอย่างเด็ดขาด แม้สภาพแวดล้อมทางสังคมและธุรกิจจะเปลี่ยนแปลงและพัฒนาไปอย่างไรแต่แนวคิดทั้งสี่นี้ก็ยังคงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างทันสมัยแม้แนวคิดนี้จะมีมานานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1916 ก็ตาม หน้าที่ทางการจัดการประกอบด้วย การวางแผน (planning) หมายถึง กระบวนการในการกำหนดเป้าหมายและพัฒนาวิธีการในการดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายนั้น ๆ ในการวางแผนนั้นผู้บริหารจะต้องมองไปสู่อนาคตข้างหน้าว่าองค์การควรจะเดินไปสู่จุดใดจากนั้นจึงพิจารณาถึงทางเลือกในกลยุทธ์ที่มีและเลือกแนวทางที่ดีที่สุดเพื่อดำเนินงานไปสู่จุดนั้น เช่น ในองค์การขนาดใหญ่อย่าง ลัคกี้ โกลด์สตาร์ (Lucky-Goldstar) แห่งประเทศเกาหลีใต้ภายใต้การบริหารงานของประธานอย่าง Koo Cha-Kyung โดยได้จัดตั้งคณะกรรมการบริหารของบริษัทขึ้นมาเพื่อกำหนดทิศทางขององค์การ จากประสบการณ์ที่มีมานานของบรรดาผู้บริหารเหล่านี้ได้กลายเป็นศูนย์รวมแห่งสังขรณ์ในการที่

นำพาองค์กรเข้าสู่ตลาดทั่วโลกและต้องตัดสินใจเลือกเมื่อโอกาสที่ตีมาถึงตลอดจนการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ของบริษัทเพื่อนำมาซึ่งความสำเร็จของโอกาสนั้น ๆ

ถึงแม้หลักการวางแผนจะมีการปฏิบัติและแนวคิดที่มีมานานผ่านช่วงของการนำไปใช้แพร่หลายอย่างกว้างขวางในองค์กรต่าง ๆ ทำให้ผู้บริหารระดับอาวุโสของหลายองค์กรต่างมองเห็นจุดอ่อนและเห็นว่าอาจจะเป็นเทคนิคที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมปัจจุบันซึ่งตลาดมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและแข่งขันสูง ดังนั้นการวางแผนของประธาน Koo Cha-Kyung แห่งลัคกี้ โกลด์สตาร์ จึงเป็นการผสมผสานเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างแนวคิดและประสบการณ์ของคณะกรรมการวางแผนงานบริหารระดับสูงให้เข้ากันได้กับแนวคิดและประสบการณ์โดยตรงจากบรรดาผู้จัดการระดับล่าง ซึ่งมีโอกาสสัมผัสและคลุกคลีกับตลาดหรือลูกค้าเรียกว่าเข้าใจถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า ด้วยการกระจายความรับผิดชอบด้านการตัดสินใจไปทั่วทั้งองค์กรตามสายการบังคับบัญชา ทั้งจากระดับบนลงสู่ระดับล่างและจากระดับล่างขึ้นสู่ระดับบน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะช่วยให้ผู้บริหารของ ลัคกี้ โกลด์สตาร์ สามารถวางแผนและตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วเพื่อทันกับสภาพแวดล้อมการแข่งขันที่เป็นไปอย่างเข้มข้นในปัจจุบัน หน้าที่การจ้ององค์กรประการที่สอง คือ การจ้ององค์กร (Organization) หมายถึงกระบวนการของการกำหนดกรอบเพื่อที่จะไปสู่การพัฒนาและมอบหมายงาน การบริหารและจัดสรรทรัพยากร งานการประสานกิจกรรมต่าง ๆ สำเร็จตามเป้าหมาย ปกติผู้บริหารจะทำการจ้ององค์กรหลังจากที่ได้กำหนดเป้าหมายและวางแผนการทำงานไว้แล้ว หน้าที่ของการจัดการประการที่สามคือ การนำ (Leading) ซึ่งหมายถึง กระบวนการในการใช้อิทธิพลและจูงใจผู้อื่นให้ร่วมกันทำงานเพื่อบรรลุเป้าหมายขององค์กรที่กำหนด เพราะหลังจากการจ้ององค์กรและมอบหมายงานเสร็จ ผู้บริหารจะต้องเข้ามาทำงานกับพนักงานหรือหรือผู้ใต้บังคับบัญชาทันที เพื่อช่วยเหลือและชี้แนะสร้างความเข้าใจในเป้าหมายและพยายามกระตุ้นให้แสดงความสามารถที่มีอยู่ ออกมาอย่างเต็มที่เพื่อประโยชน์ต่องาน หน้าที่ของการจัดการประการที่สี่คือ การควบคุมหรือการประเมินผล (Controlling) หมายถึงกระบวนการตรวจ ติดตาม และกำกับดูแลความก้าวหน้าของกิจกรรมต่าง ๆ ในองค์กรว่าบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยผู้บริหารอาจจะมีการกำหนดมาตรฐานการทำงาน ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำงาน เสนอแนะข้อที่ควรปรับปรุงแก้ไข

**ลักษณะของงานด้านการบริหาร**

ในโลกการทำงานที่แท้จริงผู้บริหารทุกระดับไม่ว่าจะเป็นประธานาธิบดี อธิการบดี คณบดี ผู้จัดการ หัวหน้างาน หรือตำแหน่งบริหารระดับใดก็ตาม สิ่งสำคัญภารกิจและงานที่กลุ่มคนเหล่านี้ต้องทำนั้นอาจอธิบายและวิเคราะห์ในรูปแบบที่แตกต่างหลากหลายกันไป แต่ลักษณะร่วมอย่างหนึ่งที่พบคือในแต่ละวันที่หมุนเวียนเปลี่ยนไป ผู้บริหารจะต้องกระตือรือร้นในงานการวางแผน

การจัดองค์การ การนำพา และควบคุมดูแลการทำงานของผู้ได้บังคับบัญชา อย่างไรก็ตามสิ่งที่แสดงผ่านหน้าที่ด้านการจัดการทั้งสี่อย่างนั้นจริง ๆ ก็ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมประจำวันแท้จริงของผู้บริหารได้ ดังนั้นในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาจึงได้มีนักวิจัยพยายามที่จะศึกษาเพื่อพัฒนารอบและแนวทางศึกษาพฤติกรรมหรือกิจกรรมที่เป็นธรรมชาติงานของผู้บริหาร เพิ่มเติมกับภาระหน้าที่หลักทั้ง 4 ประการของการบริหาร เพื่อให้ทราบถึงลักษณะธรรมชาติที่แท้จริงของงานหรือกิจกรรมด้านการบริหาร และงานวิจัยนี้ก็จะ เป็นสิ่งที่ช่วยอธิบายให้เห็นถึงความแตกต่างของกิจกรรมประจำวันของผู้บริหารเหล่านั้นได้อย่างชัดเจน

นักวิจัยผู้ที่ทุ่มเทเวลาศึกษาเรื่องนี้ก็คือ เฮนรี มินทซ์เบิร์ก (Henry Mintzberg) โดยเขาจะติดตามผู้บริหารระดับประธานเจ้าหน้าที่บริหาร (Chief Executive officers: CEO) ของบริษัทในสหรัฐอเมริกาแต่ละคนจำนวนทั้งหมด 5 คนทุก ๆ วันไม่ว่าจะไปไหน หรือทำอะไรตลอดสัปดาห์ และผลการศึกษาพบว่า บรรดาผู้บริหารเหล่านี้จะมีวิธีบริหารเวลาอย่างไรในที่สุด ซึ่งพอจะสรุปให้เห็นถึงลักษณะงานด้านการบริหารดังนี้

\* การตรากตรำทำงานหนักด้วยเวลาที่ยาวนาน (fast pace, long hour) ผู้บริหารโดยเฉพาะในระดับสูงนั้นทำงานหนัก เนื่องจากลักษณะของงานบริหารส่วนใหญ่ต้องใช้เวลา มาก ยิ่งในช่วงที่ความต้องการสินค้าหรือบริการในตลาดเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งโดยปกติในแต่ละวันผู้บริหารต้องทำงานเต็มวันตลอดทั้งปีอยู่แล้ว ตัวอย่างเช่น กรณีผู้บริหารกิจการระดับโลกอย่างบิลล์ เกท (Bill Gates) เจ้าของบริษัทไมโครซอฟท์ คอร์ป ผู้ครองตลาดซอฟต์แวร์ของโลกนั้นต้องทำงานหนักมากกว่า 60 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

\* การทำกิจกรรมหลากหลาย เวลาสั้นไม่ต่อเนื่อง (brevity, variety, discontinuity) ลักษณะเช่นนี้เป็นสิ่งที่สวนทางกับภาพลักษณ์ที่รับรู้กัน โดยทั่วไปว่าผู้บริหารจะสนใจเฉพาะเรื่องสำคัญ ๆ เท่านั้น แต่จากการศึกษาของมินทซ์เบิร์ก พบว่า ความจริงกิจกรรมการบริหารนั้นมีลักษณะที่มีความหลากหลายของงาน และมีลักษณะงานที่แตกต่างกัน แต่ละงานใช้เวลาสั้น ๆ และไม่ต่อเนื่องต่อเนื่องกันมากนัก อย่างไรก็ตามอาจจะมิงานวิจัยบางลักษณะชี้ว่ากิจกรรมบางอย่างของผู้บริหารอาจจะไม่เป็นไปตามรูปแบบข้างต้นเสมอไปก็ตาม แต่ก็นับว่าสิ่งที่ มินทซ์เบิร์ก ค้นพบนั้นตรงกับวิถีชีวิตประจำวันของผู้บริหารส่วนใหญ่

การประชุมและสื่อสารทางโทรศัพท์ (calls and meetings) พฤติกรรมของผู้บริหารอีกแบบหนึ่งคือจะใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการสื่อสารด้วยวาจา (oral communication) ทั้งแบบต่อหน้าคู่สนทนาหรือผ่านทางโทรศัพท์ เหตุที่ผู้บริหารใช้วิธีการสื่อสารแบบนี้เพราะจะช่วยให้ได้ข้อมูลและข่าวสารรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์อีกทั้งการติดต่อสื่อสารในเรื่องราวต่าง ๆ ก็ไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดหรือจัดทำในรูปแบบของเอกสารแต่อย่างใด

### บทบาททางการจัดการ

นอกจากนี้มินทซ์เบิร์ก ยังได้ศึกษาถึงบทบาททางการบริหารเพิ่มเติมอีกด้วยโดยพบว่า ไม่ว่าผู้บริหารจะอยู่ในตำแหน่งและในองค์การประเภทใดก็ตาม ผู้บริหารมักจะมีพฤติกรรมที่เป็นรูปแบบเฉพาะเสมอเมื่อต้องติดต่อหรือมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นตามบทบาทและหน้าที่ทางการบริหาร ทั้งสี่ประการเสมอ ทั้งนี้ก็เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและสำเร็จได้ตามเป้าหมาย โดยมินทซ์เบิร์กได้สรุปบทบาททางการบริหารออกมาเป็น 3 กลุ่มมากกว่า 10 กิจกรรม ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงถึงบทบาทการบริหารตามแนวคิดของเฮนรี มินทซ์เบิร์ก ซึ่งแบ่งบทบาทออกเป็น 3 กลุ่มมากกว่า 10 กิจกรรมสำคัญ

| ประเภท<br>(Category)                       | บทบาท<br>(Roles)   | ประเภทของกิจกรรม<br>(Types of activities)   |
|--|--|---|
| บทบาทระหว่างบุคคล<br>(Interpersonal roles) | สัญลักษณ์หรือหัวโขน (figurehead)<br>ผู้นำ (Leader)<br>ผู้ประสานงาน (Liaison)   | ประธานงานพิธี หน้าที่เชิงสัญลักษณ์ จัดคนเข้าทำงาน<br>ฝึกอบรม ประสานงาน พัฒนา<br>ความสัมพันธ์กับบุคคลนอก<br>องค์การ ฯลฯ  |
| บทบาทด้านสารสนเทศ<br>(Information roles)   | ผู้ตรวจสอบติดตาม (Monitor)<br>ผู้เผยแพร่ข่าวสาร (Disseminator)<br>การเป็น โฆษกขององค์การ<br>(Spokesperson)                             | รวบรวมสารสนเทศจากแหล่งต่าง<br>ๆ เผยแพร่ข่าวสารสู่ผู้จัดการและ<br>คนในองค์การ เผยแพร่ความรู้สู่<br>สาธารณะ ฯลฯ   |
| บทบาทด้านการตัดสินใจ<br>(Decisional roles) | ผู้ประกอบการ (Entrepreneur)<br>ผู้แก้ปัญหา (Disturbance handler)<br>จัดสรรทรัพยากร (Resource allocator)<br>นักเจรจาต่อรอง (Negotiator) | ริเริ่มสิ่งใหม่ใฝ่หาโอกาสเพื่อเพิ่ม<br>ศักยภาพขององค์กร<br>การแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น<br>ในองค์การพิจารณาจัดสรร<br>ทรัพยากรการบริหารแก่ผู้ที่<br>เกี่ยวข้องในองค์การเจรจาต่อรอง<br>กับหน่วยงานภายนอกเพื่อ<br>ประโยชน์สูงสุดขององค์การ<br>ฯลฯ |



### บทบาทระหว่างบุคคล (Interpersonal roles)

บทบาทด้านการจัดการทั้งสามอย่างภายใต้กรอบของมนุษย์สัมพันธ์จะไหลเลื่อนถ่ายเทโดยตรงจากอำนาจและบารมีของตำแหน่งทางการบริหารในองค์การซึ่งบทบาทระหว่างบุคคลหรือด้านมนุษย์สัมพันธ์ได้แก่ บทบาทที่ผู้บริหารมีการพัฒนาและธำรงรักษาไว้ซึ่งความสัมพันธ์อันดีกับผู้อื่นอันประกอบไปด้วยการเป็นสัญลักษณ์ (Figurehead) การเป็นผู้นำ (Leader) และการเป็นสื่อประสานงาน (Liaison)

สัญลักษณ์ (Figurehead) เนื่องจากผู้บริหารเป็นผู้นำในองค์การจึงมักพบเห็นว่า บ่อยครั้งที่ผู้บริหารต้องทำหน้าที่เป็นตัวแทนขององค์การในงานพิธีหรือกิจกรรมที่เป็นสัญลักษณ์ ด้วยการให้เกียรติมอบรางวัลต่าง ๆ หรือแม้แต่กรณีที่มีการเลี้ยงรับรองลูกค้าคนสำคัญขององค์การอีกด้วย

การเป็นผู้นำ (Leader) บทบาทของการเป็นผู้นำของผู้บริหารที่เห็นชัดเจนเช่นเวลาที่ต้องตัดสินใจเรื่องการจัดหาและว่าจ้างทรัพยากรมนุษย์ การฝึกอบรม การจูงใจผู้ใต้บังคับบัญชาโดยทุ่มเทการทำงานอย่างหนักอย่างเช่นกรณีของ บิลล์ เกท (Bill Gates) ในฐานะผู้นำหลักของ ไมโครซอฟท์ โดยมีทีมงานบริหารที่จะต้องรับผิดชอบด้านการชักจูงกระตุ้นให้พนักงานทุกคนทำงานอย่างเต็มกำลังความสามารถและมีประสิทธิภาพเพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์การ

การเป็นผู้แทน (Liaison) บทบาทของการเป็นผู้แทนองค์การของผู้บริหาร ได้แก่ การเสริมสร้างความสัมพันธ์กับบุคคลทั้งภายในและภายนอกองค์การ เช่น การพบปะเพื่อนฝูง ลูก้าพนักงานในองค์การและบุคคลคนอื่น ๆ

อย่างไรก็ตามบทบาทที่ดูเหมือนจะสำคัญกว่าอย่างอื่น บทบาทด้านมนุษย์สัมพันธ์ (Interpersonal roles) จึงไม่ใช่สิ่งผิดปกติที่ผู้บริหารบางคนจะทุ่มเทเวลาส่วนใหญ่ในแต่ละวันกับกิจกรรมส่วนนี้ เช่น กรณีของ ปีเตอร์ ชูทซ์ (Peter schultz) ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร (Chief Executive officer: CEO) ของบริษัทรถยนต์สปอร์ต พอร์ช (porche) ที่มีชื่อเสียงและมีราคาแพงมากในโลก โดยจะใช้เวลาถึงร้อยละ 25 ในแต่ละวันแสดงบทบาททั้งในฐานะสัญลักษณ์ เป็นผู้นำ และการเป็นตัวแทนองค์การ กล่าวคือชูทซ์ต้องหาโอกาสและเดินทางไปพบกับผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ (car dealers) เพื่อสร้างความมั่นใจในงานการขายรถยนต์ นอกจากนี้ยังได้พบปะกับบรรดาเจ้าของรถยนต์พอร์ชเพื่อสอบถามถึงปัญหาและความต้องการอื่น ๆ ในการใช้รถอีกด้วยชูทซ์มักจะเน้นย้ำเสมอว่าเรามีโอกาสได้ใกล้ชิดกับผู้แทนจำหน่ายและเจ้าของรถยนต์เช่นนี้มีประโยชน์มหาศาลโดยลดความผิดพลาดจากการบริหารงานที่อาจเกิดขึ้นได้นั่นเอง

### บทบาทด้านสารสนเทศ (Informational roles)

เนื่องจากผู้บริหารคือผู้ที่มีโอกาสในการติดต่อสื่อสาร ตลอดจนการสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์กับผู้คนที่หลากหลายทั้งภายในและภายนอกองค์การ จึงนับว่าเขาอยู่ในตำแหน่งที่ดีใน

การเป็นทั้งผู้รับและผู้ส่งสารในเวลาเดียวกัน จากการศึกษาของมินทซ์ เบิร์ก จึงพบว่า กิจกรรมส่วนใหญ่ประการหนึ่ง ได้แก่ บทบาทด้านสารสนเทศ (Information roles) ซึ่งประกอบไปด้วยการเสาะหาข่าวสารข้อมูล กระบวนการกลั่นกรองและการสื่อสารไปยังผู้คนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งบทบาทหลักด้านนี้คือ การตรวจสอบติดตาม (Monitor) การเผยแพร่ (Disseminator) และการเป็นโฆษกขององค์กร (Spokesperson)

การตรวจสอบติดตาม (Monitoring) ผู้บริหารจะทำหน้าที่ด้านการตรวจสอบและติดตามข่าวสารข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ โดยอาจจะได้จากการมีโอกาสได้พบปะพูดคุยกับผู้คนจำนวนมากในระหว่างที่แสดงบทบาทการเป็นผู้แทนองค์กร (Liaison) หรือจากแหล่งอื่น ๆ

การเป็นผู้เผยแพร่ข่าวสาร (Disseminator) ผู้บริหารแสดงบทบาทนี้ด้วยการเป็นผู้กระจายหรือเผยแพร่ข่าวสาร สารสนเทศที่ได้พิมพ์ไปสู่อุปกรณ์ร่วมกัน บุคลากรในองค์กรหรือผู้ภายนอก การเป็นโฆษกขององค์กร (Spokesperson) ในฐานะเป็นผู้นำองค์กรผู้บริหารจะแสดงบทบาทเป็นผู้ที่พูดแทนองค์กรในเรื่องราวต่าง ๆ เช่น การเปิดแถลงข่าวแก่สื่อมวลชนในเรื่องราวเกี่ยวกับองค์กรเป็นการให้ข่าวสารที่ถูกต้อง ซึ่งบทบาทนี้นับว่ามีความสำคัญสำหรับผู้บริหารระดับสูงขององค์กร เป็นบทบาทที่ถือเป็นหน้าที่ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อประสานกับหน่วยงานของรัฐ กลุ่มลูกค้า ตลอดจนบุคคลอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลหรือมีความสนใจในองค์กร

กรณีตัวอย่างของการใช้ประโยชน์จากบทบาทด้านข่าวสารข้อมูลของผู้บริหารของโรงงานอุตสาหกรรม เบคตัน ดิกคินสัน (Becton Dickinson) ผู้ผลิตยาและเวชภัณฑ์ ที่ประกอบการผลิตอยู่ถึงสองทวีปได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ผู้บริหารของโรงงานเบคตัน ดิกคินสัน รับทราบข้อมูลมาว่าบรรดาโรงงานผลิตยาและเวชภัณฑ์ในทวีปยุโรปจะดำเนินงานผลิตยาในลักษณะที่เป็นไปอย่างช้า ๆ ซึ่งช้ากว่าโรงงานผลิตในสหรัฐอเมริกา ซึ่งข้อดีก็คือทำให้สามารถรักษาต้นทุนในการผลิตให้ต่ำได้ ขณะที่ยังคงสภาพไว้ได้เช่นเดิม ข่าวสารอย่างนี้นับว่าเป็นประโยชน์ต่อเบคตัน ดิกคินสันมากเพราะบริษัทนี้ก็มีโรงงานผลิตยาดังอยู่ในประเทศสเปนและเยอรมนี ดังนั้นผู้บริหารที่นี้จึงนำเอาเทคนิคนี้ไปใช้ซึ่งผลก็ปรากฏว่า เป็นเช่นนั้นจริงจึงได้บอกเล่าประสบการณ์ที่นี้ไปยังผู้บริหาร โรงงานเบคตัน ดิกคินสันในสหรัฐอเมริกาทันที

#### **บทบาทด้านการตัดสินใจ (Decisional roles)**

บทบาทที่นับว่ามีความสำคัญอีกอย่างหนึ่งของผู้บริหารคือบทบาทในด้านการตัดสินใจ (Decisional roles) เป็นสิ่งที่ผู้บริหารต้องสำรวจตรวจสอบถึงข้อดีและข้อเสียในทางเลือกเพื่อการตัดสินใจที่มีอยู่ และแน่นอนประเด็นที่จะต้องตัดสินใจนั้นอาจแตกต่างกันและมีระดับความสำคัญที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและสถานการณ์เฉพาะอาจจะเป็นเรื่องเล็กน้อยที่กระทบกับคนไม่กี่คนจน

เป็นเรื่องราวซึ่งเป็นกลยุทธ์สำคัญที่มีผลกระทบต่อคนทั้งองค์การ อย่างไรก็ตามมินทซ์เบิร์กได้สรุปบทบาทด้านนี้ออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ

การเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneur) เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกให้เห็นถึงบทบาทของการเป็นผู้ประกอบการ ได้แก่ การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งที่ดี เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเกี่ยวกับสินค้ากระบวนการผลิต แนวทางในการแก้ปัญหาในการทำงาน และสภาพแวดล้อมขององค์การให้ทันการเปลี่ยนแปลงของโลกภายนอก

การแก้ปัญหา (Disturbance handler) ผู้บริหารที่ดีจะต้องสามารถจัดการกับปัญหาข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นจากแรงกดดันทั้งจากภายในและภายนอกองค์การได้

ผู้จัดสรรทรัพยากร (Resource allocator) นับเป็นอีกบทบาทที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่างานอื่น ๆ ของผู้บริหาร เพราะงานด้านการจัดสรรทรัพยากรด้านการบริหารต่าง ๆ ให้เหมาะสมมากที่สุดไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรมนุษย์ เงินทุน วัสดุอุปกรณ์ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์การ นอกจากนี้ต้องควบคุมดูแลเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ให้เหมาะสม อาจจะต้องมีการจัดลำดับความสำคัญในงานที่จำเป็น

นักเจรจาต่อรอง (Negotiator) งานด้านการเจรจาต่อรองอาจเกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกองค์การเพื่อความสำเร็จมาสู่องค์การเป็นสำคัญ เช่นนี้การเจรจาต่อรองราคาวัตถุดิบหรือสินค้าเพื่อการผลิตกับผู้ส่งมอบ (supplier) การเจรจาปัญหาข้อพิพาทด้านแรงงาน กับผู้แทนสหภาพแรงงาน เป็นต้น

สำหรับกรณีตัวอย่างของการแสดงบทบาทด้านการตัดสินใจ (Decisional roles) อย่างมีทักษะนั้น เช่น ความพยายามของไมเคิล ออสบัลเดสตัน (Michael Osbaldeston) ที่สามารถแสดงบทบาทด้านการตัดสินใจท่ามกลางภาวะวิกฤติเพื่อนำความสำเร็จมาสู่กิจกรรมการบริหารจัดการใน “วิทยาลัยแห่งแอสริดจ์” (Ashride Management College) แห่งดินแดนสหราชอาณาจักรได้ เพราะในฐานะประธานผู้บริหารของวิทยาลัยเขาเชื่อว่านักบริหารของอังกฤษมีความจำเป็นต้องเตรียมพร้อมด้วยการปรับโลกทัศน์ให้เป็นสากลมากขึ้น เพื่อรับมือกับสภาพแวดล้อมทางธุรกิจและเศรษฐกิจระหว่างประเทศซึ่งกำลังเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นออสบัลเดสตันจึงได้เริ่มลงมือดำเนินการเรื่องนี้ด้วยการจัดแจงทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่ในวิทยาลัยเพื่อที่จะขอเปิดดำเนินการสอนหลักสูตรการจัดการ Pan-European นอกจากนี้เขายังพยายามที่จะชักจูงใจให้บรรดาคณะกรรมการสภาวิทยาลัยเห็นด้วยกับแผนการนี้ของเขาซึ่งก็คือ ศูนย์ศึกษาด้านการจัดการธุรกิจระหว่างประเทศที่พร้อมจะดึงดูคนักศึกษาจากต่างประเทศนั่นเอง

### เครือข่ายและวาระงานด้านการบริหาร (Managerial Agendas and Networks)

งานศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของงานบริหาร (managerial work) ที่มีชื่อเสียงอีกชิ้นหนึ่ง ได้แก่ การวิจัยของ ศาสตราจารย์ จอห์น คอตเตอร์ (Professor John Kotter) แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์เวิร์ด สหรัฐอเมริกา โดยท่านนี้เห็นด้วยกับแนวคิดของมินท์เบิร์กเกี่ยวกับบทบาทด้านสารสนเทศของผู้บริหาร โดยเฉพาะการเป็นทั้งผู้รับสารและส่งสารในเวลาเดียวกันของผู้บริหาร ศาสตราจารย์ คอตเตอร์ได้ศึกษาถึงลักษณะงานด้านการบริหาร โดยติดตามผู้บริหารจำนวน 15 คนพบว่า แต่ละคนต่างก็มี “วาระงาน” (Agenda) ซึ่งหมายถึงชุดของเป้าหมายและแผนงานของผู้บริหารแต่ละคนที่จะต้องรับผิดชอบทั้งในระยะสั้นและระยะยาว นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนที่ผู้บริหารเหล่านี้จะก้าวมา นั่งอยู่ในตำแหน่งระดับสูงในปัจจุบัน พวกเขาได้เสียสละเวลาส่วนหนึ่งไปกับการสร้างเครือข่ายความสัมพันธ์ (Network building) หรือกิจกรรมที่จะช่วยให้พวกเขาได้พบปะกับผู้คนมากหน้าหลายตาทั้งในและนอกองค์กร และนับว่าเป็นลักษณะที่ใกล้เคียงกับแนวคิดของมินท์เบิร์กอยู่มาก กล่าวคือลักษณะของผู้บริหารที่ศาสตราจารย์คอตเตอร์ศึกษาก็มีการเสริมสร้างเครือข่ายกับบุคคลที่เกี่ยวข้องด้วย เพื่อเป็นแหล่งข่าวสารข้อมูล ให้การสนับสนุนหรือกระทำการใด ๆ ในอันที่จะช่วยให้ผู้บริหารเหล่านั้นบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ได้

โรสแมรี สจวร์ต (Rosemary Stewart) นักวิจัยชาวอังกฤษ ได้ศึกษาถึงธรรมชาติของงานด้านการบริหาร โดยสรุปว่า โดยทั่วไปผู้บริหารจะมีความยืดหยุ่นเสมอไม่ว่าพวกเขาจะทำอะไร (What they do) และทำอย่างไร (How they do) ซึ่งสิ่งที่กำหนดถึงความยืดหยุ่นในการทำงานนั้น เธอแบ่งออกเป็น 3 ประการคือ ความต้องการ (Demands) อุปสรรค (Constraints) และทางเลือก (Choices) ตามรายละเอียดต่อไปนี้

การจัดการกับความต้องการ (Demands) ได้แก่ กิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งผู้บริหารจะต้องทำให้เป็นผลสำเร็จอาจมีบางครั้งผู้บริหารจะต้องเผชิญกับภารกิจที่มีลักษณะเฉพาะแต่ส่วนใหญ่จะเป็นภารกิจทั่วไป เช่น บางครั้งผู้บริหารอาจจะต้องเผชิญกับความพยายามลดความผิดพลาดในการผลิตสินค้าลงให้ได้ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือเป็นภารกิจเฉพาะ ส่วนงานด้านการเสริมสร้างขวัญและกำลังใจพนักงานอาจเป็นภารกิจทั่วไป

อุปสรรค (constraints) ข้อจำกัดที่ถือเป็นอุปสรรคและบั่นทอนความสามารถในการทำงานอย่างยืดหยุ่นของผู้บริหารอาจเป็นแรงกดดันต่าง ๆ จากทั้งภายในองค์กรและภายนอกองค์กร เช่น การขาดแคลนทรัพยากร อุปสรรคอันเนื่องมาจากกฎหมาย ข้อจำกัดเกี่ยวกับสัญญาแรงงาน ข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยี หรือแม้แต่ปัญหาจากการกำหนดขอบเขตในการทำงานของหน่วยงานต่าง ๆ ในองค์กร

ทางเลือก (Choices) หมายถึง ช่องว่างที่มีอยู่ในทางเลือกต่าง ๆ สำหรับผู้บริหารเมื่อเผชิญกับปัญหาที่จะต้องตัดสินใจ อย่างไรก็ตามถึงแม้ผู้บริหารจะต้องทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่กดดันจากทั้งภารกิจที่ต้องทำ (Demands) อุปสรรค (Constraints) และทางเลือก (Choices) ก็ตาม ก็เชื่อว่าผู้บริหารจะไม่มีช่องว่างให้เลือกทีเดียว ผู้บริหารจะต้องตัดสินใจว่าสมควรจะใช้เวลาไปในงานแต่ละงานเท่าไร หรืองานไหนที่จะมอบหมายทำแทน (Delegate) หรือรู้ว่าควรจะจัดการกับงานอย่างไรได้บ้าง

### ประเภทของทักษะของผู้บริหาร

จากที่ได้อธิบายมาในช่วงต้นถึงแม้ว่าส่วนใหญ่ผู้บริหารจะใช้กระบวนการบริหาร (Management process) เป็นเครื่องมือนำพาพวกเขาไปสู่เป้าหมายขององค์กรก็ตาม แต่งานด้านการจัดการจะมีธรรมชาติเฉพาะที่แตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับระดับและขอบเขตความรับผิดชอบในองค์กรเป็นสำคัญ เน้นอันดับตำแหน่งและเนื้อหาสาระของงานย่อมมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละองค์กรและธุรกิจอุตสาหกรรมแต่ละประเภท อย่างไรก็ตามสามารถที่จะจัดประเภทของการบริหารออกได้ตามมิติสองอย่างต่อไปนี้ คือ

### ประเภทของผู้บริหารตามขอบเขตความรับผิดชอบ

การแบ่งประเภทผู้บริหารอาจทำได้หลายอย่างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรับผิดชอบและขอบเขตกิจกรรมที่ทำในองค์กรกล่าวคือ เราอาจเรียกชื่อผู้บริหารได้ เช่น ผู้บริหารทั่วไป (General Managers) ผู้บริหารตามหน้าที่ (Functional managers) หรือผู้บริหารโครงการ (Project managers) ตามรายละเอียดดังนี้

\* **ผู้บริหารทั่วไป (General managers)** มีหน้าที่รับผิดชอบต่อหน้าที่และกิจกรรมทั้งหมดของหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งในองค์กร โดยมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมขององค์กรที่มากมายหลากหลาย เรียกว่า ผู้ที่มีขอบเขตความรับผิดชอบกว้างที่สุดกว่าทุกคนในองค์กร เช่น ตัวอย่างของ ริชาร์ด รูดแมน (Richard Roodman) ในฐานะประธานเจ้าหน้าที่บริหาร (Chief Executive officer. CEO) ของ Valley Medical Center โรงพยาบาลในย่านเมืองซีแอตเทิลประเทศสหรัฐอเมริกา และในฐานะผู้บริหารทั่วไปของโรงพยาบาลจะต้องวางแผนสำหรับอนาคตขององค์กร จัดการเกี่ยวกับบุคลากรของโรงพยาบาลเพื่อสามารถให้บริการสุขภาพให้ดีที่สุด หาโอกาสพบปะกับผู้นำชุมชนเพื่อทราบความต้องการ ตลอดจนการควบคุมงานขององค์กรทั้งหมด เพื่อให้โรงพยาบาลดำเนินไปอย่างราบรื่น ทั้งนี้ความรับผิดชอบสูงสุดของรูดแมนก็เพื่อหน่วยงานทุกหน่วย และบุคลากรทุกคนในโรงพยาบาลปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อเป้าหมายของการบริการดูแลสุขภาพให้แก่ชุมชนอย่างมีคุณภาพ

\* **ผู้บริหารตามหน้าที่ (Functional managers)** สำหรับขอบเขตความรับผิดชอบของผู้บริหารตามหน้าที่อาจแตกต่างจากผู้บริหารทั่วไปซึ่งมีขอบเขตที่กว้าง ผู้บริหารตามหน้าที่จะรับผิดชอบในฐานะผู้นำที่มีขอบเขตแคบ ในฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งขององค์การ เช่น ฝ่ายการตลาด ฝ่ายการเงิน ฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ ฝ่ายปฏิบัติการ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น พอล อาร์ คาร์เตอร์ (Paul R. Carter) ซึ่งเป็นประธานเจ้าหน้าที่การเงิน (Chief financial Officer : CFO) ของบริษัท วอล-มาร์ท (Wal-mart) ซึ่งเป็นบริษัทยักษ์ใหญ่ของเครือข่ายธุรกิจค้าปลีกในประเทศสหรัฐอเมริกา คาร์เตอร์มีหน้าที่ทั้งด้านการกำกับดูแลทีมผู้เชี่ยวชาญด้านบัญชีและการเงินที่มีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ที่สลับซับซ้อนเพื่อการจัดเก็บข้อมูลการขาย การคลังสินค้า การควบคุมต้นทุน ตลอดจนข้อมูลสำคัญด้านการเงินอื่นๆ ของบริษัท

\* **ผู้บริหารโครงการ (Project managers)** หน้าที่รับผิดชอบของผู้บริหารโครงการจะเน้นหนักในด้านการเป็นผู้ประสานกิจกรรมและการทำงานต่าง ๆ กับบุคคลหลายฝ่ายในองค์การ เพื่อให้ประสบผลสำเร็จในการดำเนินโครงการใด ๆ ปกติผู้บริหารโครงการมักจะไม่มีความที่รับผิดชอบโดยตรงในทรัพยากรบริหารและทรัพยากรมนุษย์ของโครงการนั้น ๆ แต่จะทำหน้าที่เพียงดูแลให้การดำเนินงานโครงการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการที่องค์การต่างพยายามที่จะหาแนวทางเพื่อตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่กำลังเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเช่นในปัจจุบัน องค์การต่างก็หันมาใช้รูปแบบการบริหารงานในลักษณะของทีมงานโครงการซึ่งนำโดยผู้บริหารโครงการ ซึ่งสามารถขยายขอบเขตการทำงานได้ทั่วทั้งองค์การเพื่อบรรลุเป้าหมาย

#### การแบ่งประเภทตามระดับการบริหาร

ระดับของการจัดการอาจแบ่งออกได้ตามพื้นฐานของตำแหน่งและหน้าที่รับผิดชอบในองค์การ ดังแสดงในภาพที่ 1.2 กองทัพมีการแบ่งสายการบริหารและการบังคับบัญชาตามตำแหน่งและชั้นยศ ส่วนในมหาวิทยาลัยก็มีระบบการบริหารตามตำแหน่งหน้าที่รับผิดชอบ เช่น หัวหน้าภาควิชา คณบดี อธิการบดี เป็นต้น และเมื่อผู้บริหารได้รับการแต่งตั้งและเลื่อนขั้นสู่ตำแหน่งที่สูงขึ้นตามโครงสร้าง หน้าที่ความรับผิดชอบทั้งต่องานและคนย่อมสูงขึ้นไปด้วย ถึงแม้พนักงานทั้งหมดอาจจะไม่ได้อยู่ในสายบังคับบัญชาโดยตรงก็ตาม ปกติในองค์การใหญ่ ๆ มักจะมีผู้บริหารแบบหลายระดับชั้น (Multiple layer of managers) แต่ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา องค์การเหล่านี้กำลังพยายามปรับลดขนาดองค์การให้เล็กลง ลดขั้นตอนและยุบรวมหน่วยงานที่ซ้ำซ้อนกันเพื่อควบคุมรายจ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ในสถานการณ์ปกติสามารถแบ่งระดับของผู้บริหารออกเป็น 3 ระดับดังนี้

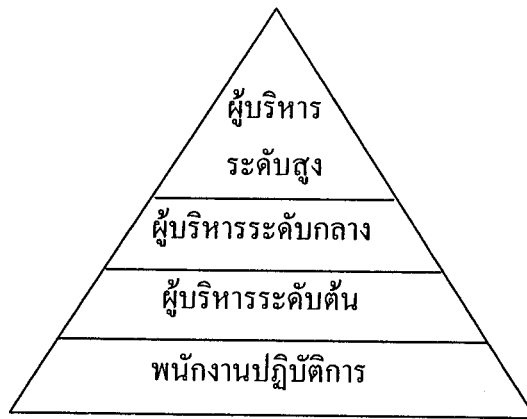
\* **ผู้บริหารระดับสูง (Top managers)** ถือเป็นกลุ่มที่มีจำนวนน้อยที่สุดซึ่งอยู่ส่วนบนสุดของโครงสร้างการบริหารองค์การ มีหน้าที่ในการบริหารงานในภาพรวมทั้งทั้งองค์การ หรือรู้จักกันในนามผู้บริหารอาวุโส (Senior executives) ผู้จัดการอาวุโส (Senior managers) ซึ่งบุคคลในกลุ่มนี้ประกอบด้วยประธานกรรมการ (chairmen) ประธานบริษัท (presidents) ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร (chief executives officers: CEO) รองประธานบริหาร (Executives vice presidents) รองประธานอาวุโส (senior vice presidents) หรือในองค์กรขนาดเล็กอาจจะเรียก รองประธาน (vice president) ส่วนในองค์กรธุรกิจขนาดเล็ก ปกติเจ้าของคือ ผู้บริหารสูงสุดและมีบทบาท หน้าที่ดูแลรับผิดชอบภารกิจต่าง ๆ เช่นเดียวกับผู้บริหารขององค์กรขนาดใหญ่ทำ

นอกจากนี้ผู้บริหารระดับสูงยังมีหน้าที่ในการสำรวจถึงสภาพแวดล้อมทั่วไปขององค์กร กำหนดเป้าหมายวางแผนกลยุทธ์ที่สำคัญ และตัดสินใจซึ่งจะชี้หรือเปลี่ยนแปลงทิศทางขององค์กรได้ อีกทั้งการชี้แนะและสอดส่องการทำงานของหัวหน้าทีมผู้บริหารระดับกลางที่อยู่บนสุดของระดับนี้ และเสริมสร้างคุณค่าเพื่อสร้างผลผลิตภาพในการทำงาน ยิ่งอยู่ในจุดที่สูงเท่าไร บรรดาประธานเจ้าหน้าที่ที่บริหารต่างก็ยิ่งเพิ่มความระมัดระวัง เพราะผลการดำเนินงานขององค์กรจะดีหรือไม่ขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานของตัวเขาที่มีส่วนอยู่มากทีเดียว

\* **ผู้บริหารระดับกลาง (Middle managers)** หรือผู้จัดการระดับปฏิบัติซึ่งมีหน้าที่ปฏิบัติตามแนวทางกลยุทธ์ของผู้บริหารจากระดับบนในลักษณะกว้าง ๆ และกำกับดูแลการทำงานของผู้จัดการระดับล่าง การบริหารระดับกลางประกอบด้วยบุคคลในตำแหน่ง เช่น รองประธาน (vice president) ผู้จัดการฝ่าย (Department manager) หัวหน้าแผนก (Division head) หรือผู้อำนวยการ (Director) ปกติผู้บริหารระดับกลางมักจะมุ่งสนใจเรื่องราวในระยะสั้นซึ่งตรงข้ามกับผู้บริหารระดับสูงที่มองไปสู่อนาคต เนื่องจากเป็นผู้ที่อยู่ตรงกลางระหว่างผู้บริหารระดับบนกับผู้บริหารระดับล่าง จึงต้องพยายามสนองตอบความต้องการของบุคคลทั้งสองกลุ่มให้ได้อีกด้วย กล่าวคือ ขณะที่ต้องรับคำสั่งเพื่อปฏิบัติตามกลยุทธ์ใด ๆ ตามบัญชาของระดับบน จะต้องเข้าใจและมั่นใจในความพร้อมทั้งด้านขวัญและกำลังใจ ทรัพยากรต่าง ๆ ในการทำงานของผู้จัดการระดับล่างให้ดีด้วย

อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัจจุบันสภาพแวดล้อมทางการบริหารได้เปลี่ยนไปจึงพบว่า หลายองค์กรต่างพยายามลดต้นทุนค่าใช้จ่ายและหันมาใช้แนวทางดำเนินงานแบบง่าย ๆ ทำให้มีการลดจำนวนผู้บริหารระดับกลางลงมากขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ก็เป็นผลจากแนวโน้มของความสามารถในการเข้าถึงเทคโนโลยีประมวลผลสารสนเทศ (Information - processing technology) ที่ก้าวหน้าและล้นซบซ้อนมากขึ้นนั่นเอง แต่แนวโน้มนี้ก็ถือเป็น โอกาสที่ดีที่ผู้บริหารจะได้เร่งพัฒนาทักษะและความสามารถเชิงบริหารให้กว้างไกลยิ่งขึ้นเพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่าผู้บริหารทำได้ดีไม่น้อยเพียงใด

\* **ผู้จัดการระดับต้น/ปฏิบัติ (First-line managers)** หน้าที่ความรับผิดชอบหลักของผู้จัดการระดับปฏิบัติคือการกำกับดูแล ประสานการทำงานของพนักงานที่ไม่ใช่ฝ่ายบริหาร เพื่อผลิตสินค้าหรือบริหารตามวัตถุประสงค์ขององค์กรที่วางไว้ซึ่งมีชื่อเรียกว่า หัวหน้างาน (Supervisor) ผู้จัดการ (Manager) หรือ โฟร์แมน (Foreman) เนื่องจากหน้าที่หลักคือดูแลการทำงานประจำวันของพนักงาน จึงสนใจเฉพาะเรื่องปัจจุบันและคำนึงถึงความต้องการเฉพาะหน้าของกลุ่มผู้จัดการระดับล่างต้องยืนอยู่ตรงกลางและมักจะเป็นผู้ประสานการทำงานและสนองความต้องการทั้งจากผู้บริหารระดับกลางที่สูงขึ้นไปกับความเรียกร้องต้องการของพนักงานระดับปฏิบัติที่อยู่ตามหน่วยงานการผลิตต่าง ๆ ขององค์กร



ภาพที่ 1.2 แสดงถึงปิรามิดระดับของการบริหารงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง และผู้บริหารระดับล่าง ล่างสุดจะเป็นพนักงานปฏิบัติการ

### ทักษะของผู้บริหาร

ในโอกาสแรกอาจตั้งคำถามว่า การก้าวสู่ตำแหน่งบริหารทำได้อย่างไร และจะมีแนวทางใดบ้างที่จะเป็นผู้บริหารที่ดีได้ ก่อนที่จะตอบคำถามแต่ละข้อสงสัยที่ว่าจะเป็นผู้บริหารที่ดีได้อย่างไรนั้น เราควรจะปรับทัศนคติ และร่วมกันคิดว่าน่าจะมีปัจจัยหรือคุณสมบัติสำคัญอะไรบ้างที่ผู้บริหารในศตวรรษที่ 21 ควรจะมี รายละเอียดในตารางที่ 1.2 แสดงถึงทักษะและคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อบรรดาประธานเจ้าหน้าที่บริหาร (CEOs) แห่งปี ค.ศ. 2000 นอกจากคุณลักษณะเฉพาะที่จำเป็นอื่น ๆ แล้วสิ่งที่ผู้บริหารแห่งศตวรรษที่ 21 ควรจะมีคือมุมมองหรือวิสัยทัศน์ต่ออนาคตขององค์กร ทักษะด้านการสื่อสารกับบุคลากร ตลอดจนความมุ่งมั่นและจริงจังในการที่จะฝึกฝนและถ่ายทอดกลยุทธ์การบริหารที่ดีสู่ผู้บริหารรุ่นหลังที่จะก้าวมาสานงาน



ขององค์กรต่อไปในวันข้างหน้า รายละเอียดที่จะนำเสนอในส่วนต่อไปนี้จะเน้นหนักในเรื่องทักษะด้านการจัดการเป็นหลัก

การมีทักษะเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งที่ดีเพื่อช่วยให้ทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพคือหัวใจสำคัญต่อผู้บริหารทุกระดับไม่ว่าจะเป็นผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง และผู้บริหารระดับล่าง ทั้งองค์การของรัฐบาลและภาคเอกชน ดร.เบอร์ต แอล แคทซ์ (Robert L. Katz) ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการจึงได้กำหนดทักษะพื้นฐานของผู้บริหาร 3 ทักษะขึ้น ได้แก่ ทักษะด้านความคิด (conceptual skills) ทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์ (Interpersonal skills) ทักษะด้านเทคนิค (Technical skills) เพราะความพยายามที่จะมุ่งสู่เป้าหมายที่วางไว้ทำให้ผู้บริหารทุกระดับต้องเกี่ยวข้องและเผชิญกับความท้าทายต่าง ๆ มากมาย ทำให้ต้องใช้ทักษะต่าง ๆ นี้ด้วยสัดส่วนมากน้อยตามระดับการบริหารในองค์กร ดูรายละเอียดตามภาพที่ 1.3

ตารางที่ 1.2 แสดงคุณสมบัติของผู้บริหารที่ประสบความสำเร็จในปี ค.ศ. 2000  
(The Successful CEO in the year 2000)

| พฤติกรรมเฉพาะตัว<br>(Personal Behavior)     | ปัจจุบัน<br>(Now) | ปี ค.ศ. 2000<br>(Year 2000) | ทักษะและความรู้<br>(Knowledge & skills) | ปัจจุบัน<br>(Now) | ปี ค.ศ. 2000<br>(Year 2000) |
|---|-------------------|-----------------------------|---|-------------------|-----------------------------|
| มีวิสัยทัศน์ที่ดี                           | 75%               | 98%                         | กำหนดกลยุทธ์                            | 68%               | 78%                         |
| พิจารณาค่าตอบแทนจากผลงาน                    | 66%               | 91%                         | การบริหารทรัพยากรมนุษย์                 | 41%               | 53%                         |
| หมั่นสื่อสารกับลูกน้องเสมอ                  | 59%               | 89%                         | เศรษฐกิจ การเมืองระหว่างประเทศ          | 10%               | 19%                         |
| เชื่อมั่นในจรรยาบรรณ                        | 74%               | 85%                         | วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี                 | 11%               | 15%                         |
| วางแผนการสืบทอดงานบริหาร                    | 56%               | 85%                         | คอมพิวเตอร์                             | 3%                | 7%                          |
| หมั่นสื่อสารกับลูกน้องเสมอ                  | 41%               | 78%                         | งานขายและการตลาด                        | 50%               | 48%*                        |
| พฤติกรรมเฉพาะตัว<br>(Personal Behavior)     | ปัจจุบัน<br>(Now) | ปี ค.ศ. 2000<br>(Year 2000) | ทักษะและความรู้<br>(Knowledge & skills) | ปัจจุบัน<br>(Now) | ปี ค.ศ. 2000<br>(Year 2000) |
| เลิกจ้าง หรือ ปรับงานพนักงานที่มีผลงานไม่ดี | 34%               | 71%                         | บัญชีและการเงิน                         | 33%               | 24%*                        |
| มอบรางวัลด้านความซื่อสัตย์                  | 48%               | 44%*                        | สื่อสารกับสื่อสาธารณะ                   | 16%               | 13%*                        |
| ตัดสินใจในเรื่องสำคัญทุกเรื่อง              | 39%               | 21%*                        | การผลิต                                 | 21%               | 19%*                        |
| อนุรักษ์นิยม                                | 32%               | 12%                         |   |                   |                             |

เป็นการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริหารกว่า 1,500 องค์กรจากทั่วโลกพบว่า ผู้บริหารที่ดี ในปี ค.ศ. 2000 ต้องมีคุณสมบัติเฉพาะตัวผสมผสานหลายอย่างด้วยกันตามรายละเอียดในตาราง  
 หมายเหตุ : พฤติกรรมทักษะที่มีเครื่องหมาย \* หมายถึงนำหนักความสำคัญในปี ค.ศ. 2000 ลดลง

| ผู้บริหารระดับสูง                   | ผู้บริหารระดับกลาง                            | ผู้จัดการระดับต้น                  |
|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| ทักษะด้านความคิด (Conceptual Skill) |   |                                    |
|                                     | ทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์ (Interpersonal Skills) |                                    |
|                                     |   | ทักษะด้านเทคนิค (Technical Skills) |

ภาพที่ 1.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างทักษะด้านการจัดการกับระดับของการบริหารที่ผู้บริหาร อาจจะใช้ทักษะทั้งสามมากน้อยขึ้นอยู่กับระดับของการบริหาร

### 1. ทักษะด้านความคิด (Conceptual skills)

ทักษะด้านความคิด หมายถึง ความสามารถของผู้บริหาร เรียกการทำความเข้าใจภาพรวมของสภาพแวดล้อมองค์กรว่าทุกส่วนมีความเกี่ยวข้อง เชื่อมโยงกันอย่างไร และเมื่อตัดสินใจใด ๆ ก็ตามย่อมสามารถคาดเดาถึงผลลัพธ์ได้ล่วงหน้า ดังนั้นผู้บริหารที่ดีนั้นควรตัดสินใจบนพื้นฐานของการสนองตอบความต้องการขององค์กรโดยรวม ไม่ใช่เพียงหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งเท่านั้น นอกจากนี้ทักษะด้านความคิดยังรวมไปถึงความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ ซึ่งบ่งถึงต้นเหตุของโอกาสหรือปัญหาใด ๆ เพื่อที่จะได้กำหนดแผนการที่สอดคล้องกับเรื่องนั้น ๆ ได้ เพราะผู้บริหารที่ดีต้องสามารถมองเห็นสถานการณ์ทั้งดีและไม่ดีซึ่งองค์กรกำลังเผชิญอยู่ เมื่อประเมินถึงการเกิดขึ้นของสถานการณ์เหล่านั้นก็จะสามารถเตรียมวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหาได้ทันทั่วถึง ดังนั้นความสามารถในการใช้ความคิดจึงจำเป็นสำหรับผู้บริหารระดับสูงในฐานะที่เป็นผู้นำการวางแผนและกำหนดเป้าหมายในอนาคตขององค์กร

### 2. ทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์ (Interpersonal Skills)

ทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ทักษะเกี่ยวกับมนุษย์ (Human Skills) หรือทักษะเกี่ยวกับบุคคล (People skills) ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถทำงานร่วมกับบุคคลอื่นเพื่อนร่วมงาน ผู้ได้บังคับบัญชา โดยสื่อสารกับบุคคลที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 3. ทักษะด้านเทคนิค (Technical skills)

ทักษะทางด้านเทคนิค คือ ความรู้ความชำนาญในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ กระบวนการและขั้นตอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานด้วยเครื่องมือและเทคนิคพิเศษ เช่น ช่างกล ทำงานด้วยเครื่องมือต่าง ๆ ซึ่งผู้บังคับบัญชาควรมีความสามารถที่จะสอนการใช้เครื่องมือ นัก บัญชีควรนำเทคนิคพิเศษมาใช้ในการทำบัญชีและปฏิบัติงานทางด้านบัญชี

## บทที่ 2

### วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วิภา เสวตคณินธุ์ (2536) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารเคมีและยางแห้ง

#### 1) สารเคมีสำหรับยาง (Additives For Rubber)

สารเคมีสำหรับยาง หมายถึง สารเคมีต่าง ๆ ที่ผสมลงไปนยาง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ยางที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ยางที่ผสมสารเคมีแล้วนี้ไม่อาจนำไปใช้งานได้ เว้นแต่สารเคมีเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับยางก่อน การให้สารเคมีเข้าทำปฏิกิริยากับยาง สามารถเร่งได้ด้วยการให้ความร้อน ยางที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยากับสารเคมี เรียกว่า ยางไม่คงรูป (Green Compound หรือ Uncured Compound) ส่วนยางที่สารเคมีเข้าทำปฏิกิริยากับยางแล้ว เรียกว่า ยางคงรูป Vulcanised Rubber หรือ Cured Rubber)

#### เหตุผลในการผสมยางกับสารเคมี

การที่ต้องมีการผสมยางกับสารเคมี ก็ด้วยเหตุผล 4 ประการ คือ

1. เพื่อแก้ไขข้อเสียของยาง
2. เพื่อเป็นตัวช่วยในกระบวนการแปรรูป
3. ทำให้ยางมีขอบเขตการใช้งานกว้างขึ้น
4. เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต

#### 1. เพื่อแก้ไขข้อเสียของยาง ซึ่งข้อเสียของยาง มี

1.1 ยางมีสมบัติเป็นทั้งพลาสติก (Plastic) และ อีลาสติก (Elastic) สมบัติเป็นพลาสติก คือ สมบัติของสารที่เมื่อใช้น้ำหนักกดลงไป จะแบนและไหลได้ ส่วนสมบัติที่เป็นอีลาสติก คือสมบัติของสารที่เมื่อมีแรงกระทำต่อกัน เช่น ยืดออก เมื่อเอาแรงออกจะคืนกลับรูปเดิม ยางเมื่อกดก็แบนลง แต่เมื่อคลายแรง จะกลับคืนรูปแต่ไม่เท่าของเดิม หรือเมื่อดึงออกจะยืด แต่เมื่อปล่อยกลับจะคืนกลับ แต่ไม่เท่าเดิม การที่ยางมีสมบัติเป็นทั้งพลาสติกและอีลาสติกนี้ ทำให้ไม่สามารถนำยางไปใช้งานได้โดยตรง

1.2 ยางเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ที่อุณหภูมิต่ำยางจะแข็งกระด้างแตกหักได้ง่าย แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ยางจะนิ่มไหลแปรรูปไป การมีคุณสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก ทำให้ยางใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิจำกัด

1.3 ยางมีความแข็งแรงต่ำ มีแรงต้านทานต่ำ และความต้านทานต่อการสึกหรอต่ำ

1.4 ยางสามารถละลายได้ง่ายในตัวทำละลายหลายชนิด

## 2. เพื่อเป็นตัวช่วยในขบวนการแปรรูป

ปกติในยางดิบที่ยังไม่ได้ผสมกับสารอะไร จะมีคุณสมบัติเหนียว ซึ่งเกี่ยวกับความยืดหยุ่นของส่วนประกอบที่อยู่ภายในยางดิบ และทำให้ลำบากในการนำไปเข้าขบวนการต่าง ๆ เช่น การรีดยางให้เป็นแผ่นจากเครื่อง Calender การทำท่อจากเครื่อง Extruder เป็นต้น ขบวนการเหล่านี้จะแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติ หรือ ความสม่ำเสมอของยางเมื่อผ่านเครื่อง Calender และความผิดปกติในการพองตัวของยางเมื่อผ่านเครื่อง Extruder แต่หลังจากที่ได้เติมสารเคมีบางชนิด เช่น สารตัวเติม สารทำให้ยางอ่อนตัวแล้วจะทำให้ผลผลิตที่ได้จากเครื่อง Calender มีผิวเรียบ และสามารถจะลดปัญหาเกี่ยวกับความไม่สม่ำเสมอของแผ่นยาง หรือการพองตัวของท่อยางได้

## 3. ทำให้ยางมีขอบเขตการใช้งานกว้างขึ้น

จากความเหมาะสมในการเลือกสารเคมีผสมในยาง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อย่างมาก และผลิตภัณฑ์ที่ได้เหล่านั้นจะเปลี่ยนจากอ่อน ไปจนถึงผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการทนความร้อน เช่น ขวดใส่น้ำร้อน และผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งมากที่สุด เช่น เปลือกหม้อเบตเตอรี ต้องการคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อย่างไร ก็สามารถเลือกชนิดและปริมาณของสารเคมีได้ตามวัตถุประสงค์

## 4. เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต

การนำยางมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ ถ้าใช้แต่เนื้อยางล้วน ๆ จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ถ้าสามารถผสมสารอื่นที่มีราคาถูกลงไป เช่น พวงเคลย์ ไวท์ดีง จะทำให้ลดต้นทุนการผลิตลง

## สารที่ใช้ผสมยางเพื่อการผลิตวัตถุสำเร็จรูปยาง

สารต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับผลิตวัตถุสำเร็จรูปยาง อาจจำแนกเป็นพวก ๆ ได้ดังนี้

1. ยาง (Rubber) ซึ่งอาจจะเป็นยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์หรือ ยางรีเคลม
2. สารวัลคาไนซิง (Vulcanising agent) ได้แก่ สารกำมะถัน สารที่คล้าย ๆ กำมะถัน สารที่มีส่วนของกำมะถัน สารเปอร์ออกไซด์
3. สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนท์ (Accelerator) สารเร่งการเกิดปฏิกิริยา ให้เกิดช้าปานกลาง หรือเร็ว
4. สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนท์ (Activator) ได้แก่ กรดสเตียริก และซิงค์ออกไซด์
5. สารเคมีตัวเติม (Filler) ได้แก่ เคลท์ ไวท์ดีง แคลเซียมคาร์บอเนต ผงถ่าน

6. สารเคมีในการแปรรูปยาง (Plasticiser) ได้แก่ การทำให้ยางนิ่มโดยทางเคมี การทำให้ยางนิ่มโดยธรรมชาติ
7. สารต้านทานการเสื่อมสภาพ (Protective agent) ได้แก่ สารพวกช่วยด้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) สารต้านทานปฏิกิริยาโอโซน (Antiozonant)
8. สารพิเศษอื่นๆ (Miscellaneous ingredient) ได้แก่ สารที่ทำให้เกิดสี (Coloring material) สารทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) สารหน่วง (Retarder) เป็นต้น

### สูตรพื้นฐานทั่วไปของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

|                                   | <u>Phr (ส่วนในยาง 100 ส่วน)</u> |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| ยาง                               | 100                             |
| กำมะถัน                           | 2.5 – 3.5                       |
| สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนท์         | 0.5 – 1.5                       |
| สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนท์ | 1 - 5                           |
| สารต้านทานยางเสื่อมสภาพ           | 1 - 2                           |
| สารช่วยในการแปรรูปยาง             | 5 – 10                          |
| สารตัวเติม                        | ตามต้องการ                      |

### 2) ยาง (Rubber)

ยาง (Rubber) เป็นวัสดุสำคัญสำหรับการผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูปยาง ซึ่งอาจจะใช้ยางธรรมชาติล้วน ๆ ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์ หรือยางรีเคลม เป็นต้น ยางเหล่านี้มีประโยชน์ในการนำไปใช้กว้างขวางมาก และยางแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน จะใช้ยางชนิดใด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ ตลอดจนคุณสมบัติของวัตถุดิบสำเร็จรูปที่ต้องการ

#### หลักเกณฑ์ในการเลือกยาง

1. ควรจะทราบคุณสมบัติที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยการทราบรายละเอียดของวัตถุดิบสำเร็จรูปที่ผลิต เช่น อุณหภูมิ ความแข็งแรง หรือ ความทนทานต่อการใช้งาน ตลอดจนคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบที่ต้องการ ชนิดของสูตรที่นำมาผสม ราคาต้นทุน และขบวนการแปรรูป เป็นต้น
2. เลือกสูตรที่จะนำมาใช้ผสมระหว่างสารเคมีกับยาง ซึ่งขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบสำเร็จรูป การควบคุมคุณภาพการผลิต ตลอดจนสภาพภาพของโรงงาน

3. เลือกชนิดของยางก่อน แล้วเลือกสารเคมีที่นำมาผสมกับยาง ซึ่งขึ้นอยู่กับความรู้ และความสามารถของผู้ผลิต

4. หลังจากเลือกชนิดของยางที่นำมาใช้ได้แล้ว เมื่อนำมาผสมกับสารเคมีควรจะมี การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของยางผสมสารเคมี ว่ามีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการหรือไม่ ถ้าไม่ได้ตามที่ต้องการควรปรับปรุงสูตร

**คุณสมบัติพื้นฐานของยาง** ยางแต่ละชนิดควรจะทราบคุณสมบัติพื้นฐาน เพื่อใช้เป็นหลักพิจารณาในการเลือกเพื่อเป็นวัตถุดิบ

1. **ยางธรรมชาติ (Natural rubber, NR)** เป็นยางที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูปทั่วไป ที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ เช่น ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษในการทนต่อน้ำมัน หรือ ทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีการผลิตยางสังเคราะห์ขึ้นหลายชนิด แต่หลักเกณฑ์การใช้ยางธรรมชาติเพื่อผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูปยางก็ยังคงสูงอยู่ ทั้งนี้เพราะยางธรรมชาติมีคุณสมบัติหลายประการ คือ มีความต้องการต่อแรงดึงดีมาก มีความต้านทานต่อการฉีกขาดดีมากโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง มีความสามารถในการกระดอนสูง มีคุณสมบัติในการติดกันเองดีมาก มีการต้านทานต่อการสึกหรอดีมาก แต่น้อยกว่ายาง SBR เล็กน้อย การเกิดความร้อนสะสมต่ำ ไม่ทนทานต่อน้ำมันปิโตรเลียม ไม่ทนทานต่อกรดและด่างชนิดเข้มข้น และยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการซึมผ่านของแก๊สไม่ดี

2. **ยางสังเคราะห์ (Synthetic rubber)** ยางสังเคราะห์ที่สำคัญที่สมควรกล่าวถึงมี

2.1 **ยางสังเคราะห์ชนิดที่ใช้งานทั่วไป (General purpose synthetic rubber)**

2.1.1 **ยาง SBR (Styrene Butadiene Rubber)** เป็นยางสังเคราะห์ที่เหมาะสมในการผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูปยางสำหรับใช้งานทั่วไป ซึ่งไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ คุณสมบัติทางกายภาพของยางที่ยังไม่วัลคาไนท์ และที่วัลคาไนท์แล้ว โดยทั่วๆ ไปต่ำกว่ายางธรรมชาติ เพื่อให้ได้ยาง SBR ที่มีคุณภาพดีขึ้น จำเป็นต้องใช้สารเพิ่มพวกช่วยส่งเสริมความแข็งแรง ประเภทที่มีประสิทธิภาพสูง ยาง SBR ไม่มีความต้านทานต่อน้ำมันเช่นเดียวกับยางธรรมชาติ คุณสมบัติทั่วไปของยาง SBR มีดังนี้คือ ความสามารถในการกระดอนค่อนข้างต่ำ เกิดความร้อนสะสมสูง ความต้านทานต่อการสึกหรอดี มีความต้านทานต่อแรงดึงและต่อการฉีกขาดต่ำ ความต้านทานต่อการซึมผ่านของแก๊สไม่ดี ความต้านทานต่อการเกิดรอยแตกค่อนข้างต่ำ คุณสมบัติความเหนียวติดกันเองไม่ดี แต่มีคุณสมบัติการ ageing ดีกว่ายางธรรมชาติเล็กน้อย

ปัจจุบันใช้ยาง SBR เพื่อการผลิตยางล้อรถยนต์โดยสาร แต่ยางรถบรรทุกเพื่อต้องการคุณสมบัติความสามารถในการกระดอนดี จะใช้ยางธรรมชาติ

**2.1.2 ยาง BR (Butadiene Rubber)** เป็นยางสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเด่นอยู่หลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความต้านทานต่อการสึกหรอดีมาก นอกจากนี้ยาง BR ยังมีคุณสมบัติคือ มีความสามารถในการกระดอนสูง ความร้อนสะสมต่ำ ความต้านทานต่อการซึมผ่านของแก๊สต่ำ ความต้านทานต่อการฉีกขาดไม่ดี มีความต้านทานต่อการเกิดรอยแตกที่อุณหภูมิต่ำดีมาก ส่วนมากใช้ในอุตสาหกรรมยางรถยนต์ ไม่ค่อยใช้ในอุตสาหกรรมอื่นนัก

## 2.2 ยางสังเคราะห์ชนิดที่ใช้งานพิเศษ (Special purpose synthetic rubber)

**2.2.1 ยาง EPM และ ยาง EPDM (Ethylene Propylene Rubber)** เป็นยางสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถเติมน้ำมันและสารตัวเติมในการบดผสมได้มาก มีความทนทานต่อความร้อนสูง มีคุณสมบัติในการ ageing ดี มีความต้านทานต่อสารเคมีพวกกรดและด่างเจือจางได้มาก ต้านทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาที่เกิดจากโอโซนดีมาก และคุณสมบัติโดยทั่วไป คือ มีคุณสมบัติในการกระดอนต่ำ ความร้อนสะสมสูง ความต้านทานต่อการสึกหรอปานกลาง ไม่มีความต้านทานต่อการฉีกขาด

ยาง EPDM จะใช้ในงานที่ต้องการใช้คุณสมบัติในการทนความร้อน ทนต่อโอโซน ทนต่อสภาพดิน ฟ้า อากาศ เช่น ใช้ทำขอบยางหน้าต่างรถยนต์

**2.2.2 ยาง CR (Polychloroprene หรือ Neoprene Rubber)** เป็นยางสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีความต้านทานต่อน้ำมันพวกอลิฟาติก (aliphatic oil) และ ตัวทำละลายได้ดี ทนทานต่อความร้อน ต้านทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาที่เกิดจากโอโซน มีความทนไฟ มีคุณสมบัติในการต้านทานแรงดึงสูง การฉีกขาดสูง มีคุณสมบัติความเหนียวติดกันเองสูง มีคุณสมบัติในการกระดอนปานกลาง ความต้านทานต่อการซึมผ่านของแก๊สปานกลาง ความต้านทานต่อการสึกหรอปานกลาง ความต้านทานต่อการฉีกขาดปานกลาง ความต้านทานต่อการเกิดรอยแตกปานกลาง

ยาง CR จะใช้ในงานที่ต้องสัมผัสกับน้ำมัน เช่น ใช้ทำประเก็นสายพานลำเลียง และ ปลอกหุ้มสายเคเบิล

**2.2.3 ยาง NBR (Acrylonitrile Butadiene Rubber) หรือ (Nitrile Rubber)** เป็นยางสังเคราะห์ที่ได้จากการผสมระหว่างบิวทาไดอีน และ อะครีโลไนไตรล์

ยาง NBR มีหลายเกรด ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของอะครีโลไนไตรล์ ซึ่งอยู่ระหว่าง 25 – 45% ในการใช้ยางไนไตรล์จะต้องพิจารณาเลือกเกรดของยางให้ตรงกับเป้าหมายคุณสมบัติของผลผลิต คือ ถ้าต้องการผลิตรubber ที่จะต้องมีความต้านทานต่อน้ำมันเป็นอย่างดีจะต้องเลือกยาง NBR เกรดที่มี



ปริมาณอะคริโลไนไตร์สูง แต่ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติบดงที่อุณหภูมิต่ำได้ก็จะต้องเลือกเกรดที่มีปริมาณอะคริโลไนไตร์ต่ำ

**คุณสมบัติโดยทั่วไปของยาง NBR** คือมีคุณสมบัติต้านทานต่อการ ageing ดี มีความต้านทานต่อการสึกหรอดี ความต้านทานต่อการฉีกขาดปานกลาง ความต้านทานต่อการเกิดรอยแตกปานกลาง ความต้านทานต่อโอโซนพอใช้

ยาง NBR จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสต่อน้ำมัน เช่น ใช้ทำประเก็นน้ำมัน ใช้ทำท่อดูดหรือท่อส่งน้ำมัน

**2.2.4 ยาง SI (Silicone Rubber)** เป็นยางสังเคราะห์ชนิดพิเศษที่มีราคาแพงมาก แต่มีความทนทานต่อความร้อนได้ดีมาก สามารถทนได้ถึงอุณหภูมิ 250 °C เป็นระยะเวลานาน คุณสมบัติทั่วไป คือ เป็นตัวฉนวนไฟฟ้าที่ดี มีความต้านทานต่อปฏิกิริยาที่เกิดจากออกซิเจน และโอโซน มีความทนทานต่อกรดและด่างที่อุณหภูมิห้อง แต่ไม่มีความทนทานถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น มีความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำมากๆ คือ สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิกว้าง

การใช้มักใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับส่วนต่างๆ ของเครื่องมือ ส่วนของเครื่องยนต์ ใช้ในโรงงานไฟฟ้า ตลอดจนใช้งานทั่วไป เช่น สายยางของงานแพทย์ จุกยางของยาต่างๆ หัวนมเด็ก ใช้ในงานสายไฟ

**2.3 ยางรีเคลม (Reclaimed Rubber)** ยางรีเคลมเป็นผลผลิตที่ได้จากนำเศษวัสดุสำเร็จรูป ยางต่าง ๆ เช่น ส่วนของยางล้อรถยนต์ ยางในรถยนต์ที่เสีย ยางรองเท้า ตลอดจนเศษยางจากวัสดุสำเร็จรูปยางอื่น ๆ มาผ่านกระบวนการเพื่อที่จะนำยางนั้นกลับมาใช้ได้ อีก หลักการของกรรมวิธีผลิตยางรีเคลม คือ การเปลี่ยนแปลงเศษยางต่าง ๆ โดยวิธีการใช้ความร้อนและสารเคมีบางอย่าง ซึ่งผลจากการเปลี่ยนแปลงซึ่งทำให้เศษยางที่ผ่านการวัลคาไนท์แล้ว กลับไปอยู่ในสภาพเริ่มแรก คือ ไม่มีความคงรูป

ยางรีเคลมจะใช้เป็นวัตถุดิบผสมกับยางในการผลิตวัตถุดิบประเภทที่ไม่คำนึงถึงความแข็งแรงมากนัก ซึ่งเมื่อใช้ยางรีเคลมผสมกับยาง จะช่วยลดเวลาและกำลังงานที่ใช้บดยาง เพราะขณะผ่านกรรมวิธีผลิตยางรีเคลมนั้น ได้มีการใช้พลังงานมามากแล้ว ความร้อนที่เกิดขณะบดผสมยางจะต่ำกว่ากรณีที่บดยางล้วน ๆ โดยใช้ผสมยางรีเคลม

ยางผสมสารต่าง ๆ ที่มียางรีเคลมผสมอยู่ด้วย จะได้เปรียบเกี่ยวกับการบดผสมยางทำเป็นท่อ และการรีดรีบได้รวดเร็ว และผลผลิตที่ออกมาจะมีผิวที่ราบเรียบดี มีรูปร่างคงตัวดี นอกจากนี้ยางรีเคลมยังช่วยเสริมคุณสมบัติการเหนียวติดกันเอง ซึ่งเป็นประโยชน์มากสำหรับการทำชิ้นส่วนบางส่วนของยางรถยนต์ แต่ยางรีเคลมจะมีข้อเสียเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพบางอย่างลดลง

เช่น ความทนทานต่อการสึกหรอ ความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด เป็นต้น และ ยังเพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำ ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนไฟฟ้าลดลง นิยมใช้ยางรีเทคัมเกี่ยวกับงานการผลิตวัตถุ หรือ สินค้าที่ไม่ต้องการคุณสมบัติทางกายภาพที่คืนกลับ ได้แก่ ยางปูพื้น พื้นรองเท้า ส่วนของปั๊มที่ใช้ในบ้าน เป็นต้น

### 3) สารวัลคาไนซิง (Vulcanising Agent)

สารวัลคาไนซิง (Vulcanising Agent) เป็นสารที่ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยาง (Crosslink) เพื่อการปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ยางให้ดีขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดเรียกว่า การวัลคาไนท์ (Vulcanisation) หรือ Cure ซึ่งคุณสมบัติของยางที่เปลี่ยนแปลงไป มี

1. อาจจะเปลี่ยนจากความเป็นอีลาสติก ความเป็นพลาสติกไปสู่ความเป็นอีลาสติกสูงขึ้น
2. เพิ่มความแข็งแรง เพิ่ม โมดูลัส และเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอ
3. เปลี่ยนสภาพของยางจากการละลายได้ในสารละลายเป็นยางที่ไม่ละลายในสารละลายและไม่พองตัว
4. เป็นการเปลี่ยนยางจากสภาพเทอร์โมพลาสติก เป็นเทอร์โมเซตติง

สารวัลคาไนซิง สามารถแบ่งได้เป็น 3 พวกคือ

1. กำมะถัน (Sulfur) และ ธาตุที่คล้ายๆ กำมะถัน
2. สารที่ให้กำมะถัน (Sulfur Donor)
3. สารอื่นๆ ที่ไม่ใช่กำมะถัน

#### 1. กำมะถัน และ ธาตุที่คล้ายกำมะถัน

กำมะถัน (Sulfur) เป็นสารวัลคาไนซิงที่นิยมใช้มากที่สุด และ นิยมใช้กับยางที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated rubber) ได้แก่ ยางธรรมชาติ ยาง SBR ยาง NBR เป็นต้น

ปริมาณของกำมะถันที่ใช้ จะอยู่ในช่วงประมาณ 1-3 phr แต่โดยทั่วๆ ไปมักไม่เกิน 2.5 phr เพราะปริมาณกำมะถัน 2.5 phr จะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงสูงที่สุดนอกจากเมื่อต้องการยางที่มีโมดูลัสต่ำ เช่น ลูกโป่ง จะใช้กำมะถันน้อยลง หรือ ถ้าต้องการยางที่มีโมดูลัสสูงจะใช้กำมะถันมากขึ้น

การใส่กำมะถันลงในยาง จะใส่หลังสุดในจำนวนสารเคมีทั้งหมด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการวัลคาไนซ์ก่อนกำหนด แต่บางบางอย่างเช่น ยาง NBR ซึ่งกำมะถันกระจายในยางได้ไม่ดี จำเป็นต้องใส่กำมะถันตั้งแต่เริ่มต้น เพื่อช่วยให้เวลาในการกระจายเพิ่มขึ้น

### ข้อดีและข้อเสียของกำมะถัน

- ข้อดี**
1. กำมะถันมีราคาค่อนข้างถูก ทำให้ต้นทุนต่ำ
  2. กระจายตัวง่ายในยาง
  3. ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
  4. มีผลโดยตรงต่อการเร่งปฏิกิริยารีดอกซ์ จึงเป็นตัวควบคุมอัตราการเกิดวัลคาไนซ์

- ข้อเสีย**
1. มีแนวโน้มทำให้เกิดการแยกตัวมาอยู่ที่ผิวยาง (sulfur blooming)
  2. มีการติดสีของซัลไฟท์
  3. เมื่อนำยางที่ผสมกำมะถันไปอบ มีความทนทานต่อความร้อนไม่ดี
  4. มีขีดจำกัดในการใช้ คือใช้ได้กับยางที่ไม่อิมมัตว

กำมะถันที่ใช้ในยางต้องเป็นกำมะถันที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ซึ่งขนาดอนุภาคยิ่งเล็กจะทำให้กำมะถันกระจายในยางได้ทั่วถึงดีขึ้น และทำให้การวัลคาไนซ์ยางได้ทั่วถึง และยางที่วัลคาไนซ์แล้วมีคุณสมบัติสูงด้วย

นอกจากนี้การละลายของกำมะถันในยางขึ้นกับชนิดของยางด้วย เช่น ในยาง NR และ SBR ที่อุณหภูมิห้อง กำมะถันจะละลายในยางได้ประมาณ 0.8 ส่วนต่อยาง 100 ส่วน และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กำมะถันจะละลายได้มากขึ้น แต่มีข้อเสีย คือ เมื่อตั้งทิ้งไว้กำมะถันที่เป็นส่วนเกินจะตกผลึกออกที่ผิวยาง เรียกว่า เกิดการบลูม (Blooming)

การแก้ปัญหาของการที่กำมะถันเกิดการตกผลึกมาอยู่ที่ผิวยาง สามารถทำได้โดยผสมกำมะถันเข้าไปในยางที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรืออาจใช้กำมะถันชนิดไม่ละลาย (Insoluble sulfur) แทนกำมะถันธรรมดาซึ่งเป็นแบบชนิดละลาย (Soluble sulfur) กำมะถันชนิดไม่ละลาย ไม่คงตัวจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นกำมะถันชนิดละลายอย่างช้า ๆ ที่อุณหภูมิห้อง และถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะเปลี่ยนเป็นกำมะถันชนิดละลายภายใน 10-20 นาที ในการเก็บรักษากำมะถันชนิดไม่ละลายจะต้องเก็บที่อุณหภูมิที่ต่ำที่สุด และในขบวนการแปรรูปยางจะต้องให้อุณหภูมิของยางต่ำเพื่อป้องกันไม่ให้กำมะถันชนิดไม่ละลายเปลี่ยนรูป ในการใช้งานจริง ๆ อาจใช้กำมะถันชนิดไม่ละลายปนกับกำมะถันชนิดละลายก็ได้ เช่น ใช้กำมะถันชนิดไม่ละลายประมาณ 70% ของการใช้งานทั้งหมด และลดการตกผลึกของกำมะถันที่ผิวยางได้

นอกจากกำมะถันแล้ว ยังมีธาตุอื่น ๆ อีกด้วย กำมะถันทำหน้าที่เป็นสาร รีดอกซ์ ได้แก่ ซีลีเนียม (Selenium) และ เทลลูเรียม (Tellurium) มักใช้แทนกำมะถันเมื่อต้องการสมบัติต้านทานต่อความร้อน แต่ปฏิกิริยาที่สาร 2 ตัวนี้ ทำกับยางไม่ดีเท่ากับกำมะถันและยังเป็นพิษด้วย

โดยทั่วไปนิยมใช้สาร 2 ตัวนี้ เป็นสารวัลคาไนซิงเสริมร่วมกับกำมะถัน ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณกำมะถันที่ใช้ลดลง และทำให้ได้ยางที่มีความทนทานต่อความร้อนและไอน้ำ และมีโมดูลัสสูงขึ้นด้วย

2. สารที่ให้กำมะถัน (Sulfur donor) สารที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ และ สลายให้กำมะถันที่อุณหภูมิของสารวัลคาไนซิง จะเป็นสารวัลคาไนซิงเช่นเดียวกัน ตัวอย่างสารชนิดนี้ เช่น TMTD (Tetramethyl Thiuram disulphide) , Dimorpholinyl disulphide

การใช้สารที่ให้กำมะถันจะใช้ร่วมกับปริมาณเล็กน้อยของกำมะถัน ต่ำกว่า 1 phr ร่วมกับสารที่ให้กำมะถัน 3-4 phr หรือบางกรณีอาจไม่ใช้กำมะถันเลยก็ได้ โครงสร้างของการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพแข็งแรงกว่าการเชื่อมโยงโมเลกุลโดยระบบที่ใช้กำมะถันตามปกติไม่เกิดสาร Bloom ที่ผิวยาง ช่วยให้เกิดความปลอดภัยในขบวนการผลิต คือ ไม่เกิดการคงรูปก่อนกำหนด และผลผลิตที่ได้ความทนทานต่อการเสื่อมสภาพ ณ ที่อุณหภูมิสูงดีกว่า และ ให้โมดูลัสสูงกว่าการใช้กำมะถันล้วนๆ ในปริมาณเท่ากัน แต่การใช้สารที่ให้กำมะถันจะมีราคาแพงกว่าการใช้กำมะถันเพียงอย่างเดียว เพราะสารนี้มีราคาแพงกว่ากำมะถันธรรมดา และ ต้องใช้ในปริมาณมาก

3. สารอื่นๆ ที่ไม่ใช่กำมะถัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

3.1 โลหะออกไซด์ (Metallic oxides) ซึ่งได้แก่พวกซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxides ,Zno) แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxides , Mgo) ตะกั่วออกไซด์ (Lead oxides , Pbo) ใช้ในการวัลคาไนซิงบางชนิด เช่น

- ซิงค์ออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ ใช้ในการวัลคาไนซิง Neoprene (CR)
- แมกนีเซียมออกไซด์ ใช้วัลคาไนซิงยาง Fluoroelastomer (FPM)
- ตะกั่วออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ ใช้วัลคาไนซิงยางไฮพาลอน (CSM)

3.2 สารพวกที่มีกรุปที่ไวต่อปฏิกิริยา 2 กรุป สารพวกนี้จะฟอร์มการเชื่อมโยงในโมเลกุลยางจะทำปฏิกิริยากับแขนงของสายโมเลกุล เช่น การใช้ epoxy resin วัลคาไนซิงยาง nitrile การใช้ quinone dioxide วัลคาไนซิงยาง butyl เป็นต้น

3.3 สารเปอร์ออกไซด์ (Peroxide) ใช้สารเปอร์ออกไซด์เพื่อการวัลคาไนซิงได้ทั้งพวกที่มีความอึดตัว เช่น ยางซิลิโคน และพวกที่ไม่อึดตัวหรือพวกที่ไม่มีกรุปที่ไวต่อปฏิกิริยาวัลคาไนซิง

สารเปอร์ออกไซด์ที่นิยมใช้กับยาง ควรเป็นสารที่มีความเสถียรที่จะเก็บรักษาไว้ได้นาน มีความว่องไวพอสมควรในการทำปฏิกิริยากับยางที่อุณหภูมิของการวัลคาไนซิง และปลอดภัยในการใช้ ซึ่งได้แก่ Dicumyl peroxide , Benzoyl peroxide

### ข้อดีของการใช้เปอร์ออกไซด์

1. เกิดการวัลคาไนซ์แบบ plateau cure ยางทุกๆส่วนจะเกิดการวัลคาไนซ์ในเวลาใกล้เคียงกัน
2. คุณสมบัติด้าน compression set ดีมาก
3. มีความต้านทานต่อความร้อนดีมาก
4. ไม่เกิดปัญหาการ bloom
5. ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีสดใส
6. คุณสมบัติทางไฟฟ้าดีมาก

### ข้อเสียของการใช้เปอร์ออกไซด์

1. ราคาแพงกว่าการใช้กำมะถัน
2. มีความต้านทานต่อแรงดึงต่ำกว่าอย่างที่ทำได้โดยใช้กำมะถัน
3. ก่อนข้างจะมีกลิ่น
4. Induction Period ดีมาก
5. คุณสมบัติส่วนใหญ่จะต่ำกว่าอย่างที่ใช้กำมะถัน

#### 4) สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ (Accelerator)

ในการวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ ถ้าใช้สารวัลคาไนซ์เพียงอย่างเดียว เช่น กำมะถัน จะทำให้การวัลคาไนซ์ช้ามาก ต้องใช้กำมะถันปริมาณมาก และการวัลคาไนซ์ใช้เวลานานที่อุณหภูมิสูง แต่ถ้าใช้สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ จะช่วยลดเวลา ลดอุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ และ ยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติให้กับวัตถุดิบอีกด้วย ในการลดเวลาวัลคาไนซ์ยางนั้น โดยปกติจะขึ้นอยู่กับปริมาณ และ หรือ ชนิดของสารที่ใช้

การใช้สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบ คือ

1. ระบบการใช้สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เพียงชนิดเดียว (primary accelerator) ให้พอเพียงที่จะทำการวัลคาไนซ์ยางตามเวลาที่ต้องการ
2. ระบบการใช้สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป ซึ่งประกอบด้วยชนิดหนึ่งใช้ในปริมาณมาก primary accelerator และอีกชนิดหนึ่งใช้ในปริมาณน้อยเป็น (secondary accelerator) 10-20% ของปริมาณสารเร่งทั้งหมด เพื่อช่วยเสริมและปรับปรุงคุณสมบัติของผลผลิตการทำระบบวัลคาไนซ์ที่มีสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป จะได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีกว่าการใช้ระบบสารใดสารหนึ่งเพียงอย่างเดียว

3. ระบบการใช้สารเร่งปฏิกิริยาช้า (Delayed action accelerator) สารประเภทนี้จะไม่เกิดปฏิกิริยากรรมวิธีก่อนการวัลคาไนซ์ ซึ่งเป็นการป้องกันปัญหาการเกิดการวัลคาไนซ์ก่อนเวลา **คุณสมบัติของสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์** สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ที่ดีควรมีคุณสมบัติ ดังนี้ คือ

1. สามารถทำให้ยางคงรูปได้เร็ว
2. มีความว่องไวในการเร่งให้เกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลสูง
3. ละลายได้ดีในยาง
4. มีความปลอดภัยในกระบวนการผลิต
5. สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เสื่อม
6. ใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิกว้าง
7. เข้ากันได้ดีกับสารเคมีอื่น ๆ ที่ใส่เข้าไปในยาง
8. ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
9. ไม่เกิดการ reversion

#### **ประเภทของสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์**

การเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์มีหลายชนิด จึงต้องมีการจัดเป็นหมวดหมู่ ซึ่งในระยะแรกการจัดหมวดหมู่ของสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ จะจัดตามความเร็วในการเร่งให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. สารเร่งปฏิกิริยาช้า (Slow accelerator) ได้แก่ กัวนิดิน
2. สารเร่งปฏิกิริยาเร็วปานกลาง (Medium fast accelerator) ได้แก่ โซอาโซล ซัลฟิโนไมด์
3. สารเร่งปฏิกิริยาเร็ว (Fast accelerator) ได้แก่ ไธยูเรม ไดโซโอคาร์บาเมต
4. สารเร่งปฏิกิริยาเร็วมาก (Ultra fast accelerator) ได้แก่ แซนเตท

#### **5) สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ (Activator)**

สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ (Activator) เป็นสารที่ช่วยเร่งอัตราการวัลคาไนซ์อย่างให้เร็วขึ้นการทำให้สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์มีความว่องไวต่อปฏิกิริยา เพื่อจะได้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น เชื่อได้ว่าถ้าเติมสารเสริมพวกนี้จะเกิดปฏิกิริยา เพื่อการฟอร์มสารที่มีโครงสร้างซับซ้อน (Intermediate complexes) สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ซึ่งสารที่มีโครงสร้างซับซ้อนดังกล่าว มีประสิทธิภาพต่อการเร่งให้กำมะถันเกิดความว่องไวต่อปฏิกิริยาการเชื่อมโยงโมเลกุล ผลที่ได้คือการเร่งอัตราการวัลคาไนซ์อย่างให้เร็วขึ้น และเพิ่มคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น โดยทำให้ยางมีโมเลกุลสูงขึ้น

## ชนิดของสารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์

สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. พวกอนินทรีย์
2. พวกอินทรีย์

1. พวกอนินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกโลหะออกไซด์ ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) แคดเมียมออกไซด์ (Cadmium oxide, CdO) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium hydroxide, Ca(OH)<sub>2</sub>), ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO) เป็นสารที่จำเป็นในการทำให้ยางคงรูปได้สมบูรณ์ เป็นสารที่มีความถ่วงจำเพาะสูงคือ 5.57 จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ซิงค์ออกไซด์มากเกินไป การใช้ซิงค์ออกไซด์นิยมใช้ในปริมาณ 3-5 Phr แต่ถ้าซิงค์ออกไซด์มีขนาดอนุภาคเล็ก สามารถใช้เพียง 1 Phr ได้ ซึ่งจะทำให้ได้ยางที่มีโมดูลัสสูง และยางมีลักษณะโปร่งใส

ซิงค์ออกไซด์สามารถจัดเกรดได้ตามความบริสุทธิ์ ปกติซิงค์ออกไซด์จะมีตะกั่วปนอยู่ ซึ่งทำให้มีสีผิวขุ่นได้ ดังนั้น การจัดเกรดของซิงค์ออกไซด์ต้องขึ้นกับปริมาณตะกั่วที่เพิ่มขึ้น จะแบ่งเป็นชนิด white seal เมื่อมีปริมาณตะกั่วน้อย และชนิด red seal เมื่อมีปริมาณตะกั่วมาก กรณียางสีดำสามารถใช้ซิงค์ออกไซด์ชนิด red seal ได้ และถ้าต้องการยางที่มีสีขาวหรือสีสด จะต้องใช้ซิงค์ออกไซด์ชนิด white seal นอกจากนี้ยังมีซิงค์ออกไซด์บางชนิดที่มีอนุภาคเล็ก และอยู่ปนกับออกไซด์ของโลหะตัวอื่น ๆ ซึ่ง Active zinc oxide ก็สามารถใช้กับยางได้โดยใส่ในปริมาณน้อยจะทำให้ยางใสเช่นเดียวกัน ยังทำให้คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ โมดูลัส ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อการสึกหรอดีขึ้น

2. พวกอินทรีย์ สารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์พวกอินทรีย์ที่สำคัญคือ กรดไขมัน เช่น สเตียริก (Stearic acid) กรดลอริก (Lauric acid) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) เป็นต้น เป็นสารที่จำเป็นในการใช้เป็นสารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์สำหรับสารเร่งปฏิกิริยาบางตัว จำพวกไฮอาโซล การเลือกใช้กรดไขมันแต่ละชนิดจะต้องพิจารณาถึงความเปราะ จุดหลอมตัวและการอิมตัวของกรดไขมันนั้น

โดยทั่ว ๆ ไปกรดไขมันมีความเปราะสูง มีโมเลกุลยาว จะมีประสิทธิภาพสูง สำหรับพวกที่มีความอิมตัวดี จะทำให้ยางอ่อนตัว และพวกที่มีความอิมตัวต่ำจะทำให้คุณสมบัติของยางหลังจากการ aging ดีขึ้น เช่น คุณสมบัติการต้านทานต่อรอยแตกเนื่องจากการหักงอ

กรดไขมันที่นิยมใช้เป็นสารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์มากที่สุด คือ กรดสเตียริก (Stearic acid) ปริมาณที่ใช้ในยางจะขึ้นอยู่กับชนิดของยาง ถ้ายางมีกรดไขมันอยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องใส่หรือใส่ในปริมาณน้อย โดยทั่ว ๆ ไปในการผสมสารเคมีกับยางธรรมชาติ จะใส่กรดส

เดียวกประมาณ 1-2 Phr เพื่อทำการ cure ที่แตกต่างกันลง และเป็นการป้องกันการขาดกรดไขมันที่อยู่ในยาง เพราะการขาดนี้ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันไป

#### 6) สารตัวเติม (Filler)

สารตัวเติม (Filler) หมายถึงสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ยางที่ใส่ลงไปในการ เพื่อลดต้นทุนในการผลิต เพื่อปรับคุณสมบัติของยางให้ดีขึ้น เช่น พวกผงถ่าน แคลเซียมคาร์บอเนต และ ซิลิกา เป็นต้น

สารตัวเติมที่ใส่ลงไปในการ ใส่เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังนี้

1. เพื่อลดต้นทุน
2. เพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของยาง
3. เพื่อช่วยในขบวนการผลิต
4. ลดการพองตัวของยางในน้ำมัน
5. เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของยาง

#### การแบ่งชนิดของสารตัวเติม

สารตัวเติมแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ แบ่งตามการผลิต และ แบ่งตามลักษณะ

การแบ่งชนิดของสารตัวเติมตามการผลิต แบ่งได้เป็น 5 ชนิด คือ

1. สารตัวเติมที่มีตามธรรมชาติ หรือจากผลพลอยได้จากธรรมชาติ แล้วนำมาบดให้ละเอียด เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตจากหินปูน เปลือกหอย ซอล์ค แคลเซียมและแมกนีเซียม, ลิเททจากแป้งทัลคัม

2. สารตัวเติมจากธรรมชาติที่ร่อนแยกความละเอียด เช่น คาโอลิน

3. สารตัวเติมที่ได้จากวิธีการตกตะกอน เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต อลูมิเนียมซิลิเกต

4. สารตัวเติมในรูปของผงปูน เช่น ผงถ่าน ซิงค์ออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์

5. สารตัวเติมประเภทที่มีการทำปฏิกิริยาที่ผิว Surface modified products เป็นผลิตภัณฑ์ที่สารตัวเติมมาทำปฏิกิริยาที่ผิว เพื่อให้สารตัวเติมนั้นเกาะติดแน่นกับยาง เพื่อที่จะให้ยางมีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต แป้งทัลคัม ซิลิกาที่ทำปฏิกิริยาที่ผิวหรือฉาบผิวการแบ่งชนิดของสารตัวเติมตามลักษณะแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

- สารตัวเติมที่มีลักษณะเป็นเม็ด Particulated filler ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ผงถ่าน
- สารตัวเติมที่มีลักษณะเป็นเส้นใย Fibrous filler เช่น แอทเบสตอท ผงเยื่อไม้
- สารตัวเติมที่มีลักษณะเป็นเรซิน Resinous filler เช่น high styrene resin

สารตัวเติมที่มีลักษณะเป็นเม็ด แบ่งตามชนิดที่ได้เป็น 3 ชนิด คือ



1. สารตัวเติมพวกเสริมความแข็งแรง (Reinforcing filler) เป็นสารตัวเติมที่ใส่เข้าไปในยางแล้วทำให้ยางมีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น คือ มีความต้านทานต่อแรงดึง ต่อการสึกหรอ และต่อการฉีกขาดสูง เป็นต้น แต่ถ้าเพิ่มปริมาณของสารตัวเติมมากขึ้น จะทำให้ยางมีคุณสมบัติความต้านทานต่อการกระดอนลดลง ส่วนใหญ่จะมีอนุภาคขนาดเล็ก ประมาณ 180-600 Å เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเขม่า เช่น ผงถ่าน ซิลิกา เป็นต้น

2. สารตัวเติมพวกกึ่งเสริมความแข็งแรง (Semi-reinforcing filler) เป็นสารตัวเติมประเภทที่ใส่ไปในยางแล้ว ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับยางบ้าง สารตัวเติมเหล่านี้จะมีอนุภาคปานกลาง เช่น แคลเซียมซิลิเกต คาโอลิน

3. สารจำพวกช่วยลดต้นทุนการผลิต (Diluent filler) สารตัวเติมประเภทนี้ไม่เสริมประสิทธิภาพความแข็งแรงให้กับยาง มีราคาถูก มีอนุภาคขนาดใหญ่ตั้งแต่ 10,000 Å ขึ้นไป เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต แป้งทัลคัม แบเรียมซัลเฟต เป็นต้น สารตัวเติมประเภทนี้จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของยางลดลง เช่น ลดความต้านทานแรงดึง ลดความต้านทานต่อการฉีกขาด และลดความต้านทานต่อการสึกหรอ แต่จะปรับปรุงคุณสมบัติบางอย่างให้ดีขึ้น เช่น ทำให้ความแข็งและโมดูลัสดีขึ้น ขบวนการแปรรูปง่าย ลดการบวมของยาง และเป็นการลดต้นทุนการผลิต เพราะมีราคาสูง นอกจากนั้นสารตัวเติมประเภทที่มีลักษณะเป็นเม็ด ก็แบ่งได้เป็นชนิดที่เป็นสีดำ กับชนิดที่ไม่ใช่สีดำ

สารตัวเติมชนิดที่มีสีดำ (Black filler) ได้แก่ ผงถ่าน (Carbon black) เป็นสารตัวเติมประเภทเสริมความแข็งแรงให้กับยาง

สารตัวเติมชนิดที่ไม่ใช่สีดำ (Non black filler)

การใช้สารตัวเติมพวกที่ไม่ใช่สีดำเพื่อผสมในยาง ในการผลิตผลิตภัณฑ์พวกที่มีสีขาว มีสีสรร เพื่อลดต้นทุนการผลิต เพื่อปรับปรุงให้กรรมวิธีการผลิตสะดวกขึ้น โดยการลดการยืดหยุ่นตัวของยางดิบ และยังใช้เพื่อการเพิ่มความแข็งแรงให้ยาง เช่น เพิ่มความแข็ง เพิ่มความต้านทานต่อแรงดึง ต่อการฉีกขาด ทนทานต่อการสึกหรอ เป็นต้น

สารตัวเติมที่ไม่ใช่สีดำ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. ซิลิกา (Silica)
2. อลูมิเนียมซิลิเกต (Aluminium silicate)
3. แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate)
4. ไชน่าเคลย์ (China clay)

สารตัวเติมชนิดที่มีลักษณะเป็นเส้นใย ได้แก่

1. **แอสเบสตอส (Asbestos)** เป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ ใช้เติมลงไปในยางเพื่อเพิ่มคุณสมบัติ ยางให้มีความทนทานต่อเปลวไฟ หรือความร้อน การใช้สารตัวเติมประเภทนี้ต้องระวังการสูดไอ เข้าร่างกาย จะทำให้เกิดอันตรายได้

2. **ผงเยื่อไม้ (Wood flour)** ได้แก่การบดไม้ให้มีขนาดเล็ก มักใช้เป็นสารตัวเติมในยางประเภทแรง คิงต่ำ ๆ สารตัวเติมประเภทนี้ไม่มีผลต่อการวัลคาไนซ์ยาง ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้ยางแข็งขึ้น สารตัวเติมที่มีลักษณะเป็นเรซิน (Resinuous filler) เรซินที่ใส่เข้าไปในยางมีความแข็งมากขึ้น โดยปรกติแล้ว การที่ทำให้ยางแข็งขึ้นมักจะทำให้ใช้สารตัวเติมที่เป็นผง เช่น ผงถ่าน ซิลิกาสามารถผสม เข้าไปในยางได้ในปริมาณที่จำกัด ถ้ามากเกินไปแล้วจะทำให้ยางแข็ง และมีความร้อนเกิดขึ้น ในขณะการผสม จึงมีการที่จะเลือกใช้พวกเรซินเติมลงไป

#### สารตัวเติมที่มีลักษณะเป็นเรซิน ได้แก่

1. **High styrene resin** เป็นสารตัวเติมชนิดที่ผสมในยาง ทำให้ยางมีโมดูลัส ความทนทาน ต่อการสึกหรอ และความทนทานต่อการฉีกขาดดีขึ้น และทำให้ยางแข็งมากขึ้น นิยมใช้ในการ ผลิตพื้นรองเท้า ข้อเสียของ High styrene resin คือมีราคาแพงกว่าสารตัวเติมธรรมดา และ การใช้งานจะจำกัดเรื่องอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 60-70 °C อาจจะมีนิ่มลงไปได้

2. **Phenolic resin** เป็นสารตัวเติมที่เสริมคุณสมบัติการต้านแรงดึง เพิ่มความแข็ง และ คุณสมบัติการกระดอน ใช้เพื่อการผลิตยางซึ่งต้องใช้ต่องานเครื่องกล อัดด้วยปั๊มพิมพ์ หรือ พวกผลิตภัณฑ์ที่คงรูปด้วยไอน้ำ

#### 7) สารช่วยในการแปรรูปยาง (Plasticiser)

สารที่ใส่เข้าไปในยาง เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น และเพิ่มความสามารถในการใช้งาน เรียกว่าพ ลาสติไซเซอร์ (Plasticiser) ซึ่งพลาสติกไซเซอร์ จะทำให้ความแข็งแรงของยางลดลง และช่วยให้ แปรรูปได้ง่ายขึ้นพลาสติกไซเซอร์ จะมีชื่อเรียกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับหน้าที่และปริมาณการใช้ คือ

1. **Processing aid** คือ สารพลาสติกไซเซอร์ ที่ใช้ในปริมาณไม่เกิน 5 phr เพื่อใช้ในการแปรรู ป และช่วยให้การผสมสารเคมีเข้าไปในยางได้ง่ายขึ้น

2. **Softener** คือ สารพลาสติกไซเซอร์ ที่ใช้ในปริมาณเกิน 5-15 phr ใส่เพื่อทำให้ยางนิ่มลง ทั้ง ในขณะยังไม่วัลคาไนซ์ และวัลคาไนซ์แล้ว

3. **Extender** คือ สารพลาสติกไซเซอร์ ที่ใช้ในปริมาณเกิน 15 phr ใส่เพื่อลดต้นทุน หน้าที่ของพลาสติกไซเซอร์

1. เพื่อช่วยในการแปรรูปยาง เนื่องจากการเติมสารตัวเติมต่าง ๆ เข้าไปในยางจะทำให้ยางแข็งขึ้นสารพลาสติกไซเซอร์ จะทำให้ยางทั้งวัลคาไนซ์แล้ว และยางที่ยังไม่วัลคาไนซ์อ่อนลงทำให้การไหลของยางสู่เบ้าพิมพ์ ตลอดจนจนขบวนการแปรรูปง่ายขึ้น
2. เพื่อเปลี่ยนแปลงสมบัติของยาง ยางที่ใส่พลาสติกไซเซอร์ จะนิ่มลง การที่ยางมีความแข็งลดลง จะทำให้โมดูลัสลดลง แรงยึดของยางทนทานสูงขึ้น และมีความยืดหยุ่นสูงขึ้น
3. เพื่อลดต้นทุน การใส่สารตัวเติมลงไป ในยางปริมาณมาก ๆ จะทำให้ยางแห้งจนไม่สามารถใส่สารตัวเติมเข้าไปได้อีก แต่ถ้าเติมพลาสติกไซเซอร์เข้าไป จะทำให้ใส่สารตัวเติมเพิ่มเข้าไปได้อีก จึงเป็นการลดต้นทุนลง
4. เพื่อการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ ยางบางอย่างจะแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ยางไนไตรต์ และยางคลอโรพรีน ถ้าหากใส่เติมพลาสติกไซเซอร์จะทำให้ยางมีความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่ำลงไปอีก และยังสามารถขยายขอบเขตการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำลงไปได้อีก
5. เพื่อลดพลังงานในการแปรรูปยาง การใส่พลาสติกไซเซอร์ลงไป ในยางจะทำให้ยางมีพลังงานขึ้น ดังนั้น พลังงานที่ต้องใช้ในการผสมยาง แปรรูปยาง รวมทั้งอุณหภูมิในการแปรรูปยางจะลดลง

#### พลาสติกไซเซอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. สารช่วยให้ยางนิ่มโดยทางเคมี (Chemical plasticiser)
2. สารที่ช่วยให้ยางนิ่มในทางกายภาพ (Physical plasticiser)

สารช่วยให้ยางนิ่มโดยทางเคมี (Chemical plasticiser) เป็นสารเคมีที่เมื่อใส่เข้าไปในยางในปริมาณน้อย จะทำให้ยางนิ่มและลดเวลาในการบดขยาด บางที่เรียกว่า ไพไซเซอร์ (Peptiser) การใช้งานมักจะใช้กับยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ พวกที่มีความหนืด และมีโมเลกุลใหญ่เพราะแปรรูปได้ยาก ปริมาณสารที่ใช้ประมาณ 2 Phr มักจะใส่สารเคมีประเภทนี้ลงไป ในยาง เมื่อเริ่มต้นการผสมหรือบดในเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง และปล่อยให้สารเคมีนี้ทำปฏิกิริยาในระยะเวลาสั้นๆ ก่อนที่จะใส่สารอื่นลงไป

สารที่ช่วยให้ยางนิ่มในทางกายภาพ (Physical plasticiser) เป็นพลาสติกไซเซอร์ เมื่อใส่เข้าไปแล้ว จะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นระหว่างโมเลกุลยาง ทำให้โมเลกุลของยางเคลื่อนไหวได้ง่าย ยางจะนิ่มลง แปรรูปได้ง่ายขึ้น เป็นสารที่ไม่มีปฏิกิริยากับยาง และเป็นสารที่จะต้องรวมผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน (Compatible) กับยางและสารอื่น ๆ ได้พลาสติกไซเซอร์ชนิดนี้ที่สำคัญ ได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเอสเทอร์

น้ำมันปิโตรเลียม (Petroleum oil) เป็นน้ำมันที่เข้ากันได้ดีกับยาง ทำให้มีความหนืด เป็นน้ำมันที่ไม่ระเหย ไม่ติดสี และ สีไม่ตก น้ำมันชนิดนี้เมื่อใช้จะทำให้ยางมีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับการใช้สารตัวเติม คือ จะไปทำให้ความแข็งแรง ค่าโมดูลัสลดลง

น้ำมันที่ใช้กับยางชนิดนี้ประกอบด้วยคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็มีกำมะถัน ออกซิเจน และไนโตรเจน ปนอยู่บ้างเล็กน้อย โครงสร้างของคาร์บอน และ ไฮโดรเจนในน้ำมันแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 3 พวก คือ

1. อะโรมาติก (Aromatic) หมายถึง พวก benzene ring มีพันธะคู่ มีสีคล้ำ มีแรงหนืดมากซึ่งนำไปสู่สถานะล้าบาก

2. แนฟทีนิก (Naphthenic) หมายถึง พวก saturated ring ไม่มีพันธะคู่ มีลักษณะเหนียวปานกลาง และไหลได้ง่าย

3. พาราฟีนิก (Paraffinic) หมายถึง พวก side chain ไม่มีพันธะคู่ สีขาว มีความหนืดต่ำ และไหลได้ง่าย

น้ำมันที่จะใช้จะต้องเข้ากับยางได้ดี โดยดูจากค่า Solubility parameter จากยางกับน้ำมันที่ใช้ถ้าตัวเลขใกล้เคียงกันมาก จะทำให้น้ำมันเข้ากับยางได้ดี

น้ำมันเอสเทอร์ (Ester oil) เป็นเอสเทอร์ของกรดอินทรีย์ หรือ กรดฟอสฟอริก ใช้สำหรับผสมยางกับน้ำมัน เช่น ยางไนไตรล์ ยางคลอโรรีน ยางอะคริลิก น้ำมันชนิดนี้ใช้ลดความแข็งของยางได้มากกว่าน้ำมันปิโตรเลียม

ตัวอย่างน้ำมันเอสเทอร์ เช่น

พวก Phthalate ได้แก่ DOP (Di-2-ethylhexyl phthalate)

DIOP (Diisooctyl phthalate)

พวก Adipate DOA (Dioctyl adipate)

นอกจากสารที่ช่วยในการแปรรูปยางดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีสารอื่นที่ทำหน้าที่ช่วยในการช่วยแปรรูปยางอีก คือ แฟคทิส (Factice) ซึ่งเป็นสารที่เตรียมจากการนำน้ำมันที่ไม่อิมตัวมาทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ซึ่งน้ำมันที่ไม่อิมตัวอาจเป็นน้ำมันพืช หรือ น้ำมันสัตว์ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดนุ่น น้ำมันละหุ่ง น้ำมันจากไขปลาฉลาม เป็นต้น

**แฟคทิส มี 2 ชนิด คือ**

1. แฟคทิสสีน้ำตาลหรือดำ (Brown or dark factice) ผลิตโดยใช้กำมะถันประมาณ 2% ทำปฏิกิริยากับน้ำมันที่ไม่อิมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 140-160 C เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยง

ระหว่างโมเลกุลซึ่งใช้เวลาประมาณ 5-8 ชั่วโมง และถ้าใช้สารเร่งปฏิกิริยาพวก MBT หรือ ZDEC สามารถเตรียมไว้ที่อุณหภูมิต่ำลง ระยะเวลาเวลาในการเตรียมลดลง และจะได้แฟคทิสที่มีสีคล้ำน้อยลง

2. แฟคทิสสีขาว (White or light factice) ผลิตโดยใช้สารวัลคาไนซิงพวกซัลเฟอร์โมโนคลอไรด์ (Sulphur monochloride,  $S_2Cl_2$ ) จำนวน 25 ส่วน ทำปฏิกิริยากับน้ำมันไม่อิ่มตัวในอุณหภูมิห้อง

หน้าที่ของแฟคทิส มีดังนี้

1. ช่วยในการปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์ยาง

แฟคทิสสีดำใช้มากกับผลิตภัณฑ์ประเภทอัดท่อ (extrusion) และการรีดเป็นแผ่น (calender) โดยจะทำให้ยางที่อัดท่อออกมาผิวเรียบ การบวมของยางเมื่อออกจากเครื่องอัดท่อ (die swell) มีน้อย รักษารูปทรงของยางได้ดีในขณะวัลคาไนซ์ และสามารถควบคุมความหนาของการรีดเป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดแผ่น

ส่วนแฟคทิสสีขาว จะใส่ลงในยางสีขาวหรือสีอื่นๆ ที่ไม่ใช่สีดำและใส่ลงไปเพื่อให้ยางนี้ม ใช้ในการทำยางลบดินสอ

2. ช่วยในการแปรรูปยาง

เมื่อใส่แฟคทิสลงไป ในยาง ช่วยให้ยางที่มีสารตัวเติมมาก ๆ พันดุกกึ่ง หรือช่วยให้ยางที่มีสารตัวเติมน้อยไม่เหนียวติดดุกกึ่ง ช่วยลดระยะเวลาการบดผสมยางกับสารเคมี ชะลอการซึมตัวของกำมะถันที่ผิวของยางที่ยังไม่วัลคาไนซ์ และในการวัลคาไนซ์ยางที่หนาจะช่วยลดการเกิดรูพรุนของยาง

#### 8) สารต้านทานยางเสื่อมสภาพ (Protective agent)

การใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยาง สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภท คือ

1. ใช้งานแต่ละครั้งในช่วงระยะเวลาสั้น เช่น ยางรัดของ ลูกโป่ง
2. ใช้งานที่ไม่มีการเคลื่อนไหว และสึกหรอน้อยมาก เช่น สายเคเบิล ประเก็น
3. ใช้งานที่ไม่มีการเคลื่อนไหว แต่สึกหรอมาก เช่น ท่อยาง พื้นยาง
4. ปริมาณที่มีการเคลื่อนไหว และสึกหรอมาก เช่น ยางรถยนต์ พื้นรองเท้า สายพาน
5. ใช้งานที่มีการเคลื่อนไหว และสึกหรอน้อย แต่ต้องการให้มีอายุยาวที่สุด เช่น ยางรองสะพานช่วงอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยาง จะเกิดการเสื่อมสภาพเรื่อย ๆ การเสื่อมสภาพของยางนี้เรียกว่า Degradation ซึ่งสาเหตุการเสื่อมสภาพของยางเกิดเนื่องจาก

ปฏิกิริยาของออกซิเจน และ โอโซน การเสื่อมสภาพของยาง จะเกิดช้ามากถ้าไม่มีตัวเร่ง แต่ธรรมชาติ เช่น แสง ความร้อน ความไม่บริสุทธิ์ของโลหะ ล้วนเป็นตัวเร่งตามธรรมชาติ ที่ทำให้ยางเสื่อมสภาพเร็วขึ้น นอกจากนี้ช่วงที่มีการอบยาง (Aging) ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในทุกส่วนของผลิตภัณฑ์ เช่น เกิดรอยแตกที่ผิว ผิวแข็ง และ สูญเสียความแข็งแรง ซึ่งขบวนการเสื่อมสภาพของยาง สามารถแบ่งออกเป็น 6 แบบ คือ

1. เสื่อมสภาพเนื่องจากตั้งทิ้งไว้นาน (Self aging)
2. ถูกออกซิไดส์เนื่องจากการกระตุ้นของโลหะที่เป็นตัวเร่ง (Metallic poisoning)
3. เสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน (Heat aging)
4. เสื่อมสภาพเนื่องจากแสง (Light aging)
5. เสื่อมสภาพเนื่องจากการหักงอไปมา (Flex cracking)
6. เกิดรอยแตกเนื่องจากบรรยากาศ (Atmospheric cracking)

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางเพื่อเป็นการป้องกันยางเสื่อมสภาพ เพิ่มความทนทานของยางให้ดีขึ้นจากเดิม จึงจำเป็นต้องมีสารป้องกันยางเสื่อมสภาพ โดยใช้สารแอนติออกซิเดนต์ (Antioxidant) และ สารแอนตี้โอโซนแนนท์ (Antiozonant) ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิด จะทำให้อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางดีขึ้น

สารแอนติออกซิเดนต์ (Antioxidant) เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพของยาง เนื่องจากการที่ออกซิเจน (Oxygen , O<sub>2</sub>) เข้าทำปฏิกิริยากับยาง ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation)

สารแอนติออกซิเดนต์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. แอนติออกซิเดนต์ ชนิดตกสี (Staining antioxidant)
2. แอนติออกซิเดนต์ ชนิดไม่ตกสี (Non- staining antioxidant)

แอนติออกซิเดนต์ ชนิดตกสี (Staining antioxidant) เป็นแอนติออกซิเดนต์ที่เป็นสารของอะมีน (Amine) ใช้กับยางที่มีสีตก เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูง แต่เมื่อใช้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ตกสี

แอนติออกซิเดนต์ ชนิดตกสี สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. Ketone – amine condensates เป็นแอนติออกซิเดนต์ที่มีประสิทธิภาพดีมาก มีการกระจายในยางได้ดี มีการทนทานความร้อนสูง และมีการทนทานต่อการเกิดรอยแตกเนื่องจากการหักงอ ทำให้เกิดการตกสีปานกลาง เช่น Flectol H , Flectol B , Santoflex AW, Valkanox EC

2. Aldehyde – amine condensates เป็นแอนติออกซิเดนท์พวกแรกที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพในการทนทานต่อความร้อนได้ดีมาก เช่น Agerite resin, Vulcafor BA, Antox special

3. Secondary aromatic amines เป็นแอนติออกซิเดนท์ที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมยาง แบ่งออกได้เป็น 3 พวก คือ

3.1 Phenyl naphthylamines เป็นแอนติออกซิเดนท์ที่ดีมีคุณสมบัติทนทานต่อรอยแตก เนื่องจากการหักงอของยาง การใช้งานมักใช้ร่วมกับแอนตีโอโวเนนท์ ในการทำยางรถบรรทุก และ ยางรถโดยสาร เช่น Vulkanox PBN, Vulkanox PAN

3.2 Diphenylamine derivatives แอนติออกซิเดนท์ที่มีคุณสมบัติทนทานต่อรอยแตก เนื่องจากการหักงอของยาง เช่น Permanax OD, Vulkanox OCD

3.3 Para – phenylene diamine ได้แก่

**DPPD** เป็นแอนติออกซิเดนท์ที่ดีมาก และมีคุณสมบัติเป็นตัวป้องกันการแตกเนื่องจากการหักงอได้ดีด้วย แต่ DPPD ละลายในยางได้ไม่ดี และเกิดการ Bloom ต้องใช้ในปริมาณน้อย เช่น Permanax DPPD, Antage DP

**IPPD** เป็นแอนติออกซิเดนท์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน ป้องกันโอโซน ป้องกันการแตกเนื่องจากการหักงอ และป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากโลหะหนัก เช่น Permanax IPPD, Antage 3C, Santoflex IP

แอนติออกซิเดนท์ชนิดไม่ตกสี (Non-staining antioxidant) เป็นแอนติออกซิเดนท์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอล (Phenol) ใช้กับยางสีทั่วไปที่ไม่ใช่สีดำ ไม่ตกสี หรือ ตกสีเล็กน้อย แอนติออกซิเดนท์ชนิดไม่ตกสี สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. Substituted phenol มีสมบัติไม่ตกสี แต่สมบัติทางด้านการเป็นแอนติออกซิเดนท์ค่อนข้างเลว เช่น BHT, Vulkanox KB, Montachare

2. Phenolic sulphide เป็นแอนติออกซิเดนท์ที่ไม่ตกสี หรือตกสีเล็กน้อย การทนทานต่อความร้อนปานกลาง เช่น Santowhite crystals, Antage RC

3. Phenol-aldehyde condensate เป็นแอนติออกซิเดนท์ที่มีคุณสมบัติเท่ากับชนิด คือ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน ทนทานต่อความร้อน ทนทานต่อการสึกหรอ การเปลี่ยนสี ยาง เช่น Antiozidant 2246, Vulkanox BKF, Nonox EXN, Santowhite powder

4. Hydroquinone derivatives เป็นแอนติออกซิแดนซ์ที่อ่อนสำหรับยางวัลคาไนซ์แล้ว เหมาะที่จะใช้กับยางที่ยังไม่วัลคาไนซ์และกาว โดยป้องกันให้ผิวยางที่วัลคาไนซ์แห้งจนติดกัน ไม่ได้เมื่อนำไปประกอบด้วยกัน เช่น Santovar O , Antage DAH

สารแอนติโอโซนแนนท์ (Antiozonant) เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพของยางที่มาจาก โอโซน (Ozone , O<sub>3</sub>) ปกติปริมาณโอโซนมีปริมาณน้อย ประมาณ 3-4 pphm โดยทำให้ยางเกิด รอยแตก

สารแอนติโอโซนแนนท์ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. **Para – Phenylene-Diamine** สารแอนติโอโซนแนนท์ชนิดนี้ที่สำคัญและใช้กับยางบาง ประเภท ได้แก่ IPPD สารนี้เป็นทั้งสารแอนติออกซิแดนซ์ และ สารแอนติโอโซนแนนท์ โดยปกติ จะใช้ในปริมาณ 2-3 phr ข้อเสียของสารชนิดนี้คือ เกิดการตกสี และสีตก เหมาะที่จะใช้ใน ผลิตภัณฑ์ที่มีสีคล้ำ แต่ในผลิตภัณฑ์ที่มีสีจางหรือสีขาว ถ้าจะป้องกันปฏิกิริยาจากโอโซน จะต้อง ใช้ยางบางชนิดที่มีความต้านทานต่อโอโซน เช่น ยาง EPDM โดยใช้ยาง EPDM ล้วนๆ หรือใช้ ยางอื่นบดผสมกับยาง EPDM เป็นการป้องกันปฏิกิริยาจากโอโซน โดยไม่มีสารแอนติโอโซนแนนท์ เช่น Permanax IPPD , Santoflex IP

2. **ขี้ผึ้งพาราฟิน (Paraffin wax)** เป็นสารขี้ผึ้งเมื่อเติมลงไปยางจะเกิดการเคลือบผิวที่ยาง กลายเป็นแผ่นฟิล์มยาง ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้โอโซนกระทบกับผิวยาง ทำให้ยางมีความทนทาน ต่อโอโซน ขี้ผึ้งพาราฟินนี้ใช้ในการป้องกันไม่ให้โอโซนทำปฏิกิริยากับยาง ควรมีสมาบัติดังนี้ คือ จะต้องซึมออกมาจากผิวของยางได้รวดเร็ว จะต้องเกาะติดแน่นกับผิวยาง และจะต้องมีปริมาณ มากพอสมควร และผิวของยางต้องมีขี้ผึ้งอยู่ตลอดเวลา เช่น Amorphous microcrystalline wax

#### 9) สารพวกอื่น ๆ

สารพวกอื่นๆ นี้ ไม่ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้สำหรับยางทุกๆ ไป แต่บางครั้งจะใช้ใส่ลง ไปในยาง เมื่อต้องการให้ผลิตภัณฑ์ยางมีคุณสมบัติพิเศษบางประการ เช่น สารที่ทำให้เกิดสี (Coloring material) สารที่ทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) สารหน่วง (Retarder) สารขัดสี (Abrasive) สารลดการติดไฟ (Flame retarder) เป็นต้น

สารที่ทำให้เกิดสี (Coloring material) ผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น พื้นรองเท้า กระเป๋าน้ำร้อน ยางรัดของ ยางรถจักรยาน ยางลบ หมวกอาบน้ำ ถุงมือแม่บ้าน ลูกโป่ง และผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีก



หลายชนิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีสีต่าง ๆ เพื่อความสวยงาม จึงจำเป็นต้องมีสารที่ทำให้เกิดสีลงไป ในบางสีที่ใส่ลงไป ในบางกรณีจะมีลักษณะดังนี้

1. เป็นสีที่มีประสิทธิภาพ
2. ทนทานต่อแสง
3. ทนทานต่อความร้อน
4. ไม่ตกสี
5. ไม่เป็นพิษ
6. มีราคาถูก
7. ไม่มีผลต่ออายุของยางเป็นอัตราความเร็วในการวัลคาไนซ์

สารที่ทำให้เกิดสี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. สีอินทรีย์ เป็นสีที่สังเคราะห์ขึ้น และเป็นสีที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพดี คือ ใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย ประมาณ 1 Phr จะให้สีที่เห็นชัด สีสดสวย แต่มีราคาแพง สีบางตัวจะเปลี่ยนสี หรือสีจางได้ง่าย ถ้าถูกแสงนานๆ หรือถูกสารเคมี และสีไม่ทนทานต่อการแปรรูปที่อุณหภูมิสูง สีอินทรีย์นี้เมื่อนำไปใช้ อาจจะใช้ในรูปของผง หรือ ในรูปของ Masterbatch
2. สีอนินทรีย์ เป็นสีที่ให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าพวกอินทรีย์ ราคาค่อนข้างถูกแต่ต้องการปริมาณมาก ประมาณ 5-10 Phr สีค่อนข้างทึบไม่ใส แต่มีความคงตัวอยู่นานสีไม่จาง และยังทนได้ที่อุณหภูมิสูง ๆ

ตัวอย่างของสีอนินทรีย์ ได้แก่

1.1 ดิคาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide,  $TiO_2$ ) เป็นสารที่ให้สีขาว มี 2 แบบ คือ

- Rutile ให้สีขาวดีที่สุด และสีมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูง
- Anatase ให้มีสีขาวออกน้ำเงิน

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีสีขาว จะต้องใช้ดิคาเนียมไดออกไซด์ในปริมาณ 10-15 Phr แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีสีใสจะใช้ดิคาเนียมไดออกไซด์เพียง 1 Phr

**สารที่ทำให้เกิดฟอง (Blowing agent)**

สารที่ทำให้เกิดฟองคือ สารเคมีที่ใส่ลงไป ในยาง แล้วช่วยให้เกิดรูพรุนในยาง โดยโมเลกุลของสารที่ทำให้เกิดฟองจะแยกสลายเมื่อได้รับความร้อน และให้แก๊สออกมาทำให้ยางเป็นรูพรุน ในรูปแบบของฟองน้ำ (Sponge) หรือ (Microcellular Rubber)

สารที่ทำให้เกิดฟองควรมีลักษณะดังนี้

1. มีราคาถูก
2. ละลายในยาง และกระจายได้ดี
3. ไม่ไวไฟ
4. จะต้องปล่อยแก๊สออกมาในช่วงอุณหภูมิแคบและแน่นอน
5. แก๊สที่ออกมาต้องไม่กัดกร่อนโลหะ และควรเป็นแก๊สไนโตรเจน
6. ไม่ทำให้ยางมีกลิ่นไม่ดี
7. ไม่ทำให้ยางเป็นพิษ
8. ไม่ทำให้ยางหดตัวหรือยุบตัวภายหลังการวัลคาไนซ์
9. ทำงานได้ดีในเบ้าปิด หรือในที่ที่มีความดัน
10. ไม่มีผลต่ออัตราการวัลคาไนซ์ยาง

สารที่ทำให้เกิดฟอง สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

**1. ชนิดอินทรีย์ มีประสิทธิภาพต่ำ** ต้องใช้ปริมาณมากถึง 10 Phr การกระจายตัวไม่ดี ราคาค่อนข้างสูง สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ใช้ คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต แอมโมเนียมคาร์บอเนต และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต สารเคมีเหล่านี้จะให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ )

1.1 แอมโมเนียมคาร์บอเนต (Ammonium carbonate,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ) ด้วยความร้อนอย่างช้า ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °ซ. และแตกตัวที่อุณหภูมิ 55-60 °ซ. จะได้แก๊สแอมโมเนียและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนียมคาร์บอเนตจะกระจายภายในยางได้ไม่ดี ทำให้ยางที่ได้มีรูพรุนไม่สม่ำเสมอ

1.2 แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (Ammonium bicarbonate,  $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ ) แตกตัวให้แก๊สแอมโมเนีย และคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 60 °ซ

1.3 โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate,  $\text{NaHCO}_3$ ) เป็นสารที่ไม่เป็นพิษไม่ติดไฟ ใช้ในปริมาณ 5-10 Phr โซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นสารที่สลายตัวอย่างช้าที่อุณหภูมิ 100 °ซ และสลายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 140 °ซ ต้องวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 140 °ซ เพื่อทำให้เกิดความดันแก๊ส

**2. ชนิดอินทรีย์** เป็นสารที่ให้แก๊สไนโตรเจน เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้เพียง 1-2 Phr สามารถละลายในยางได้ดี การกระจายตัวดี ทำให้เกิดฟองขนาดเล็ก และสม่ำเสมอ มีราคาค่อนข้างแพง สารที่ทำให้เกิดฟองชนิดอินทรีย์ มีอยู่ 3 ชนิด คือ

- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| 2.1 พวก Azocompounds ได้แก่ | DAB (Diazoaminobenzene)      |
|                             | AZDN (Azo-diisobutyromtrile) |
|                             | ABFA (Azo-bisformamide)      |

- 2.2 พวก Nitroso Compound ได้แก่ DPT (Dinitroso pentamethylene tetramine)  
 2.3 พวก Sulfonyl hydrazide ได้แก่ BSH (Benzene sulfonyl hydrazide)

#### สารหน่วง (Retarder)

เป็นสารที่ช่วยลดหรือชะลอความว่องไวของสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ ระหว่างการเก็บรักษาหรือระหว่างขบวนการผลิต จุดมุ่งหมายของการใช้สารนี้ เพื่อป้องกันการเกิดวัลคาไนซ์ระหว่างกรรมวิธีการผลิต และระหว่างการเก็บรักษา สารชนิดนี้ต้องสลายตัวและไม่ขัดขวางปฏิกิริยาของสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิปกติ หรืออุณหภูมิสูงขึ้นและต้องไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของยางสารพวกนี้เป็นพวกสารอินทรีย์ซึ่งทำหน้าที่ลดความเป็นกรด-ด่างของยาง อันเป็นผลให้ชะลอการเกิดวัลคาไนซ์ของยาง สารหน่วงนี้จะใช้ในปริมาณน้อย 0.3-1 Phr

สารหน่วงสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. พวกกรดอินทรีย์ สามารถละลายได้ในยาง เป็นสารชนิดแรกที่พบ ไม่เพียงแต่มีผลต่ออัตราการวัลคาไนซ์แต่ยังมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของยาง สารชนิดนี้นิยมใช้มากในการแก้ปัญหาการเกิด Scorch ในฤดูร้อน เพราะว่าอัตราการวัลคาไนซ์ในฤดูร้อนจะเพิ่ม และการเกิด Scorch เพิ่มขึ้นได้แก่ กรด Salicylic กรด Benzoic

2. Nitroso compound หรือ Diphenyl nitrosamine สารชนิดนี้ใช้ป้องกันการเกิด scorch ในยางพวกdiene ทุกชนิด และทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารเร่งปฏิกิริยาทุกชนิด ยกเว้นพวกอัลดีไฮด์อะมีน สารหน่วงชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงต่อขบวนการแปรรูปที่อุณหภูมิต่ำ ๆ แต่ก็ไม่มีผลกระทบต่อปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำ สารชนิดนี้มีการกระจายตัวดี เพราะเป็นสารที่มีจุดหลอมต่ำแต่ดีดสีเล็กน้อย ได้แก่ NDPA (N-Nitrosodiphenylamine)

3. N-cyclohexylthio-phthalimide ได้แก่ Santogard PVI (Prevulcanisation inhibitor) ของ Monsanto เป็นสารหน่วงที่นิยมใช้มาก และมีประสิทธิภาพสูงกว่าพวกกรดอินทรีย์ โดยเฉพาะจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อใช้ร่วมกับสารเร่งกลุ่ม ซัลฟีนามาไมค์ และไรอาโซล สารชนิดนี้ไม่ดีดสี มีอัตราส่วนเวลาระหว่างการไหลและการวัลคาไนซ์กว้างมาก ทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ง่าย ไม่เกิดฟองอากาศระหว่างขบวนการแปรรูป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำผลิตภัณฑ์โดยเครื่องอัดท่อ

สารขัดสี (Abrasive) เป็นสารที่ใส่ลงไปในการเพิ่มคุณสมบัติการขัดสี วัสดุอย่างเช่น ยางลบ ลูกกอล์ฟขัดสี จำเป็นต้องมีคุณสมบัตินี้ ซึ่งสารพวก Pumica และ ผงแก้ว นิยมใช้ในการทำยางลบ ส่วนลูกกอล์ฟขัดสีมักใช้ซิลิคอนคาร์ไบด์

**สารป้องกันรังสี** โดยการใช้ผงตะกั่ว หรือ Litharge ผสมเข้าไปในยาง จะทำให้ได้ยางที่รังสีผ่านได้ยากขึ้นใช้สำหรับทำชุดพนักงานที่ทำงานเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี

**สาร Deodorants** เป็นสารที่ช่วยระงับกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในยาง ซึ่งอาจใช้พวกอโรมาติก

**สารลดไฟฟ้าสถิตย์ของยาง** ผลึกขี้ผึ้งบางประเภท เช่น ลีโธที่ใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้า และด้าย ลีโธใช้ในโรงพยาบาล สายพานลำเลียง มักใส่สารที่ลดไฟฟ้าสถิตย์ของยาง คือใช้ผงถ่านชนิด Conductive channel black หรือ ใช้สาร Antistatic agent

**สารช่วยลดความเสียดทาน** ผงแก๊ฟท์มักใช้ผสมยาง เพื่อให้ยางมีความเสียดทานของผิวต่ำลง โดยเฉพาะมักจะทาผิวของยางก่อนนำไปวัลคาไนซ์ นอกจากนี้แก๊ฟท์ยังใช้เป็นสารทนความร้อนได้อีกด้วย

**สารที่ทำให้ยางมีสมบัติเป็นแม่เหล็ก** ได้แก่ การใช้แบเรียมเฟอไรท์ Barium Ferrite ผสมในยาง ซึ่งทำให้ยางมีสมบัติเป็นแม่เหล็ก

**สารลดการติดไฟ (Flame retarder)** เป็นสารที่ช่วยให้ยางมีความทนทานต่อการลุกไหม้ เช่น แอนติโมนีออกไซด์ (Antimonyoxide  $Sb_2O_3$ ) เป็นสารที่ใส่เข้าไปในยาง และถ้ายางมีพวก ฮาโลเจน (halogen) อยู่ จะทำให้ยางมีความทนทานต่อการลุกไหม้ได้ดี แต่ถ้ายางไม่มีพวกฮาโลเจนอยู่ จะไม่มีผลต่อการต้านทานการลุกไหม้เลย

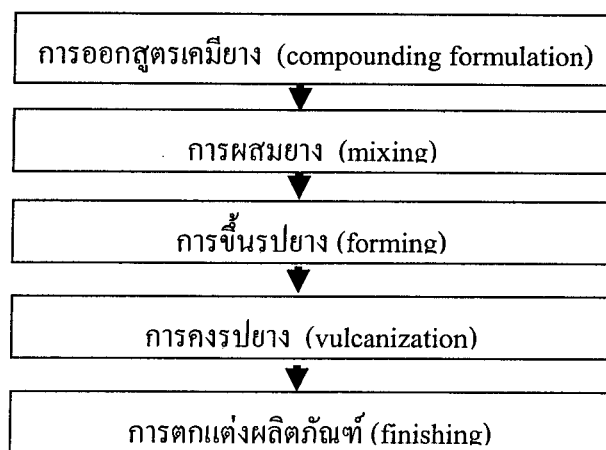
**ขี้ผึ้งฮาโลจิเนต (Halogenated wax)** สารนี้เมื่อใส่เข้าไปในยาง แล้วถ้าเกิดไฟลุกไหม้จะให้แก๊สฮาโลเจน หรือ ไนโตรเจนฮาไลต์คลุมผิวยาง ทำให้ยางลุกไหม้ได้ช้าลง

**โบเรต (Borate)** ได้แก่ ซิงค์โบเรต (Zinc borate) เป็นสารที่เมื่อใส่เข้าไปในยางแล้ว เมื่อยางเกิดการลุกไหม้ จะทำให้สลายตัวช้า เกิดเกรียมแทน

## ยาง

พงษ์ธร แซ่ฮุย และชาคริต สิริสิงห (2550 :1) เมื่อกล่าวถึงคำว่า “ยาง” ทุก ๆ คนคงจะนึกถึงวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง ดึงยึดได้ง่ายและเมื่อแรงดึงที่มากระทำนั้นหมดไป วัสดุนั้นก็จะกลับคืนสู่รูปร่างเดิม (หรือใกล้เคียงเดิม) ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งความเข้าใจของคนส่วนใหญ่ดังกล่าวก็ตรงกับคำจำกัดความของคำว่า “ยาง” ในพจนานุกรมเช่นกัน อย่างไรก็ตาม สมบัติของยางตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจนั้นจะเป็นสมบัติของยางคงรูป (vulcanized rubber) เท่านั้น เพราะยางดิบ (raw rubber) หรือยางที่ยังไม่ได้ผ่านการคงรูปจะมีความยืดหยุ่นต่ำ ไหลได้ง่าย อีกทั้งยังไม่มีเสถียรภาพทางรูปร่าง ดังนั้น ยางดิบจึงไม่อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง นักเทคโนโลยียางจึงจำเป็นต้องแปรรูปยางดิบให้เป็นยางสุกหรือยางคงรูปโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่าปฏิกิริยาวัลคาไนเซชันหรือปฏิกิริยาคงรูป (vulcanization reaction) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้ยางเปลี่ยนสภาพจากที่เคยเป็นยางดิบ (มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก) คืออยู่ในสภาพที่สามารถไหลได้ง่ายไปเป็นยางคงรูปซึ่งไม่สามารถไหลได้อีก (มีสมบัติเป็นเทอร์โมเซต) เพราะปฏิกิริยาคงรูปจะทำให้โมเลกุลของยางเกิดการเชื่อมโยงกันเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ ยางคงรูปที่ได้จึงมีความยืดหยุ่นและมีเสถียรภาพทางรูปร่างสูงขึ้น นอกจากนี้ การคงรูปยางดังกล่าวยังทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลต่าง ๆ สูงขึ้น ยางจะมีความสามารถในการรักษาสมบัติและรูปร่างที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำมาก ๆ ได้ดีขึ้น จึงทำให้สามารถนำยางที่คงรูปแล้วไปใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยางคงรูปที่ได้ก็จะมีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากสารเคมีโดยเฉพาะตัวทำละลายสูงขึ้นไป ด้วยเหตุนี้ ผลิตภัณฑ์ยางที่เรานำไปใช้งานในชีวิตประจำวันเกือบทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นยางรัดของ ยางล้อรถ ท่อยาง ลูกโป่ง ถุงมือยาง จุกหัวนมยาง หรือแม้แต่ถุงยางอนามัย ก็ล้วนแล้วแต่เป็นยางที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อทำให้ยางเกิดการคงรูปแล้วทั้งสิ้น ในภาพรวมแล้วการแปรรูปจากยางดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ยางนั้นมีขั้นตอนหลัก ๆ อยู่ 5 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง



การออกสูตรเคมียางนับเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสมบัติหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาง อีกทั้งยังส่งผลอย่างมากต่อต้นทุนในการผลิตอีกด้วย สูตรการผสมเคมียางที่ดีนั้นจะต้องเป็นสูตรที่นอกจากจะทำให้ยางมีสมบัติที่ดีตรงตามต้องการแล้ว ยังต้องเป็นสูตรที่ทำให้กระบวนการผลิตมีต้นทุนที่ต่ำอีกด้วย การออกสูตรเคมียางจึงนับเป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างยากเพราะการออกสูตรเคมียางที่ดีนั้นต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับสมบัติและการใช้งานของยางแต่ละชนิดโดยละเอียด อีกทั้งยังจำเป็นต้องรู้หน้าที่ขององค์ประกอบชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการผสมเคมียางเป็นอย่างดี

เมื่อออกสูตรการผสมเคมียางเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดมาก็คือการผสมเคมียางซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำยางและสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรมาผสมรวมเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องผสมซึ่งอาจจะเป็นเครื่องผสมระบบเปิด เช่น เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง (two-roll mill) หรืออาจจะเป็นเครื่องผสมระบบปิด เช่น เครื่องนวด (kneader) หรือเครื่องแบนนบุรี (banbury internal mixer) ก็ได้เช่นกันที่ผ่านการผสมสารเคมีเรียบร้อยแล้วจะมีชื่อทางเทคนิคว่า “ยางคอมพาวด์ (rubber compound)” การผสมเคมียางนับเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะหากสารเคมีที่เติมลงไปในยางกระจายตัวได้ไม่ดี ก็จะส่งผลโดยตรงต่อความสม่ำเสมอทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือถ้าหากสารตัวเติมเสริมแรงที่เติมลงไปเกิดการแตกตัว (dispersion) ได้ไม่ดี ก็จะส่งผลโดยตรงต่อสมบัติของทั้งยางคอมพาวด์ได้และยางคงรูป เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ยางจึงควรตระหนักอยู่เสมอว่าการใช้กระบวนการผสมที่แตกต่างกัน เช่น การใช้เครื่องผสมคนละชนิดกัน หรือการใช้สภาวะการผสมที่แตกต่างกัน รวมถึงการจัดลำดับการเติมสารเคมีลงไปเครื่องผสมที่แตกต่างกัน ก็จะส่งผลทำให้ทั้งยางคอมพาวด์ได้และยางคงรูปที่ได้มีสมบัติที่แตกต่างกันด้วยแม้ว่าจะเป็นยางสูตรเดียวกันก็ตาม โดยทั่วไป หากผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ยางต้องการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอ (นั่นคือผลิตภัณฑ์ทุกล็อตที่ผลิตได้มีคุณภาพที่ไม่แตกต่างกัน) ผู้ผลิตจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของการผสมโดยการนำยางคอมพาวด์ได้ที่ได้จากการผสมในแต่ละครั้งไปทดสอบวัดค่าความหนืดมูนนี่ (Mooney viscously) และทดสอบสมบัติการคงรูปของยาง (cure characteristics) เช่น ระยะเวลาสกอรัช (scorch time) และระยะเวลาการคงรูปที่เหมาะสม (optimum cure time) เป็นต้น เพราะข้อมูลที่ได้จากการทดสอบดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ผลิตทราบถึงความสม่ำเสมอทางคุณภาพของยางคอมพาวด์ได้ที่ได้จากการผสมในแต่ละครั้ง เพราะหากเป็นยางสูตรเดียวกันและผ่านการผสมโดยใช้เครื่องมือและสภาวะการผสมเดียวกัน ยางคอมพาวด์ที่ได้ก็ควรมีค่าความหนืดและมีสมบัติการคงรูปที่ใกล้เคียงกัน หากพบว่ามียางคอมพาวด์ล็อตใดที่มีความหนืดหรือมีสมบัติการคงรูปที่แตกต่างจากยางคอมพาวด์ล็อตอื่น ๆ มาก ก็แสดงว่าการผสมยางล็อตนั้นมีปัญหาผู้ผลิตก็จะสามารถทราบได้ตั้งแต่เนิ่น ๆ ว่าปัญหาที่

เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนั้นเกิดจากขั้นตอนใด จะได้ตามไปตรวจสอบและแก้ไขได้อย่างตรงจุด และทันท่วงที

หลังจากที่ยางและสารเคมีผสมเข้ากัน ได้เรียบร้อยแล้ว ยางคอมพาวด์ได้ที่เพิ่งผสมเสร็จก็จะถูกรีดให้เป็นแผ่นบางเพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากการผสม จากนั้นแผ่นยางคอมพาวด์เหล่านี้ก็จะถูกนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างต่าง ๆ ต่อไปเทคนิคการขึ้นรูปที่พบบ่อย ๆ ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง ได้แก่ การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกดอัด (compression moulding) การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกึ่งฉีด (transfer moulding) การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบฉีด (injection moulding) การขึ้นรูปด้วยการอัดรีด (extrusion) โดยการใช้เครื่องเอ็กทูดเดอร์ และการขึ้นรูปให้เป็นแผ่นโดยใช้เครื่องคาลเอนเดอร์ (calendering) เป็นต้น สำหรับการขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์นั้น ขั้นตอนการขึ้นรูปและขั้นตอนการคงรูปจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน แต่สำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องเอ็กทูดเดอร์และเครื่องคาลเอนเดอร์นั้น ขั้นตอนการขึ้นรูปจะแยกออกจากขั้นตอนการคงรูปอย่างชัดเจน นั่นคือ ยางที่ได้รับการขึ้นรูปแล้วจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องคงรูปยางเพื่อทำให้ยางคงรูปต่อไปโดยทั่วไป เครื่องคงรูปยางสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. เครื่องคงรูปยางสำหรับกระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (non-continuous process) ได้แก่ หม้ออบไอน้ำความดันสูงหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าหม้อออโตคลาฟ (Autoclave) โดยทั่วไปไอน้ำภายใต้ความดันบรรยากาศจะมีอุณหภูมิเพียงแค่  $100^{\circ}\text{C}$  เท่านั้น แต่ว่าอุณหภูมิของไอน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความดันของระบบ ด้วยเหตุนี้ เราจึงสามารถนำหม้ออบไอน้ำมาใช้ในการอบคงรูปยางที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ ได้โดยการควบคุมและปรับระดับความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในหม้ออบ

2. เครื่องคงรูปยางสำหรับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (continuous process) ได้แก่ ท่ออุโมงค์ลมร้อน (hot air tunnel) ท่อไอน้ำ (steam pipe) รวมถึงถังของเหลว (liquid bath) ซึ่งของเหลวที่อยู่ในถังจะมีอุณหภูมิสูงมากเนื่องจากได้รับความร้อนจากแผงความร้อนที่ติดอยู่รอบถังของเหลวที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวกลางความร้อน ได้แก่ น้ำมันซิลิโคน กลิเซอริน เกลือผสม ฯลฯ

หลังจากขั้นตอนของการคงรูป ผลิตภัณฑ์ยางที่ได้จะถูกนำไปผ่านขั้นตอนของการตกแต่งผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปบรรจุหีบห่อเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป

แม้ว่ากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางในภาพรวมจะมีเพียง 5 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว แต่เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอ โรงงานอุตสาหกรรมยางส่วนใหญ่จึงจำเป็นต้องเพิ่มขั้นตอนของการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพเข้าไปด้วย ซึ่งการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพจะเกิดขึ้นในแทบทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น

ในขั้นตอนของการออกสูตรเคมียาง เมื่อผู้ผลิตได้สูตรเคมียางที่เหมาะสมแล้ว ก็จะดำเนินการจัดซื้อยางและสารเคมี ในขั้นตอนนี้ผู้ผลิตต้องดำเนินการตรวจสอบดูว่ายางและสารเคมีที่สั่งซื้อมานั้นมีคุณภาพสม่ำเสมอและมีสมบัติตรงตามใบกำหนดคุณภาพที่ส่งมาด้วยหรือไม่ นอกจากนี้ในขั้นตอนของการชั่งน้ำหนักของยางและสารเคมี ควรมีการตรวจสอบอีกครั้งว่าน้ำหนักที่ชั่งได้นั้นมีความถูกต้อง

ในขั้นตอนของการผสม ยางคอมพาวด์ที่ได้ที่ได้จากการผสมในแต่ละครั้งจะต้องถูกนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อตรวจสอบดูว่ามีการสูญเสียสารเคมีในระหว่างกระบวนการผสมมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยางคอมพาวด์ที่ได้ที่ได้จากการผสมส่วนหนึ่งจะต้องถูกส่งไปทดสอบสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ของทั้งยางคอมพาวด์ได้และยางคงรูป เช่น ค่าความหนืด สมบัติการคงรูปยาง ความแข็ง ความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อการขูดขีด เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบคุณภาพของยางคอมพาวด์ได้ก่อนที่จะส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตในขั้นตอนถัดไป

ในขั้นตอนของการขึ้นรูปและการคงรูปยางนั้น ผู้ผลิตจำเป็นต้องตรวจสอบดูว่าผลิตภัณฑ์ยางที่ได้มีขนาดตรงตามความต้องการหรือมีจุดบกพร่องหรือจดตำหนิบนพื้นผิวหรือไม่ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยางที่ได้ส่วนหนึ่งจะต้องถูกนำไปทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเพื่อตรวจสอบดูว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในล็อตนั้น ๆ มีคุณภาพสูงตรงตามความต้องการของลูกค้าหรือไม่

เนื่องจากความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในขั้นตอนของการออกสูตรเคมียางนั้นได้เรียบเรียงไว้แล้วในหนังสือ “ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน” และ “สารเคมียาง” ดังนั้น ในหนังสือเล่มนี้จึงเน้นที่จะให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง โดยเริ่มตั้งแต่เทคนิคการผสมเคมียาง การขึ้นรูปและการคงรูปยาง นอกจากนี้ ผู้แต่งยังได้รวบรวมความรู้เกี่ยวกับสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ของทั้งยางคอมพาวด์และยางคงรูป รวมถึงวิธีการทดสอบสมบัติดังกล่าวไว้ในหนังสือเล่มนี้ อีกด้วย

### เทคโนโลยีการผสมยาง

พงษ์ธร แซ่ฮุย และชาคริต สิริสิงห (2550 :1) การออกสูตรเคมียางเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง การออกสูตรเคมียางที่เหมาะสมจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ยางที่ได้มีสมบัติตรงตามความต้องการ อย่างไรก็ตาม นอกจากสูตรเคมียางแล้วขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตก็มีผลอย่างมากต่อสมบัติของยาง โดยเฉพาะขั้นตอนการผสมยางซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้ห้องค้ประกอบต่าง ๆ เข้าไปรวมกับยางเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าหากกระบวนการผสมยางเกิดขึ้นได้ไม่ดี เช่น ผู้ผลิตอาจใช้สภาวะการผสมที่ไม่เหมาะสมซึ่งก็จะส่งผลทำให้ห้องค้ประกอบต่าง ๆ แยกตัวและกระจายตัวในเนื้อ



ยาง ได้ไม่ดี ผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็จะมีคุณภาพต่ำและมีคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการผสมยางจึงเป็น ขั้นตอนสำคัญที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสมบัติต่าง ๆ ของยางไม่ว่าจะเป็นสมบัติของยางคอมพาวด์ ได้ซึ่งมีผลต่อกระบวนการผลิต รวมถึงสมบัติของยางคงรูปอีกด้วย

### การบดย่อยยางหรือมาสติเคชัน (mastication)

เนื่องจากองค์ประกอบต่าง ๆ จะถูกผสมเข้าไปในยางซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งที่มีความหนืดสูงมาก ดังนั้น การผสมจึงเป็นไปด้วยความยากลำบาก ผู้ผสมจำเป็นต้องทำการบดย่อยยางเพื่อลดความหนืดของยางก่อนที่จะทำการเติมองค์ประกอบต่าง ๆ ลงไป ขั้นตอนการบดย่อยยางนี้มีชื่อเรียกทางเทคนิคว่า “มาสติเคชัน (mastication)” การบดย่อยยางเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในการผสมยางที่มีความหนืดสูง ๆ โดยเฉพาะยางธรรมชาติ (เพราะยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลสูง) การบดย่อยยางให้มีความหนืดต่ำลงหรือทำให้ยางอ่อนและไหลได้มากขึ้นจะทำให้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เติมลงไปสามารถเข้าไปรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (incorporation) กับเนื้อยางได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยทั่วไป ขั้นตอนของการบดย่อยยางไม่ค่อยมีบทบาทสำคัญในการผสมยางสังเคราะห์มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากยางสังเคราะห์มีน้ำหนักโมเลกุลและความหนืดเริ่มต้นที่ไม่สูงมาก องค์ประกอบต่าง ๆ จึงสามารถผสมเข้าไปในเนื้อยางสังเคราะห์ได้ง่ายกว่ายางธรรมชาติ นอกจากนี้ ยางสังเคราะห์ยังมีเกรดให้เลือกอย่างหลากหลาย ผู้ผสมจึงสามารถเลือกชื่อยางสังเคราะห์ที่มีความหนืดใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการได้ง่าย

ในระหว่างการบดย่อยยาง โมเลกุลของยางจะถูกตัดขาดด้วยแรงเชิงกล (แรงเฉือน) ทำให้น้ำหนักโมเลกุลของยางลดลง ประสิทธิภาพของกระบวนการบดย่อยยางจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ รวมถึงชนิดและปริมาณของแปปไทเซอร์ (peptizer)

ที่อุณหภูมิต่ำ ความหนืดของยางจะค่อนข้างสูง ดังนั้นแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในเครื่องผสมก็จะมีค่าสูงตามไปด้วย ส่งผลทำให้การตัดขาดของโมเลกุลยางส่วนใหญ่เกิดจากแรงเชิงกล (ผลของแรงเฉือน) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความหนืดของยางก็จะลดลง แรงเฉือนที่เกิดขึ้นก็จะลดลงตามไปด้วย ประสิทธิภาพของกระบวนการบดย่อยยางอันเนื่องมาจากแรงเชิงกลก็จะลดลง อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มีการเติมสารแปปไทเซอร์ลงไป ประสิทธิภาพของการบดย่อยยางก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิ เพราะแปปไทเซอร์จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูง ความหนืดของยางที่ลดลงอันเนื่องมาจากแรงเชิงกลและแปปไทเซอร์จะเกิดขึ้นอย่างถาวรแต่การลดลงของความหนืดอันเนื่องมาจากความร้อนเพียงอย่างเดียวอาจเกิดแบบถาวรหรือแบบชั่วคราวก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของยาง

## กลไกการผสม

จุดประสงค์หลักของการผสมเคมีบางก็เพื่อใช้สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ผสมเข้าไปในยางได้อย่างทั่วถึง (กระจายตัวในยางได้ดี) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากองค์ประกอบของการผสมเคมีบางมีหลากหลายชนิด บางชนิดก็สามารถละลายเข้าไปในยางได้ง่ายโดยเฉพาะเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง ในระหว่างการผสม แต่องค์ประกอบบางชนิดก็ไม่สามารถละลายเข้าไปในเนื้อยาง ตัวอย่างที่สำคัญขององค์ประกอบที่สามารถละลายเข้าไปในเนื้อยาง ได้แก่ กำมะถัน สารตัวเร่งปฏิกิริยา สารป้องกัน การเสื่อมสภาพ รวมถึงสารกระตุ้นปฏิกิริยาของรูป เช่น ซิงก์สเตียเรต เป็นต้น แม้ว่าซิงก์ออกไซด์จะไม่สามารถละลายในเนื้อยางได้ แต่ถ้ามีการใช้ซิงก์ออกไซด์ร่วมกับกรดสเตียริก สารเคมีทั้ง 2 ชนิด จะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นเกลือซิงก์สเตียเรตที่สามารถละลายในยางได้ โดยทั่วไป ระดับความสามารถในการละลายขององค์ประกอบเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิของการผสมสูงขึ้น ระดับหรือความสามารถในการละลายของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบเหล่านี้ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้สามารถละลายเข้าไปในเนื้อยางได้ง่าย ดังนั้น การผสมองค์ประกอบเหล่านี้เข้าไปในเนื้อยางจึงเป็นไปได้โดยง่ายและไม่มีปัญหาในเรื่องของการกระจายตัวมากนัก แต่สำหรับองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ไม่สามารถละลายเข้าไปในเนื้อยาง เช่น สารตัวเติมชนิดต่าง ๆ การผสมองค์ประกอบเหล่านี้ให้เข้าไปในเนื้อยางจะเป็นไปด้วยความยากลำบากเพราะทั้งยางและองค์ประกอบเหล่านี้ต่างก็อยู่ในสถานะของแข็งที่ไม่สามารถละลายในกันและกันได้ ด้วยเหตุนี้ การผสมยางส่วนใหญ่จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะทำให้สารตัวเติมแตกตัวและกระจายตัวในยางได้ดี โดยเฉพาะสารตัวเติมเสริมแรง เช่น เขม่าดำ และซิลิกา เพราะสารตัวเติมเหล่านี้มีขนาดอนุภาคปฐมภูมิที่เล็กมาก (มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง) ทำให้แตกตัวและกระจายตัวในยางได้ยาก ดังนั้น เมื่อผู้ผสมสามารถทำให้สารตัวเติมเหล่านี้แตกตัวและกระจายตัวในยางได้ดีแล้ว ผู้ผสมก็จะสามารถคาดเดาได้ว่าสารเคมีตัวอื่น ๆ ก็จะสามารถกระจายตัวในยางได้ดีตามไปด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ ในบทนี้จึงจะกล่าวถึงเฉพาะกลไกของการผสมสารตัวเติมเสริมแรงลงในยางเท่านั้น

เนื่องจากสารตัวเติมเสริมแรงชอบอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ที่เรียกว่าแอกไกลเมอเรต (agglomerate) และในแต่ละแอกไกลเมอเรตยังประกอบไปด้วยกลุ่มก้อนขนาดเล็กหลาย ๆ ก้อนมาเกาะกันอยู่อย่างหลวม ๆ ด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waal's) หรือพันธะไฮโดรเจน (H-bond) เรียกกลุ่มก้อนขนาดเล็กเหล่านี้ว่าแอกกรีเกต (aggregate) โดยที่แอกกรีเกต ๆ ก่อนจะเกิดจากอนุภาคปฐมภูมิหลาย ๆ อนุภาคมาอยู่รวมกันด้วยพันธะทางเคมีที่แข็งแรงหรือเกิดการหลอม

รวมกันที่บริเวณพื้นผิวของอนุภาคปฐุมภูมิ ด้วยเหตุนี้กลไกของการผสมเข้ากับสารตัวเติมเสริมแรง จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ๆ ได้แก่

- 1) การเข้าไปในเนื้อของสารตัวเติม (incorporation หรือ wetting)
- 2) การกระจายตัวของสารตัวเติมในยาง (distribution) และ
- 3) การแตกตัวของสารตัวเติม (dispersion)

### การเข้าไปในเนื้อของสารตัวเติม

หลังจากที่ยางถูกบดย่อยด้วยกระบวนการมาสติเคชันจนมีค่าความหนืดต่ำเพียงพอที่จะรับสารตัวเติมแล้ว ผู้ผสมก็จะทำการเติมสารตัวเติมลงไป โดยที่สารตัวเติมที่เติมลงไปนี้จะเข้าไปรวม (incorporate) กับเนื้อยางโดยผ่านกลไก 2 แบบ กล่าวคือ ในกลไกแรก ยางที่ได้รับแรงเฉือนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งขนาดของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงเฉือน การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางดังกล่าวจะทำให้ยางมีพื้นที่ที่จะสัมผัสกับสารตัวเติมสูงขึ้น และเมื่อแรงเฉือนที่มากระทำกับยางหมดไป ยางก็จะคลายตัวกลับคืนสู่สภาพที่ไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโอบล้อมเอาสารตัวเติมไว้ภายในยาง ส่วนในกลไกที่สอง ยางซึ่งขนาดใหญ่มากที่ได้รับแรงเฉือนสูง ๆ จะเกิดการฉีกขาดได้เป็นยางชิ้นที่มีขนาดเล็กลง จากนั้นยางชิ้นเล็ก ๆ เหล่านี้ก็จะเข้าไปโอบล้อมเอาสารตัวเติมไว้ภายในยางเช่นกัน กลไกแบบแรกเป็นกลไกในระดับมหภาคจึงสามารถสังเกตเห็นได้โดยง่าย แต่กลไกแบบหลังเป็นกลไกในระดับจุลภาคจึงไม่สามารถสังเกตเห็นได้

ขั้นตอนการเข้ารวมกันระหว่างยางและสารตัวเติมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “wetting” โดยทั่วไปแล้ว ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเข้ารวมตัวกันระหว่างยางกับสารตัวเติมคือระดับความเป็นขั้วของสารตัวเติม กล่าวคือยางที่ไม่มีขั้วจะเข้ากันได้ดีกับสารตัวเติมที่ไม่มีขั้วหรือสารตัวเติมที่มีขั้วต่ำ ในทำนองเดียวกัน ยางที่มีขั้วสูงก็จะเข้ากันได้ดีกับสารตัวเติมที่มีขั้วสูง ระดับของความเป็นขั้วของยางและสารตัวเติมสามารถแสดงได้ด้วยค่า “ตัวแปรความสามารถในการละลาย (solubility parameter)” (ดูตารางที่ 2.1 ประกอบ) โดยทั่วไป การเข้ารวมตัวกันระหว่างยางกับสารตัวเติมจะเกิดขึ้นได้ง่ายขึ้นถ้าความแตกต่างของค่าตัวแปรความสามารถในการละลายระหว่างยางกับสารตัวเติมลดลง

ตารางที่ 2.1 ค่าตัวแปรความสามารถในการละลายขององค์ประกอบชนิดต่าง ๆ

| องค์ประกอบ                          | ค่าตัวแปรความสามารถในการละลาย<br>(MPa <sup>1/2</sup> ) |
|-------------------------------------|--|
| Silicone                            | 14-15  |
| PE, EPM, EPDM                       | 16   |
| NR, BR, IIR                         | 16-17  |
| SBR                                 | 17-18  |
| CR, CSM, NBR บางเกรด                | 18-19  |
| สารหล่อลื่นและสารช่วยนกระบวนการผลิต | 17-19  |
| PVC, ECO, ACM, และ NBR บางเกรด      | 19-20  |
| เขม่าดำ                             | 24-30  |
| ทัลลิม คินขาว และ whiting           | 26-28  |
| ซิลิกา                              | 28-36  |

อัตราเร็วของการเข้ารวมกันระหว่างยางกับสารตัวเติมขึ้นอยู่กับความสามารถในการไหลของยางหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือขึ้นอยู่กับค่าความหนืดของยาง กล่าวคือ ถ้าความหนืดของยางมีค่าต่ำลง สารตัวเติมและยางก็สามารถเข้ารวมกันได้ง่ายขึ้น (มีอัตราเร็วในการรวมกันสูงขึ้น) นอกจากความหนืดแล้ว พื้นที่ผิวของยางก็มีผลต่ออัตราเร็วของการเข้ารวมกันระหว่างยางกับสารตัวเติมด้วยเช่นกัน การเพิ่มพื้นที่ผิวโดยการตัดยางให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนใส่ลงไปในเรื่องผสมก็มีส่วนช่วยให้กระบวนการเข้ารวมกันเกิดได้ง่ายยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การปรับสถานะของการผสมก็ส่งผลกระทบต่ออัตราเร็วของการเข้ารวมกันระหว่างยางและสารตัวเติมด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น การปรับลดความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์จะช่วยทำให้ยางและสารตัวเติมเข้ารวมกันได้ดียิ่งขึ้น เพราะการใช้ความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ที่ต่ำจะช่วยลดการฟุ้งกระจายของสารตัวเติม (สารตัวเติมจะไม่ดึงตัวออกจากเนื้อยางในระหว่างที่ทำการผสม) ส่วนการปรับอุณหภูมิของการผสมให้สูงขึ้นก็จะส่งผลทำให้ยางมีความหนืดลดลง ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิของการผสมจึงทำให้ยางและสารตัวเติมเข้ารวมกันได้ง่ายยิ่งขึ้น

### การกระจายตัวของสารตัวเติม

หลังจากที่สารตัวเติมเข้าร่วมกันกับยางเรียบร้อยแล้ว การไหลของยางจะทำให้สารตัวเติมที่ถูกโอบล้อมโดยยางเริ่มเกิดการกระจายตัวในเนื้อยาง กระบวนการกระจายตัวนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการผสม ในกรณีที่กระบวนการกระจายตัวเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ ยางคอมพาวด์ที่ได้จะมีสมบัติไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน ซึ่งจะส่งผลต่อเนื้อทำให้ผลิตภัณฑ์ยางที่ได้มีคุณภาพไม่คงที่

ประสิทธิภาพในการกระจายตัวของสารตัวเติมจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการไหลของยางในห้องผสม โดยทั่วไป ยางที่มีความหนืดต่ำจะมีความสามารถในการไหลที่ดีจึงทำให้การกระจายตัวเกิดขึ้นได้โดยง่าย ด้วยเหตุนี้ ตัวแปรหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความหนืดหรือความสามารถในการไหลของยางก็จะส่งผลโดยตรงต่อระดับการกระจายตัวของสารตัวเติมด้วย ซึ่งตัวแปรดังกล่าว ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ ความดันแรม และอัตราส่วนปริมาตรของยางคอมพาวด์ต่อปริมาตรของห้องผสมหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าฟิลแฟกเตอร์ (fill factor) เป็นต้น

### การแตกตัวของสารตัวเติม

การแตกตัวของสารตัวเติมเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากในการผสมสารตัวเติมให้เข้ากับยาง (โดยเฉพาะสารตัวเติมเสริมแรง) เพราะการแตกตัวที่ดีจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสูง กระบวนการแตกตัวคือกระบวนการที่ทำให้สารตัวเติมซึ่งอยู่ในรูปของแอกโกลเมอเรตขนาดใหญ่ซึ่งถูกโอบล้อมด้วยยางแตกตัวออกเป็นแอกโกลเมอเรตที่มีขนาดเล็กลงด้วยแรงเฉือนที่เกิดจากเครื่องผสม จากนั้นแอกโกลเมอเรตขนาดเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นเหล่านี้ก็จะกระจายตัวในเนื้อยางต่อไป เมื่อการผสมดำเนินต่อไป แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะทำให้แอกโกลเมอเรตขนาดเล็กเหล่านี้แตกตัวต่อไปจนสุดท้ายได้เป็นแอกกรีเกตซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของสารตัวเติมที่ได้จากการผสม ในขั้นนี้จะถือว่าการผสมเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ การแตกตัวของสารตัวเติมจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อกระบวนการเข้าร่วมตัวกันระหว่างยางและสารตัวเติมเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์และการแตกตัวของสารตัวเติมนี้มักเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการกระจายตัว การทำให้สารตัวเติมแตกตัวเป็นหน่วยที่เล็กลงมีความสำคัญมากต่อสมบัติของยางคอมพาวด์ เพราะถ้าหากกระบวนการแตกตัวเกิดขึ้นได้ไม่ดี (อาจเนื่องจากสภาวะการผสมไม่ดีพอ เช่น ใช้ระยะเวลาในการผสมน้อยเกินไปหรือแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในเครื่องผสมมีค่าต่ำเกินไป ฯลฯ) ยางคอมพาวด์ที่ได้ก็จะมีคุณภาพหนืดสูง ส่งผลทำให้กระบวนการขึ้นรูปเป็นไปด้วยความยากลำบากและต้องสิ้นเปลืองพลังงานในกระบวนการผลิตสูง

นอกจากนี้ การแตกตัวที่ไม่ดีของสารตัวเติมยังส่งผลทำให้ยางคงรูปที่ได้มีสมบัติเชิงกลต่ำ โดยเฉพาะค่าความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขีดถู เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการแตกตัวของสารตัวเติมคือแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสม เพราะการที่จะทำให้สารตัวเติมแตกตัวและการบดขยี้ให้ยางเข้าไปสัมผัสและโอบล้อมสารตัวเติม นั้นจำเป็นต้องอาศัยแรงเฉือนที่สูงมาก ๆ นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการผสมจะต้องนานเพียงพอที่จะทำให้สารตัวเติมแตกตัวเป็นแอกกรีเกต (หรือแอกโกลเมอเรตที่มีขนาดเล็กมาก ๆ) และทำให้แอกกรีเกตที่แตกออกมานี้กระจายตัวในยางได้อย่างทั่วถึง อย่างไรก็ตาม ควรหลีกเลี่ยงการผสมที่นานเกินไป เพราะนอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและพลังงานไฟฟ้า (รวมถึงต้นทุน) ในการผลิตแล้ว การผสมที่นานเกินไปยังก่อให้เกิดผลเสียต่อสมบัติเชิงกลของยางได้ เพราะยางที่ได้รับแรงเฉือนนานมาก ๆ จะมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำลง นอกจากนี้ การผสมยางที่นานเกินไปอาจทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพได้เนื่องจากยางได้รับอนุมูลอิสระสูงเกินไป

### เครื่องผสมยาง

#### เครื่องผสมระบบปิด (internal mixer)

เครื่องผสมระบบปิดเป็นเครื่องผสมที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะเครื่องผสมระบบปิดได้ถูกออกแบบมาเพื่อแทนที่เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง โดยทั่วไป เครื่องผสมระบบปิดประกอบด้วยห้องผสมโรเตอร์ แรม และระบบหล่อเย็นหรือระบบให้ความร้อน ซึ่งระบบหล่อเย็นหรือระบบให้ความร้อนนี้จะถูกติดตั้งทั้งที่ผนังด้านในของห้องผสมและที่โรเตอร์ (โดยการเจาะรูให้เป็นโพรงเพื่อให้ของเหลวที่เป็นตัวกลางไหลผ่าน) เพื่อช่วยระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากการขีดสีในระหว่างการผสมหรือเพื่อให้ความร้อนแก่เครื่องผสม

สำหรับโรเตอร์ที่ใช้ในเครื่องผสมระบบปิดส่วนใหญ่จะมีอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความยาวเท่ากับ 1 : 1.4 และ 1 : 1.7 รูปร่างลักษณะของโรเตอร์ที่ใช้ก็มีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับ การออกแบบของบริษัทผู้ผลิต

โดยทั่วไปแล้วโรเตอร์ทั้ง 2 ก้อนที่อยู่ภายในเครื่องผสมจะมีอัตราเร็วของการหมุนที่ไม่เท่ากัน ทำให้มีอัตราส่วนการขีดสี (friction ratio) ที่สูง (ยกเว้นในเครื่องผสมระบบปิดบางชนิดที่มีการออกแบบให้โรเตอร์ทั้งสองมีอัตราเร็วของการหมุนที่เท่ากัน) การผสมหรือแรงเฉือนนอกจากจะเกิดขึ้นที่บริเวณช่องว่างระหว่างปีกของโรเตอร์ทั้งสองแล้วยังเกิดขึ้นที่บริเวณช่องว่างระหว่างโร

เตอร์กับผนังด้านในของห้องผสมอีกด้วย แรงเฉือนที่บริเวณใดจะสูงหรือต่ำนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบ (design) และการจัดวาง (arrangement) ของโรเตอร์

โดยทั่วไป เครื่องผสมระบบปิดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ

#### 1. เครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรี (banbury –type internal mixer)






เครื่องแบบนบุรีเป็นเครื่องที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน โรเตอร์ทั้งสองของเครื่องผสมจะเป็นแบบ “non - interlocking” หรือบางครั้งเรียกว่า “non-intermeshing” กล่าวคือรัศมีการหมุนของโรเตอร์ทั้งสองจะไม่คาบเกี่ยวกัน โดยทั่วไป โรเตอร์ทั้งสองของเครื่องผสมระบบปิดชนิดนี้จะหมุนด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน โดยมีอัตราเร็วสัมพัทธ์ของโรเตอร์ตั้งแต่ 1 : 1.1 ถึง 1 : 1.2 ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่อง อย่างไรก็ตามได้มีการพัฒนาออกแบบโรเตอร์รุ่นใหม่ ๆ ที่สามารถทำให้โรเตอร์ทั้งสองหมุนด้วยความเร็วที่เท่ากันได้ เรียกโรเตอร์ชนิดใหม่นี้ว่า “synchronous technology (ST) โรเตอร์

ในเครื่องผสมแบบนี้ แรงเฉือนส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่บริเวณช่องว่างระหว่างปีกของโรเตอร์กับผนังของห้องผสม ส่วนพื้นที่ที่เหลือในห้องผสมนั้นมีไว้เพื่อให้ยางและองค์ประกอบอื่น ๆ ไหลหมุนเวียนไปมาได้สะดวก ซึ่งการไหลหมุนเวียนไปมาของยางจะช่วยทำให้องค์ประกอบต่าง ๆ กระจายตัวในยางได้ดียิ่งขึ้น

เนื่องจากโรเตอร์ของเครื่องผสมชนิดนี้มีขนาดที่ไม่ใหญ่มากนักทำให้ยางคอมพาวด์ได้ที่ผสมได้ในแต่ละครั้ง (batch size) มีปริมาณค่อนข้างสูง ด้วยเหตุนี้ เครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรีจึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมของไทย ตัวอย่างของเครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรีที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ เครื่องของบริษัทฟาเรลคอร์ปอเรชัน (Farrel corporation)

#### ลำดับการผสมเคมี

การผสมเคมีบางอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ยางที่มีคุณภาพสูงและสม่ำเสมอ ผู้ผสมจำเป็นต้องจัดลำดับการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปในเครื่องผสมอย่างถูกต้อง หลักการโดยทั่วไปของการเติมสารเคมีคือ หลังจากการบดย่อยยางให้นิ่มก็จะเติมสารเคมีหรือองค์ประกอบที่ผสมเข้าไปในเนื้อยางได้ยากก่อน เช่น เชม่าดำ หรือซิลิกา เพราะในช่วงนี้อุณหภูมิในการผสมยางยังต่ำ ทำให้งามีความหนืดสูง แรงกระทำเชิงกลหรือแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสมจึงมีค่าสูงซึ่งจะส่งผลทำให้สารตัวเติมดังกล่าวแตกตัวและกระจายตัวในเนื้อยางได้ดี จากนั้นจึงเติมสารตัวเติมที่ไม่เสริมแรงและน้ำมันตามลงไป ส่วนสารเคมีที่แนะนำให้เติมในลำดับสุดท้าย คือ สารตัวเร่งปฏิกิริยา กำมะถัน และสารป้องกันยางตาย ยางที่ได้หลังจากที่ผสมสารเคมีต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วจะเรียกว่ายางคอมพาวด์ ดังรูปที่ 2.2 แสดงลำดับของการผสมเคมีโดย

|  |  |
|--|--|
| บดขยงให้หั่น<br>  | ** ยางธรรมชาติจะใช้เวลานานในการบดนานกว่ายางสังเคราะห์ เพราะยางธรรมชาติมีความหนืดเริ่มต้นสูงกว่า  |
| เดิมซิงก์ออกไซด์ กรดสเตียริก และ<br>สารป้องกันการเสื่อมสภาพ  | ** ถ้าบดขยง NBR ก็เติมกำมะถันในขั้นตอนนี้เพราะกำมะถันละลายและกระจายตัวในยาง NBR ได้ยาก   |
| <br>1/2 หรือ 3/4 ของสารเดิม<br><br>สารตัวเติมที่เหลือและน้ำมัน | ** การแบ่งใส่สารตัวเติมเสริมแรงเป็น 2 ช่วงดังกล่าวนิยมใช้ในกรณีที่ต้องเติมสารเสริมแรงในปริมาณมาก แต่ถ้าต้องการเติมสารตัวเติมเสริมแรงในปริมาณที่ไม่สูงมากนัก (เช่น < 30 phr) ก็สามารถเติมสารตัวเติมทั้งหมดในครั้งเดียวได้ |
| <br>กำมะถันและสารตัวเร่งปฏิกิริยา<br>                          | ** ต้องควบคุมไม่ให้อุณหภูมิของการผสมสูงเกินไป  |
| รีดขยงให้เป็นแผ่น  | ** ปรับความหนาของแผ่นขยงให้เหมาะสำหรับการนำไปทดสอบและขึ้นรูป   |

รูปที่ 2.2 ลำดับการผสมเคมีโดยทั่วไป

จากรูปจะเห็นว่าได้มีการเสนอแนะให้เติมซิงก์ออกไซด์ กรดสเตียริก และสารป้องกันการเสื่อมสภาพ (ถ้ามี) ลงไปในช่วงต้นของการผสมทั้ง ๆ ที่สารเคมีเหล่านี้ก็ผสมเข้ากับยางได้ง่าย ซึ่งโดยหลักการแล้วก็น่าที่จะสามารถเติมลงไปในช่วงท้ายของการผสมได้ แต่สาเหตุสำคัญที่ต้องเติมสารเคมีเหล่านี้ลงไปในช่วงต้น ๆ ของการผสมก็เพราะว่าซิงก์ออกไซด์จะเข้าทำปฏิกิริยากับกรดสเตียริกเกิดเป็นซิงก์สเตียเรตที่สามารถละลายเข้าไปในยางได้ จึงส่งผลทำให้ความหนืดของยางลดต่ำลง ยางก็จะสามารถไหลและโอบล้อมสารตัวเติมต่าง ๆ ที่จะเติมลงไปในช่วงตอนต่อไปได้ง่ายยิ่งขึ้น ส่วนสาเหตุที่ต้องเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพลงไปในช่วงต้นนั้นก็เพื่อป้องกันไม่ให้อายุเกิดการเสื่อมสภาพมากเกินไป (จากอุณหภูมิที่สูงขึ้น) ในระหว่างกระบวนการผสมนั่นเอง

สำหรับการผสมเคมียางที่มีการใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมในปริมาณมากนั้น ผู้ผสมควรทำการเติมซิงก์ออกไซด์ในช่วงท้ายของการผสม เพราะบนพื้นผิวของซิลิกามีหมู่ไฮดรอกซิล (Si-OH) อยู่ในปริมาณมาก ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลเหล่านี้สามารถดูดซับซิงก์ออกไซด์หรือสารประกอบเชิงซ้อนของซิงค์ได้ ดังนั้น หากผู้ผสมทำการเติมซิงก์ออกไซด์ลงไปในช่วงต้น ๆ ของการผสม ซิงก์ออกไซด์



· บางส่วนจะถูกดูดซับไว้บนพื้นผิวของซิลิกา ซึ่งจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาของรูปของยางลดลง

## วิธีและเทคนิคของการผสมยางด้วยเครื่องผสมระบบปิด

### 1. วิธีการผสมยาง

การผสมยางด้วยเครื่องผสมระบบปิดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ ได้แก่

#### 1. การผสมแบบ 1 ขั้นตอน (single - pass mixing)

การผสมแบบ 1 ขั้นตอนคือการผสมที่มีการเติมสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปหรือยาสุกเข้าไปในเครื่องผสมทันทีหลังจากที่สารเคมีและสารตัวเติมอื่น ๆ ได้กระจายตัวเข้าไปในเนื้อยางเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในการผสมด้วยวิธีนี้ ยางจะถูกผ่านเข้าไปในเครื่องผสมเพียงครั้งเดียว ภายหลังจากผสม ยางคอมพาวด์ที่เตรียมได้จะถูกรีดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยเครื่องมือแบบ 2 ลูกกลิ้งและปล่อยให้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้องอย่างรวดเร็วก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป (การผ่านแผ่นยางคอมพาวด์ที่รีดได้เข้าไปในท่ออุโมงค์ลมหรือท่อที่มีการติดตั้งพัดลมตลอดแนวความยาวก็จะช่วยทำให้ยางคอมพาวด์ได้เย็นตัวได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดโอกาสของการเกิดยางตายได้)

แม้ว่าการผสมด้วยวิธีนี้จะให้ผลผลิต (output) ที่สูง แต่เนื่องจากในระหว่างที่ทำการเติมสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปนั้น ยางคอมพาวด์จะมีอุณหภูมิที่สูงมาก ดังนั้นวิธีการผสมแบบ 1 ขั้นตอนจึงมีข้อจำกัดหลายประการ กล่าวคือ วิธีนี้มาเหมาะที่จะใช้ในการผสมยางสูตรที่ประกอบด้วยสารตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความไวต่อปฏิกิริยาสูงและยางคอมพาวด์ที่ผสมได้ก็ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องเก็บยางคอมพาวด์ไว้ที่อุณหภูมิสูงหรือเก็บไว้ในบริเวณที่ได้รับแสงแดดเพราะจะทำให้ยางคอมพาวด์ตายหรือเกิดการสกอร์ช (scorch) ได้ง่าย

#### 2. การผสมแบบหลายขั้นตอน (multiple- pas mixing)

การผสมด้วยวิธีนี้จะแบ่งออกเป็นหลายขั้นตอน (ส่วนใหญ่ 2 ขั้นตอน) โดยในขั้นตอนแรกจะทำการผสมยางและองค์ประกอบต่าง ๆ (ยกเว้นสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูป) ให้เข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมระบบปิด หลังจากนั้นจึงนำยางคอมพาวด์ที่ได้ออกจากเครื่องผสมระบบปิดแล้วนำไปผ่านเครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้งและปล่อยให้เย็น (เรียกยางคอมพาวด์ได้ที่ได้ว่ายางมาสเตอร์แบช (masterbatch) เมื่อต้องการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์จึงค่อยนำยางมาสเตอร์แบชที่ได้จากการผสมในขั้นตอนแรกนี้ไปผสมกับสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปในขั้นตอนที่สอง ซึ่งการผสมในขั้นตอนนี้สามารถทำได้ในเครื่องผสมระบบปิดหรืออาจใช้เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้งก็ได้ หลังจากนั้นก็ทำการ

รีดขางให้เป็นแผ่นบางเพื่อระบายความร้อนออกจากขางให้เร็วที่สุด ก่อนที่จะนำยางคอมพาวด์ที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

การผสมแบบหลายขั้นตอน เป็นวิธีการผสมยางที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะเป็นวิธีการผสมที่สามารถใช้ในการผสมยางสูตรที่ใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาสูง ๆ ได้ เนื่องจากอุณหภูมิของยางในระหว่างที่ทำการเติมสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปลงไปจะยังไม่สูงมากนัก ยางมาสเตอร์แบชที่ได้จากการผสมในขั้นตอนแรกก็สามารถเก็บไว้ได้นาน สะดวกต่อการขนย้าย และสามารถนำไปใช้ในการผลิตยางคอมพาวด์สุดท้ายได้หลายสูตร โดยการปรับเปลี่ยนชนิดและปริมาณของสารเคมีในกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปในขั้นตอนที่สอง (เหมาะกับงานวิจัยและพัฒนา) นอกจากนี้ การนำยางมาสเตอร์แบชที่ได้จากการผสมในขั้นตอนแรกหลาย ๆ แบบมาผสมกันก็เป็นการช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอทางด้านคุณภาพให้แก่ยางคอมพาวด์ได้อีกด้วย

## 2. เทคนิคการผสมยางด้วยเครื่องผสมระบบปิด

การผสมยางด้วยเครื่องผสมระบบปิดสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 เทคนิคใหญ่ ๆ ดังนี้

### 1. การผสมแบบดั้งเดิม (conventional mixing)

เทคนิคการผสมแบบดั้งเดิมเป็นเทคนิคที่ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมยาง เพราะเป็นเทคนิคที่สามารถใช้ได้กับเครื่องผสมระบบปิดทั้งรุ่นเก่าและรุ่นใหม่ แม้ว่าการผสมจะใช้ระยะเวลาานาน แต่เทคนิคนี้ทำให้สารตัวเติมแตกตัวและกระจายตัวในเนื้อยางได้ดี ลำดับการเติมสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ก็ใช้หลักการเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้แล้ว กล่าวคือ หลังจากทำการบดย่อยยางให้นิ่มแล้วก็จะทำการเติมสารเคมีที่เข้าและกระจายตัวในยางได้ยากก่อน จากนั้นจึงค่อยเติมของเหลว เช่น น้ำมันหรือสารทำให้ยางนิ่มอื่น ๆ ลงไปและท้ายสุดจึงเติมสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูป

### 2. การผสมแบบเติมน้ำมันในช่วงท้าย (late – oil – addition mixing)

การผสมยางด้วยเทคนิคนี้นิยมใช้ผสมยางที่เป็นผงหรือเม็ด โดยเริ่มต้นด้วยการผสมยางสารตัวเติม และสารเคมีอื่น ๆ ทั้งหมดพร้อมกัน (ยกเว้นน้ำมันและสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูป) เมื่อสารตัวเติมและสารเคมีเข้าไปและกระจายตัวในเนื้อยางได้ดีแล้ว จึงทำการเติมน้ำมันลงไปช้า ๆ เพื่อควบคุมให้ประสิทธิภาพการผสมอยู่ในระดับปานกลาง และท้ายสุดจึงเติมสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปลงไป

แม้ว่าการผสมด้วยเทคนิคนี้จะให้ผลผลิตที่สูงเพราะใช้ระยะเวลาในการผสมสั้นและสารตัวเติมก็แตกตัวและกระจายตัวในยางคอมพาวด์ได้ดี เพราะแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของการผสม

(ช่วงก่อนใส่น้ำมัน) จะสูงมาก อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิของยางในระหว่างการผสมก็จะสูงมากด้วยเช่นกัน ดังนั้นเทคนิคนี้จึงควรใช้คู่กับวิธีการผสมแบบหลายขั้นตอน (โดยใช้ผสมยางในขั้นตอนแรก) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาของการเกิดยางตาย

เนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสมมีค่าสูงมาก ดังนั้น เทคนิคนี้จึงใช้พลังงานในการผสมสูงและสามารถใช้เทคนิคนี้ได้ดีกับเครื่องผสมรุ่นใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงเท่านั้น

### 3. การผสมแบบกลับด้าน (upside - down mixing)

เทคนิคการผสมแบบกลับด้านจะแตกต่างจากการผสมด้วยเทคนิคอื่น ๆ คือในขั้นแรกจะทำการผสมสารตัวเติม น้ำมัน และองค์ประกอบอื่น ๆ (ยกเว้นสารกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูป) ให้เข้ากันดีด้วยเครื่องผสม (ผสมโดยที่ไม่ต้องปิดแรม) เมื่อองค์ประกอบที่เติมลงไปในตอนแรกผสมเข้ากันได้ดีแล้ว จึงทำการเติมยางลงไปแล้วปิดแรม ทำยสุดจึงเติมสารกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปตามลงไป

เทคนิคนี้นิยมใช้ผสมยางที่มีสมบัติการเกาะติดกันเองต่ำ (เช่น ยาง EPDM และยาง EPM) และเหมาะที่จะใช้ในกรณีที่ต้องการผสมยางสูตรที่มีปริมาณสารตัวเติมสูงมาก ๆ แม้ว่าเทคนิคนี้จะทำให้สารตัวเติมเข้าและกระจายตัวในเนื้อยางได้ดี แต่ว่ายางคอมพาวด์ที่ได้ก็จะมีระดับการแตกตัวของสารตัวเติมเสริมแรงต่ำ ดังนั้นในกรณีที่ต้องการให้สารตัวเติมเสริมแรงแตกตัวได้ดีก็จำเป็นต้องใช้เทคนิคการผสมแบบอื่น ๆ แทน ข้อจำกัดที่สำคัญอีกข้อของเทคนิคการผสมแบบนี้คือห้องผสมต้องไม่มีรอยร้าวและเทคนิคนี้ก็เหมาะที่จะใช้กับเครื่องผสมรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการผสมสูง ๆ เท่านั้น

### 4. การผสมแบบแซนด์วิชหรือแบบประกบ (sandwich mixing)

เทคนิคการผสมแบบต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เหมาะที่จะใช้สำหรับการผสมยางเพียงชนิดเดียว สำหรับในกรณีที่ต้องการผสมยางสูตรที่ประกอบด้วยยางมากกว่า 1 ชนิด ยางต่างชนิดกัน หรือยางชนิดเดียวกันแต่คนละเกรด) เทคนิคดังกล่าวจะใช้ได้ดีในกรณีที่ยางที่จะนำมาผสมกันสามารถเข้ากันได้ดีมากเท่านั้น เพราะถ้ายางแต่ละชนิดเข้ากันได้ยาก การผสมด้วยเทคนิคดังกล่าวอาจก่อให้เกิดปัญหา กล่าวคืออาจเกิดเป็นจุดเล็ก ๆ ของยางที่ไม่ได้รับการผสมกระจายอยู่ในยางคอมพาวด์ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคการผสมแบบใหม่ขึ้นเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว เรียกเทคนิคการผสมแบบนี้ว่า “เทคนิคการผสมแบบแซนด์วิชหรือแบบประกบ”

ปัจจัยหลักที่บ่งบอกถึงความเข้ากันได้ของยางคือค่าความเป็นขั้วซึ่งดูได้จากค่า “ตัวแปรความสามารถในการละลาย (solubility parameter)” โดยทั่วไป ถ้ายางที่จะนำมาผสมกันมีค่าตัวแปรความสามารถในการละลายแตกต่างกันเกิน 2 MPa<sup>1/2</sup> ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องของความเข้ากันได้หากยางทั้งสองชนิดดังกล่าวถูกใส่เข้าไปในเครื่องผสมพร้อมกัน ด้วยเหตุนี้ ในเทคนิคการ

ผสมแบบแซนด์วิช ผู้ผสมจึงเติมยางชนิดที่ 1 (เรียกว่ายางล่าง) ลงไปผสมกับสารตัวเติมและสารเคมีอื่น ๆ ก่อน หลังจากนั้นจึงทำการเติมยางชนิดที่ 2 (เรียกว่ายางบน) ลงไป เทคนิคนี้จะทำให้ยางทั้งสองชนิดเข้ากันได้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากการตั้งสมมุติฐานว่าการนำยางล่างไปผสมกับสารเคมีอื่น ๆ ก่อนดังกล่าวจะทำให้ยางล่างมีค่าตัวแปรความสามารถในการละลายในช่วงที่กว้างขึ้น ทำให้ยางล่างสามารถผสมให้เข้ากับยางบนได้ง่ายยิ่งขึ้น

สำหรับการเลือกยางชนิดใดควรเป็นยางล่างหรือยางบนนั้นยังไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัว ในบางครั้งการสลับชนิดของยางล่างและยางบนก็อาจไม่มีผลต่อสมบัติของยางคอมพาวด์ แต่โดยทั่วไปแล้ว ยางล่างควรเป็นยางที่มีการยึดติดกันเองได้ดี (good self-adhesion) และในกรณีที่ต้องการผสมยางที่มีค่าความเป็นขั้วแตกต่างกันมาก ผู้ผสมจำเป็นต้องคำนึงถึงการกระจายตัวของสารเคมีและสารตัวเติมอื่น ๆ ในยางแต่ละชนิดด้วย (เช่น ซิลิกาซึ่งเป็นสารตัวเติมที่มีความเป็นขั้วสูงก็จะเกิดอันตรกิริยาได้ดีกับยางที่มีความเป็นขั้วสูงเหมือนกัน ดังนั้น ซิลิกาจึงชอบที่จะอยู่ในวัฏภาคของยางที่มีความเป็นขั้วสูงกว่า เป็นต้น) ในกรณีนี้ การสลับยางล่างและยางบนอาจจะส่งผลโดยตรงต่อสมบัติของยางคอมพาวด์ที่ผสมได้

## ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผสมด้วยเครื่องผสมระบบปิด

### 1. ชนิดของเครื่องผสม (mixer type)

การเลือกชนิดของเครื่องผสมระบบปิดจัดเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกของการผสมยาง เพราะถ้าหากเครื่องผสมไม่ดี ยางคอมพาวด์ที่ผสมได้ก็จะมีคุณภาพที่ไม่ดีตามไปด้วยแม้ว่าผู้ผสมจะใช้สถานะการผสมที่เหมาะสมแล้วก็ตาม ปัจจุบัน ได้มีการนำเครื่องผสมระบบปิดเข้ามาจำหน่ายหลากหลายชนิด เช่น เครื่องนวด (kneader) เครื่องแบนนบุรี (banbury) และเครื่องผสมแบบอินเตอร์มิกซ์ (intermix) เป็นต้น โดยทั่วไป เครื่องนวดจะให้ประสิทธิภาพการผสมต่ำกว่าเครื่องผสมระบบปิดแบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเครื่องนวดมีราคาถูกกว่า ดังนั้นมันจึงเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยางของไทยมากกว่า

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของเครื่องผสมระบบปิดแบนนบุรีและเครื่องผสมระบบปิดแบบอินเตอร์มิกซ์ จากตารางจะเห็นว่าแม้ว่าเครื่องผสมแบบอินเตอร์มิกซ์จะมีประสิทธิภาพของการผสมที่สูงกว่า สามารถควบคุมอุณหภูมิของยางในระหว่างการผสมได้ดีกว่า และใช้ระยะเวลาในการผสมที่สั้นกว่าเครื่องแบนนบุรี แต่เนื่องจากเครื่องผสมแบบอินเตอร์มิกซ์มีข้อเสียหลักคือมีขนาดของโรเตอร์ที่ค่อนข้างใหญ่ทำให้สามารถผสมยางได้ในปริมาณที่น้อยกว่าเครื่องแบนนบุรี ด้วยเหตุนี้ เครื่องแบนนบุรีจึงเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยางของไทยมากกว่า

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบลักษณะของเครื่องผสม 2 ชนิด

|                                | เครื่องเบนบุรี | เครื่องผสมแบบอินเทอร์มิกซ์ |
|--------------------------------|----------------|----------------------------|
| ปริมาณยางที่ผสมได้ในแต่ละครั้ง | ต่ำ            | ต่ำ                        |
| การแตกตัวของสารตัวเติมเสริมแรง | ต่ำ            | สูง                        |
| ประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิ | ต่ำ            | สูง                        |
| ระยะเวลาในการผสม               | ยาว            | สั้น                       |

### 2. ความดันแรม (ram pressure)

แรมหรือแท่งกดนับเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของเครื่องผสมระบบปิด รูปร่างของแรงที่ใช้มีหลายลักษณะ แรมที่ใช้กันมากที่สุดคือแรมก้นแหลมรูปตัววี ส่วนแรมก้นแบน ไม่เป็นที่นิยมใช้และจะพบในเครื่องรุ่นเก่า ๆ เท่านั้น โดยทั่วไป แรมจะทำหน้าที่ 2 อย่างคือ เมื่อแรมเคลื่อนขึ้นเหนือช่องป้อน (hopper) ยางและสารเคมีต่าง ๆ ก็จะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องผสม หลังจากนั้นแรมก็จะเคลื่อนลงเพื่อกดยางและสารเคมีต่าง ๆ ให้เข้าไปอยู่ในห้องผสม ซึ่งในระหว่างการผสม ยางจะถูกบังคับให้ไหลไปมาด้วยการหมุนของโรเตอร์ โดยการไหลของยางจะก่อให้เกิดแรงดันที่จะยกแรมให้สูงขึ้นกว่าระดับปรกติ ปริมาตรของห้องผสมก็จะเพิ่มสูงขึ้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการผสม ด้วยเหตุนี้ จึงต้องมีการให้ความดันแก่แรมเพื่อบังคับให้แรมอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม (อาจใช้ระบบลมหรือระบบไฮดรอลิกก็ได้) แรงดันแรมควรมีค่าสูงเพียงพอที่จะดันและบังคับให้ยางและองค์ประกอบอื่น ๆ อยู่ในห้องผสมเท่านั้น ไม่ควรใช้แรงดันแรมที่สูงเกินไปเพราะนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานแล้ว แรงดันแรมที่สูงเกินไปยังไปขัดขวางการทำงานของโรเตอร์และทำให้ความสามารถในการไหลของยางลดลง ซึ่งจะส่งผลทำให้สารเคมีและสารตัวเติมต่าง ๆ กระจายตัวในยางได้ยากยิ่งขึ้น

### 3. ความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ (rotor speed)

ปัจจุบัน เครื่องผสมระบบปิดรุ่นใหม่สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ได้แต่โดยทั่วไปในการผสมยางแต่ละแบบ ผู้ผสมมักตั้งค่าความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ให้คงที่ ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ประมาณ 40 รอบ/นาที อย่างไรก็ตาม ความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ที่เหมาะสมของยางแต่ละสูตรอาจแตกต่างกัน แม้ว่าการเพิ่มความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์จะทำให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น (ใช้ระยะเวลาในการผสมสั้นลง) แต่การเพิ่มความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ดังกล่าวก็ก่อให้เกิดผลเสียหลายประการ เช่น ทำให้อุณหภูมิของยางใน

ระหว่างการผสมสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว (ทำให้ความหนืดของยางลดลง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเนื้อไป ยังกฎการผสมในขั้นต่าง ๆ เช่นการเข้ารวมกันระหว่างยางกับสารตัวเติม การกระจายตัว และการ แแตกตัว เป็นต้น) นอกจากนี้ ยังทำให้ต้องใช้พลังงานในการผสมสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้ การผสมยางที่ ความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ต่ำ ๆ จึงเหมาะสำหรับการผสมยางสูตรที่มีการเติมสารทำให้ ยางคงรูปกลุ่มที่ความว่องไวต่อปฏิกิริยาสูง เพราะจะทำให้อุณหภูมิในระหว่างการผสมไม่สูงมาก นัก นอกจากนี้ การใช้ความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ต่ำ ๆ ทำให้ผู้ผสมจำเป็นต้องใช้ ระยะเวลาในการผสมนานขึ้น จึงเหมาะสำหรับการผสมยางสูตรที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการเข้า กันยากระหว่างยางกับสารตัวเติมหรือปัญหาเรื่องการแตกตัวของสารตัวเติมเสริมแรง

#### 4. ปริมาณของยางคอมพาวด์ที่ผสมในแต่ละครั้ง (batch size)

การคำนวณหาปริมาณ (น้ำหนัก) ของยางคอมพาวด์ที่เหมาะสมสำหรับการผสมในแต่ละ ครั้งสามารถทำได้โดยการนำค่าปริมาตรของห้องผสม (v) ไปคูณกับค่าความหนาแน่นของยางคอม พาวด์ (p) และคูณกับค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่าฟิลแฟกเตอร์ (fill factor, f) ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าค่า ฟิลแฟกเตอร์ก็คืออัตราส่วนของปริมาตรของยางคอมพาวด์ต่อปริมาตรของห้องผสม ซึ่งค่าฟิลแฟก เทอร์ที่ใช้กันมากจะอยู่ในช่วง 0.6 - 0.8 การเลือกใช้ค่าฟิลแฟกเตอร์ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับความหนืด ของยางคอมพาวด์และประสบการณ์ของผู้ทำการผสม ถ้ายางคอมพาวด์มีความหนืดสูงก็ควร เลือกใช้ค่าฟิลแฟกเตอร์ที่ค่อนข้างต่ำ

การใช้ค่าฟิลแฟกเตอร์ที่สูงเกินไป แม้ว่าจะทำให้ได้ผลิตภาพสูง แต่จะทำให้มีช่องว่างใน ห้องผสมน้อย จึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการไหลของยางและสารเคมีต่าง ๆ เพราะถ้ายางไหลได้ยากก็จะทำให้การกระจายตัวของสารเคมีและสารตัวเติมเกิดขึ้นได้ไม่ดี ใน บางครั้งอาจเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าจุดตาย (dead spot) กล่าวคือ ยางหรือสารเคมีที่อยู่ในบาง บริเวณของห้องผสมจะไม่เกิดการไหลและไม่ได้มีส่วนร่วมในการผสม ทำให้ยางคอมพาวด์ที่ผสม ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ

#### 5. อุณหภูมิ (temperature)

เนื่องจากในระหว่างกระบวนการผสม อุณหภูมิของยางจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วอันเนื่องจาก ความร้อนที่เกิดจากการขัดสี ด้วยเหตุนี้ เครื่องผสมจึงต้องมีระบบหล่อเย็นเพื่อระบายความร้อนออก จากยาง ระบบหล่อเย็นของเครื่องผสมระบบปิดจะถูกติดตั้งโดยการเจาะรูให้เป็น โพรงไว้ที่ใต้พื้นผิว ของโรเตอร์ ผนังของห้องผสม รวมถึงที่ประตูเปิด-ปิดเพื่อปล่อยยางคอมพาวด์ได้ออกนอกห้องผสม

(discharge door) หลังจากนั้นก็ผ่านน้ำเย็นให้ไหลไปตามโพรงเหล่านี้เพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ควรมีการควบคุมอุณหภูมิของน้ำเย็นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพราะถ้าน้ำเย็นจัดมากเกินไปก็อาจทำให้เกิดการควบแน่นของหยดน้ำที่บริเวณผนังด้านในของห้องผสม ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างยางกับโลหะลดลง ซึ่งจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการผสมด้อยลงด้วยเช่นกัน

อุณหภูมิของยางส่งผลกระทบโดยตรงต่อค่าความหนืดและจะส่งผลต่อเนื่องไปยังกลไกต่าง ๆ ของการผสม เช่น การเข้ารวมกันระหว่างยางกับสารตัวเติม การกระจายตัว และการแตกตัว เป็นต้น เพราะถ้าอุณหภูมิของยางในระหว่างกระบวนการผสมมีค่าสูง ยางก็จะมีค่าความหนืดต่ำลง ในกรณีนี้ ยางก็จะไหลได้ง่ายยิ่งขึ้น ทำให้การเข้ารวมกันระหว่างยางกับสารตัวเติมและการกระจายตัวของสารตัวเติมเกิดขึ้นได้ดี แต่ทว่าการแตกตัวของสารตัวเติมเสริมแรงจะเกิดขึ้นได้น้อยเพราะแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผสมจะมีค่าต่ำ นอกจากนี้ อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปในระหว่างกระบวนการผสมก็ทำให้ยางมีโอกาสเสี่ยงต่อทั้งการเสื่อมสภาพและการเกิดยางตายสูงขึ้นอีกด้วย

การวัดอุณหภูมิของยางในระหว่างการผสมสามารถทำได้โดยการใส่อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิหรือเรียกว่าเทอร์โมคัพเพิล (thermocouple) ไว้ที่ผนังด้านในของห้องผสม อย่างไรก็ตาม ค่าอุณหภูมิที่วัดด้วยวิธีนี้มักมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงเนื่องจากการวัดอุณหภูมิของยางที่บริเวณพื้นผิวด้านนอกเท่านั้น อุณหภูมิแท้จริงของยางที่อยู่ในบริเวณด้านในมักจะสูงกว่าอุณหภูมิของยางที่อยู่บริเวณบ้านนอกมาก (จะสูงมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องผสม สภาวะการผสม ค่าการนำความร้อนของยาง และประสิทธิภาพในการหล่อเย็นของเครื่องผสม เป็นต้น) การใช้เทอร์โมมิเตอร์ระบบอินฟราเรดซึ่งติดตั้งในเครื่องผสมรุ่นใหม่ ๆ บางรุ่นก็สามารถช่วยให้การวัดอุณหภูมิของยางมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

## 6. ระยะเวลาที่ใช้ในการผสม (mixing time)

ระยะเวลาในการผสมนับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของการผสม ถ้าใช้ระยะเวลาในการผสมสั้นเกินไป ยางและสารตัวเติมต่าง ๆ ก็อาจเข้ารวมกันได้ไม่ดีพอ ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องทำให้สารตัวเติมเสริมแรงแตกตัวและกระจายตัวในยางได้ไม่ดีตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากกลไก 2 อันหลังจะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อยางและสารตัวเติมผสมเข้ากันได้ดีก่อนแล้วเท่านั้น ในบางกรณีแม้ว่ายางและสารตัวเติมต่าง ๆ อาจผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีแล้ว แต่ว่าถ้าระยะเวลาในการผสมยังสั้นเกินไป ก็อาจพบปัญหาการกระจายตัวและการแตกตัวที่ไม่ดีของสารตัวเติมได้ อย่างไรก็ตาม ไม่

ควรใช้ระยะเวลาในการผสมยางนานเกินไปเพราะนอกจากจะเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์และทำให้ผลผลิตภาพในการผลิตต่อวันลดลงแล้วการผสมยางโดยใช้ระยะเวลาที่นานเกินไปก็ยังอาจทำในอย่างมีสมบัติเชิงกลด้อยลงด้วย เพราะยางมีโอกาสเกิดการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากการได้รับความร้อนและแรงเฉือนที่มากเกินไป

### แนวคิดเกี่ยวกับระบบการผลิต

ชุมพร คุรุพัฒน์ (2548 : 4) การจัดการระบบการผลิตปัจจุบันเป็นหน่วยปฏิบัติการที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง หากระบบการผลิตมีผลการดำเนินงานที่ดีมีประสิทธิภาพ จะทำให้การทำงานในหน่วยการตลาดหรือการเงินมีความคล่องตัวและง่ายขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากการผลิตสินค้าล่าช้ามีปัญหาด้านคุณภาพ ฝ่ายการตลาดมักจะหันมาทำงานเชิงรับมากขึ้น ต้องแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นถูกค่าแทนที่จะทำการตลาดเชิงรุก

การจะทำให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพและดำเนินงานได้ถูกต้อง จะต้องเลือกเทคโนโลยีและวิธีการจัดการให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต ณ ที่นี้จะแยกเป็น 5 ประเภทดังภาพที่ 2.3 โดย กระบวนการด้านซ้ายมือเป็นกระบวนการแบบโครงการซึ่งจะมีความแตกต่างอย่างมากกับกระบวนการอีกด้านคือ กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง กระบวนการระหว่างกระบวนการดังกล่าวจะมีส่วนคล้ายและต่างกันอยู่บ้าง โดยการผลิตแบบครั้งคราวจะมีส่วนคล้ายแบบโครงการและระบบแบบสายการผลิตจะมีส่วนคล้ายกระบวนการแบบต่อเนื่อง

| Project<br>(ระบบการผลิต<br>แบบโครงการ) | Job shop<br>(ระบบการผลิต<br>แบบครั้งคราว) | Batch flow<br>(ระบบการผลิต<br>แบบเป็นรุ่น) | Line flow<br>(ระบบการผลิต<br>แบบ<br>สายการผลิต) | Continuous Flow<br>(ระบบการผลิต<br>แบบต่อเนื่อง) |
|--|---|--|---|--|
|--|---|--|---|--|

ภาพที่ 2.3 ระบบการผลิต (Spectrum of Manufacture)

1. ระบบการผลิตแบบโครงการ (Project) โครงการ เช่น งานก่อสร้าง งานออกผลิตภัณฑ์ใหม่ งานสร้างภาพยนตร์ ดูเหมือนว่าจะไม่ใช่งานในระบบผลิตเพราะเป็นงานเฉพาะและดูแตกต่างกันไป หากพิจารณาถี่ถ้วนแล้วจะเห็นว่าวิธีการทำงานหรือกระบวนการในลักษณะเช่นเดียวกันในการที่สร้างผลผลิตออกมา คุณลักษณะเด่นของโครงการก็คือ



- 1.1 เน้นเรื่องเฉพาะกิจ กำหนดเวลาเริ่มต้นและเสร็จสิ้นภารกิจชัดเจน
- 1.2 ใช้ความเชี่ยวชาญพิเศษทั้งจากทรัพยากรบุคคลและอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่าง ๆ ในลักษณะเป็นคราว ๆ ไป
- 1.3 การประสานงานมีความจำเป็นและสำคัญอย่างมากในการวางแผนกำหนดเป้าหมายของงานการควบคุมแผน โดยเฉพาะต้องรู้ว่าอะไรทำก่อนหรือหลัง
- 1.4 คุณภาพของงาน โครงการขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญและสมาชิกของโครงการนั้น ๆ เป็นหลัก

**2. ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow)** เป็นการผลิตสินค้าจำนวนมาก สินค้าประเภทใช้สอยหรือเพื่อบริโภคมักจะมาจากกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง อาทิ อุตสาหกรรมกระดาษ น้ำมัน อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมกระดาษ เป็นต้น คุณลักษณะสำคัญของการผลิตแบบต่อเนื่องได้แก่

- 2.1 เน้นการเคลื่อนไหวของวัตถุดิบ ซึ่งมักจะต้องการความต่อเนื่องที่ทำให้สามารถคาดการณ์เวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้แล้วเสร็จ
- 2.2 เกิดมีสินค้าคงคลังในกระบวนการผลิตเสมอจึงต้องอาศัยเงินทุนหมุนเวียนในการจัดการ สินค้า คงเหลือ
- 2.3 เป็นกระบวนการแบบอัตโนมัติมากกว่ากระบวนการอื่น ๆ
- 2.4 จะต้องอาศัยการพยากรณ์ยอดขาย เพื่อให้เกิดการกำหนดแผนการใช้ทรัพยากรการผลิต

### **3. ระบบการผลิตแบบครั้งคราว (Job Shop)**

3.1 Job shop เป็นระบบการผลิตที่มีความยืดหยุ่นมากกว่าระบบการผลิตแบบโครงการโดยมีส่วนต่างคือ Job shop เน้นการผลิตเป็นครั้งคราว (โครงการจะปฏิบัติงานครั้งเดียวเสร็จ) ตัวอย่าง เช่น การสร้างเครื่องจักร ผลิตเครื่องมือ การทำแม่แบบพลาสติก (mold) เป็นต้น

3.2 การจัดวางผังของ Job shop มักจะต่างจากชนิดระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง มักจะจัดกลุ่มอุปกรณ์คล้ายกันอยู่ด้วยกัน เนื่องจากว่าเครื่องจักรตัวเดียวอาจไม่สามารถสร้างผลผลิตได้ตามต้องการ

- 3.3 มีการผลิตสินค้าหลายชนิด โดยกำหนดจำนวนได้เป็นครั้ง ๆ ไป

**4. การผลิตแบบเป็น (Batch Flow Process)** ลักษณะของ Batch Flow มีส่วนคล้ายกับ Job shop มากที่สุด ตัวอย่างระบบการผลิตแบบเป็นรุ่น (Batch Flow) คือ อุตสาหกรรมเคมี สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ (semiconductor) อุตสาหกรรมเหล็ก

4.1 มีการจัดวางผังโรงงานมีลักษณะเช่นเดียวกัน เน้นการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์จะเป็นในลักษณะของงานมากกว่าในประเภทผลิตภัณฑ์

4.2 จะเป็นการทำงานลักษณะจากแผนกถึงแผนกซึ่งจะต้องอาศัยข้อมูลเช่น ขั้นตอนของกระบวนการต้นทุนและเวลาที่ใช้ไป

4.3 กระบวนการ Batch Flow นี้จะเป็นรูปแบบมาตรฐานมากกว่ากระบวนการแบบ Job Shop โดยที่ Job Shop จะทำตามความต้องการโดยตรงต่อคำสั่งซื้อของลูกค้าที่กำหนดเวลาและจำนวนที่แน่นอน ส่วน Batch Flow จะผลิตสินค้าเป็น ล็อต (lot) เป็นสินค้าคงคลังในกระบวนการ

**5. ระบบการผลิตแบบสายการผลิต (Line Flow)** ระหว่าง Batch Flow กับ Continuous Process Flow จะเป็นระบบการผลิตชนิดที่เรียกว่า Line Flow ซึ่งจะคล้ายกับ Continuous Flow มาก ตัวอย่างในกระบวนการผลิตเป็นสายการผลิต เช่น การประกอบรถยนต์ การทำอุตสาหกรรมอาหารแช่เย็น เป็นต้น คุณสมบัติของ Line Flow มีดังนี้

5.1 กระบวนการที่จะก่อให้เกิดสินค้าคงคลัง (inventory) ในกระบวนการผลิตน้อยมาก หรือแทบจะไม่มีนั่นหมายความว่า การควบคุมดูแลเวลาในการทำงานนั้นต้องถี่ถ้วนและละเอียด ซึ่งอาจทำเป็นรายชั่วโมงแทนที่จะเป็นรายสัปดาห์

5.2 การใช้เอกสารในกระบวนการ Line Flow นั้น เข้มงวดลดลงน้อยกว่าชนิด Batch Flow

5.3 Line Flow นี้มีความยืดหยุ่นกว่า Continuous Flow และใช้แรงงานคนมากกว่า นอกเหนือจาก 5 ระบบดังกล่าว อาจมีการผสมผสานกันระหว่างกระบวนการทั้ง 5 ดังกล่าวได้ ซึ่งจะเรียกว่าเป็น กระบวนการผลิตแบบผสม (Hybrid Process) และในงานมากมายทั่วไปจะมีกระบวนการ 2 กระบวนการอยู่ผสมกัน ยกตัวอย่างเช่น

- Hybrid batch - line flow คือ ทำเครื่องปรับอากาศ และเฟอร์นิเจอร์
- Hybrid batch - continuous คือ เบียร์ ทำฟิล์มกล้องถ่ายรูป

**แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการกับระบบการผลิตต่างๆ**

สุวีณา ตั้งโพธิ์สุวรรณ (2548 : 4) ในการดำเนินงานของทุกองค์การจะต้องพิจารณาถึงกำลังการผลิต และกำหนดระดับของทรัพยากร กิจกรรมส่วนใหญ่จะทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้า

หรือบริการก่อน แล้วจึงวางแผนกำลังการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตสินค้าหรือบริการได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

เรื่องสำคัญที่กิจการจะต้องทำการตัดสินใจในการวางแผนกำลังการผลิตคือ ขนาดของกำลังการผลิตควรเป็นเท่าใด และเพื่อลดควรเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิต

**กำลังการผลิต (capacity)** คือ อัตราการผลิตสูงสุดที่หน่วยผลิตหนึ่งสามารถผลิตได้ หน่วยผลิตอาจเป็นเครื่องจักร กระบวนการผลิต โรงงานหรือบริษัท การวางแผนกำลังการผลิตมีความสำคัญต่อการดำเนินงานเพราะจะทำให้กิจการทราบถึงความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ และทำให้เราสามารถจัดตารางการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน

**การวัดกำลังการผลิต** การวัดกำลังการผลิตสามารถวัดจากผู้ผลิต (output) หรือวัดจากปัจจัยการผลิต (input) ถ้าหน่วยผลิตทำการผลิตผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวหรือน้อยชนิดหรือสามารถวัดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ จะนิยมวัดกำลังการผลิตจากผลผลิตต่อหน่วยเวลา เช่น กำลังการผลิตเครื่องปรับอากาศวัดจากจำนวนเครื่องที่ผลิตได้ต่อปี กำลังการผลิตปูนซีเมนต์วัดจากจำนวนตันที่ผลิตได้ต่อเดือน และการผลิตของโรงพยาบาลวัดจากจำนวนลูกค้าที่สามารถให้บริการได้ต่อวัน เป็นต้น

ในกรณีที่การผลิตมีกระบวนการซับซ้อน หรือทำการผลิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ด้วยอัตราการผลิตที่แตกต่างกัน จึงจะวัดกำลังการผลิตจากปัจจัยการผลิต เช่น กำลังการผลิตของอุโมงค์รถวัดจากชั่วโมงแรงงานต่อสัปดาห์ หรือกำลังการผลิตของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ ที่ผลิตสินค้าหลาย ๆ ชนิดพร้อมกัน จะใช้ปัจจัยการผลิต เช่น ปริมาณไม้ที่ใช้เป็นตัววัดกำลังการผลิต

ในกรณีที่วัดกำลังการผลิตจากผลผลิตไม่ได้ ให้วัดจากปัจจัยการผลิต แต่ต้องตระหนักไว้ว่า ปัจจัยการผลิตนั้นเป็นตัวแทนกำลังการผลิตได้จริง และต้องหมายความว่าปัจจัยการผลิตจำนวนนั้นผ่านกระบวนการผลิตแล้วได้ผลผลิตเท่านั้นจริง

**กำลังการผลิตจากการออกแบบ (design capacity)** คือ กำลังการผลิตสูงสุดซึ่งเป็นอัตราการผลิตที่กระบวนการดำเนินการผลิตภายใต้สภาพที่เป็นอุดมคติหรือทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติแล้วกำลังการผลิตที่สามารถใช้จริง (effective capacity) จะเป็นอัตราการผลิตที่กระบวนการดำเนินการผลิตภายใต้สภาพปกติ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการผลิต การซ่อมบำรุง การฝึกอบรมพนักงาน และเวลาหยุดพัก

เนื่องจากความต้องการผลิตภัณฑ์มีความผันผวนเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา กำลังการผลิตที่เกิดขึ้นจึงไม่เท่ากับกำลังการผลิตที่สามารถใช้ได้จริง การวัดกำลังการผลิตที่ถูกใช้อย่างแท้จริง จึง

ถูกวัดด้วยอัตราส่วน 2 ชนิดด้วยกัน คือ อัตราส่วนการใช้กำลังการผลิต (capacity utilization) และ อัตราส่วนประสิทธิภาพของกำลังการผลิต (capacity efficiency) ดังนี้

$$\text{การใช้กำลังการผลิต} = \frac{\text{ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง}}{\text{กำลังการผลิตจากการออกแบบ}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพของกำลังการผลิต} = \frac{\text{ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง}}{\text{กำลังการผลิตที่สามารถใช้ได้จริง}}$$

ความผิดพลาดที่มักเกิดขึ้นเสมอกับผู้บริหาร คือ การมุ่งเน้นให้มีประสิทธิภาพของกำลังการผลิตสูงซึ่งค่านี้อาจเป็นการบ่งบอกว่าตลาดมีความต้องการสินค้ามาก จนทำให้ระบบการผลิตมีงานยุ่ง มากกว่าที่จะเป็นสัญญาณของการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพในความเป็นจริง ประสิทธิภาพของกำลังการผลิตที่สูงมากอาจจะจำกัดความสามารถของกิจการในการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงในตลาด ดังนั้น การมุ่งเน้นที่การวัดการใช้กำลังการผลิตจะให้ประโยชน์สำหรับผู้บริหารฝ่ายผลิตมากกว่าการมุ่งเน้นที่การวัดเฉพาะประสิทธิภาพของกำลังการผลิต และ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแตกต่างระหว่างกำลังการผลิตจากการออกแบบและกำลังการผลิตที่สามารถใช้ได้จริง ความแตกต่างนี้เป็นการบอกถึงการสูญเสียในความสามารถของการผลิตเนื่องมาจากข้อบกพร่องด้านบุคลากร การจัดลำดับงาน การซ่อมบำรุง คุณภาพผลิตภัณฑ์ และปัจจัยอื่น ๆ นอกจากนี้ยังบอกถึงโอกาสสำหรับการเพิ่มกำลังการผลิตที่สามารถใช้ได้จริง ได้อีกเล็กน้อยหรือการเพิ่มกำลังการผลิตที่สามารถใช้ได้จริงโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ อีก

### 1. ปัจจัยที่กำหนดกำลังการผลิต

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตมีดังนี้

1.1 การออกแบบกระบวนการผลิต ในกระบวนการผลิตที่มีหลายขั้นตอน อัตราผลผลิตจึงขึ้นอยู่กับขั้นตอนที่ใช้เวลานานที่สุด การปรับปรุงขั้นตอนการผลิตจึงส่งผลต่ออัตราการผลิต

1.2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ถ้าได้รับการออกแบบที่เหมาะสมกับการผลิตจะช่วยให้การผลิตง่ายขึ้น และเร็วขึ้น

1.3 ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ การผลิตผลิตภัณฑ์หลายประเภท และแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันมาก จะทำให้เสียเวลาในการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการผลิตและการปรับเครื่องจักรใหม่ ซึ่งจะทำให้กำลังการผลิตลดลง

1.4 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ วิธีการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์จะส่งผลกระทบต่ออัตราการผลิต ในบางกรณี วิธีการทำงาน การตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงคุณภาพทำให้อัตราการผลิตลดลง แต่ในบางกรณีวิธีการทำงานและการตรวจสอบเหล่านั้นสามารถลดของเสียจากการผลิต จึงส่งผลให้กำลังการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

1.5 การจัดการรายการผลิต การจัดการรายการผลิตจะช่วยให้เกิดความสมดุลของสายการผลิต ลดเวลาสูญเปล่า ทำให้การใช้เครื่องจักรและแรงงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 การจัดการวัสดุ เป็นการจัดการด้านวัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบให้มีความเพียงพอต่อการผลิตคือไม่เกิดการขาดแคลนจนการผลิตต้องหยุดชะงักหรือมีมากเกินไปจนเสียเวลาในการค้นหา การจัดการวัสดุที่มีประสิทธิภาพจึงช่วยเพิ่มอัตราการผลิตให้สูงขึ้น

1.7 การบำรุงรักษา ถ้าเครื่องจักรเกิดเสียขึ้นในระหว่างการผลิต จะส่งผลให้ผลผลิตลดลง การบำรุงรักษาเครื่องจักรจึงเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อกำลังการผลิต

1.8 การบริหารงานบุคคล ปริมาณที่ผลิตได้ส่วนหนึ่งมีผลจากผู้นปฏิบัติงาน การที่พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรมอย่างเพียงพอ การออกแบบงานอย่างไม่เหมาะสม การทำงานมากเกินไป และความไม่พอใจในงาน ต่างส่งผลกระทบต่ออัตราการการทำงานทั้งสิ้น

## 2. ความสำคัญของการวางแผนกำลังการผลิต

การวางแผนกำลังการผลิต มีความสำคัญต่อองค์การในหลายประการด้วยกัน ได้แก่

2.1 การวางแผนกำลังการผลิต มีความสัมพันธ์กับการเลือกใช้เทคโนโลยีและโครงสร้างของต้นทุน ในโรงงานที่มีกำลังการผลิตขนาดใหญ่ มักจะใช้เครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยอัตราการผลิตสูงและใช้แรงงานที่มีความชำนาญเฉพาะทาง จึงมักจะส่งผลให้มีต้นทุนคงที่ค่อนข้างสูง และต้นทุนการผลิตต่อหน่วยต่ำกว่าโรงงานที่มีกำลังการผลิตต่ำกว่า

2.2 การวางแผนกำลังการผลิต เป็นการวางแผนในระยะยาว และเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจด้านการลงทุนที่ต้องใช้เงินจำนวนมาก การคืนทุนใช้เวลานาน ซึ่งกระทบต่อความมั่นคงในการดำเนินธุรกิจเป็นอย่างยิ่ง

2.3 การวางแผนกำลังการผลิต มีผลกระทบต่อความสามารถของกิจการในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าทั้งด้านปริมาณและความสะดวกรวดเร็วในการส่งมอบ

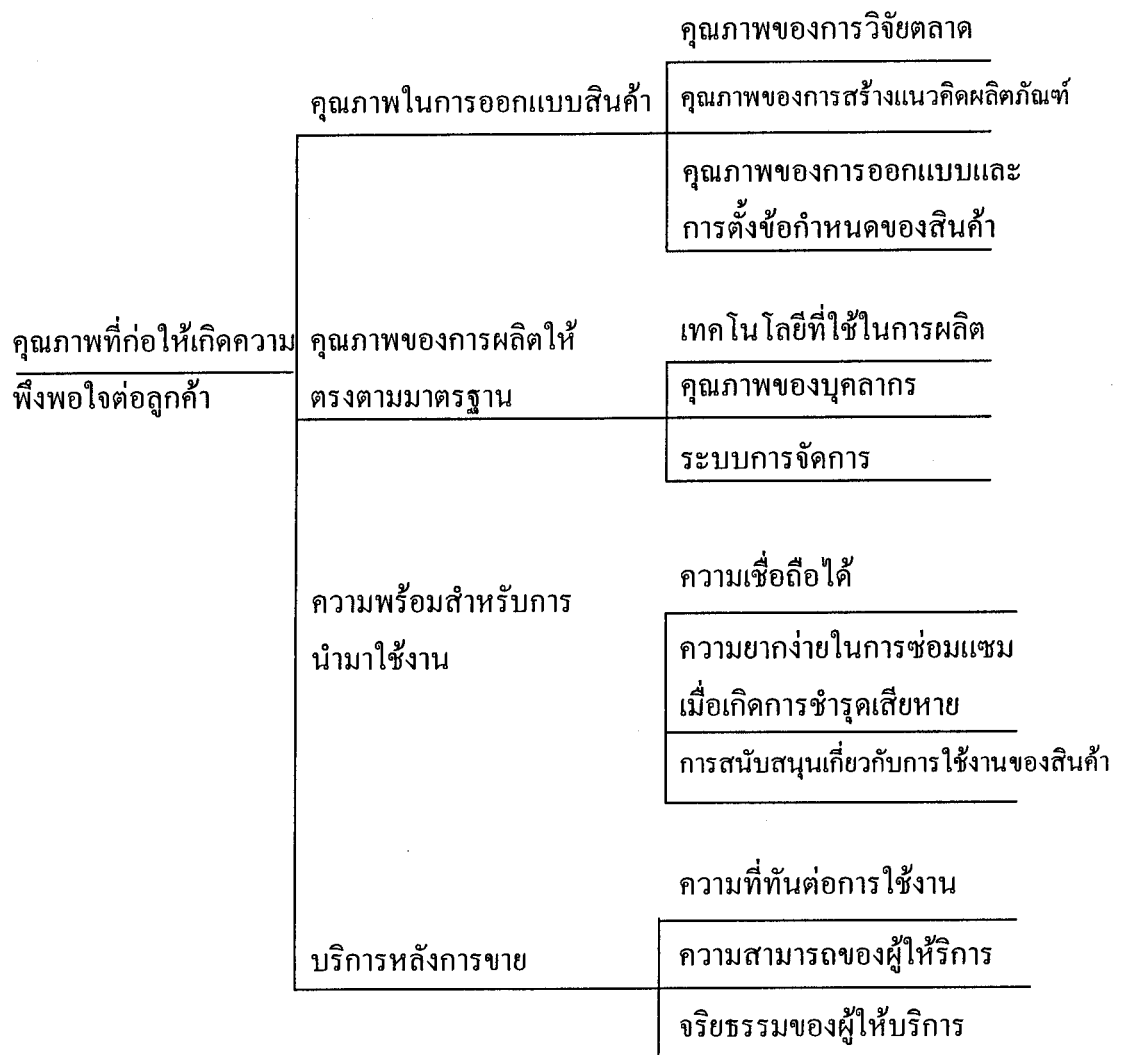
กล่าวได้ว่า การวางแผนกำลังการผลิต มีความสำคัญต่อการดำเนินงานทางการผลิต ต้นทุนการผลิต ลูกค้า และความสามารถในการแข่งขัน ถ้าปราศจากการวางแผนกำลังการผลิตที่ดีแล้ว อาจจะทำให้เกิดมีกำลังการผลิตที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป การมีกำลังการผลิตที่มากเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเปล่าของทรัพยากร และเสียโอกาสในการนำทรัพยากรไปใช้ในทางอื่นที่ให้ประโยชน์มากกว่า และถ้ามีกำลังการผลิตที่น้อยเกินไปจะทำให้สูญเสยลูกค้าและจำกัดการเติบโตของกิจการในที่สุด นอกจากนี้การวางแผนกำลังการผลิตจะเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจที่สำคัญว่าเมื่อใดควรเพิ่มกำลังการผลิต และควรเพิ่มเป็นเท่าใดจึงเหมาะสมที่สุด

### แนวคิดเรื่องคุณภาพ

ไมตรี วสันตวิวงศ์ (2548 : 4) คุณภาพ หมายถึง คุณสมบัติและองค์ประกอบทุกอย่างในสินค้าและบริการที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้า แนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ก่อตั้งขึ้นมาในช่วงประมาณ 20 กว่าปีที่ผ่านมา ซึ่งเป็นแนวคิดที่ยึดเอาตัวลูกค้าเป็นหลัก โดยพิจารณาว่าในการทำธุรกิจ การที่ธุรกิจจะสามารถสร้างยอดขายได้และจะประสบความสำเร็จ ธุรกิจต้องสามารถทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ ความพึงพอใจนี้ไม่เป็นเพียงความพึงพอใจในสินค้าและบริการที่ลูกค้าได้รับไปเท่านั้นแต่จะรวมถึงความพึงพอใจในบริษัท และความพึงพอใจที่ได้ใช้สินค้าของกิจการนั้น ๆ

แนวคิดเรื่องคุณภาพในปัจจุบันต่างจากสมัยก่อน ในสมัยก่อนกิจการส่วนใหญ่จะคิดว่าคุณภาพ หมายถึง คุณสมบัติของสินค้าที่ผลิตออกไป สำหรับกิจการเหล่านี้คำว่าสินค้ามีคุณภาพดี หมายถึงว่าสินค้านั้น ๆ ได้ผลิตออกมามีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่กิจการได้กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น กิจการผลิตกาแฟบรรจุขวด และกำหนดคุณสมบัติมาตรฐานว่า ในหนึ่งขวดบรรจุ 100 กรัม กิจการจะถือว่าทราบใจก็ตามที่กิจการสามารถบรรจุกาแฟลงในขวดและนำเสนอต่อลูกค้าในปริมาณต่อหนึ่งขวดไม่ต่ำกว่า 100 กรัมกิจการก็ถือว่าสามารถผลิตสินค้าที่คุณภาพดีแล้ว เป็นต้น แนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่รวมศูนย์ที่ตัวสินค้าหรือตัวผู้ผลิต เพราะผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดมาตรฐานของสินค้าว่าต้องการผลิตสินค้าที่มาตรฐานอย่างไร และถ้าสามารถผลิตได้ตามมาตรฐานเหล่านั้น ก็ถือว่ามีคุณภาพดี ในปัจจุบันนี้พบว่าแนวคิดนี้มีจุดอ่อนที่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับลูกค้า คำว่ามาตรฐานหรือคำว่าคุณภาพดีเป็นคำที่กำหนดโดยผู้ผลิตสินค้า โดยลูกค้าไม่ได้มีส่วนร่วมเลย แนวคิดเรื่องคุณภาพในแบบเก่าจึงเป็นแนวคิดในเชิง “รูปธรรม” กล่าวคือ จะเน้นหนักทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพของสินค้าเป็นสิ่งสำคัญ แต่เมื่อโลกมีการพัฒนามากขึ้น มีการแข่งขันในระบบการผลิตมากขึ้น และผู้บริโภคมีความรู้เกี่ยวกับสินค้ามากขึ้น ผู้ผลิตสินค้ามีความจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญกับการสร้างความพึงพอใจให้เกิดขึ้นกับลูกค้ามากขึ้น จึงเกิดแนวคิดใหม่ในการจัดการคุณภาพกล่าวคือ มุ่งเน้นการจัดการคุณภาพ

โดยคำนึงการสร้าง ความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก ดังนั้น ในปัจจุบันจึงได้ขยายความหมายของ คำว่าคุณภาพว่า คุณภาพ หมายถึง สิ่งที่เกิดความพึงพอใจของลูกค้า นั่นคือ “คุณภาพ” เป็นทั้ง “รูปธรรม” หมายถึง คุณสมบัติทางกายภาพของสินค้า และ “นามธรรม” หมายถึง ปัจจัยทั้งหมดที่จะ ทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจในสินค้าและกิจการ การจัดการสุภาพจึงได้มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่ รวมศูนย์ที่สินค้ามาเป็นการรวมศูนย์ที่ลูกค้า



ภาพที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของคุณภาพที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้า

คุณภาพที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้า มองอีกมุมหนึ่งก็คือ คุณภาพที่ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจเมื่อได้บริโภคสินค้านั้น (fitness for use) ความพึงพอใจเมื่อได้บริโภคสินค้านี้อาจเกิดมาจากองค์ประกอบ 4 อย่าง ดังนี้

**1. คุณภาพในการออกแบบสินค้า (quality of design)** ซึ่งหมายถึง ความสามารถของกิจการที่จะออกแบบสินค้าให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งในการนี้จะเกี่ยวข้องกับ

1.1 คุณภาพของการวิจัยตลาด (quality of marketing research) ในการที่จะออกแบบสินค้าให้ตรงต่อความต้องการของลูกค้า กิจการจะต้องมีความรู้ที่ตีเกี่ยวกับตลาดและความต้องการของลูกค้า ดังนั้นกิจการจะต้องมีการวิจัยตลาดที่ดี ที่จะทำให้มีความรู้เกี่ยวกับความต้องการของลูกค้าที่ถูกต้องและสมบูรณ์ จึงจะสามารถออกแบบสินค้าให้ตรงกับที่ลูกค้าจะพึงพอใจได้

1.2 คุณภาพของการสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ (quality of concept) ในการออกแบบสินค้าจะต้องนำเอาความรู้จากการวิจัยตลาดมาสร้างเป็นแนวคิดของผลิตภัณฑ์แล้วจึงจะนำเอาแนวคิดนั้นไปทำการออกแบบในรายละเอียด การสร้างแนวคิดของผลิตภัณฑ์มีความสำคัญมากที่จะตัดสินว่าสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จะเป็นที่ถูกใจของลูกค้าได้หรือไม่ เช่น สมมติการวิจัยการตลาดทำให้ทราบว่า ลูกค้าชอบรับประทานข้าวเหนียว แต่ไม่มีเวลาหรือไม่มีเครื่องมือที่จะนึ่งข้าวเหนียวได้ กิจการจึงนำความรู้นี้มาสร้างแนวคิดเป็นข้าวเหนียวสำเร็จรูปพร้อมบริโภคบรรจุกระป๋อง วางจำหน่ายตามมินิมาร์ททั่วไป หรือสมมติทราบมาว่าลูกค้าต้องการบริโภคอาหารว่าง มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ กรอบ ๆ และมีรสมันและเค็มเล็กน้อย และลูกค้าต้องการบริโภคอาหารที่ทำมาจากผลไม้ จึงมาสร้างแนวคิดเป็นกล้วยหอมฝานเป็นแผ่นบาง ๆ (banana chips) อบกรอบในเนยอย่างดีและโรยเกลือเล็กน้อยบรรจุในถุงที่รักษาความสดกรอบของกล้วยแผ่นได้ เป็นต้น

1.3 คุณภาพของการออกแบบและตั้งข้อกำหนดสินค้า (quality of specification) เป็นการนำเอาแนวคิดของผลิตภัณฑ์มาออกแบบเป็นตัวผลิตภัณฑ์โดยกำหนดรายละเอียดอย่างชัดเจน เช่น ในกรณีข้าวเหนียวบรรจุกระป๋อง ก็อาจกำหนดพันธุ์ข้าวเหนียว ความสุกของการนึ่ง ขนาดของการบรรจุ ขนาดกระป๋องฉลาก ฯลฯ หรือในกรณีกล้วยแผ่นก็จะกำหนดขนาดของกล้วย ขนาดของแผ่น การฝานในแบบตรง หรือเฉียง ความหนาของแผ่น สีของกล้วย ความกรอบ ความมัน ความเค็ม ขนาดบรรจุ (น้ำหนัก หรือจำนวนแผ่นใน 1 ถุง) ขนาดถุง ลักษณะของถุง (พลาสติก หรืออลูมิเนียม) สลวดลายของถุง เป็นต้น

**2. คุณภาพของการผลิตให้ตรงตามมาตรฐาน (quality of conformance)** หมายถึง ความสามารถในการผลิตให้ผลผลิตทุกชิ้นมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดที่ได้ตั้งไว้ตามความต้องการของลูกค้าซึ่งความสามารถนี้อาจมีปัจจัยที่สำคัญ ๆ ได้แก่



2.1 เทคโนโลยีที่ได้ในการผลิต (technology) จะสามารถก่อให้เกิดผลผลิตที่มีคุณสมบัติตรงกับข้อกำหนดที่วางไว้ตามความต้องการของลูกค้าหรือไม่ บางครั้งกิจการสามารถออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ได้ตรงกับความต้องการของลูกค้าแล้ว แต่หากภาคการผลิตไม่ได้ใช้เทคโนโลยีในการผลิตอย่างเหมาะสมก็ย่อมไม่สามารถผลิตสินค้าให้มีคุณภาพตามต้องการได้

2.2 คุณภาพของบุคลากร (manpower) โดยทั่วไปแล้วในสายการผลิตใด ๆ ย่อมจะต้องมีการใช้เทคโนโลยีและใช้บุคลากรในการดำเนินงานด้วย ดังนั้นเมื่อมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมแล้วจะต้องมีบุคลากรที่มีความตั้งใจและที่มีความสามารถด้วย จึงจะทำให้ผลิตสินค้าได้มีคุณภาพตามต้องการ

2.3 ระบบจัดการผลิต (management) มีความสำคัญเพราะเมื่อมีเทคโนโลยี มีเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่เหมาะสม มีบุคลากรที่มีความสามารถและตั้งใจจริง กิจการจะต้องมีระบบการจัดการที่ดีสามารถทำให้องค์ประกอบต่าง ๆ สามารถปฏิบัติงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงจะสามารถแปรรูปวัตถุดิบออกมาเป็นสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้สินค้าที่มีคุณภาพตามที่ต้องการได้

3. ความพร้อมสำหรับการนำมาใช้งาน (availability) หมายถึง เมื่อลูกค้าได้ซื้อสินค้าไปแล้วสินค้านั้นมีความพร้อมให้สามารถใช้งานได้ทุกครั้งเมื่อลูกค้าต้องการใช้งานได้หรือไม่ หรือเมื่อลูกค้าต้องการบริโภคแล้วบริโภคได้หรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อสตาร์ทรถยนต์ทุกครั้งติดทุกครั้งหรือไม่ สินค้าที่เมื่อลูกค้าซื้อไปแล้วและสามารถใช้งานได้ทุกครั้งที่ต้องการก็จะทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจ จึงเรียกได้ว่าเป็นสินค้าที่มีคุณภาพดี แต่สินค้าที่แม้ว่าจะมีการออกแบบมาดีมีการผลิตที่ดี แต่ถ้าเมื่อลูกค้าซื้อไปและถึงเวลาที่ต้องการจะใช้งานแล้ว บางครั้งก็ใช้งานได้ บางครั้งก็ใช้ไม่ได้ ไม่อาจจะก่อให้เกิดความพึงพอใจได้ จึงถือว่าเป็นสินค้าที่มีคุณภาพไม่ดี ในแง่ของความพร้อมสำหรับการใช้งานได้ทุกครั้งเมื่อลูกค้าต้องการใช้งานนี้ มีปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่

3.1 ความเชื่อถือได้ (reliability) หมายถึง ความเป็นไปได้ของสินค้าที่อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้เป็นเวลานานโดยไม่ชำรุด เช่น หลอดไฟฟ้าที่ติดทุกครั้งเมื่อเปิดสวิตช์ หรือรถยนต์ที่เครื่องติดทุกครั้งเมื่อสตาร์ท ซึ่งถือว่าเป็นสินค้าที่มีความเชื่อถือได้สูงสินค้าที่มีความเชื่อถือได้สูงย่อมก่อให้เกิดความพึงพอใจจึงถือว่าเป็นคุณภาพดี

3.2 ความยากง่ายในการซ่อมแซมเมื่อเกิดการชำรุดเสียหาย (maintainability) เช่น สินค้าบางอย่างแม้ว่าจะเสียหาย แต่ก็ซ่อมง่าย มีอะไหล่ให้พร้อมเมื่อขายให้ลูกค้า เมื่อเสียแล้วลูกค้าสามารถซ่อมได้เอง ก็ยังคงสามารถสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้าได้ ในขณะที่เดียวกันสินค้าบางอย่างอาจมีความเชื่อถือได้ คือไม่ค่อยเสียหาย แต่ถ้าเสียแล้วใช้ไม่ได้เลยหรือซ่อมนานก็อาจทำให้ลูกค้าเกิด

ความไม่พึงพอใจได้ ความเชื่อถือได้กับความยากง่ายในการซ่อมแซมเมื่อเกิดการชำรุดเสียหายจึงเป็นเรื่องที่ควบคู่ไปด้วยกัน ในการที่จะกล่าวว่าสินค้าหนึ่ง ๆ มีคุณภาพดีหรือไม่

3.3 การสนับสนุนเกี่ยวกับการใช้งานของสินค้านั้น ๆ (logistical support) เช่น การจัดหาอะไหล่หรืออุปกรณ์วัสดุเพื่อใช้สำหรับการบำรุงรักษา หรือวัสดุ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องใช้ร่วมกัน เช่น น้ำมันหล่อลื่น วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น รถยนต์หากต้องเปลี่ยนยางต้องไปที่ร้านพิเศษจัดว่าการสนับสนุนเกี่ยวกับการใช้งานของสินค้านั้นไม่ดี ทำให้ลูกค้ามีความยากลำบากจึงถือว่ามีคุณภาพไม่ดี แต่ถ้าหากจะทำอะไรรู้ก็สามารถหาซื้อได้ในตลาดทั่วไป เช่น ไฟเลี้ยว ที่ปิดน้ำฝน หาซื้อได้ตามห้างสรรพสินค้าทั่วไป ถือว่ามีการสนับสนุนเกี่ยวกับการใช้งานของลูกค้าที่ดี จะมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า จึงถือว่ามีคุณภาพดี

4. บริการหลังการขาย (field service) สินค้าหลายชนิดที่ขายไปผู้บริโภคใช้แล้วต้องการบริการหลังการขาย เช่น การซ่อมแซม การติดตั้ง บริการซ่อมบำรุง เป็นต้น เพราะฉะนั้น การจัดบริการให้สามารถให้บริการต่อลูกค้าได้ทันต่อความต้องการและมีคุณภาพของการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ ก็ย่อมจะมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าซึ่งปัจจัยที่จะมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าได้แก่

4.1 ความที่ทันต่อความต้องการ (promptness) หมายถึง ความสามารถที่จะให้บริการแก่ลูกค้าได้รวดเร็วทันต่อความต้องการของลูกค้าหรือไม่ เช่น เมื่อลูกค้าซื้อโทรทัศน์ไปแล้วเมื่อมีปัญหาชำรุดขึ้นมาแล้วจะสามารถรับบริการซ่อมแซมได้รวดเร็วทันใจหรือไม่

4.2 ความสามารถของผู้ให้บริการ (competence) เมื่อลูกค้ามารับบริการหรือเมื่อพนักงานออกไปให้บริการ พนักงานนั้นเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถเพียงพอที่จะแก้ปัญหาให้กับลูกค้าได้อย่างแท้จริงหรือไม่ หากพนักงานที่ไปให้บริการไม่มีความสามารถเพียงพอลูกค้าอาจจะเกิดความไม่พึงพอใจและอาจจะก่อให้เกิดทัศนคติที่ไม่ดีต่อกิจการได้

4.3 จริยธรรมของผู้ให้บริการ (integrity) พนักงานผู้ให้บริการแก่ลูกค้าจะต้องมีจริยธรรมจะต้องตั้งใจทำงานอย่างเต็มที่ และไม่เอาเปรียบลูกค้า โดยเฉพาะเมื่อสินค้านั้น ๆ มีการรับประกันซึ่งเมื่อมีการชำรุดกิจการมีหน้าที่จะให้บริการซ่อมแซมให้โดยไม่คิดค่าบริการ ในกรณีนี้บางครั้งผู้ให้บริการอาจทำงานอย่างไม่ใคร่เต็มใจ เพราะเห็นว่าไม่ได้รายได้จากการทำงาน พนักงานจึงอาจปฏิบัติงานโดยไม่มีจริยธรรม ดังนั้นแม้ว่าลูกค้าจะมีความพึงพอใจในตัวสินค้าแต่บริการแบบนี้อาจทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจได้

จากองค์ประกอบทั้ง 4 อย่างนี้จะเห็นได้ว่าการที่จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจนั้น มิได้มาจากเพียงคุณสมบัติของตัวสินค้าเพียงอย่างเดียว แต่จะต้องมาจากทั้งตัวสินค้าและการ

ปฏิบัติงานโดยรวมของกิจการตั้งแต่ระดับนโยบายลงมาจนถึงระดับปฏิบัติการ จึงจะสามารถก่อให้เกิดการมี “คุณภาพที่ดี” ได้

### แนวคิดเรื่องการจัดการคุณภาพ

จากแนวคิดเรื่องคุณภาพซึ่งหมายถึงการสร้าง ความพึงพอใจให้กับลูกค้าตามที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า “คุณภาพ” นั้นมิใช่สิ่งซึ่งจะสามารถเกิดขึ้นได้เอง จำเป็นที่กิจการจะต้องทำให้เกิด “คุณภาพ” ขึ้น ในการดำเนินงานของกิจการของตนและโดยที่การมี “คุณภาพที่ดี” หรือการทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจนั้นเกี่ยวข้องกับตั้งแต่การศึกษาตลาด การออกแบบผลิตภัณฑ์ การผลิต การจำหน่ายและบริการหลังการขาย ซึ่งจะต้องประกอบด้วย การปฏิบัติงานของหลาย ๆ หน่วยงานมาทำงานร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์เดียวกัน คือสร้างให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในการที่องค์ประกอบหลาย ๆ อย่างจะต้องมาปฏิบัติการร่วมกันนี้ จำเป็นจะต้องมีระบบ “การจัดการ” เพื่อให้ส่วนต่าง ๆ สามารถปฏิบัติงานของตนเองแต่ละส่วนได้ โดยที่ในขณะที่เดียวกันมีการประสานและเกี่ยวพันซึ่งกันและกันเพื่อให้องค์การทั้งองค์การสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ นั่นคือการมีคุณภาพที่ดีหรือสามารถทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจได้ การที่จัดให้หน่วยงานและองค์ประกอบต่าง ๆ มาทำงานร่วมกันเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์คือให้เกิดคุณภาพที่ดีนี้ จึงเรียกว่า การจัดการคุณภาพ

ในการที่กิจการจะสามารถจัดการคุณภาพของตนให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้าได้นั้น กิจการจำเป็นจะต้องมีการสร้างระบบการผลิต หรือระบบการดำเนินงานและบริการงานให้สามารถมั่นใจได้ว่า สินค้าหรือบริการที่น่าเสนอต่อลูกค้า จะสามารถสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้าได้อย่างแท้จริง ในการนี้กิจการจะต้องมีระบบการจัดการคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในการดำเนินงานต่าง ๆ ที่ต่อเนื่องกันเป็นวงจรเรียกว่า วงจรคุณภาพ (quality cycle) ซึ่งประกอบด้วย

1. กิจการต้องศึกษาเพื่อให้ทราบถึงความต้องการของลูกค้า
2. ถ่ายทอดความต้องการของสินค้าลงมาเป็นรูปแบบของสินค้าหรือบริการสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ (product concept) ที่ตรงตามความต้องการของลูกค้า
3. ออกแบบผลิตภัณฑ์หรือบริการให้ตรงกับแนวคิดของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของลูกค้า
4. ผลิตสินค้าหรือบริการให้ตรงตามข้อกำหนด (product specification) ดังที่ได้ออกแบบไว้
5. ส่งมอบสินค้าพร้อมทั้งคำแนะนำหรือบริการให้กับลูกค้าภายหลังการขาย

จะเห็นได้ว่าการดำเนินงานเพื่อการจัดการคุณภาพ จะต้องมีการดำเนินงานเป็นขั้นตอนอย่างต่อเนื่องกัน ซึ่งมักจะต้องมีความเกี่ยวข้องและร่วมมือจากฝ่ายต่าง ๆ หลายฝ่ายของกิจการ ทั้ง

ทางด้านลูกค้าสัมพันธ์ ฝ่ายการตลาด ฝ่ายงานวิศวกรรม ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมการผลิต ไปจนถึงฝ่ายบริการ ซึ่งจะต้องดำเนินการเกี่ยวเนื่องและสอดคล้องกันเป็นวงจร เรียกว่า วงจรคุณภาพ (quality cycle)

## ความปลอดภัยในงาน

เชิรไชย จิตต์แจ้ง (2548 : 4) ความปลอดภัยของพนักงานในการทำงาน เป็นหัวข้อสำคัญในการออกแบบงานที่ต้องมีการเอาใจใส่จากฝ่ายจัดการ พนักงาน และผู้ที่รับผิดชอบในการออกแบบงาน พนักงานไม่อาจทำงานด้วยแรงจูงใจที่ดีหากสภาพการทำงาน บ่งชี้ว่ามีอันตรายในงานนั้น ๆ

ในมุมมองของฝ่ายจัดการ อุบัติเหตุในการทำงานเป็นความสูญเสีย ซึ่งอาจคิดเป็นค่าใช้จ่ายในด้านต่าง ๆ เช่น เงินสมทบกองทุนประกันสังคม ค่าทดแทน ค่าเบี้ยประกัน ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับทรัพย์สิน เครื่องจักร วัตถุดิบ ต้องมีการฝึกอบรมพนักงานขึ้นมาใหม่ และที่สำคัญคือ อุบัติเหตุทำให้เสียเวลาในการผลิต ในมุมมองของพนักงาน อุบัติเหตุทำให้เกิดการบาดเจ็บ ความพิการ และอาจสูญเสียความสามารถในการทำงาน

เป็นที่ยอมรับกันว่าอุบัติเหตุมีสาเหตุหลักอยู่ 2 ประการ คือ

1. การกระทำที่ไม่ปลอดภัย
2. สภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย

การกระทำที่ไม่ปลอดภัย เป็นสาเหตุที่มาจากตัวพนักงานเอง เช่น การไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยการไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้อง การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ไม่เหมาะสมกับงาน ส่วนสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยเกิดจากสภาพทางกายภาพของงาน เช่น เครื่องจักรที่ไม่มีที่กำบัง ทางเดินที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอ ทางเดินที่ขรุขระหรือสถานที่ทำงานที่มีสารพิษ สภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย เหล่านี้บางครั้งก็เป็นการยากที่จะตรวจพบ อาจต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์เป็นพิเศษเฉพาะกรณีไป สถานประกอบการต้องมีการป้องกันอันตรายที่จะเกิดจากสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยต่าง ๆ เหล่านี้ โดยทั่วไปจะมีการดำเนินการในการป้องกันอุบัติเหตุจากสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย เป็นขั้นตอน ดังนี้

1. กำจัด กำจัดอันตรายต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้หมดไปถ้าสามารถทำได้
2. ป้องกัน ถ้ามีอันตรายอยู่และไม่สามารถกำจัดไปได้ ต้องหาทางปิดล้อม กำบังไม่ให้คน

ได้รับอันตราย

3. เตือน ถ้าการกำบังและป้องกันเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก ต้องมีการเตือนให้พนักงานทราบถึงภัยอันตรายนั้นแต่ควรใช้เป็นการชั่วคราวเท่านั้น ซึ่งทำได้โดยการให้สัญญาณเสียง สัญญาณไฟ ป้ายสัญญาณ สัญลักษณ์ แถบสีต่างๆ

4. แจ้งให้แก้ไข ถ้าผู้ที่ปฏิบัติงานในบริเวณนั้นไม่สามารถดำเนินการในการกำจัดและป้องกันได้ก็แจ้งให้ผู้ที่รับผิดชอบดำเนินการแก้ไขสภาพการณ์ให้ปลอดภัย

5. ติดตามการแก้ไข เมื่อได้แจ้งให้ผู้ที่รับผิดชอบทราบแล้ว ควรติดตามผลว่ามีการดำเนินการแก้ไขสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยนั้นหรือสภาพการณ์ยังคงเป็นเช่นเดิม

#### **หลักการในการออกแบบเพื่อความปลอดภัย**

ในการออกแบบงานเพื่อให้เกิดความปลอดภัยขึ้นมีข้อพิจารณาที่ควรยึดถือเป็นหลัก ดังนี้

1. การจัดวางผัง สถานที่และอุปกรณ์ทำงานควรมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยและสะอาด

2. สถานีงานและที่ปฏิบัติงานควรจัดให้ชัดเจน เพื่อให้พนักงานได้ปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การเคลื่อนย้ายวัสดุไม่ควรให้พนักงานต้องเคลื่อนไหวโดยไม่จำเป็น

4. การเก็บรักษาและการเคลื่อนย้ายแจกจ่ายวัสดุในการปฏิบัติงานควรกำหนดเป็นขั้นตอนปฏิบัติที่แน่นอน

5. การเก็บเครื่องมือควรกระจายแหล่งเก็บไว้หลายแห่งในโรงงาน เว้นแต่มีความจำเป็นจะต้องรวมเก็บเครื่องมือไว้ในที่เดียวกัน เพื่อลดความคับคั่งและล่าช้าในการเบิกเครื่องมือ (ถ้าเบิกเครื่องมือหากพนักงานอาจไม่รอเบิก แต่จะใช้เครื่องมือผิดประเภทอาจเกิดอันตรายได้ง่าย)

6. อุปกรณ์เครื่องจักรที่ต้องใช้บ่อย ๆ ควรมีการวางแผนกำหนดเวลาการใช้ล่วงหน้า

7. มีระบบแจ้งเตือนอันตราย เช่น การแจ้งอัคคีภัย อุบัติเหตุร้ายแรง หรือความบาดเจ็บ

### บทที่ 3

#### การจัดการคุณภาพ

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2542 : 3) การดำเนินธุรกิจในยุคโลกาภิวัตน์ (Globalization) มีความจำเป็นที่ผู้ประกอบการควรจะให้ความสนใจต่อการสร้างอำนาจในการแข่งขันกันทางธุรกิจ ทั้งนี้ด้วยการกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจที่มีความเหมาะสมต่อการดำเนินการ

การประกันคุณภาพ (Quality Assurance; QA) หมายถึง การสร้างความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ และการบริการแก่ลูกค้า ถือเป็นกลยุทธ์ทางธุรกิจที่มีความสำคัญมากในการดำเนินธุรกิจในยุคโลกาภิวัตน์เช่นในปัจจุบันนี้ การประกันคุณภาพนี้จะมีความสมบูรณ์ต่อเมื่อผู้ใช้สามารถปรับกระบวนการทัศน์ทางคุณภาพ (Quality Paradigm Shift) อย่างเหมาะสม ด้วยการปรับเปลี่ยนแนวความคิดและเทคนิคในการตัดสินใจที่มีความสอดคล้องกับธุรกิจและสถานการณ์นั้น ๆ

#### 1. การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)

ในการประกันคุณภาพที่ดีนั้น มีความจำเป็นต้องสร้างความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์และการบริการอย่างครบวงจรชีวิต ซึ่งประกอบด้วย คุณภาพในการออกแบบ (Quality of Design) และคุณภาพของความถูกต้องในการผลิต (Quality of conformance)

Taguchi (1986) ได้กำหนดถึงบทบาทของการควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการออกแบบ (off-line Quality control) และในขั้นตอนการผลิต (on-line Quality control) ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะพบว่า หากต้องการประกันคุณภาพในการออกแบบ จะต้องดำเนินการในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา (R&D) เท่านั้น ในขณะที่คุณภาพของความถูกต้องในการผลิต สามารถดำเนินการได้ทั้งช่วงออกแบบและช่วงผลิต โดยยกเว้นเฉพาะช่วงบริการหลังการขายเท่านั้น

ตารางที่ 3.1 บทบาทของการควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการออกแบบขั้นตอนการผลิต

| กิจกรรมคุณภาพตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ |                    |   | ประเภทความผันแปรที่ควบคุมไม่ได้ |       |             |
|------------------------------------|--------------------|---|---------------------------------|-------|-------------|
|                                    |                    |   | ภายนอก                          | ภายใน | ระหว่างผลิต |
| การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการออกแบบ  | R & D              | (1) ออกแบบระบบ<br>(2) ออกแบบพารามิเตอร์<br>(3) ออกแบบความคลาดเคลื่อนอนุโลม                      | ◎                               | ◎     | ◎           |
|                                    | การออกแบบกระบวนการ | (1) ออกแบบระบบ<br>(2) ออกแบบพารามิเตอร์<br>(3) ออกแบบความคลาดเคลื่อนอนุโลม                      | ×                               | ×     | ×           |
| การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการผลิต    | การผลิต            | (1) การวินิจฉัยและปรับกระบวนการ<br>(2) การทำนายและแก้ไข<br>(3) ตรวจจับผลและแก้ไขปฏิบัติการแก้ไข | ×                               | ×     | ◎           |
|                                    | การตลาด            | บริการหลังการขาย  | ×                               | ×     | ×           |

- หมายเหตุ
- ◎ หมายถึง มีความเป็นไปได้
  - หมายถึง เป็นไปได้อาจให้เป็นทางเลือกสุดท้าย
  - ×

ในตารางที่ 3.1 จะพบว่า ในการดำเนินการควบคุมและการปรับปรุงคุณภาพทั้งคุณภาพในการออกแบบและคุณภาพของความถูกต้องในการผลิตนั้น จะต้องดำเนินการควบคุมและลดความผันแปร (variation) ที่ควบคุมไม่ได้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ประเภท คือ

1. ความผันแปรภายนอก (External variation) หมายถึง ความผันแปรซึ่งมีสาเหตุมาจากเงื่อนไขภายนอกในการใช้ผลิตภัณฑ์และการบริการที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ดินฟ้าอากาศ สภาพแวดล้อมในการใช้งาน ฯลฯ
2. ความผันแปรภายใน (internal variation) หมายถึง ความผันแปรซึ่งมีสาเหตุมาจากเงื่อนไขภายในตัวผลิตภัณฑ์และการบริการที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น การเกิดปฏิกิริยาเคมี การเกิดสนิม การสึกหรอของชิ้นส่วน ฯลฯ

3. ความผันแปรระหว่างผลิต (Manufacturing variation) หมายถึง ความผันแปรซึ่งมีสาเหตุมาจากสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ในกระบวนการผลิต จึงทำให้ผลิตภัณฑ์และการบริการทั้ง 2 หน่วยไม่มีความเหมือนกันโดยธรรมชาติ

### การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการออกแบบ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบระบบ (System Design) เป็นการออกแบบขั้นปฐมภูมิ (Primary Design) เป็นขั้นตอนในการสำรวจเทคโนโลยี และการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด

2. การออกแบบพารามิเตอร์ (Parameter Design) เป็นการออกแบบขั้นทุติยภูมิ (Secondary Design) เป็นขั้นตอนในการออกแบบการทดลองเพื่อเลือกค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์ในอันที่จะทำให้เกิดความผันแปรที่ต่ำภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด

3. การออกแบบความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Allowance Design) เป็นขั้นตอนการออกแบบค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลมของพารามิเตอร์ที่ได้จากข้อ (2) ที่เป็นส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์และการบริการมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ให้น้อยที่สุด ดังนั้น จึงเรียกการออกแบบทั้งสามขั้นตอนนี้ว่า การออกแบบที่มั่นคง (Robust Design) [ดูรายละเอียดได้จาก Phadke (1989)]

### สำหรับการควบคุมคุณภาพของความถูกต้องในการผลิต ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ

1. การควบคุมคุณภาพของกระบวนการ (Process Quality Control; PQC) หมายถึง ระบบคุณภาพที่ให้ความสนใจกับการเฝ้าพิทักษ์ (Monitoring) และการพัฒนากระบวนการผลิต โดยอาศัยการวิเคราะห์แนวโน้มและอาการของปัญหาด้านคุณภาพ

2. การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ (Acceptance Quality Control; AQC) หมายถึง ระบบคุณภาพในอันที่จะป้องกันลูกค้าจากการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง ตลอดจนการจูงใจและกระตุ้นให้ผู้ผลิตดำเนินการให้ระบบการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ ทั้งนี้ด้วยการกำหนดจำนวนตรวจสอบและเข้มงวดกับการตรวจสอบ เพื่อการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือไม่ในสัดส่วนที่สัมพันธ์โดยตรงกับความสำคัญของลักษณะคุณภาพที่ตรวจ และเป็นสัดส่วนผกผันกับความถี่ของระดับคุณภาพจากประวัติคุณภาพสำคัญของลักษณะคุณภาพที่ตรวจ และเป็นสัดส่วนผกผันกับความถี่ของระดับคุณภาพ

Schilling (1984) ได้เสนอว่า ในการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับนี้ มีความจำเป็นจะต้องเลือกวิธีการที่จะบรรลุจุดประสงค์ดังนี้

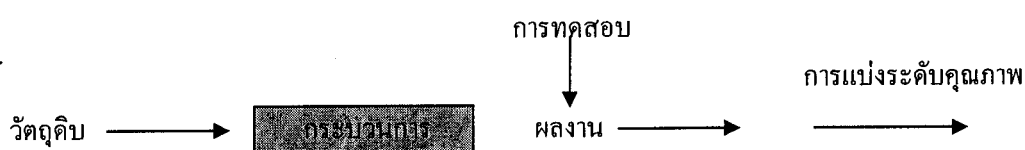
- การป้องกันผู้บริโภคจากการรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง



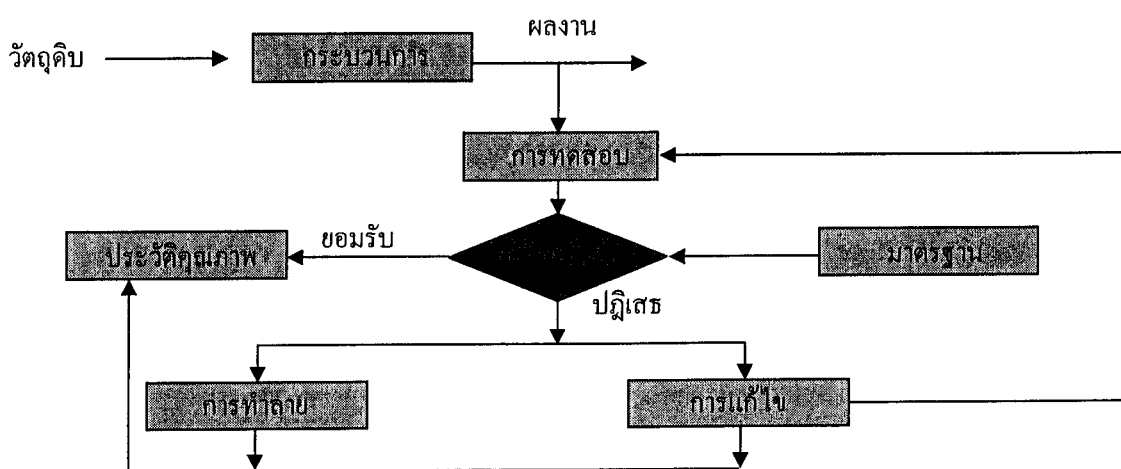
- การป้องกันผู้ผลิตจากการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ดี
- การกำหนดประวัติคุณภาพ
- การนำข้อมูลป้อนกลับเพื่อการควบคุมกระบวนการ
- แรงกระตุ้นทางด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านจิตวิทยา และด้านกุศโลบายต่อผู้ผลิต ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต

## 2. การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ

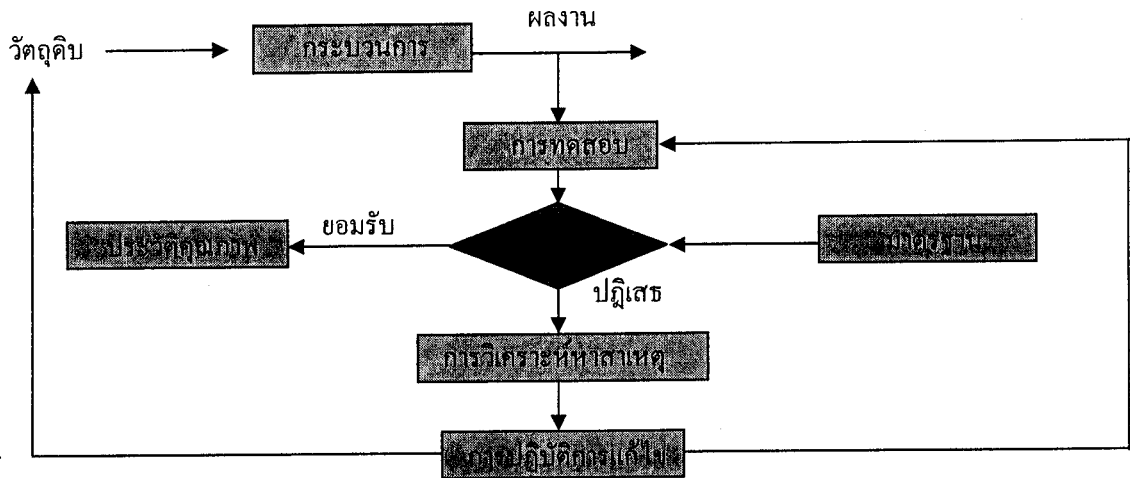
ในการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับนั้น เพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กล่าวในหัวข้อนี้ จะต้องเกิดจากการกำหนดวิธีการตรวจสอบผลงานแบบวงจรปิด ดังแสดงในรูปที่ 3.1 (ค) เท่านั้น



(ก) แผนการตรวจสอบแบบคัดเลือก



(ข) แผนการตรวจสอบผลงานแบบวงจรปิด



(ค) แผนการตรวจสอบผลงานแบบวงจรปิด

สำหรับการตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) ดังรูปที่ 3.1 (ก) นั้น ควรจะใช้ในกรณีที่ไม่สามารถนำข้อมูลจากการตรวจสอบไปทำเป็นประวัติคุณภาพ และป้อนกลับเพื่อการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ ส่วนการตรวจสอบผลงานแบบวงจรเปิด ดังรูปที่ 3.1 (ข) นั้น ควรจะใช้ในกรณีที่สามารถนำข้อมูลจากการตรวจสอบไปทำเป็นประวัติคุณภาพได้ แต่ไม่สามารถป้อนกลับเพื่อการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ ได้

**โดยปกติ ประเภทของการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับจำแนกเป็น 4 ประเภท คือ**

1. การตรวจสอบแบบ 100% หมายถึง การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ละหน่วยทุกหน่วย
2. การตรวจสอบเป็นครั้งคราว (Spot-check inspection) หมายถึง การตรวจสอบแบบเลือกตามใจชอบโดยมิได้วางอยู่บนเกณฑ์ด้านวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การตรวจสอบงานชิ้นแรก (First-item Inspection) การตรวจสอบงานชิ้นสุดท้าย (End-item Inspection) และการตรวจสอบแบบลาดตระเวน (patrol Inspection) เป็นต้น

3. การให้คำรับรอง (Certification) หมายถึง การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับโดยการให้วิศวกรหรือสถาบันที่ลูกค้าให้การยอมรับเป็นผู้ออกใบประกาศนียบัตรรับรองคุณภาพให้ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังมีสถาบันดังกล่าวไม่มากนัก และโดยส่วนใหญ่จะเป็นสถาบันภาคราชการ แต่เชื่อว่าในอนาคตจะมีสถาบันภาคเอกชนที่ทำธุรกิจด้านนี้เพิ่มมากขึ้นตามจำนวนความต้องการที่มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มมากขึ้นโดยลำดับ

4. การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling) หมายถึง การตรวจสอบสิ่ง

ตัวอย่าง (Sample) ที่เลือกขึ้นมาจากงานทั้งหมดโดยวิธีการทางสถิติด้วยกฎของความน่าจะเป็น (probability) และอาศัยคุณลักษณะของสิ่งตัวอย่างที่ตรวจสอบได้ในการอธิบายคุณลักษณะของชิ้นงานทั้งหมดที่ต้องการ ตัดสินใจ

Juran and Gryna (1993) และ Taylor (1994) ได้แนะนำว่าการเลือกวิธีการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับที่เหมาะสมนั้น จะต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยกำหนดจุดคุณภาพเท่ากัน (Break-even Quality) ได้จาก

$$P_b = \frac{I}{A}$$

เมื่อ  $P_b$  = ระดับคุณภาพที่ทำให้วิธีการตรวจสอบคุณภาพให้ผลเหมือนกัน

$I$  = ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบต่อหน่วย

$A$  = ความเสียหายอันเนื่องมาจากมีข้อบกพร่องหลุดรอดจากการตรวจสอบ

โดยที่ถ้า ถ้าหากทราบวาระดับคุณภาพของลอต (p) มีค่าต่ำกว่า  $P_b$  แล้ว ค่าใช้จ่ายทั้งหมดจะต่ำที่สุดถ้าหากมิได้มีการตรวจสอบหรือการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ แต่ถ้าหากระดับคุณภาพของลอตมีค่ามากกว่า  $P_b$  แล้ว การตรวจสอบแบบ 100 % จะให้ผลดีที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์

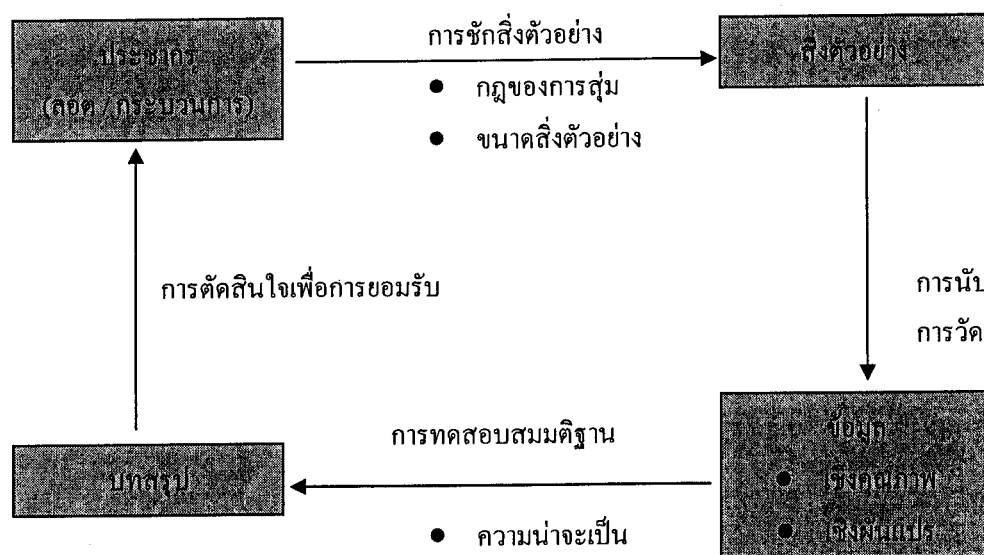
ข้อดีและข้อเสียของการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับทั้ง 4 ประเภทนี้ สรุปได้ด้วยตารางที่ 3.2 โดยรายละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Sinha and Willbom (1985) บทที่ 2 Juran and Gryna (1993) บทที่ 18 และ 19, Mitra (1993) บทที่ 9 Grant and Leavenworth (1980) บทที่ 12 และ Montgomery (1991) บทที่ 13

ตารางที่ 3.2 ตารางเปรียบเทียบประเภทของการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ

| ประเภทของการควบคุม                   | ข้อดี   | ข้อเสีย  |
|--------------------------------------|---|--|
| (1) การตรวจสอบแบบ 100%               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ในทางทฤษฎีแล้วเชื่อว่าจะเป็นวิธีที่ทำให้ได้ผลที่ปลอดข้อบกพร่อง</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถประกันได้ว่าปลอดข้อบกพร่องเนื่องมาจากความล้าของพนักงานและการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์</li> <li>• ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูงมาก</li> </ul>                            |
| (2) การตรวจสอบเป็นครั้งคราว          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ใช้ได้ดีกับกรณีที่ผลการตรวจมิได้มีผลทางคุณภาพที่รุนแรงมากนัก</li> <li>• ประหยัดที่สุด</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ผลการตรวจสอบไม่สามารถใช้อธิบายถึงคุณลักษณะของชิ้นงานทั้งหมดที่ต้องการตัดสินใจได้</li> </ul>   |
| (3) การให้คำรับรอง                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ไม่มีปัญหาในการจัดการเนื่องจากเป็นวิธีที่ขึ้นอยู่กับความเชื่อถือที่ลูกค้ามีต่อตรา (Mark) หรือคำรับรองของสถาบันที่ออกให้</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• มีความเสี่ยงต่อการทำธุรกิจ ทั้งนี้เพราะว่าคุณภาพในยี่ห้อจะมีผลอย่างมากต่อการตัดสินใจทำธุรกิจด้วยของลูกค้า</li> </ul>  |
| (4) การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ | <ul style="list-style-type: none"> <li>• เป็นวิธีการที่ค่อนข้างประหยัด</li> <li>• เป็นวิธีการที่ค่อนข้างจะใช้เวลาในการตรวจสอบน้อย ทำให้พนักงานตรวจสอบไม่ล้า</li> <li>• ให้ผลที่น่าเชื่อถือ โดยการอธิบายผ่านกฎของความน่าจะเป็น</li> <li>• มีการทำงานผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบต่ำ</li> <li>• ให้ผู้ผลิตและผู้ซื้อสามารถเจรจาต่อรองราคากันได้ โดยอาศัยการพิจารณาจากความเสี่ยงของแผนการ</li> <li>• เหมาะกับกรณีการตรวจสอบแบบทำลาย</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• มีความเสี่ยงในการตัดสินใจเกี่ยวกับคุณลักษณะของชิ้นงานทั้งหมดที่ต้องการตัดสินใจเสมอ</li> <li>• มิได้ให้รายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับคุณลักษณะของชิ้นงานทั้งหมดที่ต้องการตัดสินใจ</li> </ul> |

### 3. การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

เทคนิคของการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เป็นเทคนิคที่อาศัยการประยุกต์หลักการทางสถิติ และความน่าจะเป็นในการเลือกสิ่งตัวอย่างจากสิ่งที่ต้องการตัดสินใจ (ทางสถิติเรียกว่า ประชากร) และอาศัยการอนุมานทางสถิติ (Statistical Inference) เพื่อการตัดสินใจโดยวิธีการทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis) เพื่อพิจารณาว่าคุณภาพของประชากรนั้นควรได้รับการยอมรับ (Accept) หรือไม่ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กระบวนการของการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

โดยความเป็นจริงแล้ว มนุษย์เรารู้จักวิธีการตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพมาแต่โบราณแล้วเพียงแต่ในยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมนั้น มีการผลิตเพื่อการอุปโภคบริโภคเท่านั้น และผู้ผลิตกับลูกค้า มักจะเป็นคนคนเดียวกันหรือใกล้ชิดกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคที่มีความซับซ้อนมากนักสำหรับการควบคุมคุณภาพ

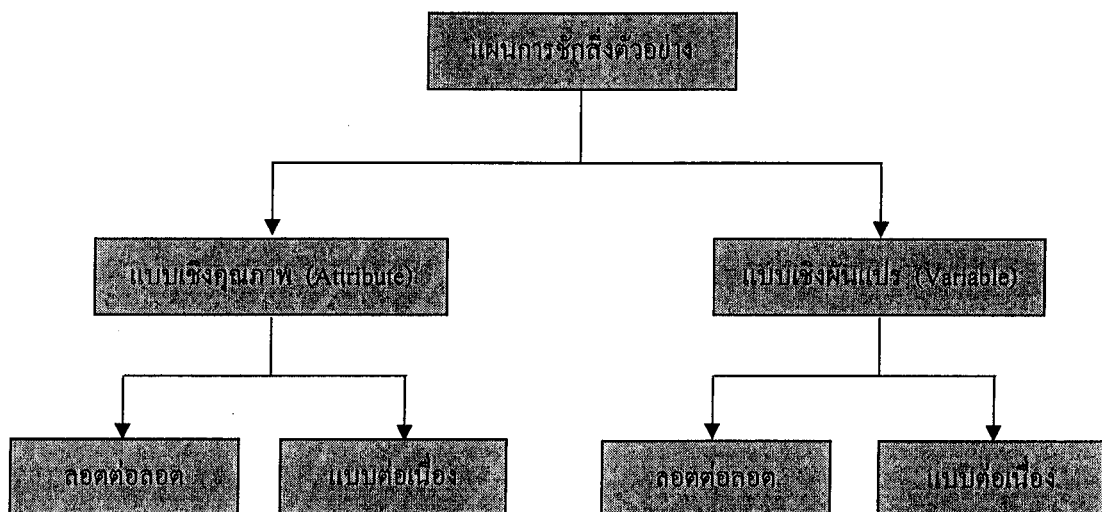
อย่างไรก็ดี ในยุคหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม ได้เริ่มมีการผลิตเชิงมวล (Mass production) มากขึ้น กล่าวคือมีการผลิตซ้ำ ๆ กันคราวละมาก ๆ ภายใต้แนวคิดความสามารถในการสับเปลี่ยนกันได้ (Concept of interchangeability) ที่พัฒนาโดย Eli whitney (ดู Suntag (1993)) ดังนั้น จึงเริ่มการประยุกต์หลักการทางสถิติมาใช้ โดยเริ่มจาก Walter A. Shewhart ที่เสนอแนวความคิดของแผนภูมิควบคุม (Control chart) ที่ Bell Telephone เมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2467 และในปี

พ.ศ. 2470 H.F. Dodge ได้เสนอแผนการชักสิ่งตัวอย่างขึ้นครั้งแรกสำหรับใช้ในกิจการของ Western Electric Group โดยเป็นแผนการที่ประกันด้วยพิกัดคุณภาพถ่ายออกโดยเฉลี่ย (Average Outgoing Quality Limit ; AOQL) ต่อมาในปีพ.ศ. 2484 H.F. Dodge และ H.G.Romig ได้เสนอแผนการประกันคุณภาพขั้นต่ำ โดยใช้ค่า LTPD (Lot Tolerance percent Defective) ซึ่งต่อมาเรียกว่า แผนการ Dodge-Romig

ในยุคสงครามโลกครั้งที่ 2 ถือเป็นยุคที่มีการพัฒนาทางเทคนิคการควบคุมคุณภาพด้วยสถิติมากที่สุดเพื่อกิจการด้านการผลิตอาวุธสำหรับกองทัพพันธมิตร โดยเฉพาะประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเริ่มจากกรมสรรพาวุธของสหรัฐอเมริกาที่ได้ตีพิมพ์ตารางแผนการชักสิ่งตัวอย่างของกรมสรรพาวุธ (Ordnance Sampling Table) ขึ้นในปีพ.ศ. 2485 และเป็นแผนการแรกที่ประกันคุณภาพโดยอาศัยระดับคุณภาพที่สามารถยอมรับ (Acceptable Quality Level; AQL) ซึ่งต่อมาพัฒนาเป็น MIL-STD-105E

รายละเอียดเกี่ยวกับประวัติของการควบคุมคุณภาพนี้ศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Banks (1989) บทที่ 1 และ Sontag (1993)

จากรูปที่ 3.2 ซึ่งแสดงถึงกระบวนการของการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับนั้น หากจะจำแนกเทคนิคของแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ ด้วยลักษณะของประชากรและประเภทของข้อมูลแล้วสามารถจำแนกได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ประเภทของแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

แผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบเชิงคุณภาพ หมายถึง แผนการชักสิ่งตัวอย่างที่ใช้การแจกแจงตัวอย่างด้วยการจำแนก (Classification) ออกตามคุณลักษณะทางคุณภาพ ซึ่งจะมี ความเหมาะสมอย่างมากต่อคุณลักษณะทางคุณภาพประเภทอาศัยความรู้สึก (Sensory) และประเภท ความสวยงาม (Cosmetic) และสามารถใช้ได้กับคุณลักษณะทางคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาที่มีความประสงค์ที่ต้องการความรวดเร็วในการตรวจสอบ กล่าวคือ มีการจำแนกออกเป็น ผ่าน (Go) กับไม่ผ่าน (NO Go) เท่านั้น อย่างไรก็ตาม แผนการชักสิ่งตัวอย่างประเภทนี้มีข้อเสียที่ไม่สามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับคุณลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการตัดสินใจมากนัก

สำหรับแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบเชิงผันแปร หมายถึง แผนการชักสิ่ง ตัวอย่างที่อาศัยการวัดสิ่งตัวอย่าง ดังนั้น คุณลักษณะทางคุณภาพจึงต้องเป็นคุณลักษณะทางด้านเคมี กายภาพและจุลชีววิทยา โดยแผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบนี้จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับคุณลักษณะทาง คุณภาพที่ต้องการตัดสินใจได้มาก แต่ก็มีข้อเสียคือ ข้อมูลที่ใช้สำหรับแผนการชักสิ่งตัวอย่าง ประเภทนี้จะมีค่าใช้จ่าย และเวลาที่สูงกว่าข้อมูลประเภทเชิงคุณภาพ

Schilling (1984) ได้แนะนำการเลือกใช้แผนการต่าง ๆ ตามจุดประสงค์ดังตารางที่ 3.3 โดย มาตรฐาน MIL-STD-105E ที่จะกล่าวถึงในบทต่อ ๆ ไปของหนังสือเล่มนี้ จัดเป็นแผนการชักสิ่ง ตัวอย่าง เพื่อการยอมรับแบบเชิงคุณภาพประเภทลอตต่อลอต

ตารางที่ 3.3 คำแนะนำในการเลือกใช้มาตรฐานของแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

| จุดประสงค์   | แบบเชิงคุณภาพ                                   | แบบเชิงผันแปร                       |
|--|---|-------------------------------------|
| (1) ประกันคุณภาพทั้งผู้ผลิตและผู้ซื้อ                    | แผนการแบบสองจุด<br>(แผนการ Schilling – Johnson) | แผนการแบบสองจุด<br>(แผนการ Sommers) |
| (2) การรักษาระดับคุณภาพ ณ จุดที่ กำหนดหรือดีกว่า         | ระบบ AQL<br>(MIL – STD – 105E)                  | ระบบ AQL<br>(MIL-STD-414)           |
| (3) การประกันคุณภาพที่ค่าโดยเฉลี่ย หลังการตรวจ           | ระบบ AQL<br>(แผนการ Dodge – Romig)              | ระบบ AOQL<br>(แผนการ Romig)         |
| (4) การลดจำนวนสิ่งตัวอย่าง เมื่อ ประวัติคุณภาพดี         | Dodge ChSP – 1                                  | Narrow Limit Gaging                 |
| (5) การตรวจสอบแบบเช็ก (Check) เมื่อประวัติคุณภาพดีเยี่ยม | Dodge SkSP – 1                                  | Double Sampling Plan                |
| (6) การชักสิ่งตัวอย่างแบบอนุโลม (Compliance Sampling)    | ระบบ LTPD                                       | Grand – Lot Scheme                  |

#### 4. บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงภาพรวมของการควบคุมคุณภาพโดยอาศัยสถิติเพื่อเป็นการเตรียมพร้อม การศึกษาในรายละเอียดของมาตรฐาน MIL-STD-105E ต่อไป

เนื้อหาที่สำคัญของบทนี้สรุปได้ดังนี้

- การควบคุมคุณภาพ ประกอบด้วย การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการออกแบบ และ การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการผลิต
- การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการออกแบบ เป็นการควบคุมคุณภาพในการออกแบบ การออกแบบระบบ การออกแบบพารามิเตอร์ และการออกแบบความคลาดเคลื่อนอนุโลม ซึ่ง จะต้องดำเนินการในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาเท่านั้น
- การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการผลิต เป็นการควบคุมคุณภาพด้านความถูกต้องของ การผลิต ประกอบด้วย การควบคุมคุณภาพของกระบวนการ และการควบคุมคุณภาพเพื่อการ ยอมรับ
- การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ มี 4 ประเภทคือ การตรวจสอบแบบ 100% การ ตรวจสอบเป็นครั้งคราว การให้คำรับรอง และการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ
- การกำหนดวิธีการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับที่เหมาะสม ควรอาศัยหลักการ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยกำหนดจุดคุณภาพเท่ากัน (Break-even Quality)
- การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เป็นการประยุกต์หลักการทางสถิติในการตัดสินใจ คุณลักษณะทางคุณภาพของสิ่งที่ต้องการตัดสินใจ แบ่งออกเป็น แผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการ ยอมรับแบบเชิงคุณภาพและแบบเชิงผันแปร
- มาตรฐาน MIL-STD-105E เป็นแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบเชิงคุณภาพ ประเภทตลอดตลอด

#### ภาพรวมองค์ประกอบการเพิ่มผลผลิต

จำลักษณะ ขุนพลแก้ว, สุภชัย อาชีวะระงับโรค, นพเก้า ศิริพลไพฑูริย์, กมลทิพย์ สินอ้า, วรินทร เจนวิทย์ (2544:2) ในสภาวะการแข่งขันปัจจุบันธุรกิจจะประสบความสำเร็จได้อย่างยั่งยืน นั้นก็ต่อเมื่อสามารถสร้างความได้เปรียบในเชิงการแข่งขันด้วยการมีสินค้าและบริการที่สร้างความ พึงพอใจให้กับลูกค้า ด้วยคุณภาพที่ดีสม่ำเสมอ ต้นทุนต่ำ และส่งมอบทันเวลา สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้น ได้อย่างต่อเนื่องด้วยความพยายามและความร่วมมือของพนักงาน โดยธุรกิจจะต้องสร้าง สภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัยตลอดจนการสร้างขวัญกำลังใจในการทำงานให้กับพนักงาน



อยู่อย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นการดำเนินธุรกิจจะต้องแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม ด้วยการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและมีจรรยาบรรณ สรุปได้ว่าการเพิ่มผลผลิตที่ได้คุณธรรมและยั่งยืนจะต้องมีองค์ประกอบต่างๆ ข้างต้นและสามารถแสดงด้วยแผนภาพที่ 3.4

แผนภาพที่ 3.4 การเพิ่มผลผลิตโดยรวมที่ได้คุณธรรมและยั่งยืน

| เพื่อลูกค้า | เพื่อพนักงาน          | เพื่อสังคม                 |
|-------------|-----------------------|----------------------------|
| คุณภาพ      | ความปลอดภัย           | สิ่งแวดล้อม                |
| ต้นทุน      | ขวัญกำลังใจในการทำงาน | จรรยาบรรณในการดำเนินธุรกิจ |
| การส่งมอบ   | -                     | -                          |

#### ความหมายของคุณภาพ

ปัจจุบันนี้คำว่า “คุณภาพ” ได้กลายเป็นคำที่เราคุ้นหูในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพูดถึงคุณภาพของสินค้าและบริการ สิ่งที่มีมักจะได้ยินคนพูดกันอยู่บ่อยๆ ก็คือสินค้าชิ้นนี้มีคุณภาพ หรือบริการที่นั้นมีคุณภาพ แต่หลายคนอาจจะแปลกใจว่าแท้ที่จริงแล้ว

#### “คุณภาพ คืออะไรกันแน่

คำว่า “คุณภาพ” เดิมนั้นเราหมายถึงการผลิตสินค้าให้ได้ตรงตามข้อกำหนด (Specification) ของสินค้าซึ่งผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดขึ้นมาเอง แต่ปัจจุบันนี้คำว่า “คุณภาพ” มีความหมายที่กว้างขึ้นโดยครอบคลุมไปถึงสิ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า และสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้าได้ ด้วยเหตุนี้ความพึงพอใจของลูกค้าจึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจสำหรับการเลือกซื้อสินค้าหรือใช้บริการ

#### ตัวอย่าง

หากเราเข้าไปรับการตรวจสุขภาพที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่ง สิ่งแรกที่เราพบคือพยาบาลที่หน้าตาบุคลิกดี ต้องรอคิวทำบัตรเป็นเวลานานกว่าจะได้พบแพทย์เพื่อตรวจก็เสียเวลารอไปอีกเป็นชั่วโมง ทั้งๆที่คนไข้ที่นั่งรอเพื่อพบแพทย์มีเพียงไม่กี่คนหลังจากได้รับการตรวจเสร็จเรียบร้อยแล้ว ยังต้องมารอคิวเพื่อชำระเงินค่าตรวจอีกร่วมครึ่งชั่วโมง และเมื่อเข้าไปสอบถามจากพนักงานก็ได้รับคำตอบด้วยน้ำเสียงที่โกรธเคืองว่า “ไม่เห็นหรืออย่างไร” นี่ก็รีบจนตัวเป็นเกลียวอยู่แล้วรอนิครอ

น้อยบ้างจะเป็นไร เหตุการณ์เช่นนี้จะทำให้เรารู้สึกไม่พอใจและตัดสินใจได้ว่าจะไม่ไปใช้บริการจากโรงพยาบาลแห่งนี้อีกต่อไป เนื่องจากให้บริการโดยขาดคุณภาพ

### ประเภทของคุณภาพ

คุณภาพที่เกิดจากความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้าสามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. **คุณภาพด้านเทคนิค** ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพและความสามารถในการใช้งานที่ส่งผลต่อคุณภาพของสินค้าและบริการ เช่น ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ระบบป้องกันความปลอดภัย ฯลฯ
2. **คุณภาพด้านจิตวิทยา** ได้แก่ คุณลักษณะที่มีผลต่อจิตใจของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อสินค้าหรือใช้บริการ เช่น ความสวยงามการออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาพลักษณ์ของสินค้า ฯลฯ
3. **คุณภาพด้านความผูกพันต่อเนื่องหลังการขาย** เช่น การให้บริการหลังการขาย การรับประกันสินค้า ฯลฯ
4. **คุณภาพด้านเวลา** เช่น อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ความยากง่ายในการบำรุงรักษา ความรวดเร็วในการให้บริการ ฯลฯ
5. **คุณภาพด้านจริยธรรม** เช่น ความถูกต้องตรงตามมาตรฐานการผลิต ความจริงใจในการให้บริการ ฯลฯ

ในการพิจารณาเลือกซื้อสินค้าหรือใช้บริการลูกค้าจะพิจารณาจากหลาย ๆ ปัจจัยควบคู่กันไป หรืออาจจะพิจารณาว่าคุณสมบัติหนึ่งสำคัญกว่าอีกอย่างหนึ่ง เช่น การตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์สักคันครอบครัวยุคใหม่อาจจะพิจารณาว่าขนาดรถเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เนื่องจากเน้นประโยชน์ใช้สอยสำหรับสมาชิกภายในครอบครัวในขณะที่บางครอบครัวอาจเน้นสมรรถนะของเครื่องยนต์ ระบบความปลอดภัย หรือบริการหลังการขาย เป็นต้น

### ความสำคัญของคุณภาพ

#### 1. สร้างความพอใจให้กับลูกค้า

ดังที่กล่าวมาแล้วความพอใจของลูกค้า เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าหรือใช้บริการ ดังนั้นผู้ผลิตจำเป็นต้องผลิตสินค้าหรือให้บริการตรงตามความต้องการของลูกค้า เพื่อให้สินค้า หรือบริการของตนได้รับการยอมรับ หรือเลือกซื้อ

## 2. ช่วยในการลดต้นทุน

หากผู้ผลิตสินค้าหรือให้บริการสามารถผลิตสินค้าหรือให้บริการที่มีคุณภาพโดยไม่มีจุดบกพร่องหรือข้อตำหนิใดๆ การผลิตหรือให้บริการนั้นๆ ก็จะสามารถลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นได้ อย่างที่เราคาดไม่ถึง

ลองพิจารณาว่าหากผลิตสินค้าหรือบริการที่ขาดคุณภาพแล้วจะเกิดอะไรขึ้นบ้าง

- \* ทั้ง เป็นการสูญเสียที่ร้ายแรงที่สุด เนื่องจากเราต้องสูญเสียปัจจัยการผลิตทั้งหมดไป โดยไม่เกิดประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็น ต้นทุนวัตถุดิบ แรงงาน หรือ เวลาที่ใช้ไป ในขณะที่เดียวกันเรา ต้องมาเริ่มผลิตใหม่ ซึ่งทำให้สูญเสียปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น

- \* แก้ไข ผลที่ตามมาก็คือ การเสียเวลาแรงงาน และต้นทุนบางส่วนทั้งที่ทำไปแล้ว และ ที่ต้องใช้ในการแก้ไข ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

- \* นำไปหมุนเวียนใช้ใหม่ เช่น การขึ้นรูปโลหะที่ไม่ได้รูปมาตรฐานจึงต้องนำโลหะชิ้น นั้นไปหล่อหลอมใหม่ แล้วนำกลับมาเข้ากระบวนการผลิตอีกครั้ง จะเห็นได้ว่าเสียทั้งแรงงานและ เวลาที่ทำไป นอกจากนั้นการนำกลับมาเข้ากระบวนการผลิตใหม่อีกครั้ง อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี คุณภาพด้อยลง เนื่องจากวัตถุดิบได้ถูกใช้ไปแล้ว ทำให้ขาดคุณภาพ

- \* นำไปขายเป็นสินค้าที่มีตำหนิอาจจะไม่ได้ราคาตามที่คาดไว้ ซึ่งเรามักจะเห็นบ่อย เช่น สินค้าที่นำมาขายลดราคา

- \* เสียค่าใช้จ่าย เสียเวลา และแรงงานในการตรวจสอบ แทนที่จะให้พนักงานที่ทำ หน้าที่ตรวจสอบไปปฏิบัติงานอื่นๆ

จากผลลัพธ์ของการผลิตสินค้า หรือให้บริการที่ขาดคุณภาพตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น เราจัดว่าเป็นการสูญเสียเบื้องต้นเท่านั้น เพราะว่าผู้ผลิตสินค้าหรือให้บริการยังสามารถปรับปรุง แก้ไขการผลิตหรือให้บริการอย่างทันที่ แต่ความสูญเสียที่รุนแรงกว่า ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องใน ระยะยาว ที่ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการยากจะควบคุมดูแลได้อีกต่อไป คือกรณีที่ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการ ไม่ทราบว่ามีข้อบกพร่องในสินค้าหรือบริการของตนจนกระทั่งสินค้าและบริการเหล่านั้นส่งถึงมือ ลูกค้าซึ่งนอกจากจะมีผลต่อต้นทุนแล้ว ยังมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งเราถือว่าเป็นเรื่อง สำคัญที่สุด

สำหรับผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการแล้ว การพบสินค้าที่มีข้อบกพร่องหรือตำหนิเพียง 1 หรือ 2 ชิ้นผู้ผลิตอาจจะรู้สึกว่ามีปริมาณไม่มาก โดยถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วอาจมีเพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์ แต่ ในมุมมองของลูกค้าแล้ว หากลูกค้าได้รับสินค้าหรือบริการที่มีข้อบกพร่อง หรือ ข้อตำหนิเพียง 1 ชิ้น หรือ 1 ครั้งเท่านั้น นั่นก็คือความผิดพลาด 100% ที่ลูกค้าได้รับจากผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการ

ลองพิจารณาว่าความสูญเสียต่อเนื่องจากการผลิตสินค้าหรือให้บริการที่ขาดคุณภาพนั้น  
ได้แก่อะไรบ้าง

- \* ลูกค้าไม่พอใจสินค้า อาจจะส่งคืน ขอเปลี่ยน แจ้งให้ทำการแก้ไข บอกต่อ
- \* ลูกค้าลดความเชื่อถืออาจเลิกใช้บริการหรือสินค้าของเรา
- \* ลูกค้าเปลี่ยนไปซื้อสินค้าหรือใช้บริการจากผู้ผลิตรายอื่น

### 3. ยกระดับความต้องการของลูกค้า

คงเคยได้ยินคำพูดที่ว่า “ลูกค้ายอมจ่ายเพียงสิ่งที่ดีกว่า และพอใจกว่า” จึงเห็นได้ว่า ปัจจัย  
ทางด้านราคาไม่ได้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า หรือใช้บริการเสมอไป

\* สินค้าราคาเท่ากันลูกค้าจะตัดสินใจเลือกสิ่งที่เหมาะสมควรตามความต้องการได้มากกว่า  
เช่นนาฬิกา 2 เรือน ราคาเท่ากันแต่ต่างยี่ห้อ กับเรือนที่มียี่ห้อเป็นที่รู้จักในตลาดใช้เป็นนาฬิกาปลุก  
ไม่ได้ในขณะที่อีกเรือนใช้เป็นนาฬิกาปลุกได้ และยี่ห้อไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายมากนักลูกค้ากลุ่ม  
หนึ่งอาจจะตัดสินใจเลือกซื้อนาฬิกาเรือนที่ปลุกได้เนื่องจากคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยมากกว่าที่จะ  
นึกถึงยี่ห้อผลิตภัณฑ์

\* สินค้าที่ราคาต่างกัน ในบางครั้งลูกค้าจะรู้สึกว่าคุณภาพดีกว่าสินค้าที่ราคาสูงกว่ามีราคาแพงหาก  
เขาเชื่อว่าสินค้านั้นมีคุณภาพดีกว่า เช่นปัจจุบันกลุ่มลูกค้าวัยรุ่นนิยมซื้อเสื้อผ้าที่ผลิตและ  
ประทับตราจากต่างประเทศ ถึงแม้ว่าราคาสินค้าเหล่านั้นจะแพงกว่ามาก แต่เนื่องจากพวกเขามี  
ค่านิยมและเชื่อว่าสินค้าที่ผลิตจากต่างประเทศย่อมมีคุณภาพดีกว่าใส่แล้วโก้หรูกว่าสินค้าที่ผลิตใน  
ประเทศจึงไม่รู้สึกว่าแพงเกินไปนัก

### 4. ส่งมอบได้ตามกำหนด

สินค้าหรือบริการที่ส่งมอบถึงมือลูกค้าได้ทันตามที่ลูกค้ากำหนดโดยมีคุณสมบัติครบถ้วน  
ย่อมสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าเสมอและเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ลูกค้าตัดสินใจเลือกซื้อ  
สินค้าหรือใช้บริการในครั้งต่อไปด้วย

#### การรอคอยอาจส่งผลเสียทำให้

- ลูกค้าเปลี่ยนใจไปเลือกซื้อสินค้าหรือใช้บริการอื่น
- ลูกค้าตัดสินใจเลิกใช้สินค้า หรือบริการนั้นๆเลย
- ขั้นตอนต่อไปติดขัดซึ่งอาจจะทำให้ขั้นตอนสุดท้ายล่าช้าไปด้วย

ในที่นี้ลูกค้าที่เรากล่าวถึงลูกค้าที่ซื้อสินค้าหรือใช้บริการเท่านั้น (End Users) เราลองมา  
พิจารณาวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไปนี้

### ตัวอย่าง

ท่านรู้สึกหิวมากจึงเข้าไปรับประทานอาหารในภัตตาคารแห่งหนึ่งหลังจากพนักงานบริการรับคำสั่งรายการอาหารด้วยท่าทางที่อ่อนน้อมไปไม่นาน อาหารก็ถูกยกมาบริการอย่างรวดเร็วและครบถ้วนซึ่งทำให้ท่านรู้สึกพึงพอใจกับบริการที่ได้คุณภาพสมบูรณ์แบบของภัตตาคารแห่งนี้เป็นอย่างมาก หากพิจารณาย้อนกลับไปที่เบื้องหลังอาหารจานนี้มีที่มาอย่างไร โดยใช้วิธีการตั้งคำถามขึ้นต้นด้วย “ทำไม” เราจะสามารถแจกแจงขั้นตอนของการปรุงอาหารจานนี้ได้ดังนี้

? ทำไมอาหารเสร็จเร็วได้รับประทานอย่างรวดเร็ว

..... เพราะพนักงานบริการยกอาหารมาเร็ว

? ทำไมพนักงานบริการยกอาหารมาเร็ว

..... เพราะพ่อครัวประกอบอาหารเสร็จเร็ว

? ทำไมพ่อครัวประกอบอาหารเสร็จเร็ว

..... เพราะผู้ช่วยจัดเตรียมเครื่องปรุง และอุปกรณ์พร้อมและครบถ้วน

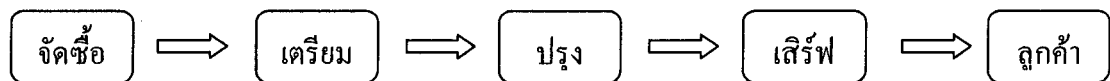
? ทำไมผู้ช่วยจึงจัดเตรียมเครื่องปรุงได้พร้อม

..... เพราะแม่บ้านซื้อของมาครบ

? ทำไมแม่บ้านจึงซื้อของได้ครบ

..... เพราะแม่บ้านจกรายการของที่จะซื้ออย่างละเอียดก่อนจะไปตลาด

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่าก่อนที่อาหารหนึ่งจานจะนำมาเสิร์ฟเรานั้นต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนซึ่งสามารถเขียนแผนภูมิได้ดังนี้



เราจะเห็นได้ว่าขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การจัดซื้อถึงขั้นตอนสุดท้ายคือลูกค้านั้นจะต้องดำเนินการไปอย่างต่อเนื่อง ถ้าหากขั้นตอนใดสะดุด กระบวนการผลิตหรือให้บริการก็จะขาดตอนและชะงักซึ่งส่งผลให้กระบวนการอื่นๆ ติดขัดไปด้วย และในที่สุดขั้นตอนสุดท้ายก็คือลูกค้านั้นจะได้รับสินค้าหรือใช้บริการที่ล่าช้ากว่ากำหนด

จากกรณีตัวอย่าง เราจะพบว่าลูกค้านั้นไม่ได้หมายถึงผู้เข้ามารับประทานอาหารในภัตตาคารเท่านั้นแต่ลูกค้านั้นก็ยังหมายถึง ผู้ที่จะรับช่วงสินค้าหรือใช้บริการจากเราในขั้นตอนถัดไปด้วย ทั้งผู้ช่วยพ่อครัว พ่อครัว พนักงานบริการ และลูกค้านั้น ต่างเป็นลูกค้าของขั้นตอนก่อนหน้าทั้งนั้น ดังนั้นลูกค้านั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ลูกค้าภายในและลูกค้านอก

✱ ลูกค้าภายใน (Internal Customer) คือผู้ที่อยู่ภายในหน่วยงานเดียวกัน เช่น ผู้ช่วยพ่อครัว พ่อครัว พนักงานบริการ

✱ ลูกค้าภายนอก (External Customer) คือผู้ที่อยู่นอกหน่วยงานที่ซื้อสินค้าหรือใช้บริการ ดังนั้นทุกหน้าที่ในกระบวนการผลิตสินค้าหรือให้บริการต่างมีความสำคัญทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อคุณภาพทั้งสิ้น การสร้างคุณภาพจึงเป็นหน้าที่ของทุกคน หากทุกคนทำงานโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงานที่รับผิดชอบก็จะทำให้ลูกค้าภายในและภายนอกได้รับสินค้าหรือบริการที่มีคุณภาพและตรงตามเวลาอันจะนำมาซึ่งความพึงพอใจของลูกค้า ความอยู่รอด และความก้าวหน้าของกิจการในที่สุด

### 5. คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

ในแง่ของผู้ผลิต หากเราผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ ไม่มีของเสีย ไม่มีปัญหาในการผลิต ส่งมอบสินค้าหรือบริการได้ตรงตามเวลา พนักงานก็จะมีความสุขในการทำงาน มีกำลังใจในการทำงานที่ดี เพราะไม่ต้องถูกตำหนิจากหัวหน้า ไม่ต้องทำงานเพิ่มเติม เนื่องจากต้องปรับปรุง แก้ไข หรือผลิตใหม่ในขณะเดียวกัน ผู้บริโภคก็จะได้รับบริโภคสินค้าหรือบริการที่มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานและวางใจได้

คุณภาพของสินค้าหรือบริการเป็นสิ่งที่ลูกค้าทั้งภายในและภายนอกต้องการและพึงพอใจ โดยต้องไม่เป็นภัยต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการผลิตสินค้าหรือให้บริการนั้นเราควรทำให้ถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก นอกจากนี้แล้ว การผลิตสินค้าหรือให้บริการที่มีคุณภาพนั้นยังจะช่วยลดต้นทุนการผลิต และสามารถส่งมอบงานได้ตามกำหนด

### มาตรฐานการปฏิบัติงานและการจัดทำมาตรฐาน

1. มาตรฐาน (Standard) คือสิ่งที่ทุกคนยึดถือปฏิบัติที่เป็นไปในแบบเดียวกันอาจจะบรรยายเป็นข้อความ หรือรูปถ่ายก็ได้ โดยทำให้เกิดความเข้าใจความรู้ในการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับ 4M1E และส่งผลต่อ คุณภาพ และประสิทธิภาพ และ ความปลอดภัย

2. มาตรฐานแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ (Product Standard) และมาตรฐานระบบ (System Standard)

3. มาตรฐาน สามารถจัดระดับได้เป็น 4 ระดับคือ 1.มาตรฐานระหว่างประเทศ (International Standard) 2.มาตรฐานระดับชาติ (National Standard) 3.มาตรฐานอุตสาหกรรม (Industrial Standard) และ 4.มาตรฐานระดับบริษัท (Company Standard)

4. มาตรฐานการดำเนินงาน ประกอบด้วยมาตรฐานทางเทคนิค (Technical Standard)

และ มาตรฐานกระบวนการ (Process Standard)

5. มาตรฐานทางเทคนิค คือมาตรฐานที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่างทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี โดยเกี่ยวข้องกับหน้าที่การใช้งานของสิ่งนั้น

6. มาตรฐานกระบวนการ คือ มาตรฐานที่บ่งบอกถึงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ การขออนุญาต และการอนุมัติ รวมไปถึงการส่งถอดถอน หรือยกเลิกในที่สุด

### มาตรฐาน (Standard)

ในความพยายามที่จะเห็นรถบรรทุกของจีนภูเขาสูงหนึ่ง เราจะพบว่านอกจากแรงผลักดันจากเราที่ต้องการเคลื่อนรถขึ้นไปข้างหน้าแล้วยังมีแรงกดให้รถเข็น ไหลลงจากเขาด้วย แรงนี้เกิดจากแรงดึงดูดของโลกที่เรียกว่าแรงโน้มถ่วงโลก การที่เราเข็นรถให้เคลื่อนไปข้างหน้าได้เป็นเพราะแรงที่เราใช้เข็นมากกว่าแรงโน้มถ่วงโลกแต่เมื่อใดก็ตามการที่เราปล่อยมือจากรถเข็นคันดังกล่าวจะถอยหลัง และตกจากภูเขาไปในที่สุด เหตุการณ์เช่นนี้ก็เปรียบเสมือนการที่พนักงานทุกคนช่วยกันทำความสะอาดโรงงาน แต่ถ้าการทำความสะอาดเกิดขึ้นวันเดียวไม่ซ้ำสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองก็จะกลับมาใหม่ความพยายามในการทำความสะอาดเครื่องจักร อุปกรณ์โรงงาน เปรียบเสมือนแรงที่ใช้เข็นรถขึ้นเขา เมื่อใดที่เราเลิกทำสภาพโดยรอบโรงงานก็จะกลับกลายไปเหมือนเดิม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างที่สุดที่จะต้องหาอะไรบางอย่างที่จะทำให้เรา และ โรงงานอยู่ในสภาพที่ดีที่เราช่วยกันปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา การที่จะทำให้เกิดเช่นนั้นได้ หมายถึงพนักงานทุกคนต้องช่วยกันทำความสะอาดทุกวัน เช่นใช้เวลาก่อนและหลังเลิกงานในการทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานถ้ากระทำได้เช่นนี้เป็นประจำเรียกได้ว่า เกิดมาตรฐานการทำความสะอาดขึ้น การทำเช่นนี้เปรียบเสมือนการนำสิ่งของที่แข็งแรงพอมานูนล้อรถเข็นไว้ไม่ให้ตกจากภูเขานั้นเอง

### มาตรฐานคืออะไร

มาตรฐาน (Standard) คือสิ่งที่ทุกคนยึดถือปฏิบัติเป็นไปในแบบเดียวกัน อาจจะเป็นบรรยายเป็นข้อความ หรือรูปภาพก็ได้โดยทำให้เกิดความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับ 4M1E ได้แก่ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัสดุที่ใช้ (Material) วิธีการทำงาน (Method) และสภาพแวดล้อม (Environment) และส่งผลต่อ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย ทั้งนี้จะต้องกำหนดรูปแบบ รู้จักทำ ผู้อนุมัติ และวันที่เริ่มใช้งาน

มาตรฐานแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ (Product Standard) และมาตรฐานระบบ (System Standard)

**มาตรฐานผลิตภัณฑ์** เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ดีดังกล่าวจะมีคุณลักษณะและคุณสมบัติเป็นไปในแบบเดียวกันทั้งหมด เช่น บัตรเครดิต ขนาด ความหนา และตำแหน่งของแถบแม่เหล็กจะถูกกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน ไม่เช่นนั้นสิ่งที่เกิดขึ้นคือ ผู้ถือบัตรอาจใช้งานไม่ได้กับเครื่องเบิกเงินสด (ATM) ได้ในบางเครื่องแต่ไม่สามารถใช้กับบางเครื่องได้ เป็นต้น

**มาตรฐานระบบ** เป็นมาตรฐานที่จัดทำขึ้นมาเพื่อสร้างความเชื่อมั่นว่าปัจจัยที่สำคัญในการผลิต 4MIE เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดทุกประการ มาตรฐานระบบที่เรารู้จักกันดีได้แก่ ระบบคุณภาพ ISO 9000 ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 เป็นต้น ทั้งนี้การที่มีระบบนี้ไม่ได้หมายความว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ แต่เป็นการรับรองระบบการทำงาน

**มาตรฐานสามารถจัดระดับได้เป็น 4 ระดับ คือ**

1. มาตรฐานระหว่างประเทศ (International Standard) เป็นมาตรฐานที่ยอมรับร่วมกันในประเทศต่างๆทั่วโลก เช่น มาตรฐาน ISO 9000 มาตรฐานฟิล์มถ่ายรูป เป็นต้น

2. มาตรฐานระดับชาติ (National Standard) เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นสำหรับใช้ในประเทศโดยครอบคลุมไปทุกส่วนของการใช้งาน เช่น มาตรฐานความปลอดภัย มาตรฐานค่าจ้างแรงงาน เป็นต้น

3. มาตรฐานอุตสาหกรรม (Industrial Standard) เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นให้ใช้ในบางประเภทของอุตสาหกรรมนั้น เช่น มาตรฐานการจัดการโรงพยาบาล มาตรฐานชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น

4. มาตรฐานระดับบริษัท (Company Standard) เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นใช้ในบริษัทเท่านั้นเช่น ระเบียบบริษัท มาตรฐานการประเมินผล มาตรฐานการเลื่อนขั้น เป็นต้น

**มาตรฐานการดำเนินงาน (Operating Standard)** ที่ใช้ในบริษัทต่างๆ และกำหนดขึ้นเพื่อให้งานและการบริหารงานภายในเป็นไปอย่างมีระบบ และอยู่ในระดับที่น่าเชื่อถือประกอบด้วย มาตรฐานทางเทคนิค (Technical Standard) และมาตรฐานกระบวนการ (Process Standard)

**มาตรฐานทางเทคนิค** คือ มาตรฐานที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะบางสิ่งบางอย่างทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ รูปทรง ขนาด น้ำหนัก และคุณสมบัติทางเคมี (กรด ค่าของเหลว ก๊าซ) โดยเกี่ยวข้องกับหน้าที่การใช้งานของสิ่งนั้น เช่น มาตรฐานวัตถุดิบและชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต มาตรฐานเครื่องจักร อุปกรณ์ เป็นต้น

### การจัดทำมาตรฐาน

เพื่อให้มาตรฐานถูกใช้งานอย่างถูกต้องเหมาะสมกับสิ่งที่จะต้องทำ



1. การฝึกอบรม เรื่องการควบคุมเอกสารมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทั่วไปสามารถรู้เรื่องระบบในการควบคุมเอกสารมาตรฐานต่างๆ อาทิ วิธีการจัดทำมาตรฐานใหม่ การกำหนดรหัสเอกสาร รูปแบบ วิธีการใช้ การแก้ไขเมื่อพบข้อบกพร่อง
2. การฝึกอบรม ที่เกี่ยวกับเนื้อหาภายในเอกสารมาตรฐานนั้นๆ เพื่อให้แน่ใจว่าพนักงานที่ปฏิบัติงานในส่วนนั้นๆ สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ทั้งนี้รวมไปถึงข้อควรระวัง และจุดตรวจสอบที่สำคัญ
3. การทดสอบภาคทฤษฎีจะเพิ่มขึ้นหลังจากการฝึกอบรมเนื้อหาในมาตรฐานนั้นๆ เสร็จสิ้นลงแล้วเพื่อให้แน่ใจว่าพนักงานรู้และเข้าใจในสาระสำคัญของมาตรฐานนั้น
4. การทดลองปฏิบัติ ตลอดระยะเวลาที่พนักงานที่เพิ่งจะผ่านการฝึกอบรมให้ปฏิบัติงานควรจะมีหัวหน้างานหรือผู้ที่มีประสบการณ์ในงานนั้น ๆ คอยเฝ้าติดตามดูอยู่เป็นระยะนอกจากนั้นคอยให้คำชี้แนะเมื่อพนักงานทำงานผิดไปจากที่มาตรฐานกำหนด จนกว่าพนักงานจะสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง
5. การทดสอบภาคปฏิบัติ บริษัทควรที่จะกำหนดระยะเวลาในการทดลองปฏิบัติ เพื่อจะทดสอบว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถจะปฏิบัติงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดโดยไม่มี ความจำเป็นที่จะต้องควบคุมดูแลหรือให้คำชี้แนะอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ถ้าระยะเวลาทดลองปฏิบัติงานเกินกว่าที่กำหนดมาก ควรจะทำการฝึกอบรมซ้ำใหม่ อีกครั้ง
6. เมื่อใดก็ตามที่มีการแก้ไขมาตรฐานต้องมีการชี้แจงหรือแจ้งให้ผู้ปฏิบัติงานทราบรายละเอียดการแก้ไขในเอกสารมาตรฐานใหม่ ในกรณีที่มีการแก้ไขเป็นสาระสำคัญและมีการแก้ไขที่ค่อนข้างมาก กระทบต่อการปฏิบัติงานเดิมทั้งหมด ควรจะเรียกพนักงานที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานนั้นมาฝึกอบรมใหม่อีกครั้ง

มาตรฐานใดๆก็ตามควรจะได้รับ การปรับปรุงให้ใหม่และทันสมัยนอกจากนั้นยังก่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิผลอยู่เสมอ โดยในการปรับปรุงมาตรฐานให้ดีขึ้น สามารถทำได้จาก 2 วิธีการ คือ

- การแก้ไขตามแผนงานเป็นการกำหนดระยะเวลาไว้ล่วงหน้า เพื่อให้เกิดการทบทวนรายละเอียดของเอกสารมาตรฐานต่างๆ โดยเฉพาะมาตรฐานที่ไม่ได้มีการแก้ไขเป็นระยะเวลานาน แต่เนื่องจากมาตรฐานในการปฏิบัติงานจริงในบริษัทมีค่อนข้างมาก ดังนั้นอาจทำได้โดยการกำหนดตารางเวลาในการทบทวนมาตรฐานต่างๆ รายสัปดาห์ โดยใช้เวลาไม่มากนักและแต่งตั้งคณะทำงาน

เพื่อทบทวนมาตรฐานนั้นๆ ทั้งนี้คณะทำงานจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในมาตรฐานนั้นและผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ อาทิ ผู้ใช้มาตรฐานดังกล่าว

- การแก้ไขเมื่อพบข้อบกพร่อง หรือ เหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดโดยมากมักจะเกิดก่อนที่จะถึงกำหนดเวลาทบทวนในกรณีนี้ควรจะเรียกประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ไข โดยทันที

ในการแก้ไขมาตรฐานใหม่ทุกครั้งควรมีไบบันทึกประวัติการแก้ไข เพื่อให้ง่ายในการสืบค้นประวัติทั้งวันที่แก้ไข วันที่อนุมัติ วันที่ถูกใช้งานจริง และรายละเอียดของการแก้ไข

### มาตรฐานการปฏิบัติงานที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. มีความเป็นไปได้ในการที่จะปฏิบัติตาม นั้นหมายความว่าถ้ามาตรฐานการปฏิบัติงานใดก็ตามที่เขียนขึ้นแล้ว ไม่มีทางที่จะปฏิบัติตามได้มาตรฐานหรือวิธีการปฏิบัติงานดังกล่าวก็จะถูกละเลยในที่สุด
2. ต้องไม่ตีความไปในความหมายที่ต่างกันได้ มาตรฐานใดที่เขียนไม่ชัดเจน หรือใช้ข้อความที่สามารถตีความหมายให้กว้างอาจทำให้เกิดการตีความที่แตกต่างกันไปในผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน และในที่สุดก็จะทำให้ผลการปฏิบัติงานนั้นไม่เป็นไปตามระบบเดียวกัน
3. จะต้องไม่มีวิธีการที่นำไปสู่อันตราย เน้นอนมาตรฐานการปฏิบัติงานใดที่เมื่อปฏิบัติครบแล้วอาจทำให้เกิดความเสี่ยงทั้งต่อผู้ปฏิบัติงานและโรงงานย่อมไม่มีใครอยากปฏิบัติ
4. ต้องมีความสอดคล้องต้องกันระหว่างมาตรฐานใหม่กับมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน เพราะการจัดทำมาตรฐานใหม่ที่มีหน้าตาหรือ โครงสร้างการจัดวางรายละเอียดที่ต่างออกไปอาจจะทำให้ผู้ปฏิบัติสับสน และไม่เข้าใจ เช่น การใช้โทรศัพท์ หรือคำที่ต่างกันทั้งที่หมายถึงสิ่งเดียวกัน หรือการจัดวางหัวข้อและรายละเอียดที่ต่างต่างกัน เป็นต้น
5. มีระบบการควบคุมที่ดี ให้รู้ว่ามีกรแก้ไขเกิดขึ้น และง่ายในการสืบค้นเพราะเมื่อใดก็ตามที่มาตรฐานการปฏิบัติงานได้รับการแก้ไข แต่ไม่มีสิ่งใดบอกว่ามาตรฐานนั้นถูกแก้ไขแล้ว แก้ไขในจุดใดหรือสื่อสารให้คนที่ต้องใช้มาตรฐานนั้นทราบผู้ปฏิบัติงานอาจจะปฏิบัติงาน โดยใช้วิธีเดิมและส่งผลให้เกิดความเสียหายได้ในที่สุด

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างของระบบมาตรฐานต่างๆ

| มาตรฐานทั่วไป                                  | มาตรฐานควบคุม<br>กฎสำหรับการบริหารตาม 5S และการตรวจสอบคุณภาพ | มาตรฐานการ<br>ประกันคุณภาพ<br>และผลิตภัณฑ์   |                                |
|--|--|--|--------------------------------|
| มาตร<br>ฐาน<br>เกี่ยวกับ<br>หน้าที่<br>พื้นฐาน | สำรวจตลาด  | กฎสำหรับการสำรวจตลาด   | มาตรฐานผลิต<br>ภัณฑ์และการผลิต |
|  | วิจัยและพัฒนา  | กฎสำหรับการวิจัยและพัฒนาและการควบคุมสิ่งประดิษฐ์และความคิด   |                                |
|  | วางแผนผลิตภัณฑ์  | กฎสำหรับผลิตภัณฑ์และการบรรจุ   |                                |
|  | ออกแบบ   | มาตรฐานสำหรับการออกแบบ   |                                |
|  | เตรียมการผลิต  | มาตรฐานสำหรับการวางแผนการผลิตและการร่างแผนผังกระบวนการ   |                                |
|  | จัดซื้อจัดจ้าง   | ข้อกำหนดการซื้อ มาตรฐานการซื้อ มาตรฐานวัตถุดิบ ชิ้นส่วน<br>ข้อกำหนดสำหรับการจ้าง มาตรฐานการตรวจสอบเพื่อการยอมรับ |                                |
|  | การผลิต  | มาตรฐานทางเทคนิค มาตรฐานการใช้งาน มาตรฐานการบำรุงรักษา<br>เครื่องมือ   |                                |
|  | การตรวจสอบ   | กฎสำหรับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์  |                                |
|  | การขาย   | กฎสำหรับการควบคุมข้อกำหนด  |                                |
|  | บริการหลังการขาย   | กฎสำหรับการจัดการเรื่องร้องเรียนจากลูกค้า  |                                |

#### วงจรการบริหารงาน PDCA และวงจรการทำงาน SDCA

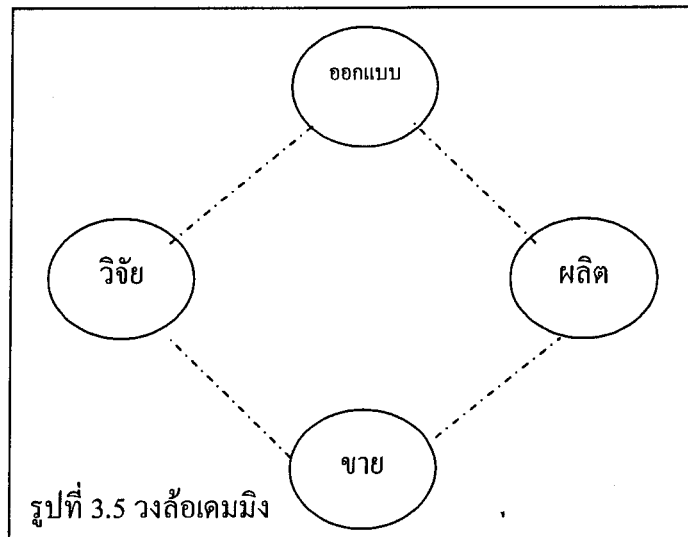
ถ้าเราจะเดินทางจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งโดยไม่มีเงื่อนไข หรือข้อจำกัดใดๆ เราก็คงไม่ต้องกังวลมากนักเมื่อถึงเวลาก็จัดเก็บเสื้อผ้าใส่กระเป๋า แล้วก็เริ่มเดินทาง จะถึงที่หมายวันไหนเส้นทางจะสะดวกปลอดภัยหรือไม่ เสียค่าใช้จ่ายเท่าใด ไม่ต้องคำนึงถึงแต่ในความเป็นจริงมีเงื่อนไขและปัจจัยแวดล้อมอีกมากมายที่เราจะต้องคำนึงถึงในการกระทำสิ่งต่างๆ เพราะเราต้องการไปถึงจุดหมายให้เร็วที่สุด ปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินและชีวิต นอกจากนั้นควรจะต้องประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด นี่เองจึงมีความจำเป็นจะต้องมีการวางแผนก่อนที่เริ่มดำเนินการใดๆ และลงมือปฏิบัติตามแผนงานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด หมั่นตรวจสอบเป็นระยะ และคอยแก้ไขปรับปรุงอยู่เสมอ เราเรียกสิ่งเหล่านี้ว่าวงจรการบริหารงานพีดีซีเอ (PDCA) และถ้าการดำเนินงานใดๆ ที่เราต้องการให้มีการปฏิบัติเป็นไปในแบบเดียวกันไม่ว่าจะกระทำโดยผู้ใดเราจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรฐานเพื่อการปฏิบัติงานนั้นๆ เราเรียกการทำงานดังกล่าวว่าวงจรการทำงานเอสดีซีเอ (SDCA)

ในตอนนี้อะไรจะทำความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรทั้ง 2 ถึงแนวคิดและวิธีการนำไปปฏิบัติให้เกิดผลในการยกระดับการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

### แนวคิดการบริหารงาน และการทำงานอย่างมีระบบ

**PDCA** มาจากคำภาษาอังกฤษ 4 คำ ได้แก่ การวางแผน (Plan) การลงมือปฏิบัติ (Do) การตรวจสอบ (Check) และการแก้ไขปรับปรุง (Act)

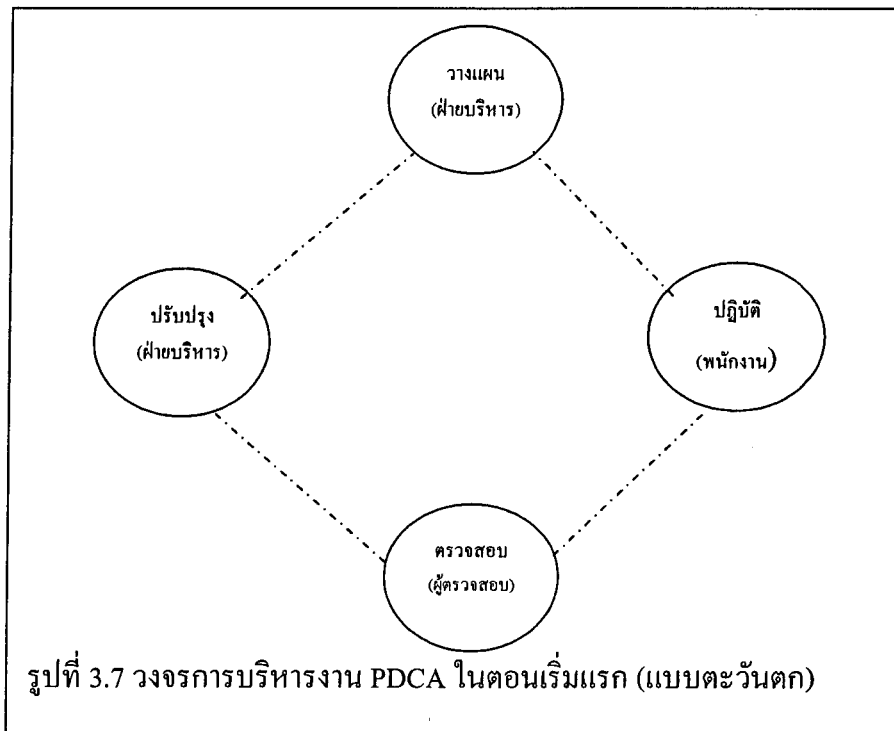
แนวคิดดั้งเดิมของวงจรการบริหารงานมาจากวงจรของความสัมพันธ์ 4 ฝ่ายในการทำงาน คือฝ่ายวิจัย ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต และฝ่ายขายที่เรียกว่าวงจรเดมมิง (Deming) Wheel) ดังภาพที่ 3.5 เดมมิงเน้นถึงความสัมพันธ์ของปฏิสัมพันธ์แบบคงที่ระหว่างการวิจัย การออกแบบ การผลิต และการขายภายใต้การปฏิบัติงานทางด้านธุรกิจของบริษัท เพื่อให้บรรลุถึงคุณภาพที่ดีกว่า ซึ่งจะช่วยให้ลูกค้าพึงพอใจ จึงน่าจะมีการหมุนเวียนขั้นตอนต่างๆ ทั้ง 4 ขั้นตอนอย่างสม่ำเสมอ โดยให้ถือว่าคุณภาพจะต้องมาก่อนสิ่งอื่นใด ต่อมาแนวคิดในเรื่องการหมุนเวียนวงล้อเดมมิงอย่างสม่ำเสมอเพื่อสิ่งที่ดีขึ้นนี้ได้ถูกขยายออกไปทุกส่วนของการบริหาร และสี่ขั้นตอนของวงล้อดังกล่าวถือว่าจะต้องเป็นไปเพื่อตอบสนองการปฏิบัติงานทางด้านการบริหาร โดย



| ออกแบบ   | วางแผนการผลิต      | การออกแบบผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับขั้นตอนการวางแผนของฝ่ายบริหาร   |
|----------|--------------------|--|
| การผลิต  | ทำ                 | การผลิตสอดคล้องกับการทำ การจัดการหรือการดำเนินงานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกแบบไป  |
| การขาย   | ตรวจสอบ (ตรวจ)     | ยอดขายข้อมยืนยันได้ว่าลูกค้าพอใจหรือไม่  |
| การวิจัย | ปฏิบัติการ (แก้ไข) | กรณีที่มีการร้องเรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการร้องเรียนไปใช้ในการวางแผน และใช้ในการก้าวสู่ระดับขั้นที่สูงขึ้นในความพยายามครั้งต่อไป การปฏิบัติการในขั้นนี้หมายถึง การปฏิบัติเพื่อการปรับปรุงให้ดีขึ้น |

รูปที่ 3.6 ภาพความสัมพันธ์ระหว่างวงล้อเดมมิงกับวงจรการบริหารงาน PDCA

ภายหลังแนวคิดนี้ได้ถูกดัดแปลงให้เข้ากับวงจรการบริหารงานที่ประกอบด้วย การวางแผน การลงมือปฏิบัติ การตรวจสอบ และการแก้ไขปรับปรุง ดังรูปที่ 3.6 แต่อย่างไรก็ตามวงจรดังกล่าว ยังไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มที่ จากความคิดที่ว่าแผนงานจะถูกกำหนดโดยผู้บริหารเหมือนการตั้งเป้าหมายให้พนักงานทำให้ได้ ขณะที่ผู้ปฏิบัติคือพนักงานมีหน้าที่จะต้องปฏิบัติให้ได้ผลลัพธ์ตรงตามเป้าหมาย ที่ผู้บริหารกำหนดขึ้น โดยมีผู้ตรวจสอบคอยตรวจสอบอยู่เป็นระยะและคอยรายงานผลการตรวจสอบระหว่างเป้าหมายและผลลัพธ์ที่ได้ให้กับผู้บริหารรับทราบเพื่อที่ว่าจะได้มีการแก้ไขได้ทันท่วงทีในกรณีที่ไม่สามารถทำได้ตามเป้าหมายที่วางไว้จะเห็นได้ว่าพนักงานขาดการมีส่วนร่วมในการวางแผนและแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นจึงมีความพยายามที่จะทบทวนและแก้ไขวงจรบริหารงานดังกล่าวในรูปแบบที่ดีขึ้นหรือที่เรารู้จักกันดีว่าเป็นวงจรการบริหารงานแบบญี่ปุ่น



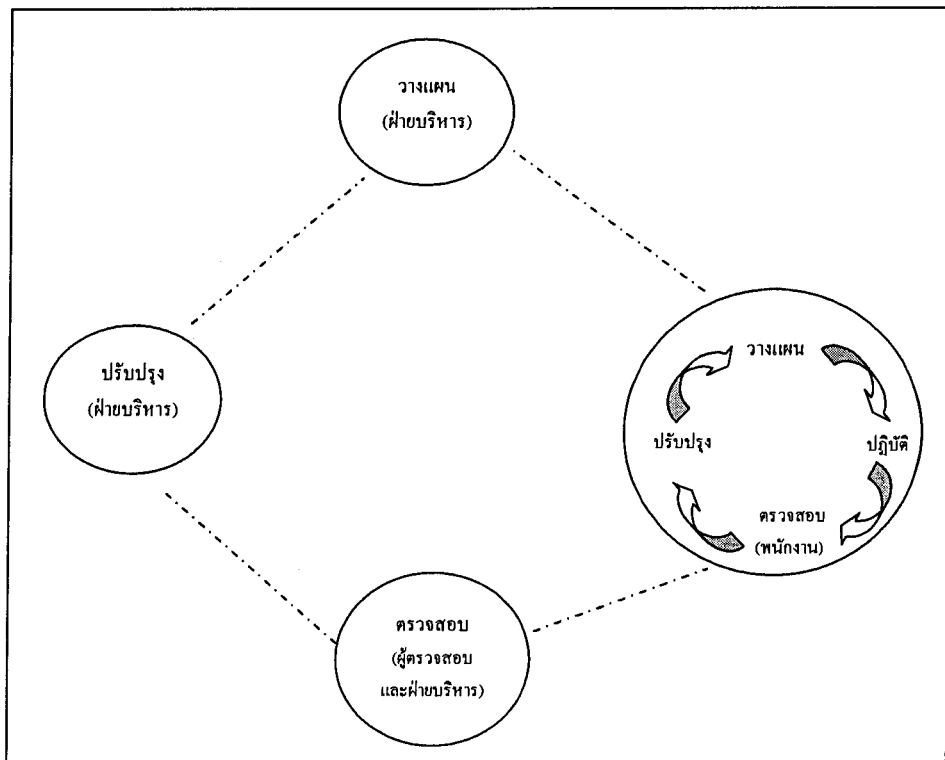
### วงจรบริหารงาน PDCA

อันดับแรกสุดเราจำเป็นต้องทำความเข้าใจอย่างกระชับถึงความแตกต่างระหว่างวงจรบริหารงาน PDCA แบบตะวันตก และวงจรบริหารงาน PDCA แบบญี่ปุ่น ในรูปแบบเดิมของตะวันตกอาจเรียกได้ว่าเป็นแบบแข็งกร้าว โดยจะใช้รางวัลและการบังคับบัญชาควบคุมกันไป แผนงานจะถูกทำและตัดสินใจโดยฝ่ายบริหาร และมอบหมายให้พนักงานไปปฏิบัติในรูปแบบของเป้าหมายซึ่งจะกำหนดไว้ที่ระดับตัวเลขค่อนข้างสูงพนักงานมีหน้าที่ปฏิบัติให้ได้ตามเป้าหมาย

ดังกล่าวการตรวจสอบจะถูกตรวจสอบโดยฝ่ายบริหารเพื่อที่จะดูว่าผลการปฏิบัติงานของพนักงานเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ การแก้ไขจะถูกกระทำโดยพนักงานโดยการกำกับดูแลโดยฝ่ายบริหาร กรณีที่ทำได้ตามแผนงานหรือเป้าหมายพนักงานคนนั้นก็จะได้รางวัล แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ตามเป้าหมายก็จะถูกประเมินให้อยู่ในระดับความสามารถที่ต่ำ

คนญี่ปุ่นเรียนรู้วงจรการบริหารงาน PDCA จากอเมริกา แต่ได้นำมาปรับใช้ในหนทางที่แตกต่างในรูปแบบที่นุ่มนวลกว่า โดยอยู่บนพื้นฐานของ 2 สิ่ง คือ การสื่อสาร และ ความร่วมมือดังรูปที่ 3.8 โดยที่แผนการจะถูกตัดสินใจโดยฝ่ายบริหาร จากนั้นจะส่งแผนการดังกล่าวด้วยช่องทางการสื่อสารระหว่างฝ่ายบริหาร หัวหน้างาน และพนักงานตามลำดับขั้น เป้าหมายจะกำหนดไว้ในระดับที่พอจะเป็นไปได้ในระยะเวลาอันสั้นและอยู่ในระดับที่ท้าทายความสามารถในระยะกลางและยาว พนักงานจะลงมือปฏิบัติ และทุ่มเทอย่างเต็มที่การตรวจสอบถูกกระทำเพื่อค้นหาว่าเกิดความยุ่งยากและมีปัญหาอะไร (ไม่ใช่การจับผิด) การแก้ไขเป็นการช่วยให้พนักงานประสบความสำเร็จในการที่จะทำได้ตามเป้าหมายด้วยแนวทางดังกล่าวพนักงานจะได้รับการอบรมให้รู้จักการวางแผนงาน การปฏิบัติ การตรวจสอบและการแก้ไขด้วยตนเอง

รูปที่ 3.8 วงจรการบริหารงาน PDCA ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว (แบบญี่ปุ่น)



วงจรการบริหารงาน PDCA เป็นเครื่องมือที่สำคัญในอันที่จะนำไปสู่การปรับปรุงโดยวงจรนี้จะเริ่มต้นด้วยการศึกษาศถานการณ์ปัจจุบันในขณะเดียวกันก็จะมีการรวบรวมข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการกำหนดแผนงานเพื่อการปรับปรุงเมื่อแผนงานได้รับการจัดทำขึ้นเรียบร้อยแล้ว ก็จะถูกนำไปใช้ในทางปฏิบัติ หลังจากนั้นก็จะมีการตรวจสอบวิธีนำแผนไปปฏิบัติเพื่อจะได้ว่าได้นำไปสู่การปรับปรุงตามที่คาดหมายไว้หรือไม่ เมื่อการทดลองปรับปรุงประสบความสำเร็จก็จะไปสู่กระบวนการสุดท้ายได้แก่การกำหนดมาตรฐานการทำงานเพื่อให้แน่ใจว่าวิธีใหม่นี้ที่นำมาใช้เหล่านี้ จะถูกนำไปปฏิบัติอย่างต่อเนื่องวงจรบริหาร PDCA จะดำเนินไปรอบแล้วรอบเล่าทันทีที่มีการปรับปรุงเกิดขึ้นการปรับปรุงดังกล่าวก็จะกลายเป็นมาตรฐานเพื่อสอดคล้องกับแผนงานใหม่เพื่อจะได้มีการปรับปรุงต่อไปอีก เมื่อได้บรรลุถึงจุดมาตรฐานที่สูงสุดดังกล่าวนี้แล้ว กระบวนการใดเช่นนี้ก็จะกลายเป็นที่เข้าใจโดยปริยาย

ด้วยเหตุนี้ PDCA จึงเป็นที่เข้าใจกันว่าเป็นกระบวนการที่กำหนดมาตรฐานใหม่ขึ้นมา เพื่อให้มีความสอดคล้อง เพื่อเป็นการทบทวนและเพื่อแทนที่ด้วยมาตรฐานที่ใหม่กว่าขณะที่คนงานชาวตะวันตกส่วนมากมองว่ามาตรฐานต่างๆ เป็นเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้ตายตัวนักปฏิบัติการ PDCA ชาวญี่ปุ่นกลับมองมาตรฐานดังกล่าวว่าเป็นจุดเริ่มต้นในการทำงานที่ดีกว่าในครั้งต่อไป

### ตัวอย่างที่ 1 Do Do Do Do

เราจะพบเห็นตัวอย่างนี้ได้ในการทำงานทั่วไปที่ไม่มีประสิทธิผลและประสิทธิภาพวิศวกรและนายช่างกลุ่มหนึ่งเมื่อได้รับมอบหมายให้ลองเรือในแม่น้ำเจ้าพระยาจากสะพานพระราม 6 ผ่านสะพานกรุงธน สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า สะพานพระพุทธยอดฟ้า จนถึงสะพานสาทร โดยเริ่มออกเรือในเวลา 09.00 น. และกำหนดไปให้ถึงเวลา 12.00 น. ตรง วิศวกรและนายช่างกลุ่มดังกล่าวได้ยืนตั้งนั้นจึงตกลงถึงวิธีการลองเรือดังกล่าวโดยใช้เวลาไม่ถึง 10 นาที ก็ตกลงกันได้โดยวิศวกรและนายช่างกลุ่มดังกล่าวทำการเช่าเรือที่เล่นเร็วที่สุดโดยไม่คำนึงว่าจะแพงเท่าไรจากนั้นจึงทำการลองเรือ โดยสามารถมาถึงสะพานสาทรก่อนเวลาตามที่กำหนด คือ มาถึงเวลา 10.30 น.เมื่อมาถึงก่อนเวลาวิศวกรและนายช่างกลุ่มดังกล่าวจึงวนเรืออยู่ไปมาเพื่อรอเวลาเทียบท่าและเมื่อได้เวลาใกล้ 12.00 น. จึงเล่นเรือเข้าเทียบท่า การปฏิบัติดังกล่าวเป็นตัวอย่างของความไม่มีประสิทธิภาพ ไม่รู้ด้วยว่าจะไปถึงที่หมายตามกำหนดหรือไม่จึงทำให้ต้องเสียเงินไปในจำนวนที่มากเกินความจำเป็นจากการเช่าเรือ

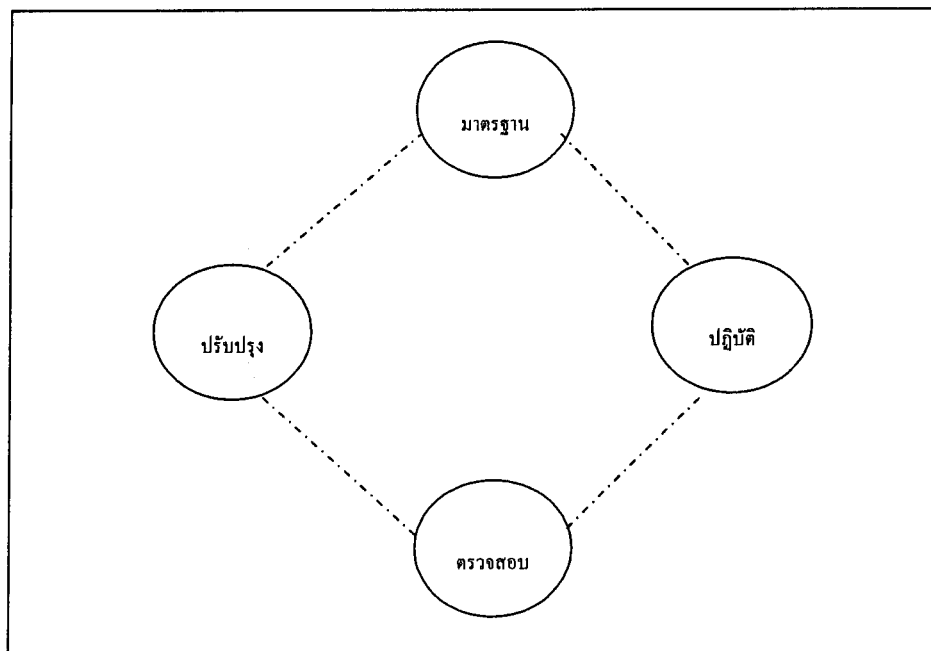
### ตัวอย่างที่ 2 Plan Do Plan Do

จากการมอบหมายงานตามตัวอย่างที่ 1 วิศวกรและนายช่างกลุ่มที่ 2 ใช้เวลาค่อนข้างมากในการประชุม เตรียมงาน และสรุปถึงปัจจัยที่สำคัญในการลองเรือ อาทิ กระแสน้ำ ทิศทางของลม

ประเภทของเรือ และ ความเร็วระยะทางจากสะพานแรกจนถึงสะพานสุดท้าย ตลอดจนน้ำหนักของ ผู้ที่จะต้องอยู่ในเรือทั้งหมด จากนั้นจึงทำการล่องเรือด้วยความเร็วคงที่โดยใช้เรือที่มีความเร็วต่ำกว่า กลุ่มที่ 1 และเสียค่าเช่าถูกกว่าเพราะเชื่อมั่นในการคำนวณของตน แต่ผลปรากฏว่าวิศวกรและนาย ช่างกลุ่มที่ 2 ต้องไปถึงท่าเรือที่สะพานสารซ้ากว่ากำหนด 30 นาที กรณีดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีการวางแผนงานที่ดี แต่ผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามแผน เรียกว่ามีประสิทธิภาพ แต่ขาดประสิทธิผล

### ตัวอย่างที่ 3 Plan Do Check Act

จากการมอบหมายงานตามตัวอย่างที่ 1 วิศวกรและนายช่างชุดที่ 3 ได้ประชุมวางแผน เช่นเดียวกับวิศวกรและนายช่างกลุ่มที่ 2 แต่ในการล่องเรือได้กำหนดให้สะพานแต่ละสะพานที่แล่น ผ่านเป็นจุดตรวจสอบโดยคำนวณไว้ว่าควรจะแล่นเรือถึงแต่ละสะพานประมาณเวลาเท่าไรและ ล่องเรือจริงพบว่าไปถึงสะพานล่าช้ากว่ากำหนด จึงเร่งเครื่องเพื่อไปให้ถึงสะพานที่ 2 ตาม กำหนดเวลาและไปถึงท่าเรือที่สะพานสารตามกำหนดเวลาพอดี การล่องเรือแบบนี้เรียกว่ามี ประสิทธิภาพและประสิทธิผล เลือกใช้เรือในขนาดที่เหมาะสมไม่เสียค่าใช้จ่ายมากและมีการ ปรับปรุงทุกครั้งที่ตรวจสอบว่าการล่องเรือไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนด เพื่อให้การล่องเรือเป็นไป อย่างมีประสิทธิภาพบรรลุเป้าหมาย



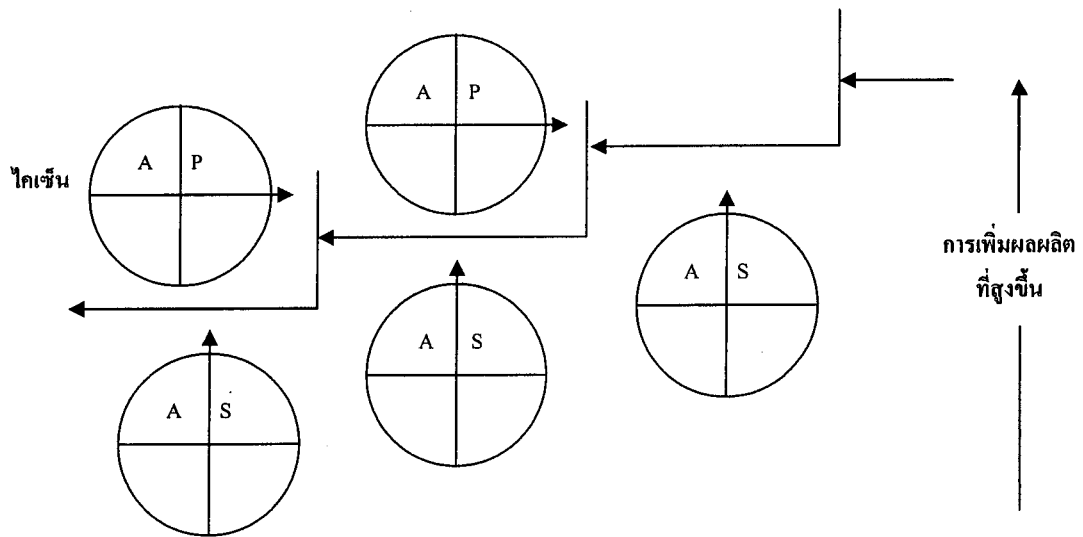
รูปที่ 3.9 วงจรการทำงาน SDCA



**วงจรการทำงาน SDCA**

และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงจะยังคงอยู่ ก่อนและหลังการนำวงจรการบริหารงาน PDCA ไปใช้นั้น ก็ยังต้องมีการรักษาเสถียรภาพของมาตรฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเสียก่อนกระบวนการสร้างเสถียรภาพมักจะเรียกกันว่าวงจรการทำงาน SDCA ดังรูปที่ 3.9 ซึ่งได้แก่ มาตรฐาน(Standard) การลงมือปฏิบัติ(Do) การตรวจสอบ(Check)การแก้ไขปรับปรุง(Act)

ทุกฝ่ายควรจะใช้วงจรทั้ง 2 ร่วมกันอยู่ตลอดเวลา หลังจากที่ได้กำหนดมาตรฐานและทำให้มาตรฐานดังกล่าวมีเสถียรภาพแล้ว เราจะเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่อยู่ถัดไปโดยการใช่วงจรการบริหารงาน PACA ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะยกระดับมาตรฐานให้ดีขึ้น การทำเช่นนี้จะมีการใช้วงจรการทำงาน SDCA เพื่อสร้างความมั่นคงและเพื่อสร้างมาตรฐานให้กับเงื่อนไขต่างๆ ให้กับวงจรการบริหารงาน PDCA ทั้งนี้ทั้งนั้นเพื่อที่จะได้ทำให้วงจร SDCA และวงจร PDCA มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ของวงจร PDCA และ วงจร SDCA กับโคเซ็น และการรักษาเสถียรภาพ

ตัวอย่างของการทำงานตามมาตรฐานจะพบเห็นได้ง่ายในบริษัทที่ผ่านการรับรองระบบคุณภาพ ISO9000 เพราะตามระบบดังกล่าว ในทุกระบวนการของการทำงานที่ส่งผลกระทบต่อสินค้าและบริการจะต้องจัดทำขึ้นมาในรูปของเอกสาร เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานในส่วนต่างๆปฏิบัติตามให้เหมือนกับการปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนดไว้ในระเบียบปฏิบัติต่างๆ เรียกว่าเป็นการปฏิบัติตามมาตรฐาน ตามวงจร PDCA และแน่นอนจะต้องมีการตรวจสอบอยู่เสมอว่าพนักงานได้ปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติหรือไม่

## 5ส เทคนิคพื้นฐานการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิต

1. 5ส เป็นแนวทางการจัดระเบียบเรียบร้อยในสถานที่ทำงานเพื่อก่อให้เกิดสภาพการทำงานที่ดีปลอดภัย มีระเบียบเรียบร้อย อันจะนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตที่สูงขึ้น
2. ส. สะสาง หมายถึง การแยกของที่จำเป็นออกจากของที่ไม่จำเป็น และ จัดของที่ไม่จำเป็นออกไป หัวใจของ ส.สะสาง คือ ต้องมั่นใจว่าในสถานที่ทำงานมีเฉพาะของที่จำเป็นต่อการใช้งานเท่านั้น
3. ส. สะดวก หมายถึง การจัดวางหรือจัดเก็บสิ่งของต่างๆในที่ทำงานให้เป็นระเบียบเพื่อความสะดวกและปลอดภัยและคงไว้ซึ่งคุณภาพ ประสิทธิภาพในการทำงาน หัวใจของ ส. สะดวกคือ มีที่สำหรับของทุกสิ่ง และ ของทุกสิ่งต้องอยู่ในที่ของมัน
4. ส. สะอาด หมายถึง การทำความสะอาด (ปัด, กวาด, เช็ด, ถู) เครื่องจักร อุปกรณ์ รวมทั้งบริเวณพื้นที่ทำงานโดยรอบ หัวใจของ ส.สะอาดคือ การทำความสะอาดคือการตรวจสอบ
5. ส. สุขลักษณะ หมายถึง การรักษามาตรฐานการปฏิบัติ 5ส แรกที่ดีไว้ ค้นหาสาเหตุต่างๆ เพื่อยกระดับมาตรฐานให้สูงขึ้น หัวใจของ ส.สุขลักษณะ คือ รักษามาตรฐาน และปรับปรุงให้ดีขึ้น
6. ส. สร้างนิสัย หมายถึง การอบรมและการปฏิบัติงาน 4ส แรกอย่างสม่ำเสมอจนเป็นนิสัย หัวใจของ ส. สร้างนิสัย คือ สร้างทัศนคติที่ดีในการทำงาน

เราจะเห็นได้ว่าการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตที่ลงทุนน้อยและยั่งยืน คือ การปรับปรุงวิธีการทำงาน และระบบงานด้วยการพัฒนาทรัพยากรบุคคล ด้วยการให้ความรู้และจงใจให้พนักงานได้มีส่วนร่วมคิดและหาวิธีการใหม่ๆ ให้การทำงานมีความสะดวกคล่องตัวมากขึ้นหนึ่งในหลายวิธีการที่ถือได้ว่าเป็นเทคนิคพื้นฐานที่ทำให้คนในบริษัทมีคุณภาพสามารถปรับปรุงงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงานให้ดีขึ้นได้นั้นคือ 5ส หรือ 5S ในภาษาญี่ปุ่น ที่มาจากคำภาษาญี่ปุ่น 5 คำ คือ เซริ(Seiri) เซตง(Seiton) เซโซ(Seiso) เซเกทสึ(Seiketsu) และ ชิทซึเกะ(Shitsuke)

ตอนนี้เราจะมาทำความรู้จักถึงแนวคิดและวิธีการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตด้วยเทคนิคพื้นฐาน 5ส

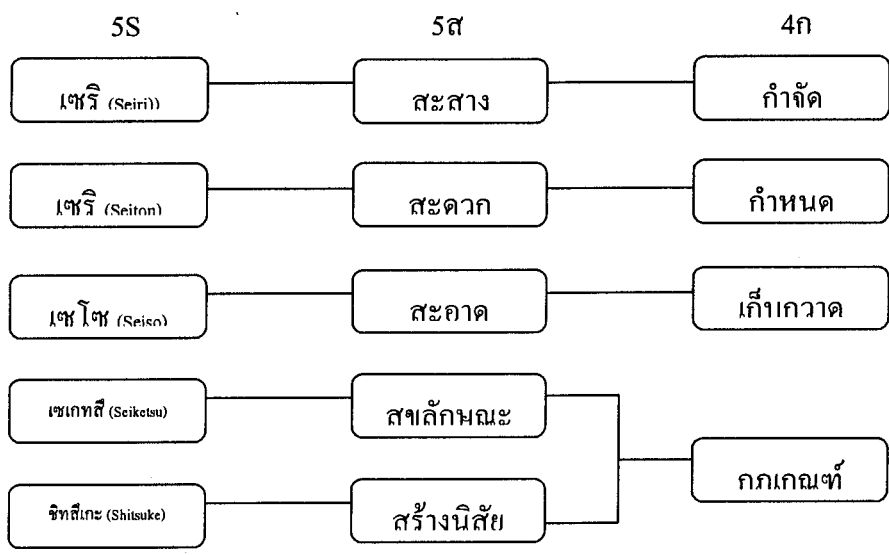
### ความเป็นมาและประโยชน์ที่ได้รับ

เรื่องความเป็นระเบียบเรียบร้อยและการทำความสะอาดสถานที่ทำงานถือเป็นความจำเป็นในประเทศตะวันตกทั้งหลาย การจัดระเบียบเรียบร้อยและการทำความสะอาดสถานที่ทำงานนั้นได้ปฏิบัติกันอย่างมีระบบมากกว่าในประเทศญี่ปุ่นอย่างไรก็ตามการปฏิบัตินั้นมีการกำหนดมาตรฐานโดยผู้ชำนาญการด้านการทำความสะอาดโดยเฉพาะมิใช่เป็นกิจกรรมที่แต่ละบุคคลคิดริเริ่มขึ้น

ในญี่ปุ่นการจัดระเบียบเรียบร้อยในการทำงานนั้น ปฏิบัติกันเป็นกิจวัตร และถือเป็นเรื่องของสามัญสำนึกไม่ได้มีวิธีการที่เป็นระบบแต่อย่างใด เป็นการมุ่งเน้นในเรื่องของการสร้างนิสัยในตัวเองมาเป็นเวลาช้านานในตอนเริ่มแรกนั้นปฏิบัติกันมากในกลุ่มช่างฝีมือในยุคของการพัฒนาอุตสาหกรรมการปฏิบัตินั้นมุ่งเน้นเพื่อความปลอดภัยโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมหนักต่อมาก็มุ่งประเด็นที่สิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญ และก็มาเน้นการจัดระเบียบเรียบร้อยและความสะอาดในสถานที่ทำงานเพื่อยกระดับคุณภาพประสิทธิภาพ และการเพิ่มผลผลิต

ปี ค.ศ. 1985 การจัดระเบียบเรียบร้อยในสถานที่ทำงานแบบญี่ปุ่นได้ถูกจัดระเบียบว่า 5S มีการจัดพิมพ์หนังสือ 5S เล่มแรกขึ้นในช่วงต้นปี ค.ศ. 1986 และเป็นหนังสือที่ขายดีที่สุดเล่มหนึ่ง ไม่เคยมีใครคิดมาก่อนว่าหนังสือที่เป็นเรื่องสามัญสำนึกเล่มนี้จะติดอันดับเป็นที่นิยมได้และมีการเขียนหนังสือเรื่อง 5S กับการปรับปรุงงานการยกระดับคุณภาพ ประสิทธิภาพในโรงงานอีกหลายเล่มโดยสำนักพิมพ์ของประเทศทางตะวันตก

สำหรับประเทศไทย บริษัทแรกที่ดำเนินกิจกรรม 5S คือบริษัท เอ็นเอสเอสสปริง (ประเทศไทย) จำกัด ต่อมาก็มีบริษัทญี่ปุ่นอีกหลายบริษัทนำมาปฏิบัติ บริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด เป็นบริษัทไทยแห่งแรกที่นำ 5S มาใช้ และได้กำหนดคำภาษาไทยขึ้น 5 คำ สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ สร้างนิสัย ซึ่งใช้กันมาจนถึงทุกวันนี้ แต่ก็มีบางบริษัทที่ดำเนินกิจกรรม 5S แต่ไม่เรียก 5S เช่น บริษัทไทยบริดจส์โตน จำกัด เรียกว่า 4ก (กำจัด กำหนด เก็บกวาด กฎเกณฑ์) เป็นต้น



ปัจจุบัน 5ส กลายเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในญี่ปุ่น สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ไทย มีเอกสาร ไปสเตอร์ หนังสือ วิดีทัศน์ ฯลฯ มากมายทั้งภาษาอังกฤษ ญี่ปุ่น ไทย จีน ในยุโรป และสหรัฐอเมริกา ก็ได้ยอมรับเอากิจกรรม 5ส และ กิจกรรมปรับปรุงอย่างต่อเนื่องรวมไว้เป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคการบริหารการผลิตและปรับปรุงการเพิ่มผลผลิต

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำ 5ส

**พนักงาน** เมื่อทำ 5ส จนบรรลุผลแล้วจะทำให้

1. พนักงานทุกคนได้คิดและพิจารณาว่าสถานที่ทำงานของทุกคนควรจะถูกจัดวางอย่างไรให้มีประสิทธิภาพ
2. สถานที่ทำงาน ดูน่าอยู่ น่าทำงาน
3. งานของทุกคนง่ายขึ้น ไม่ยุ่งยากและเสียเวลามาก
4. ช่วยให้ความสัมพันธ์ระหว่างพนักงานด้วยกันดีขึ้น ไม่ก่อให้เกิดความขัดแย้ง

**บริษัท**

1. บริษัทจะสามารถผลิตสินค้าได้ในปริมาณที่มากขึ้น คุณภาพสินค้าดีขึ้น ต้นทุนการผลิตลดลงเกิดความน่าเชื่อถือต่อลูกค้า มีความเจริญเติบโต

### คำจำกัดความของ 5ส

ถ้าเรามาพิจารณาอย่างลึกซึ้งแล้ว เราจะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในชีวิตประจำวันแต่ละวันนั้น (ไม่รวมเวลานอน) ประมาณครึ่งหนึ่งเป็นส่วนที่ต้องเกี่ยวข้องกับการทำงาน ในเมื่อเป็นเช่นนี้แล้วทำไมเราไม่ช่วยกันทำให้ที่ทำงานของเราเป็นสวรรค์เป็นบ้านที่สองที่น่าอยู่ น่าทำงาน

เครื่องจักรอุปกรณ์ก็เปรียบเสมือนเครื่องมือหาเลี้ยงชีพของเรา ลองนึกถึงคนขับรถรับจ้าง เราจะเห็นได้เป็นอย่างดีว่ารถยนต์ในที่นี้ก็คือเครื่องจักรที่ใช้หาเลี้ยงชีพนั่นเองหากวันใดวันหนึ่งรถยนต์เกิดเสียหายไม่สามารถวิ่งรับส่งผู้โดยสารได้วันนั้นคงเป็นวันที่เขาโชคร้าย เพราะไม่สามารถหาเงินไปเลี้ยงครอบครัวได้ไม่ต่างจากการทำงานในโรงงานของเราทุกคน โต๊ะทำงาน เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ล้วนแล้วแต่เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดรายได้แทบทั้งสิ้น ทำไมเราไม่มาช่วยกัน สรรสร้างพื้นที่การทำงาน อาคาร สถานที่ สภาพแวดล้อม และสิ่งของต่างๆ ให้มีปริมาณที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่าย จัดวางอย่างถูกวิธีไม่มีปัญหาการหยิบใช้ สะอาดตา สบายใจ

สะดวก เป็นการแยกและกำจัดของที่ไม่จำเป็น มีความหมายในทางปฏิบัติ คือ แยกสิ่งของที่ไม่จำเป็นและเคลื่อนย้ายออกไป รวมทั้งปริมาณของที่เกินความจำเป็นออกจากบริเวณที่ทำงาน

คงไม่ต้องประหลาดใจเพราะดูเหมือนว่าเป็นแนวคิดที่ง่าย ใครๆก็รู้กัน แต่มันกลับเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความเข้าใจผิดและนำไปสู่การปฏิบัติไม่ถูกต้องได้ และที่สำคัญมันไม่ง่ายเลยที่จะทำการ

แยกแยะสิ่งของทั้งสองประเภทออกจากกัน ในช่วงแรกของการจัดสิ่งของที่ไม่ต้องการออกจากพื้นที่อาจทำให้เราเครียดได้เหมือนกันเพราะคนโดยส่วนใหญ่มักจะเก็บทุกสิ่งไว้เพราะคิดว่าคงจะได้ใช้ในอนาคตต่างๆที่ไม่รู้หรือไม่แน่ใจด้วยซ้ำไปว่าจะได้ใช้มันหรือไม่ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของคำว่า “สะสม” และสิ่งที่สะสมด้วยความเสียดายนั้นนับวันก็จะทำให้เกิดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นจากการสะสมสิ่งต่างๆไว้จนเต็มไปหมดได้แก่

1. สินค้าที่ล้นโกดังและถูกจัดวางไปทั่วทุกที่รอบๆ โรงงาน พื้นที่ปฏิบัติงาน ทางเดิน ไม่เว้นแม้แต่ลานหน้าโรงงาน เป็นผลให้โรงงานคับแคบไม่มีพื้นที่พอสำหรับการปฏิบัติงานและการขนส่ง
2. การขนส่งที่ล่าช้าต้องอ้อมไปอ้อมมาไม่มีความสะดวกเพราะทุกอย่างถูกจับวางบนพื้น เราไม่สามารถขนย้ายได้ทันที
3. ปริมาณสินค้าคงคลังที่มากเกินไปก่อให้เกิดความต้องการกินพื้นที่และยากในการค้นหา
4. สินค้าที่เก็บไว้นานจนล้าสมัย ไม่มีใครซื้อ บางสินค้าอยู่นานจนลืมหืมตาหรือเสียหายในที่สุด
5. ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจากเครื่องจักรที่ผิดปกติ

**สะดวก** เป็นการจัดสิ่งที่ไม่จำเป็นให้ง่ายในการใช้ มีความหมายในทางปฏิบัติคือ จัดให้ง่ายในการใช้เก็บไว้ในสภาพที่ดี และไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาด

การทำเช่นนี้จะช่วยลดการสูญเสียเวลา ในการค้นหา การหยิบและการจัดเก็บไม่ผิดพลาด ซึ่งส่งผลให้การผลิตสินค้าและการให้บริการรวดเร็ว และถูกต้อง การทำ ส สะดวก ควรจะปฏิบัติทุกครั้งที่มีการจัดเก็บ จัดวาง โดยมากมักจะทำหลังจากการทำ ส สะอาด แล้ว เพื่อให้สิ่งของที่เราคัดแยกและพิจารณาแล้วว่า เป็นสิ่งที่ต้องการ ได้รับการพิจารณาอย่างถูกวิธีโดยคำนึงถึง คุณภาพ ประสิทธิภาพ และ ความปลอดภัย

**สะอาด** เป็นการจัดทำความสะอาดทั่วทั้งหมด มีความหมายในทางปฏิบัติคือ ทำความสะอาดและตรวจสอบให้ทั่วทั้งหมด

ในโรงงานการทำ ส สะอาด จะส่งผลให้เครื่องจักรมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นลดการสึกหรอ และการสะสมหยุดงานของเครื่องจักร อีกทั้งยังทำให้เราเห็นสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นด้วย เช่น การแตกร้าว การรั่วซึม เป็นต้น การทำ ส สะอาด ควรจะถูกแทรกเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการซ่อมบำรุงประจำวันด้วย

**ปลอดภัย** เป็นการรักษามาตรฐานที่ดี มีความหมายในทางปฏิบัติ คือ ป้องกันไม่ให้เกิดความสกปรกและรักษาสุขอนามัยที่ดีไว้

ส สุขลักษณะ จะแตกต่างจากการทำ 5ส แรก (สะอาด สะดวก สะอาด) ตรงที่ 2 ส แรก เป็นการลงมือปฏิบัติให้เกิดผล แต่ ส สุขลักษณะ เป็นการจัดทำระบบขึ้นเพื่อรักษาสภาพที่เกิดขึ้นจากการทำ 2 ส แรก และการที่จะทำให้คงสภาพอยู่อย่างนั้นได้ ก็มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดมาตรฐานขึ้นมารองรับการทำ 2 ส แรก

**สร้างนิสัย** เป็นการรักษาวินัยของตนเอง และ เมื่อทุกคนในโรงงาน หรือ ในบ้านเกิดลักษณะนิสัยเป็นแบบเดียวกัน เน้นอนความขัดแย้งย่อมไม่เกิด หลังจากการร่วมแรงร่วมใจช่วยกันดูแลก็จะทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีในที่สุด

ในบางโรงงานเสียเวลาไปกับการจัดวางสิ่งของและทำความสะอาดอย่างมากในตอนแรก แต่พบว่าสภาพที่ดีนั้นไม่ยั่งยืน และมักจะกลับคืนสู่สภาพเดิมๆ ที่เคยเป็นมาในไม่ช้า ที่เป็นเช่นนั้นเพราะขาดการปฏิบัติ ส สองตัวหลังอย่างจริงจัง และตั้งใจ เพราะ ส.สุขลักษณะ และ ส.สร้างนิสัย จะทำให้การทำ 5ส นั้นยั่งยืน

#### **จุดประสงค์การทำ 5ส**

การทำ 5ส ไม่ได้ทำขึ้นเพื่อความสวยงาม และ ความเป็นระเบียบเรียบร้อยเท่านั้น หากแต่เพื่อการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตโดยมุ่งเน้นที่คุณภาพ ประสิทธิภาพ และ ความปลอดภัย

#### **ความปลอดภัย**

การทำ 5ส จะทำให้เกิดความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน ไม่มีสิ่งที่ไม่ต้องการในโรงงาน และพื้นที่ปฏิบัติงานอันจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ อาทิการเดินชนสิ่งของที่วางเกะกะเต็มพื้นที่ ปฏิบัติงาน สิ่งของวางปิดกั้นทางหนีไฟ สิ่งของที่หนักถูกจัดวางไม่เหมาะสมบนชั้นวางทำให้โคลนล้มลงมา หรือการลื่นไถลจากการที่พื้นลื่นมีน้ำ หรือ น้ำมัน ไหลหยดตามพื้น

#### **ประสิทธิภาพ**

การทำ 5ส ทำให้เกิดความมีประสิทธิภาพในการทำงาน จากการทำที่โรงงานมีแต่ของที่จำเป็นเท่านั้นทำให้มีพื้นที่ส่วนเกินกลับคืนมา ไม่ดูแออัดวุ่นวาย การจัดวางของอย่างเป็นระเบียบมีสัญลักษณ์บอกอย่างชัดเจน ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องการค้นหา สามารถหยิบใช้ได้อย่างคล่องตัว รวดเร็ว และ ถูกต้อง

#### **คุณภาพ**

การทำ 5ส ทำให้ชิ้นงาน เครื่องจักรเกิดคุณภาพ นั่นคือเราจะไม่พบของที่แตกหักเสียหายที่เกิดจากการจัดเก็บที่ไม่ถูกต้อง ไม่พบสิ่งของที่หมดอายุจากการหาไม่เจอ มีแต่เครื่องจักรที่พร้อมจะผลิตสินค้าที่ดีจากการที่ได้รับการดูแลเอาใจใส่ ทำความสะอาด ตรวจสอบ และ บำรุงรักษาเป็นระยะ

### ส ที่ 1 สะสาง

สะสาง หมายถึง การแยกของที่จำเป็นออกจากของที่ไม่จำเป็น และ จัดของที่ไม่จำเป็นออกไป

หัวใจของการทำ ส สะสาง คือ ต้องมั่นใจว่าในสถานที่ทำงานมีเฉพาะของที่จำเป็นต่อการใช้งานเท่านั้น

#### 5 คำถาม 5ส

เพื่อให้การทำ ส สะสาง เป็นไปอย่างบรรลุผล จะต้องสังเกตจุดต่างๆ ในสถานที่ทำงาน และบริเวณรอบๆ เพื่อแสวงหาวิธีการปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ ซึ่งทำได้โดยการตั้งคำถามเพื่อใช้เป็นแนวทางดังนี้

1. มีเศษ วัสดุ หรือ สิ่งของต่างๆ เกะกะหรือตกหล่นตามพื้นหรือไม่
2. มีการวางอุปกรณ์ หรือ เครื่องมือต่างๆ บนพื้นหรือบริเวณที่ทำงานหรือไม่
3. มีของที่ไม่จำเป็นปะปนอยู่บริเวณที่ทำงานหรือไม่
4. ตู้ ชั้นวางของ และ โต๊ะทำงานเต็มไปด้วยของที่ไม่จำเป็นหรือไม่
5. สถานที่ทำงานไม่เป็นระเบียบ สกปรกเลอะเทอะหรือไม่

|                     |                 |                         |  |
|---------------------|-----------------|-------------------------|--|
| สิ่งของที่จำเป็น    | ใช้บ่อย         | ทุกวัน<br>ทุกสัปดาห์    | เก็บไว้ใกล้ตัว<br>เก็บไว้บริเวณใกล้ที่ทำงาน        |
|                     | ใช้เป็นบางครั้ง | ทุกเดือน<br>ทุก 2 เดือน | เก็บไว้ใกล้กระบวนการที่ใช้                         |
|                     | นานๆ ใช้        | ประมาณ 2 ครั้ง/ปี       | เก็บไว้นอกบริเวณที่ทำงาน                           |
| สิ่งของที่ไม่จำเป็น | ไม่ใช่แล้ว      |                         | ขจัดออกไปจากหน่วยงาน<br>มีค่า-ขาย / ไม่มีค่า-ทิ้ง) |

#### หลักการทั่วไปของการแยกสิ่งจำเป็นและสิ่งที่ไม่จำเป็น

การเริ่มต้นสะสางสำหรับโรงงานที่ไม่เคยทำมาก่อนจะให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ เพราะสภาพแวดล้อมที่ดี พื้นที่ เวลา เงิน พลังงาน และทรัพยากรอื่นๆ จะกลับคืนมา การสื่อสารระหว่างพนักงานก็ดีขึ้นจากการร่วมแรงร่วมใจในการสะสาง

#### ประโยชน์ที่ได้รับจากการสะสาง

1. ขจัดความสิ้นเปลืองของการใช้พื้นที่
2. ขจัดความสิ้นเปลืองของอุปกรณ์เครื่องใช้
3. ขจัดความสิ้นเปลืองของผู้เก็บเอกสารและชั้นวางของ

#### 4. ขจัดความผิดพลาดในการทำงาน

##### ส ที่ 2 สะดวก

สะดวก หมายถึง การจัดวางหรือจัดเก็บสิ่งของต่างๆ ในที่ทำงานให้เป็นระเบียบเพื่อความสะดวกและปลอดภัยและคงไว้ซึ่งคุณภาพ ประสิทธิภาพในการทำงาน

หัวใจของการทำ ส สะดวก คือ มีที่สำหรับของทุกสิ่งและทุกสิ่งต้องอยู่ในที่ของมัน

##### 5 คำถาม 5ส

เพื่อให้การทำ ส สะดวก เป็นไปอย่างบรรลุผล จะต้องสังเกตจุดต่างๆ ในสถานที่ทำงาน และบริเวณรอบๆ เพื่อแสวงหาวิธีการปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ ซึ่งทำได้โดยการตั้งคำถามเพื่อใช้เป็นแนวทางดังนี้

1. มีการกำหนดทางเดินและกำหนดที่วางของชัดเจนหรือไม่
2. มีชั้นวาง มีป้ายบอก ที่ของมีป้ายติด และมีตารางแสดงตำแหน่งการจัดวางสิ่งของหรือไม่
3. มีการจัดเก็บแยกประเภทเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ โดยยึดหลักคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยหรือไม่
4. อุปกรณ์ดับเพลิงต่างๆ มีเพียงพอ และ อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่
5. บริเวณพื้นมีร่อง หรือรอยแยกขุบไม่สม่ำเสมอ อาจก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัย และ ความไม่สะดวกหรือไม่

##### หลักทั่วไปในการทำ ส สะดวก

1. การจัดสะดวกของเครื่องมือ เน้นที่การหยิบใช้ได้ทันที และ เก็บเข้าที่ง่าย
2. การจัดสะดวกในคลังสินค้า คำนี้ถึงการหยิบของง่ายโดยกำหนดที่ตั้งของใช้ และ ชั้นส่วนมีป้ายแสดงอย่างชัดเจน ภาชนะใส่ชิ้นส่วนมีป้ายชื่อ รหัส หมายเลขติดไว้ ทำตารางรายชื่อให้ชัดเจนมุ่งเน้นของที่เข้าก่อนต้องนำออกไปใช้ก่อน (First In First Out)
3. การจัดสะดวกสินค้าระหว่างผลิต (Work In Process – WIP) ต้องควบคุมปริมาณให้เป็นมาตรฐานและกำหนดที่วางด้วยการแบ่งเขตพื้นที่ด้วยจำนวนรถเข็น มีป้ายแสดงให้ชัดเจนดูง่าย รักษาคุณภาพ ป้องกันการกระแทก มีฝาครอบกันฝุ่น ไม่วางสิ่งของบนพื้น กำหนดที่วางของเสีย ทำสีให้สะดุดตาและหาภาชนะใส่ของเสีย และบันทึกรายงานของเสีย การจัดสะดวกมีขอบเขตกว้างมากและอาจต้องทำหลายครั้ง หลายแบบ เพื่อให้เหมาะสมที่สุด

##### ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำ ส สะดวก

1. ลดเวลาการหยิบของมาใช้งาน เสียเวลาเก็บ 1 นาที ดีกว่าใช้เวลาหาครึ่งชั่วโมง
2. ตรวจสอบสิ่งของต่างๆ ง่ายขึ้น “หยิบก็ง่าย หายก็รู้ ดูก็งามตา”



3. เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน “รวดเร็ว ถูกต้อง ประหยัด”
4. ความปลอดภัยของพนักงานในการทำงานสูงขึ้น “คุณภาพชีวิตในการทำงานสูงขึ้น”

### ส ที่ 3 สะอาด

สะอาด หมายถึง การทำความสะอาด ปิด กวาด เช็ด ถู เครื่องจักร อุปกรณ์ รวมทั้งบริเวณพื้นที่ทำงานโดยรอบ

หัวใจของการทำ ส สะอาด คือ การทำความสะอาดคือการตรวจสอบ

### 5 คำถาม 5ส

เพื่อให้การทำความสะอาดเป็นไปอย่างบรรลุผล จะต้องสังเกตจุดต่างๆ ในสถานที่ทำงาน และบริเวณรอบๆ เพื่อแสวงหาวิธีการปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ ซึ่งทำได้โดยการตั้งคำถามเพื่อให้เป็นแนวทางดังนี้

1. เครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ มีฝุ่น สนิม คราบน้ำมันหรือไม่
2. หลอดไฟ และฝาครอบหลอดไฟ และสายไฟ ตลอดจนท่อต่างๆ สกปรกหรือไม่
3. มีการทำความสะอาด เครื่องจักร อุปกรณ์ ก่อนและหลังการใช้งานหรือไม่
4. มีการมอบหมายให้พนักงานแต่ละคนรับผิดชอบ ดูแล ทำความสะอาด เครื่องจักร อุปกรณ์แต่ละเครื่องหรือไม่
5. มีการทำความสะอาดครั้งใหญ่ประจำปีหรือไม่

หลักทั่วไปในการทำ ส สะอาด

การทำความสะอาดที่นำไปสู่การเพิ่มผลผลิตมีอยู่ 3 ระดับ คือ

1. การทำความสะอาดประจำวัน
2. การทำความสะอาดแบบตรวจสอบ
3. การทำความสะอาดแบบบำรุงรักษา

การทำความสะอาดแบบประจำวัน (Daily Cleanliness) เป็นการ ปิด กวาด เช็ด ถู พื้นที่ทั่วไป พื้นที่การทำงาน ทางเดิน เครื่องจักร อุปกรณ์ ตู้ชั้นวางสินค้า งานระหว่างกระบวนการผลิต แม้กระทั่งชอกมูม จุดเล็กๆ เป็นประจำทุกวัน รวมไปถึงการทำความสะอาดใหญ่ประจำปี (หนึ่งหรือสองครั้งต่อปี) การทำเช่นนี้เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมและความเป็นเจ้าของ

การทำความสะอาดแบบตรวจสอบ (Cleanliness Inspection) เมื่อการทำความสะอาดประจำวันทำได้เป็นปกติแล้ว สามารถรวมเอาการตรวจสอบเข้าไว้ในขณะทำความสะอาดได้โดยอาศัยประสาทสัมผัสทั้งห้าเพื่อค้นหาสิ่งผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้

การทำความสะอาดแบบบำรุงรักษา (Cleanliness Maintenance) เป็นการทำให้เกิดขึ้นเมื่อพบสิ่งผิดปกติจากการทำความสะอาดแบบตรวจสอบ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ความผิดปกตินั้นลุกลามจนกลายเป็นปัญหาใหญ่ ในกรณีนี้ควรจะปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ เช่น ช่างซ่อมบำรุง หัวหน้างาน เป็นต้น

#### ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำความสะอาด

1. สภาพการทำงานสดชื่นน่าทำงาน
2. เพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรอุปกรณ์
3. ยืดอายุการใช้งานเครื่องจักร อุปกรณ์
4. ลดความสูญเสียทรัพยากร และพลังงานต่างๆ เช่น น้ำมัน น้ำ ไฟ
5. เป็นการเปลี่ยนแปลงทัศนคติที่มุ่งเน้นการแก้ไข เมื่อสกปรกแล้วค่อยทำความสะอาดมาเป็นการมุ่งเน้นการป้องกัน ทำความสะอาดเพื่อป้องกันไม่ให้สกปรก และส่งผลเสียหาย
6. คุณภาพสินค้าดีขึ้น
7. การทำงานปลอดภัยขึ้น
8. พนักงานมีความรู้สึกเป็นเจ้าของหน่วยงาน
9. ได้รับความเชื่อถือจากลูกค้าที่มาเยี่ยมชม

#### ส ที่ 4 สุขลักษณะ

สุขลักษณะ หมายถึง การรักษามาตรฐานการปฏิบัติ 5ส แรกที่ได้ไว้ ค้นหาสาเหตุต่างๆ เพื่อยกระดับมาตรฐานให้สูงขึ้น

หัวใจของการทำ 5 ส สุขลักษณะ คือรักษามาตรฐานและปรับปรุงให้ดีขึ้น

#### 5 คำถาม 5ส

เพื่อให้การทำ 5 ส สุขลักษณะ เป็นไปอย่างบรรลุผล จะต้องสังเกตจุดต่างๆ ในสถานที่ทำงานและบริเวณรอบๆ เพื่อแสวงหาวิธีการปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ ซึ่งทำได้โดยการตั้งคำถามเพื่อให้เป็นแนวทาง ดังนี้

1. ได้ขจัดสาเหตุของฝุ่นละออง และคราบน้ำมันหรือไม่
2. แสงสว่าง เสียง และ อุณหภูมิ ไม่เหมาะสมต่อการทำงานและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่
3. ป้าย สัญลักษณ์ต่างๆ มีขนาด และอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับสายตาหรือไม่
4. มีการกำหนดแนวทางและวิธีปฏิบัติเพื่อรักษามาตรฐานและความเป็นระเบียบเรียบร้อย ในสถานที่ทำงานหรือไม่

5. มีการปรับปรุงและตกแต่งสถานที่ทำงานเพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดี สดชื่นน่าทำงานหรือไม่

สุขลักษณะจะเกิดขึ้นหรือไม่เริ่มจากการปรับเปลี่ยนหน่วยงานด้านการทำสะอาด สะดวก และสะอาด หลังจากนั้นมีการตั้งมาตรฐานของกลุ่ม ของพื้นที่ หรือมาตรฐานกลางที่ใช้ทั่วหน่วยงานเพื่อให้พนักงานปฏิบัติตามมาตรฐานและมั่นใจจากการปฏิบัติ 5ส แรก เป็นการปฏิบัติใน ส่วนหนึ่งของการทำงานอย่างสม่ำเสมอทุกวัน ถ้า 5ส ไม่คงอยู่ สุขลักษณะจะเกิดขึ้นไม่ได้

#### หลักทั่วไปของการทำสุขลักษณะ

1. จัดทำมาตรฐานที่ทุกคนสามารถเห็นได้ง่ายเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น โดยการใช้วิธีการควบคุมด้วยสายตา
2. จัดหาอุปกรณ์ กำหนดวิธีการ เวลา และ มอบหมายพื้นที่ และเครื่องจักรให้พนักงานทุกคนรับผิดชอบ

#### ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำสุขลักษณะ

1. สภาพสถานที่ทำงานสดชื่น น่าทำงาน
2. สุขภาพร่างกาย จิตใจ ของพนักงาน มีความสมบูรณ์
3. สิ่งผิดปกติสามารถสังเกตได้ง่าย
4. มีมาตรฐานในการทำงานที่ดี
5. พนักงานมีความคิดสร้างสรรค์ในการปรับปรุงสถานที่ทำงานอยู่เสมอ

#### ส ที่ 5 สร้างนิสัย

สร้างนิสัย หมายถึง การอบรมและการปฏิบัติงานครบ 4ส แรกอย่างสม่ำเสมอ จนเป็นนิสัย หัวใจของการทำ ส สร้างนิสัย คือสร้างทัศนคติในการทำงาน

#### 5 คำถาม 5ส

เพื่อให้การทำ ส สร้างนิสัย เป็นไปอย่างบรรลุผลจะต้องสังเกตจุดต่างๆ ในสถานที่ทำงาน และบริเวณรอบๆ เพื่อแสวงหาวิธีการปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ ซึ่งทำได้โดยการตั้งคำถามเพื่อให้เป็นแนวทางดังนี้

1. มีการอบรมให้ความรู้ และสร้างความเข้าใจเรื่องความเป็นระเบียบเรียบร้อยในสถานที่ทำงานหรือไม่
2. มีการตรวจสอบการดำเนินงานกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอหรือไม่
3. ทุกคนรักษา และปฏิบัติตามกฎระเบียบ และคู่มือปฏิบัติงานหรือไม่
4. ทุกคนช่วยกันดูแลรักษาความสะอาดหน่วยงานหรือไม่

5. ผู้บังคับบัญชาในหน่วยงานเป็นแบบอย่างที่ดีของการจัดระเบียบเรียบร้อยในสถานที่ทำงานหรือไม่

#### หลักการทั่วไปของการสร้างนิสัย

1. จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานหรือแนวทางปฏิบัติ เพื่อสร้างความเป็นระเบียบเรียบร้อยในสถานที่ทำงานเสียก่อน
2. มีการกระตุ้นให้พนักงานปฏิบัติตามมาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ เช่น มีการอบรม รมณรงค์ด้านสื่อต่างๆ เช่น คำขวัญ โปสเตอร์ บอร์ดแสดงผลงาน ฯลฯ
3. กำหนดให้ผู้บังคับบัญชาหรือหัวหน้าพื้นที่รับผิดชอบติดตามและประเมินผลในฝ่ายผลิต แผนก และรายงานผลในการประชุมคณะกรรมการ 5ส เป็นประจำ
4. จัดให้คณะกรรมการซึ่งประกอบด้วยผู้บริหารระดับสูงตรวจเยี่ยมและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง
5. จัดกิจกรรมส่งเสริม เช่น การประกวดพื้นที่ และ มอบรางวัล เพื่อสร้างขวัญกำลังใจต่อผู้เข้าร่วมกิจกรรม

#### การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผสม

พงษ์ธร แซ่ฮุย และชาคริต สิริสิงห (2550 :1) การควบคุมคุณภาพการผสมเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการผสม เพราะการผสมเพื่อให้ได้ยางคอมพาวด์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ นั้น (ยางมีความแปรปรวนระหว่างแบชสูง) ผู้ผสมจำเป็นต้องมีการควบคุมตัวแปรหลายอย่างให้คงที่ เช่น คุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ วิธีหรือขั้นตอนการผสม และสภาวะของการผสม เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนต่าง ๆ และต้องหมั่นดูแลรักษาเครื่องผสมให้อยู่ในสภาพที่ดี มีการตรวจสอบระบบหล่อเย็นและตรวจเช็คช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับผนังของห้องผสมอยู่เสมอเพราะเครื่องผสมที่ได้รับการใช้งานไปนาน ๆ ผนังของห้องผสมมักจะเกิดการสึกหรือทำให้ช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับผนังของห้องผสมมีขนาดใหญ่ขึ้น แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสมก็จะลดลงซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการผสม

#### การตรวจสอบสมบัติของวัตถุดิบ

ยางคอมพาวด์จะมีคุณภาพสม่ำเสมอก็ต่อเมื่อมีการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบที่จะใช้ในการผสมทุกถ้อย แต่ว่าการตรวจสอบดังกล่าวจะเสียค่าใช้จ่ายสูงแต่ผลที่ได้ก็คุ้มค่า วัตถุดิบที่สั่งเข้ามาทุกถ้อยควรจะมีการตรวจสอบเบื้องต้นว่ามีสารปนเปื้อนอยู่หรือไม่ อยางที่จะนำมาใช้เกิดการ

เสื่อมสภาพหรือไม่ และต้องมีการติดฉลากที่ถูกต้องและชัดเจน และที่สำคัญคือวัตถุดิบทุกล็อตควรมีใบรับรองผลการทดสอบสมบัติพื้นฐานจากบริษัทผู้ผลิตหรือผู้ขาย ซึ่งใบรับรองนี้ควรมีข้อมูลการทดสอบจริงของยางล็อตนั้น ไม่ใช่เป็นเพียงแคใบกำหนดสเปคของบริษัทผู้ผลิตเท่านั้น

สำหรับองค์ประกอบหลายอย่างที่ใช้อย่างน้อย ๆ การตรวจสอบด้วยตาเปล่าควบคู่กับการตรวจเช็คใบรับรองจากบริษัทผู้ผลิตก็อาจเพียงพอ

### 1. การตรวจสอบสมบัติของยาง

ยางที่ใช้ในการผสมควรทำการตรวจสอบค่าของปริมาณเถ้า (ash) และปริมาณของสารที่ระเหยได้ (volatiles) โดยดูจากใบรับรองที่ได้มาจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งถ้ายางล็อตไหนมีปริมาณเถ้าสูง ผิดปกติก็แสดงว่ายางล็อตนั้นมีปริมาณการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกต่าง ๆ สูง ผิดปกติด้วยเช่นกัน หรือถ้ายางล็อตไหนมีปริมาณของสารที่ระเหยได้สูงเกินไป ก็แสดงว่ายางล็อตนั้นอาจมีปริมาณของความชื้นที่สูง ผิดปกติซึ่งอาจจะส่งผลทำให้กระบวนการเข้ารวมกันระหว่างยางกับสารตัวเติมเกิดได้ยากยิ่งขึ้น

ในบางกรณีอาจมีการตรวจสอบค่าความหนืดของยางด้วย (นิยมวัดค่าความหนืดมูนนี่) แล้วนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่แสดงในใบรับรองที่มาจากบริษัทผู้ผลิต อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบควรกระทำภายใต้มาตรฐานการทดสอบเดียวกันและเครื่องมือที่ใช้ก็ต้องมีการสอบเทียบ (calibrate) อยู่เสมอเพื่อความถูกต้องของผลการทดสอบที่ได้

### 2. การตรวจสอบสมบัติของสารตัวเติม

สารตัวเติมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือสารตัวเติมไม่เสริมแรงและสารตัวเติมเสริมแรง สำหรับสารตัวเติมไม่เสริมแรง ควรทำการตรวจสอบเบื้องต้นด้วยตาเปล่าเพื่อหาสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบสามารถทำได้ในระหว่างที่มีการขนถ่ายสารตัวเติมสู่ไซโลหรือถังเก็บ แต่ในกรณีที่สารตัวเติมอยู่ในถุงและไม่มีการใช้ไซโลก็สามารถเปิดถุงเพื่อนำสารตัวเติมมาตรวจสอบได้ และต้องปิดถุงกลับคืนให้สนิทภายหลังการเก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม ถ้าบริษัทผู้ผลิตมีความน่าเชื่อถือสูงและสารตัวเติม (เท่าที่เคยตรวจสอบมา) มีคุณภาพค่อนข้างสม่ำเสมอ การตรวจสอบหาสิ่งปนเปื้อนก็สามารถทำได้ในระหว่างการเปิดถุงก่อนการผสมได้เลย

สำหรับสารตัวเติมเสริมแรง นอกจากจะต้องตรวจสอบเพื่อหาสิ่งปนเปื้อนแล้ว บางครั้งอาจต้องทำการวัดขนาดของอนุภาค (หรือพื้นที่ผิวจำเพาะ) และวัด โครงสร้างของสารตัวเติมเพิ่มเติมด้วย เช่น ถ้าเป็นเขม่าดำก็สามารถวัดค่าไอโอดีน ค่า BET และค่า DBPA เป็นต้น นอกจากนี้ ค่าความเป็น

กรด ด่าง หรือ PH ก็มีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลโดยตรงต่ออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาของรูป ด้วยเหตุนี้ จึงนิยมนิยามค่าความเป็นกรดด่างของสารตัวเติมที่แขวนลอยอยู่ในน้ำกลั่น และสุดท้ายคือการตรวจสอบปริมาณความชื้นของสารตัวเติมเพราะถ้าสารตัวเติมมีความชื้นสูงผิดปกติก็อาจทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการผสมได้ กล่าวคือสารตัวเติมอาจจะแตกตัวและกระจายตัวในยางได้ยากยิ่งขึ้น

### 3. การตรวจสอบสมบัติของสารทำให้ยางนิ่มและน้ำมัน

โดยทั่วไปสารทำให้ยางนิ่มและน้ำมันมักจะแตกต่างกันที่สี กลิ่น และลักษณะภายนอก ดังนั้นผู้ตรวจสอบสามารถทำการแยกแยะได้โดยง่ายจากประสบการณ์ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่เกิดความสงสัยควรทำการตรวจสอบโดยการวัดค่าดัชนีหักเห (ASTM D 1045) หรือทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (ASTM D3677) เพื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัมที่ได้กับสเปกตรัมของตัวอย่างมาตรฐาน

### 4. การตรวจสอบสมบัติของสารเคมีอื่น ๆ

สำหรับองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น สารตัวเร่งปฏิกิริยา สารกระตุ้นปฏิกิริยา การป้องกันการเสื่อมสภาพ รวมถึงสารหล่อลื่นที่อยู่ในสถานะของแข็งก็สามารถตรวจสอบได้โดยง่ายจากการวัดจุดหลอมเหลว (ASTM D1519) ในกรณีที่มีข้อสงสัยหรือในกรณีที่ต้องตรวจสอบเหล่านี้ที่อยู่ในสถานะของเหลวก็สามารถทำการตรวจสอบได้โดยใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (ASTM D3677) และนำสเปกตรัมที่ได้ไปเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของสารตัวอย่างมาตรฐาน สำหรับองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น ซิงก์ออกไซด์ (ZnO) หรือตะกั่วออกไซด์ (Pb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ก็สามารถทำการตรวจสอบได้เช่นเดียวกับการตรวจสอบสารตัวเติมทั่วไป

### ดัชนีชี้วัดการดำเนินไปของการผสม

การตรวจสอบการดำเนินไปของการผสมสามารถหาได้โดยง่ายจากการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิกำลังบิด และพลังงานที่ใช้ในการผสมที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา จากนั้นก็นำมาพล็อตเป็นกราฟโดยให้แกน x คือเวลาและแกน y คือค่าของข้อมูลต่าง ๆ ที่เก็บได้ หากกระบวนการผสมมีความผิดปกติเกิดขึ้นลักษณะของกราฟที่เกิดขึ้นก็จะผิดปกติด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น หากใส่ปริมาณสารตัวเติมหรือน้ำมันผิดไป ข้อมูลต่าง ๆ ที่วัดได้ เช่น อุณหภูมิ กำลังบิด และพลังงานในการผสมก็จะเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากลักษณะของกราฟที่เปลี่ยนไป (พิคของกราฟ

อาจจะสูงหรือต่ำเกินไปขึ้นอยู่กับลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น) นอกจากนี้ จากกราฟที่พล็อตระหว่างกำลังบิดกับเวลา ผู้ผสมสามารถตรวจสอบได้ว่าในแบบชนั้น ๆ มีการเติมสารเคมีเมื่อใดและมีการเติมผิดลำดับขั้นหรือไม่

### การทดสอบสมบัติของยางคอมพาวด์

หลังจากการผสม ยางคอมพาวด์ที่ได้ควรได้รับการตรวจสอบคุณภาพหรือทดสอบสมบัติก่อนการนำไปผ่านกระบวนการขึ้นรูปต่าง ๆ ต่อไป เพราะการตรวจสอบสมบัติของยางคอมพาวด์จะช่วยให้ผู้ผลิตรู้ว่าเกิดความผิดพลาดขึ้นในระหว่างการผสมหรือไม่ ส่วนใหญ่แล้วยางคอมพาวด์ทุกแบบที่ผสมได้ควรได้รับการทดสอบเพื่อดูว่าเกิดความแปรปรวนระหว่างแต่ละแบบ มากน้อยเพียงใด (เพราะในการผสมแต่ละครั้งอาจมีสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวนได้มากมาย) อย่างไรก็ตาม ในกรณีของการผสมยางมาตรฐานแบบที่มีองค์ประกอบเพียงไม่กี่ชนิด (ไม่มีการเติมสารทำให้ยางคงรูป) หรือในกรณีที่ความสม่ำเสมอทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ไม่มีความสำคัญมากนัก ผู้ทดสอบก็อาจปรับลดระดับความถี่ของการทดสอบลงได้ โดยทั่วไป สมบัติของยางคอมพาวด์ที่ต้องมีการทดสอบเป็นประจำ ได้แก่

#### 1. ความหนาแน่น (density)

ความหนาแน่นของยางคอมพาวด์สามารถใช้บ่งบอกถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสมได้ เช่น ในกรณีที่มีการเติมสารตัวเติมในปริมาณที่สูงเกินไป ค่าความหนาแน่นของยางคอมพาวด์ก็จะเปลี่ยนไปเช่นกัน เพราะความหนาแน่นของยางและสารตัวเติมหรือสารเคมีอื่น ๆ จะไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตาม ค่าความหนาแน่นของยางคอมพาวด์สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการเติมสารตัวเติมหรือสารเคมีชนิดที่เติมลงไปปริมาณมาก ๆ เท่านั้น (เช่น น้ำมันหรือสารเพิ่มเนื้อ) แต่ไม่สามารถใช้เป็นข้อบ่งชี้ความผิดปกติที่เกิดจากการเติมสารเคมีอื่น ๆ ที่เติมลงไปปริมาณน้อย ๆ ได้ (เช่น สารเคมีในกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปหรือสารป้องกันการเสื่อมสภาพเป็นต้น) เพราะแม้ว่าจะเกิดความผิดพลาดขึ้นจากการเติมสารเคมีเหล่านี้ ความหนาแน่นของยางคอมพาวด์ก็จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

วิธีการวัดค่าความหนาแน่นของยางคอมพาวด์ที่ง่าย สะดวก และรวดเร็ว คือการชั่งน้ำหนักของยางคอมพาวด์ได้ทั้งในอากาศและในของเหลวที่ทราบความหนาแน่นที่แน่นอน (ปรกตินิยมใช้น้ำกลั่น ยกเว้นในกรณีที่ยางคอมพาวด์มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 1 กรัม/มิลลิลิตร ( $\text{g/cm}^3$ ) ก็จะนิยมใช้แอลกอฮอล์แทน) ซึ่งเมื่อนำผลต่างของน้ำหนักที่วัดได้หารด้วยค่าความหนาแน่นของของเหลวก็จะได้ปริมาตรของยางคอมพาวด์ เมื่อทราบน้ำหนักและปริมาตรของยางคอมพาวด์แล้วก็

จะสามารถคำนวณหาค่าความหนาแน่นของยางคอมพาวด์ได้โดยง่าย อย่างไรก็ตาม วิธีวัดดังกล่าวไม่สามารถใช้ในการวัดความหนาแน่นของยางคอมพาวด์ที่มีรูพรุนอยู่ภายในได้ เพราะรูพรุนที่มีอยู่ภายในเหล่านี้จะทำให้น้ำหนักของยางเมื่อชั่งในของเหลวมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการหาค่าความหนาแน่นขึ้นได้ ซึ่งในกรณีหลังนี้จำเป็นต้องวัดความหนาแน่นโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่าเครื่อง “Ultracycrometer”

เครื่อง Ultracycrometer เป็นเครื่องมือที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อวัดความหนาแน่นของแข็ง เครื่องนี้จะทำการวัดปริมาตรของชิ้นตัวอย่างโดยอาศัยหลักการแทนที่ของของเหลวของอาคิมิตัส อย่างไรก็ตาม ตัวกลางที่ใช้ในการทดสอบ (เพื่อให้ชิ้นตัวอย่างเข้าไปแทนที่) จะไม่ใช่ของเหลวแต่จะเป็นก๊าซที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก เช่น ก๊าซฮีเลียม (He) ทั้งนี้ เนื่องจากก๊าซดังกล่าวมีขนาดเล็กมาก มันจึงสามารถแทรกเข้าไปในรูพรุนของชิ้นตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ปริมาตรของชิ้นตัวอย่างที่วัดได้ด้วยเครื่องมือชนิดนี้จึงมีความถูกต้องสูง ด้วยเหตุนี้ เครื่อง Ultracycrometer จึงสามารถใช้วัดความหนาแน่นของชิ้นตัวอย่างทั้งที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุนอยู่ภายใน

## 2. ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity)

ความหนืดมูนนี่เป็นสมบัติพื้นฐานที่นิยมใช้ทดสอบคุณภาพของยางคอมพาวด์ เพราะความหนืดมูนนี่จะช่วยบ่งบอกถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผสม เช่น ในกรณีที่มีการเติมน้ำมันหรือสารตัวเติมมากเกินไป ความหนืดมูนนี่ของยางก็จะต่ำหรือสูงผิดปกติ เป็นต้น การวัดค่าความหนืดมูนนี่สามารถทำได้โดยใช้เครื่อง “Mooney viscometer” โดยส่วนใหญ่จะทำการวัดที่อุณหภูมิ 100°C แต่สำหรับยาง EPDM อาจทำการวัดที่อุณหภูมิ 100°C หรือ 125°C ก็ได้

## 3. ลักษณะของการคงรูป (cure characteristics)

ในกรณีของยางคอมพาวด์ที่มีการเติมสารทำให้ยางคงรูปลงไปด้วย ภายหลังจากการผสมทุกครั้ง ผู้ผลิตควรศึกษาลักษณะของการคงรูปของยางคอมพาวด์โดยใช้เครื่องทดสอบการคงรูป เช่น เครื่อง OS – cillating Disc Rheometer (ODR) หรืออาจใช้เครื่องรุ่นใหม่กว่าที่เรียกว่า Moving Die Rheometer (MDR) เพราะกราฟที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องเหล่านี้อาจช่วยบอกได้ว่าเกิดความผิดพลาดขึ้นในระหว่างที่ทำการผสมสารทำให้ยางคงรูปลงไปหรือไม่ เช่น หากผู้ผสมเคมีใส่สารกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปผิดชนิดหรือเกิดความผิดพลาดในการชั่งสารเคมีในกลุ่มนี้หรือสารเคมีในกลุ่มนี้อาจจะปลิวหายไปหรือเกาะติดอยู่ตามผนังของเครื่องผสม ลักษณะการคงรูปของยางในแบบนี้ก็จะแตกต่างจากแบบก่อน ๆ ค่อนข้างมาก ในกรณีนี้ ผู้ผสมจำเป็นต้องกลับไปตรวจสอบอีกครั้งว่าความผิดปกติที่พบนั้นเกิดจากสาเหตุใดเพื่อที่จะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขได้ทันทั่วทั้ง



#### 4. ระดับการแตกตัวของสารตัวเติม (degree of dispersion)

การทดสอบระดับการแตกตัวของสารตัวเติมสามารถทำได้ค่อนข้างง่ายโดยการนำยางคอมพาวด์ปริมาณเล็กน้อยไปรีดผ่านเครื่องมือแบบ 2 ลูกกลิ้ง ที่มีการตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้ต่ำที่สุด ซึ่งยางคอมพาวด์ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกระดาษบาง ๆ จากนั้นก็ทำการขีดข่วนแผ่นนี้ออกและทำการตรวจสอบระดับการแตกตัวของสารตัวเติมด้วยตาเปล่าหรืออาจใช้กล้องหรือแว่นขยายที่มีกำลังขยายต่ำ (ประมาณ 10 - 20 เท่า) เข้าช่วย (ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2663) หากพบกลุ่มก้อนของสารตัวเติมหรือสารเคมีหรือพบบริเวณที่ยังคงเป็นยางใส (ซึ่งแสดงถึงบริเวณที่ยังไม่เกิดการผสมกับสารเคมี) หรือพบสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ก็แสดงว่ายางคอมพาวด์แบบนั้นมีคุณภาพไม่ดี

แม้ว่าการทดสอบระดับของการกระจายตัวและการแตกตัวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายสูง ๆ จะให้ภาพที่สวยงามและชัดเจนกว่า แต่ว่าการทดสอบด้วยเทคนิคดังกล่าวนอกจากจะต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงมากแล้ว ยังเป็นการวัดระดับการกระจายตัวและการแตกตัวของสารตัวเติมในปริมาณที่เล็กน้อยมาก ๆ ซึ่งอาจทำให้ผลสรุปที่ได้จากการทดสอบไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ด้วยเหตุนี้ เทคนิคนี้จึงไม่เหมาะสมกับการใช้ทดสอบจริงในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งต้องทำการทดสอบเป็นประจำ

#### การทดสอบสมบัติของยาง

ยางนับเป็นวัสดุที่มีสมบัติซับซ้อนและแตกต่างจากวัสดุวิศวกรรมอื่น ๆ เพราะนอกจากยางจะมีความยืดหยุ่นสูงเป็นพิเศษแล้ว สมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของยางยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ อีกมากมาย เช่น อุณหภูมิ อัตราการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง รวมถึงรูปร่างและความหนาของชิ้นทดสอบอีกด้วย ดังนั้นวิธีการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของยางจึงแตกต่างจากวิธีการทดสอบสมบัติของวัสดุอื่น

เนื่องจากสมบัติของยางขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ดังนั้น การทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของยางด้วยวิธีมาตรฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ผลการทดสอบเป็นที่ยอมรับในระดับสากลและสามารถนำผลการทดสอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากแหล่งอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบควรตระหนักไว้ว่าสมบัติทางกายภาพของยางที่วัดได้จากวิธีมาตรฐานอาจมีค่าไม่คงที่เนื่องจากสมบัติของยางขึ้นอยู่กับอย่างมากกับกระบวนการผลิต (โดยเฉพาะในขั้นตอนของการผสมและการคงรูป) ซึ่งการควบคุมกระบวนการผลิตให้คงที่นั้นเป็นไปได้ค่อนข้างยากในเชิงปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้ สมบัติของยางที่วัดได้จึงอาจเกิดความแปรปรวนได้ในบางครั้ง

จุดประสงค์หลักของการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของยางก็เพื่อต้องการควบคุมคุณภาพและพัฒนาสูตรเคมียางให้ดียิ่งขึ้น สำหรับการทดสอบสมบัติความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความร้อน แสงแดด โอโซน หรือน้ำมัน ส่วนใหญ่จะเป็นการทดสอบเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในเชิงเปรียบเทียบเท่านั้น ผู้ทดสอบไม่ควรนำผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการไปใช้ในการทำนายอายุการใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์ยางเพราะสถานะการใช้งานจริงของยางอาจแตกต่างจากสถานะที่ใช้ในการทดสอบ

ปัจจุบัน การทดสอบสมบัติของยางสามารถทำได้โดยใช้วิธีการตามมาตรฐานต่าง ๆ ที่ระบุอยู่ในตารางที่ 3.5 การตัดสินใจว่าจะเลือกใช้มาตรฐานใดในการทดสอบนั้นส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก เช่น หากต้องการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น การทดสอบส่วนใหญ่ก็ควรอ้างอิงตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะประเทศต่าง ๆ จะพัฒนาวิธีมาตรฐานสำหรับทดสอบสมบัติของยางจนกระทั่งมีจำนวนมาตรฐานให้เลือกใช้มากมายในปัจจุบัน แต่โดยภาพรวมแล้ว วิธีการทดสอบสมบัติของยางตามมาตรฐานต่าง ๆ เหล่านี้จะไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนใหญ่จะมีหลักเกณฑ์ในการทดสอบที่คล้าย ๆ กัน แต่อาจจะแตกต่างกันบ้างในรายละเอียดปลีกย่อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ ข้อมูลของการทดสอบที่จะกล่าวถึงในบทนี้ส่วนใหญ่จึงอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM ซึ่งเป็นมาตรฐานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมยางของไทย ยกเว้นการทดสอบสมบัติบางประการ เช่น การทดสอบสมบัติแรงเฉือน สมบัติการคลายตัวของความเค้น รวมถึงการวัดการคืบซึ่งจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO ส่วนการทดสอบสมบัติความต้านทานต่อการขีดถูและการทดสอบสมบัติเชิงพลวัตจะอ้างอิงตามมาตรฐาน DIN และ BS ตามลำดับ

ตารางที่ 3.5 วิธีมาตรฐานต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในการทดสอบสมบัติของยาง

| ชื่อย่อ | ชื่อเต็ม                                       | ประเทศ       |
|---------|--|--------------|
| ASTM    | American Society for Testing and Materials     | สหรัฐอเมริกา |
| ISO     | International Organization for Standardization | นานาชาติ     |
| JIS     | Japanese Industrial Standard                   | ญี่ปุ่น      |
| DIN     | Deutsches Institut für Normung e.V.            | เยอรมัน      |
| BS      | British Standard                               | อังกฤษ       |

## การทดสอบสมบัติของยางดิบและยางคอมพาวด์

### 1) พลาสติกซีตี (plasticity)

เนื่องจากพลาสติกซีตีเป็นสมบัติที่บ่งบอกถึงความสามารถในการไหลหรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางดิบหรือยางคอมพาวด์ ด้วยเหตุนี้ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงนิยมใช้ค่าพลาสติกซีตีของยางเป็นตัวบ่งชี้ความยากง่ายของกระบวนการผลิต โดยทั่วไป เครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลาสติกซีตีของยางสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางคือ แบบหมุน (rotation) และแบบกด (compression)

#### - แบบหมุน (rotation)

เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางที่เป็นแบบหมุนจะเรียกว่า “ เครื่องพลาสติกมิเตอร์แบบหมุน (rotation plastimeter) ” หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “ เครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์ (Mooney viscometer) ” ค่าที่แสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางที่วัดได้จากเครื่องมือประเภทนี้จะแสดงในรูปของความหนืด กล่าวคือยางที่มีความหนืดสูงก็จะมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำ ในทำนองกลับกัน ยางที่มีความหนืดต่ำก็จะมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสูง ด้วยเหตุนี้ ยางที่มีความหนืดต่ำจึงไหลได้ง่ายทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปได้โดยง่าย วิธีการทดสอบวัดค่าความหนืดของยางได้แสดงไว้ในมาตรฐาน ASTM D 1646 ISO R289 BS903: Part A58 และ DIN 53523-3

ตัวเครื่องประกอบด้วยโรเตอร์ (rotor) ที่หมุนอย่างช้า ๆ อยู่ในช่องว่างระหว่างคายนี้อัน 2 อัน คือ คายบน (upper die) และคายล่าง (lower die) สำหรับขั้นตอนในการวัดความหนืดของยางด้วยเครื่องมือนี้วิสโคมิเตอร์สามารถสรุปได้คร่าว ๆ ดังนี้คือ ในขั้นแรกผู้ทดสอบจะนำตัวอย่างยางที่ผ่านการรีดให้เป็นแผ่นเรียบรื้อยแล้วมาประมาณ  $27 \pm 3$  กรัม (หากยางมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 1.1 ก็จำเป็นต้องปรับน้ำหนักของตัวอย่างยางให้สูงขึ้น) จากนั้นก็ตัดให้เป็นแผ่นกลมจำนวน 2 แผ่นที่มีขนาดพอดีกับเบ้าของคาย (die cavity) ซึ่งโดยทั่วแผ่นตัวอย่างยางจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 47 มิลลิเมตร หลังจากที่คายและโรเตอร์มีอุณหภูมิเท่ากับค่าที่ตั้งไว้แล้วก็จะดึงโรเตอร์ออกมาและนำแผ่นตัวอย่างยางแผ่นแรกไปวางไว้ด้านล่างของโรเตอร์โดยการเสียบเข้ากับแกนของโรเตอร์ จากนั้นจึงนำโรเตอร์ใส่กลับเข้าไปที่ตำแหน่งเดิมของเครื่องและนำแผ่นตัวอย่างยางแผ่นที่สองไปวางไว้ด้านบนของโรเตอร์ เมื่อกดปุ่มเริ่มทดสอบ คายบนก็จะเลื่อนลงมาประกบกับคายล่าง ความดันที่เกิดขึ้นจะบังคับให้ตัวอย่างยางไหลจนเต็มเบ้าของคาย หลังจากที่ให้ความร้อนแก่ยางประมาณ 1 นาทีเพื่อให้ยางมีอุณหภูมิเท่ากับค่าที่ตั้งไว้ โรเตอร์ก็จะเริ่มหมุนทำให้

เกิดแรงเฉือนระหว่างพื้นผิวของโรเตอร์และพื้นผิวของคาน ความหนืดของยางจะสัมพันธ์โดยตรงกับแรงที่ใช้ในการหมุนโรเตอร์โดยมีหน่วยเป็น“ Mooney unit (MU)”

โดยทั่วไป การทดสอบค่าความหนืดมูนนี่ตามมาตรฐานสากลจะมีการกำหนดสภาวะของการทดสอบดังนี้ ความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์เท่ากับ  $2 \pm 0.02$  รอบต่อนาที อุณหภูมิของการทดสอบส่วนใหญ่เท่ากับ  $100 \pm 0.5$  °C ยกเว้นสำหรับยางบางชนิดที่นิยมทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 125 °C (ดูตารางที่ 3.6 ประกอบ) ในระหว่างการทดสอบ ผู้ทดสอบต้องรอให้อุณหภูมิของยางเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ก่อนที่โรเตอร์จะเริ่มหมุน โดยช่วงที่ให้ความร้อนแก่ยาง (preheat time) จะใช้เวลา 1 นาทีและนิยามอ่านค่าความหนืดของยางหลังจากที่โรเตอร์หมุนไปได้ 4 นาที ยกเว้นในกรณีของยางบิวไทล์ (IIR) ซึ่งจะอ่านค่าความหนืดของยางหลังจากที่โรเตอร์หมุนไปได้ 8 นาที ขนาดของโรเตอร์ที่ใช้มี 2 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลาง  $30.48 \pm 0.03$  มิลลิเมตร) และขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง  $38.10 \pm 0.03$  มิลลิเมตร) โดยทั่วไป นิยมใช้โรเตอร์ขนาดใหญ่ในการทดสอบวัดค่าความหนืดมูนนี่ของยาง แต่ถ้ายางที่นำมาทดสอบมีค่าความหนืดมูนนี่สูงกว่าระดับที่เครื่องจะสามารถวัดได้โดยใช้โรเตอร์ขนาดใหญ่ ในกรณีนี้ ผู้ทดสอบก็จำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้โรเตอร์ขนาดเล็กแทน

สำหรับยางที่มีความหนืดหรือน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก ๆ ผู้ทดสอบอาจปรับเปลี่ยนสภาวะของการทดสอบโดยการเพิ่มอุณหภูมิของการวัดหรืออาจลดความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ให้ต่ำลง แต่สำหรับยางที่มีความหนืดต่ำมาก ๆ หรือยางที่เหนียวหนืด (sticky) ก็อาจนำแผ่นฟิล์มพลาสติกที่บางประมาณ 0.025 มิลลิเมตร ไปวางคั่นระหว่างยางและเบ้าคานเพื่อทำให้การทดสอบเป็นไปได้อย่างยิ่งขึ้นตัวอย่างของแผ่นฟิล์มที่นิยมนำมาใช้คั่นระหว่างยางและเบ้าคาน ได้แก่ แผ่นเซลโลเฟน (cellophane) แผ่นไมลาร์ (Mylar) หรือแผ่นพอลิเอทธิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (high density polyethylene, HDPE) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ฟิล์ม HDPE สามารถใช้ได้กับการทดสอบที่อุณหภูมิ 100°C เท่านั้น

ตารางที่ 3.6 สภาวะสำหรับการทดสอบค่าความหนืดมูนีตามมาตรฐาน ASTM D164

| ชนิดของยาง | อุณหภูมิที่ทดสอบ (°C)     | ระยะเวลาในการหมุนโรเตอร์ (นาที) |
|------------|---------------------------|---------------------------------|
| NR         | 100 ± 0.5                 | 4                               |
| BR         |                           |                                 |
| CR         |                           |                                 |
| IR         |                           |                                 |
| NBR        |                           |                                 |
| SBR        |                           |                                 |
| BIIR       | 100 ± 0.5 หรือ 125 ± 0.5* | 8                               |
| CIIR       |                           |                                 |
| IIR        |                           |                                 |
| EPDM       | 125 ± 0.5                 | 4                               |
| EPDM       |                           |                                 |

\* ใช้อุณหภูมิในการทดสอบ 125 ± 0.5°C สำหรับยางที่มีค่าความหนืดสูงกว่า 60-ML 1+8 (100°C)

ตัวอย่างสัญลักษณ์โดยทั่วไปที่ใช้ในการแสดงผลการทดสอบค่าความหนืดมูนีคือ 40-ML 1+4 (100°C) หรือ 40-ML1+4@ 100°C

เมื่อ 40 คือค่าความหนืดที่วัดได้ในหน่วยมูนี

M มาจาก Mooney

L หมายถึงโรเตอร์ขนาดใหญ่ (large) และถ้าเป็นโรเตอร์ขนาดเล็กจะใช้ S (small) แทน

1 คือระยะเวลาที่ให้ความร้อนแก่ยางก่อนการทดสอบ (preheat time)

4 คือระยะเวลาที่อ่านค่าความหนืด (มีค่าเท่ากับ 8 สำหรับยางบิวไทล์)

100°C คืออุณหภูมิของการทดสอบ (มีค่าเท่ากับ 125°C สำหรับยาง EPDM เป็นต้น)

เครื่องวัดค่าพลาสติกซิตีของยางแบบหมุนมีข้อดีเหนือเครื่องวัดแบบกดคือ

1) เครื่องวัดแบบหมุนจะวัดความหนืดของยางที่อัตราเฉือน (shear rate) สูงกว่า (วัดที่อัตราเฉือนเฉลี่ยประมาณ  $1S^{-1}$ ) อย่างไรก็ตาม อัตราเฉือนที่ใช้ในการวัดก็ยังต่ำกว่าอัตราเฉือนที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการผลิตมาก

2) เครื่องวัดแบบหมุนนอกจากจะสามารถใช้วัดค่าความหนืดของยางแล้ว ยังสามารถใช้ศึกษาลักษณะการคงรูปของยางคอมพาวด์อีกด้วย เพราะเครื่องมือแบบนี้สามารถใช้วัดระยะเวลาสกอร์ช (scorch time) และดัชนีการคงรูป (cure index) ของยางได้

3) เครื่องวัดแบบหมุนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดสมบัติวิสโคอิลาสติกของยางคอมพาวด์ได้ด้วย กล่าวคือ ผู้ทดสอบสามารถนำเครื่องมือนี้วิสโคมิเตอร์ไปใช้ในการศึกษาการคลายตัวของความเค้น (stress relaxation) ได้ เพราะหลังจากที่ได้ดำเนินการวัดค่าความหนืดหมุนนี้เรียบร้อยแล้ว ผู้ทดสอบสามารถตั้งโปรแกรมเพื่อให้โรเตอร์หยุดหมุนและทำการบันทึกค่าแรงบิดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ซึ่งถ้ายางมีความยืดหยุ่นสมบูรณ์ (fully elastic) ค่าแรงบิดก็จะคงที่ตามเวลาเพราะโมเลกุลของยางจะไม่เกิดการคลายตัว แต่ในความเป็นจริงแล้ว ยางมีสมบัติเป็นวิสโคอิลาสติกที่มีองค์ประกอบอยู่ 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นของเหลวหนืด (viscous) และส่วนที่เป็นของแข็งยืดหยุ่น (elastic) โดยส่วนที่เป็นของเหลวหนืดของยางจะทำให้ค่าแรงบิดลดลงตามเวลาเพราะโมเลกุลของยางที่ได้รับความเครียดจะเกิดการคลายตัว โดยที่อัตราเร็วของการคลายตัวจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของของเหลวหนืดและของแข็งยืดหยุ่นที่มีอยู่ในยางนั่นเอง กล่าวคือถ้ายางมีองค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็งยืดหยุ่นอยู่ในสัดส่วนที่สูง แรงบิดก็จะลดลงอย่างช้า ๆ ตามเวลาของการคลายตัว แต่ถ้ายางมีองค์ประกอบส่วนที่เป็นของเหลวหนืดอยู่ในสัดส่วนที่สูง แรงบิดก็จะลดลงอย่างรวดเร็วตามเวลาของการคลายตัว เป็นต้น

#### - แบบกด (compression)

การวัดค่าพลาสติกซิตีด้วยเทคนิคแบบกดแม้จะเป็นการวัดที่ทำได้ง่ายและรวดเร็ว แต่เนื่องจากอัตราเฉือนที่เกิดขึ้นในการทดสอบด้วยเทคนิคนี้มีค่าต่ำมาก (ต่ำกว่า  $0.1S^{-1}$ ) ด้วยเหตุนี้ ค่าพลาสติกซิตีที่วัดได้จึงเหมาะสำหรับใช้ในเชิงเปรียบเทียบเท่านั้น ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทำนายความสามารถในการไหลของยางในระหว่างกระบวนการผลิตเพราะอัตราเฉือนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมีค่าสูงมากและพฤติกรรมการไหลของยางก็ขึ้นอยู่กับอัตราเฉือน

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าพลาสติกซิตีแบบกดเรียกว่า “เครื่องพลาสติกโตมิเตอร์แบบแผ่นคู่ขนาน (Parallel plate plastometer)” การทดสอบจะเริ่มต้นด้วยการเตรียมชิ้นทดสอบรูปทรงกระบอกขนาดเล็กที่มีปริมาตรเท่ากับ  $2.00 \pm 0.02$  ลูกบาศก์เซนติเมตร (โดยทั่วไปจะเตรียมชิ้น

ทดสอบเป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 16 มิลลิเมตร และสูง 10 มิลลิเมตร) หลังจากนั้นก็จะตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องพลาสติกโตมิเตอร์ให้ได้ค่าตามที่ต้องการ ซึ่งส่วนใหญ่นิยมทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 23°C อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบสามารถเลือกที่จะทำการทดสอบที่อุณหภูมิอื่น ๆ ได้เช่นกัน (เช่น ที่ 40°C 70°C 85°C หรือ 100°C) หลังจากนำชิ้นทดสอบไปปรับสถานะที่อุณหภูมิทดสอบนาน  $15 \pm 0.5$  นาทีก็จะนำชิ้นทดสอบที่ได้นี้ไปวางไว้ระหว่างแผ่นคู่ขนานและจะปล่อยน้ำหนักขนาด 5 กิโลกรัม (49 นิวตัน) ให้ลงมาค้ำชิ้นทดสอบในแนวตั้งก่อนที่จะทำการอ่านค่าความสูงของชิ้นทดสอบตามช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วช่วงระยะห่างของเวลา (Interval) ที่นิยมใช้จะอยู่ระหว่าง 3 ถึง 10 นาที เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่กำหนดไว้แล้ว ผู้ทดสอบก็จะอ่านค่าความสูงของชิ้นทดสอบในขณะที่ถูกกดและคำนวณหา “ค่าพลาสติกซิตี (plasticity number), P” ของยางได้โดยใช้สมการ

$$P = 100h$$

เมื่อ  $h$  คือความสูงสุดท้าย (final thickness) ของชิ้นทดสอบในหน่วยมิลลิเมตร

ยางที่มีความหนืดสูงก็จะมีค่าพลาสติกซิตี ( $p$ ) สูง แต่จะมีสมบัติพลาสติกซิตีหรือมีความสามารถในการไหลต่ำ เนื่องจากค่าพลาสติกซิตีของยางขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบ ดังนั้น ในกรณีที่ผู้ทดสอบต้องการเปรียบเทียบค่าพลาสติกซิตีของยางหลากหลายตัวอย่าง ผู้ทดสอบต้องใช้วิธีการเตรียมชิ้นทดสอบแบบเดียวกันเท่านั้น นอกจากวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบแล้ว ระยะเวลาระหว่างการเตรียมชิ้นทดสอบกับการทดสอบก็มีความสำคัญต่อค่าพลาสติกซิตีของยางด้วยเช่นกัน

ปัจจุบัน การวัดค่าพลาสติกซิตีด้วยเครื่องพลาสติกโตมิเตอร์แบบแผ่นคู่ขนานดังกล่าว (อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D926) ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนักเนื่องจากการได้มีการพัฒนาเครื่องพลาสติกโตมิเตอร์รุ่นใหม่ที่มีขนาดของแผ่นกดเล็กเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ เนื่องจากเครื่องมือรุ่นใหม่นี้จะให้ผลการทดสอบที่รวดเร็วกว่าจึงเรียกการทดสอบนี้ว่า “rapid plasticity test” (อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO R2007 และ BS 1673: Part 3) และเรียกค่าที่วัดได้ว่า “rapid plasticity number”

## 2) Plasticity Retention index (PRI)

PRI เป็นค่าที่แสดงถึงความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของยางธรรมชาติ (ยางดิบ) เพราะค่า PRI คืออัตราส่วนของค่าพลาสติกซิตีของยางหลังการอบต่อค่าพลาสติกซิตีของยางก่อนการอบ (โดยแสดงในรูปของร้อยละ) ตัวอย่างยางใดที่มีค่า PRI ต่ำก็แสดงว่าตัวอย่างยางนั้นมี

ความต้านทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำด้วย โดยทั่วไป ค่า PRI สามารถวัดได้โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน ASTM D 3194 หรือ BS 1673: Part 3

การวัดค่า PRI จะเริ่มต้นด้วยการเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับการวัดค่าพลาสติกซีดีจำนวน 6 ชิ้นและทำการแบ่งชิ้นทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ๆ ละ 3 ชิ้น จากนั้นจึงนำชิ้นทดสอบส่วนแรกไปวัดค่าพลาสติกซีดีด้วยเครื่อง rapid plastimeter โดยทำการตั้งค่าอุณหภูมิของแผ่นกดเท่ากับ  $100 \pm 1^{\circ}\text{C}$  และตั้งค่าแรงกดไว้ที่ 98 นิวตัน (N) จากนั้นทำการกดชิ้นทดสอบเป็นเวลา 15 วินาทีก่อนที่จะทำการอ่านค่าความหนาสุดท้ายเพื่อนำไปคำนวณหาค่าพลาสติกซีดีต่อไป สำหรับชิ้นทดสอบในส่วนที่สองให้นำไปอบที่อุณหภูมิ  $140 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  เป็นระยะเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบออกจากเตาอบก็จะทิ้งชิ้นทดสอบให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 30 นาที แต่ต้องไม่เกิน 2 ชั่วโมง) จากนั้นจึงนำชิ้นทดสอบไปวัดค่าพลาสติกซีดีเช่นเดียวกันกับชิ้นทดสอบในส่วนที่หนึ่ง สุดท้ายจึงนำค่ากลาง (median) ที่ได้จากการวัดค่าพลาสติกซีดีในแต่ละส่วนไปคำนวณหาค่า PRI โดยใช้สมการ

$$\text{PRI} = (\text{ค่าพลาสติกซีดีของยางที่ถูกอบ} / \text{ค่าพลาสติกซีดีของยางที่ไม่ถูกอบ}) \times 100$$

### 3) ลักษณะการคงรูป (cure characteristics)

ภายหลังกระบวนการผสม ยางคอมพาวด์ที่ได้จะต้องถูกนำไปทดสอบลักษณะการคงรูปก่อนทุกครั้งเพราะลักษณะการคงรูปของยางสามารถบ่งชี้ได้ว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผสมหรือไม่ เช่นหากมีการขังน้ำหนักรวมของสารกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูปผิดหรืออาจเติมสารเคมีดังกล่าวผิดขั้นตอนก็จะส่งผลทำให้ลักษณะการคงรูปของยางผิดปกติได้ ด้วยเหตุนี้ การทดสอบลักษณะการคงรูปของยางจึงเป็นหนึ่งในขั้นตอนของการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต

ปัจจุบัน เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบลักษณะการคงรูปของยางมี 3 ชนิด ได้แก่

#### 1. เครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์ (Mooney viscometer)

แม้ว่าเครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์จะได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับวัดค่าความหนืดของยางมากกว่าที่จะใช้ในการศึกษาลักษณะการคงรูป แต่เนื่องจากค่าของความหนืดของยางแปรผันโดยตรงกับระดับของการคงรูป ด้วยเหตุนี้ ผู้ประกอบการจึงสามารถนำเครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์ไปใช้ในการศึกษาลักษณะการคงรูปของยางได้ด้วยเช่นกัน (โดยสามารถทำการทดสอบตามวิธีมาตรฐานที่ระบุไว้ใน ASTM D1646) โดยทั่วไป การทดสอบลักษณะการคงรูปของยางด้วยเครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์จะมีวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับการวัดค่าความหนืดมูนนี่ แต่จะแตกต่างกันตรงที่



การทดสอบลักษณะการคงรูปจะเป็นการทดสอบแบบต่อเนื่องและนิยมทำการทดสอบที่อุณหภูมิสูงกว่า (เช่น ที่อุณหภูมิ 125°C หรือ 140°C เป็นต้น)

การรายงานผลการทดสอบส่วนใหญ่จะรายงานค่าต่าง ๆ ต่อไปนี้

- ความหนืดต่ำสุด

- ระยะเวลาที่ทำให้ยางมีค่าความหนืดสูงกว่าจุดต่ำสุด 5 หน่วย (สำหรับโรเตอร์ขนาดใหญ่) และ 3 หน่วย (สำหรับโรเตอร์ขนาดเล็ก) และใช้สัญลักษณ์ว่า  $t_5$  และ  $t_3$  ตามลำดับ บางครั้งจะเรียกระยะเวลานี้ว่า “ระยะเวลาหมุนนี้สกอร์ช (Mooney scorch time)”

- ระยะเวลาที่ทำให้ยางมีค่าความหนืดสูงกว่าจุดต่ำสุด 35 หน่วย (สำหรับโรเตอร์ขนาดใหญ่) และ 18 หน่วย (สำหรับโรเตอร์ขนาดเล็ก) และใช้สัญลักษณ์ว่า  $t_{35}$  และ  $t_{18}$  ตามลำดับ

- ดัชนีการคงรูป (cure index) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{สำหรับโรเตอร์ขนาดใหญ่: } \Delta T_L = t_{35} - t_5$$

$$\text{สำหรับโรเตอร์ขนาดใหญ่: } \Delta T_S = t_{18} - t_3$$

นอกจากมาตรฐาน ASTM D1646 แล้ว การศึกษาลักษณะการคงรูปของยางด้วยเครื่องหมุนนี้ วิสโคมิเตอร์ยังสามารถทำได้โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน ISO R667 และ BS 1673: Part 3 ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบควรตระหนักไว้ว่าเครื่องหมุนนี้วิสโคมิเตอร์สามารถนำไปใช้ในการศึกษาลักษณะการคงรูปของยางได้เฉพาะในช่วงต้นของการคงรูปเท่านั้นเพราะเมื่อโรเตอร์หมุนไปเรื่อย ๆ แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะไปทำลายโครงสร้างตาข่าย 3 มิติที่เกิดจากการคงรูปของยางซึ่งจะทำให้ผลการทดสอบในช่วงท้ายมีความผิดพลาดสูง ด้วยเหตุนี้ การทดสอบลักษณะการคงรูปของยางในปัจจุบันจึงนิยมใช้เครื่องรีโอมิเตอร์ (rheometer) แทน

## 2. เครื่องรีโอมิเตอร์แบบจานแกว่ง (Oscillating disc rheometer) หรือเรียกย่อว่าเครื่อง ODR

เครื่อง ODR เป็นเครื่องมือที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับศึกษาลักษณะของการคงรูปยางโดยตรง ตัวเครื่องประกอบด้วยโรเตอร์ที่เคลื่อนที่อยู่ในช่องว่างระหว่างดาบบนและดาดล่าง เช่นเดียวกับเครื่องหมุนนี้วิสโคมิเตอร์ อย่างไรก็ตาม โรเตอร์ของเครื่อง ODR มีรูปร่างเป็นรูปโคนคู่ประกบ (biconical shape) และการเคลื่อนที่ของโรเตอร์ในระหว่างการทดสอบจะเป็นแบบแกว่ง

(ไม่ใช่แบบหมุนเหมือนในกรณีของเครื่องมือนิวส์โคมิเตอร์) โดยการแกว่งของโรเตอร์จะเกิดขึ้นเป็นมุมแคบ ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทำลายโครงสร้างตาข่าย 3 มิติของยางคงรูป

หลังจากที่ให้ความร้อนแก่ระบบจนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ นำตัวอย่างยางคอมพาวด์ที่มีปริมาตรประมาณ 9 ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $30 \pm 2$  มิลลิเมตรหนา  $11 \pm 1.5$  มิลลิเมตร ไปวางไว้บนโรเตอร์และกดปุ่มเริ่มทดสอบ คายบนก็จะเลื่อนลงมาประกบกับคาลาง ความดันที่เกิดขึ้นจะอัดยางให้ไหลจนเต็มเบ้าพิมพ์ หลังจากนั้น โรเตอร์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ  $35.55 \pm 0.01$  มิลลิเมตร ก็จะเริ่มแกว่งไป - มาที่มุมต่ำ ๆ ( $1^\circ$  หรือ  $3^\circ$ ) ด้วยความถี่ 1.67 Hz หรือ 100 รอบต่อนาที จากนั้นก็บันทึกแรงที่ใช้ในการแกว่งตามเวลาที่จะได้เส้นกราฟการคงรูป (cure curve)

ลักษณะการคงรูปของยางสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงใหญ่ ๆ คือ

1. ช่วงเริ่มต้น (induction) : เมื่อตัวอย่างยางได้รับความร้อน ยางก็จะอ่อนลงทำให้แรงบิดลดลงในระยะแรก ๆ ของการทดสอบ จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิของยางเริ่มเข้าสู่สมดุล ความหนืดของยางก็จะมีค่าต่ำสุดและจะมีค่าคงที่อยู่ ณ จุดนี้เป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะเริ่มเกิดการคงรูป ค่าความหนืดต่ำสุดนี้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแข็งแรงของยางที่ยังไม่คงรูป (ความสามารถในการไหลของยางคอมพาวด์) และใช้สัญลักษณ์ว่า  $M_L$

2. ช่วงการคงรูป (curing) : หลังจากที่ยางมีค่าความหนืดต่ำสุด ความหนืดของยางก็จะเริ่มสูงขึ้นเนื่องจากความร้อนจะทำให้ยางเริ่มเกิดการคงรูป (แรงบิดจึงเริ่มสูงขึ้นตามเวลา) ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มบิดคายจนถึงเวลาที่ยางเริ่มเกิดการคงรูปเรียกว่า “ระยะเวลาสกอร์ช (scorch time)” และใช้สัญลักษณ์เป็น  $t_s$  ในกรณีที่ใช้มุมแกว่งเท่ากับ  $1^\circ$  ค่าระยะเวลาสกอร์ชคือระยะเวลาที่ทำให้ค่าแรงบิดสูงกว่าจุดต่ำสุด ( $M_L$ ) 1 เดซินิวตัน-เมตร (dN.m) ใช้สัญลักษณ์ว่า  $t_{s1}$  แต่ในกรณีที่ใช้มุมแกว่งเท่ากับ  $3^\circ$  ค่าระยะเวลาสกอร์ชคือระยะเวลาที่ทำให้ค่าแรงบิดสูงกว่าจุดต่ำสุด 2 เดซินิวตัน-เมตร และใช้สัญลักษณ์ว่า  $t_{s2}$  เนื่องจากระยะเวลาสกอร์ชเป็นตัวบ่งชี้ถึงระยะเวลาที่ยางยังคงสามารถไหลขึ้นรูปได้ ณ อุณหภูมินั้น ๆ ดังนั้น ระยะเวลาสกอร์ชจึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยในกระบวนการผลิต

เมื่อการทดสอบดำเนินต่อไป ค่าแรงบิดจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับของการคงรูป จนกระทั่งถึงจุดที่การคงรูปเกิดขึ้นสมบูรณ์ แรงบิด ณ จุดนี้จะมีค่าสูงที่สุดและใช้สัญลักษณ์ว่า  $M_H$  ซึ่งค่าแรงบิดสูงสุดนี้จะเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความแข็งแรงหรือค่าโมดูลัสเฉือนของยางคงรูป ณ อุณหภูมิของการทดสอบ

ตัวแปรสำคัญอีกตัวหนึ่งที่เป็นตัวบ่งชี้ลักษณะของการคงรูปยางคือ “ระยะเวลาของการคงรูป (curing time)” ใช้สัญลักษณ์เป็น  $T_c X$  เมื่อ  $X$  คือร้อยละการเพิ่มขึ้นของแรงบิดจากจุดต่ำสุด ( $M_L$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับจุดสูงสุด ( $M_H$ ) เช่น  $T_{c90}$  ก็จะหมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้ยางคงรูปไปร้อยละ 90 หรือระยะเวลาที่ทำให้แรงบิดมีค่าเท่ากับค่าแรงบิดต่ำสุดบวกด้วย 90% ของผลต่างระหว่างค่าแรงบิดต่ำสุดและค่าแรงบิดสูงสุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$T_{c90} = \text{ระยะเวลาที่ทำให้แรงบิดมีค่าเท่ากับ } M_L + (90 M_H - M_L) / 100$$

โดยทั่วไปค่า  $T_{c90}$  จัดเป็นค่า “ระยะเวลาการคงรูปที่เหมาะสม (optimum curing time) ทางเทคนิคของยางคอมพาวด์เพราะการคงรูป ณ จุดนี้จะทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

นอกจากตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่สามารถใช้แสดงลักษณะการคงรูปของยางนั่นคือดัชนีอัตราการคงรูป (cure rate index, CRI) ซึ่งแสดงถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาของรูปที่สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CRI = 100 / (\text{ระยะเวลาในการคงรูปที่เหมาะสม} - \text{ระยะเวลาสกออร์ช})$$

3. ช่วงของการคงรูปที่มากเกินไป (overcure) : เมื่อปฏิกิริยาของรูปเกิดได้สมบูรณ์แล้ว แต่ยังคงดำเนินการทดสอบต่อไป ความร้อนที่ยางได้รับจะทำให้เกิดปฏิกิริยา 2 ปฏิกิริยาในเวลาเดียวกันคือปฏิกิริยาของรูป (ทำให้เกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุล) และปฏิกิริยาการเสื่อมสภาพ อันเนื่องมาจากความร้อน (ทำให้เกิดการตัดขาดของสายโซ่โมเลกุล) หาก 2 ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดได้ในอัตราเร็วที่ใกล้เคียงกัน แรงบิดก็จะคงที่ตามเวลา เรียกว่าเกิด “plateau” แต่หากปฏิกิริยาของรูปเกิดได้มากกว่าปฏิกิริยาการเสื่อมสภาพ แรงบิดก็จะมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามเวลา เรียกว่าเกิด “marching” แต่ถ้าปฏิกิริยาการเสื่อมสภาพเกิดขึ้นได้มากกว่าปฏิกิริยาของรูป แรงบิดก็จะมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามเวลา เรียกว่าเกิด “reversion”

ตัวอย่างของวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบลักษณะการคงรูปของยางด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์แบบจานแกว่ง ได้แก่ ASTM D2084 ISO 3417 และ BS 903: Part A60

**3. เครื่องรีโอมิเตอร์แบบคายนเคลื่อนที่ (Moving die rheometer) หรือเรียกย่อว่าเครื่อง MDR**

ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาเครื่องมือทดสอบลักษณะการคงรูปของยางอย่างต่อเนื่อง จนได้เป็นเครื่องมือทดสอบชนิดที่ไม่มีโรเตอร์เรียกว่า “rotorless curemeter” ตัวอย่างที่สำคัญของเครื่องมือวัดชนิดนี้ได้แก่ เครื่องรีโอมิเตอร์แบบคายนเคลื่อนที่หรือเครื่อง MDR โดยทั่วไป เครื่อง

MDR มีหลักการทำงานและวิธีการทดสอบเหมือนกับเครื่อง ODR ยกเว้นเครื่อง MDR จะไม่มีโรเตอร์ (มีเพียงคายนบนและคายนล่าง) เมื่อเริ่มการทดสอบ คายนล่างจะแกว่งไป-มาเป็นมุมแคบ ๆ (ส่วนใหญ่จะเท่ากับ  $0.5^\circ$  หรือ  $1^\circ$  ซึ่งต่ำกว่าเครื่อง ODR) ด้วยความถี่ 1.67 Hz จากนั้นเครื่องก็จะเริ่มบันทึกค่าแรงบิดที่เปลี่ยนไปตามเวลา ผลการทดสอบที่ได้จึงมีลักษณะเช่นเดียวกับผลการทดสอบที่ได้จากเครื่อง ODR แต่ค่าระยะเวลาสกอรัชที่วัดได้จากเครื่อง MDR คือระยะเวลาที่ทำให้ค่าแรงบิดสูงกว่าจุดต่ำสุด 1 เดซินิวตัน-เมตรโดยไม่ขึ้นอยู่กับมุมแกว่งของเครื่อง

เครื่องมือวัดรุ่นใหม่มีข้อดีเหนือกว่าเครื่อง ODR คือมีแรงเสียดทานต่ำกว่า การถ่ายเทความร้อนจากโลหะ (คายน) สู่อากาศสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วเพราะชิ้นทดสอบมีขนาดเล็กกว่า (ใช้ตัวอย่างขนาดประมาณ 3-5 ลูกบาศก์เซนติเมตร) อีกทั้งยังสามารถนำชิ้นทดสอบออกจากตัวเครื่องได้ค่อนข้างง่ายหลังจากที่การทดสอบได้สิ้นสุดลง นอกจากนี้ เครื่อง MDR ยังสามารถแยกค่าแรงบิดที่วัดได้ออกเป็น 2 องค์ประกอบย่อย คือ องค์ประกอบส่วนที่เป็นของแข็งยืดหยุ่น (elastic component,  $S'$ ) และองค์ประกอบส่วนที่เป็นของเหลวหนืด (viscous component,  $S''$ ) ทั้งนี้ เครื่อง MDR สามารถพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทั้ง 2 ตามเวลาได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การทดสอบโดยทั่วไปจะนิยมแสดงผลการทดสอบในรูปของค่า  $S'$  และค่า  $\tan \delta$  (ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $S''/S'$ )

มาตรฐานการทดสอบลักษณะการคงรูปของยางด้วยเครื่อง MDR ได้แสดงรายละเอียดไว้ใน ASTM D5289 และ ISO 6502

#### 4) การทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปของยางคอมพาวด์

ความสามารถในการขึ้นรูปของยางคอมพาวด์เป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ในอดีต การทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปยางสามารถทำได้โดยการวัดค่าความหนืดมูนี้ เพราะถ้ายางมีค่าความหนืดสูงก็แสดงว่ายางมีความสามารถในการขึ้นรูปต่ำหรือขึ้นรูปได้ยาก อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปของยางคอมพาวด์ขึ้นมาใหม่ เรียกเครื่องมือชนิดนี้ว่า “Rubber Process Analyzer” หรือนิยมเรียกชื่อย่อว่าเครื่อง RPA โดยทั่วไป เครื่อง RPA จะมีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่อง MDR กล่าวคือ ตัวเครื่องจะประกอบด้วยคายน 2 ตัวคือคายนบนและคายนล่าง ในระหว่างการทดสอบ คายนล่างจะเริ่มแกว่งไปมาและทำการบันทึกแรงบิดที่ใช้ในการแกว่งตามเวลาเช่นเดียวกับเครื่อง MDR อย่างไรก็ตาม เครื่อง RPA จะแตกต่างจากเครื่อง MDR ตรงที่ว่า การทดสอบโดยใช้เครื่อง MDR นั้นต้องทำขึ้นภายใต้สภาวะการทดสอบที่คงที่ เช่น กำหนดให้ความถี่และค่ามุมของการแกว่งคงที่ตลอดระยะเวลา

ของการทดสอบ แต่สำหรับเครื่อง RPA ผู้ทดสอบสามารถตั้ง โปรแกรมเพื่อปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในระหว่างการทดสอบได้ เช่น ปรับเปลี่ยนมุมของการแกว่งเพื่อศึกษาผลของความเครียด (strain sweep test) หรือปรับเปลี่ยนความถี่ของการทดสอบเพื่อศึกษาผลของความถี่ต่อสมบัติของยาง (frequency sweep test) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้เครื่อง RPA จึงนอกจากจะสามารถทำหน้าที่ได้เหมือนกับเครื่อง MDR ในการทดสอบลักษณะการคงรูปของยางแล้ว เครื่อง RPA ยังสามารถใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของยางทั้งก่อนการคงรูป (พฤติกรรมการไหล) และหลังการคงรูป (สมบัติเชิงพลวัต) ได้อีกด้วย ทั้งนี้การทดสอบทั้งหมดดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้เซ็นเซอร์ทดสอบเพียงชิ้นเดียวซึ่งนับว่าเป็นจุดเด่นของเครื่องมือทดสอบชนิดนี้

นอกจากเครื่อง RPA จะสามารถใช้ในการทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปของยางแล้ว ปัจจุบันยังได้มีการนำเครื่อง RPA ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาอันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมด้วยกันเอง (filler – filler interaction) โดยการนำตัวอย่างยางคอมพาวด์ที่เตรียมได้ไปทดสอบด้วยเครื่อง RPA เพื่อนำค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (elastic modulus,  $G'$ ) ของยางที่ความเครียดต่าง ๆ การทดสอบจะเริ่มที่ค่าความเครียดต่ำมาก ๆ เช่น 0.5 – 1.0% จากนั้นก็ทำการปรับเปลี่ยนค่าความเครียดในระหว่างการทดสอบจนถึงที่ระดับความเครียดสูงมาก ๆ เช่น 200% เป็นต้น ค่าความแตกต่างของค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ความเครียดต่ำและที่ความเครียดสูง ( $\Delta G'$ ) นี้สามารถใช้อธิบายถึงระดับของอันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมด้วยกันได้ เนื่องจากที่ความเครียดต่ำ ๆ นั้น อันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมด้วยกันจะมีค่าสูงเพราะว่ากลุ่มก้อนของสารตัวเติม (filler aggregate) ยังอยู่ใกล้กันมาก โดยเฉพาะในสูตรยางที่มีการเติมสารตัวเติมเสริมแรง (เช่น เชมดำหรือซิลิกา) ลงไปในปริมาณมาก ๆ อันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมอาจมีค่าสูงมากจนเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายของสารตัวเติม (filler network) ด้วยเหตุนี้ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่วัดได้ที่ความเครียดต่ำ ๆ นี้จึงมีค่าค่อนข้างสูงเพราะเกิดจากการตอบสนองของทั้งโครงสร้างตาข่ายของยาง (rubber network) และ โครงสร้างตาข่ายของสารตัวเติม แต่เมื่อทำการเพิ่มระดับความเครียดของการทดสอบไปเรื่อย ๆ กลุ่มก้อนของสารตัวเติมก็จะอยู่ห่างกันมากขึ้น ส่งผลให้อันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมด้วยกันมีค่าลดลง ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่วัดได้จึงลดลงตามความเครียดที่เพิ่มขึ้น และถ้าหากความเครียดมีค่าสูงเพียงพอจนทำให้โครงสร้างตาข่ายของสารตัวเติมถูกทำลายไปจนหมด ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นก็จะเริ่มคงที่ ซึ่ง ณ จุดนี้ ค่าโมดูลัสจะเกิดจากการตอบสนองของโครงสร้างตาข่ายของยางเพียงอย่างเดียว ดังนั้น ผลต่างของค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ความเครียดต่ำและที่ความเครียดสูงจึงสามารถนำไปใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับความแข็งแรงของโครงสร้างตาข่ายของสารตัวเติมได้ ปรากฏการณ์เช่นนี้รู้จักกันในชื่อว่า “Payne effect”

ปัจจัยหลัก ๆ ที่ส่งผลต่ออันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมด้วยกันเอง ได้แก่

1. ชนิดของสารตัวเติม (filler type) เช่น ซิลิกาซึ่งมีความเป็นขั้วสูงก็จะมีอันตรกิริยาระหว่างกันสูงกว่าเขม่าดำ เป็นต้น
2. ปริมาณสารตัวเติมที่มีอยู่ในยาง (filler content) การเติมสารตัวเติมลงไป ในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ระยะห่างระหว่างกลุ่มก้อนของสารตัวเติมมีค่าลดลง ดังนั้น ค่าอันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมจึงสูงขึ้นตามปริมาณของสารตัวเติมที่มีอยู่ในยาง
3. พื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) สารตัวเติมที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงจะมีอันตรกิริยาระหว่างกันสูงกว่าสารตัวเติมที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำ
4. ระดับของการแตกตัว (degree of filler dispersion) หากสารตัวเติมในยางคอมพาวด์มีระดับของการแตกตัวสูง กลุ่มก้อนของสารตัวเติมก็จะอยู่ห่างกันมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้อันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมด้วยกันเองมีค่าลดลง ด้วยเหตุนี้ ในบางกรณีจึงสามารถนำค่าอันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมไปใช้เป็นตัวเปรียบเทียบระดับของการแตกตัวของสารตัวเติมของยางในแบบต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม ใ้ผู้ทดสอบควรตระหนักไว้ว่าในการเปรียบเทียบนั้น สูตรยางทุกสูตรที่นำมาเปรียบเทียบจะต้องใช้สารตัวเติมชนิดเดียวกันและเติมลงไป ในปริมาณที่เท่ากันเท่านั้น

### สาเหตุของความแปรปรวนหรือความไม่สม่ำเสมอของผลการทดสอบ

สำหรับการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของยางเพื่อควบคุมสภาพของการผลิต ผู้ทดสอบต้องเก็บตัวอย่างยางมาทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของยางในห้องปฏิบัติการอยู่เป็นประจำ ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบดูว่ายางที่ผลิตได้ในแต่ละครั้งมีคุณภาพสม่ำเสมอหรือไม่ ในบางครั้งผู้ทดสอบอาจพบว่าผลการทดสอบที่ได้มีความไม่สม่ำเสมอหรือมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ไม่ว่าจะการหาสาเหตุที่แน่นอนของความแปรปรวนดังกล่าวกระทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากมีตัวแปรมากมายที่อาจส่งผลต่อความแปรปรวนทางสมบัติของยาง อย่างไรก็ตาม หากผู้ทดสอบพบว่าผลการทดสอบมีความแปรปรวนสูงผิดปกติหรือตัวอย่างบางชนิดมีสมบัติที่ผิดปกติจากที่ควรจะเป็น ผู้ทดสอบก็ควรดำเนินการตรวจสอบสาเหตุพื้นฐานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

#### 1. แหล่งที่มาและความบริสุทธิ์ของยางและสารเคมี

ผู้ทดสอบควรตระหนักไว้ว่ายางชนิดเดียวกันแต่มาจากต่างแหล่งกันก็อาจมีสมบัติที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญได้ ซึ่งความแปรปรวนของวัตถุดิบนี้โดยทั่วไปจะพบในยางธรรมชาติมากกว่าในยางสังเคราะห์ ส่วนสารเคมีก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวนได้เช่นเดียวกัน

เพราะสารเคมีที่ผลิตจากแต่ละโรงงานก็อาจจะมีประสิทธิภาพในการทำงานที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะสารเคมีในกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูป เช่น สารตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นต้น

## 2. ความถูกต้องของการชั่งสาร

บางครั้งความแปรปรวนที่พบอาจเกิดจากความผิดพลาดของการชั่งสารเคมีต่าง ๆ ดังนั้น ผู้ที่ทำหน้าที่ชั่งสารเคมีสำหรับการผสมเคมียางควรเป็นผู้ที่มีความละเอียดรอบคอบ ไม่มั่วง่าย นอกจากนี้ ผู้ผสมยางควรชั่งน้ำหนักของยางคอมพาวด์ที่ได้จากการผสมทุกครั้ง ทั้งนี้เพราะข้อมูลดังกล่าวนอกจากจะบ่งชี้ถึงปริมาณการสูญเสียในระหว่างกระบวนการผสมแล้ว ผู้ทดสอบยังสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการชั่งสารเคมีในภายหลังได้อีกด้วย

## 3. ชนิดและขนาดของเครื่องผสม

เนื่องจากเครื่องผสมยางแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการผสมแตกต่างกัน เช่น เครื่องนวดยาง (kneader) จะมีประสิทธิภาพในการผสมต่ำกว่าเครื่องเบนบุรี (banbury internal mixer) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ในการทดสอบแต่ละครั้ง (หากต้องการนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน) ผู้ทดสอบต้องแน่ใจว่าตัวอย่างที่ทำการทดสอบนั้นได้มาจากการใช้เครื่องผสมเครื่องเดียวกัน

## 4. สภาพะของการผสม

นอกจากจะต้องใช้เครื่องผสมเครื่องเดียวกันแล้ว สภาพะการผสมก็จำเป็นต้องควบคุมให้เหมือนกันด้วย เช่น ระยะเวลาในการผสม ความเร็วรอบในการหมุนโรเตอร์ หรืออุณหภูมิของห้องผสม เป็นต้น

## 5. ลำดับการใส่สารเคมีเข้าไปในเครื่องผสม

การเปลี่ยนลำดับของการใส่สารเคมีต่าง ๆ เข้าไปในเครื่องผสมก็จะส่งผลอย่างมากต่อสมบัติของยางที่ได้ ดังนั้น ผู้ทดสอบต้องแน่ใจว่าตัวอย่างยางที่จะทดสอบทั้งหมดมีลำดับการใส่สารเคมีที่เหมือนกัน เพราะความผิดพลาดในลำดับการใส่สารเคมีอาจส่งผลทำให้เกิดความแปรปรวนได้

## 6. สภาพะของการเก็บรักษาขางคอมพาวด์

ภายหลังการผสม ขางคอมพาวด์ควรได้รับการปรับสภาวะก่อนการนำไปขึ้นรูปโดยการทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1-24 ชั่วโมง ซึ่งในระหว่างการปรับสภาวะนี้อาจมีตัวแปรต่าง ๆ มากมายที่ส่งผลทำให้สมบัติของยางเปลี่ยนแปลงไป เช่น แสงแดด ความชื้น อุณหภูมิ และเวลา เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ ผู้ทดสอบควรตรวจสอบว่าตัวอย่างยางที่ทดสอบอยู่นั้นได้ผ่านการปรับสภาวะที่เหมือนกันหรือไม่

## 7. สภาพะของการคงรูป

สภาพะของการคงรูปนับเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความแปรปรวนของผลการทดสอบ เพราะแม้ว่าจะเป็นตัวอย่างบางสูตรเดียวกันแต่ถ้าได้รับการคงรูปที่สภาวะแตกต่างกัน ยางคงรูปที่ได้ก็จะมีสมบัติที่แตกต่างกันด้วย ด้วยเหตุนี้ หากพบความผิดปกติในตัวอย่างบางชนิดใด ก็ควรตรวจสอบสภาพะของการคงรูปของตัวอย่างบางชนิดนั้นว่าผิดไปจากที่ควรจะเป็นหรือไม่ ซึ่งตัวแปรพื้นฐานที่ควรตรวจสอบ ได้แก่

### - อุณหภูมิที่ใช้ในการคงรูป

เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าอุณหภูมิมีผลอย่างมากต่ออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาการคงรูปของยาง ดังนั้น หากอุณหภูมิที่ใช้ในการคงรูปเปลี่ยนไปก็จะส่งผลทำให้สมบัติของยางคงรูปเปลี่ยนไปด้วย ดังนั้น ผู้เตรียมตัวอย่างยางจึงควรหมั่นตรวจสอบความถูกต้องของอุณหภูมิต่ำ ๆ (บ่อยครั้งที่พบว่าอุณหภูมิที่แท้จริงของเข้าพิมพ์มีค่าไม่เท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ยังพบว่า การกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิบนแม่พิมพ์ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความแปรปรวนของผลการทดสอบ ด้วยเหตุนี้ ผู้ทดสอบควรทำการตรวจสอบการกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำแม่พิมพ์อยู่เสมอ

### - ความดันและการกระจายตัวของความดัน

โดยทั่วไป ความดันที่ใช้ในระหว่างการคงรูปจะต้องมีค่าสูงเพียงพอที่จะไล่อากาศที่มีอยู่ในยางให้หมดไป หากตัวอย่างบางชนิดใดได้รับความดันไม่เพียงพอก็อาจพบรูพรุนหรือฟองอากาศในเนื้อยางได้ ซึ่งรูพรุนหรือฟองอากาศเหล่านี้จะเป็นจุดตำหนิที่ทำให้สมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของยางลดลงอย่างเห็นได้ชัด

### - เวลาที่ใช้ในการคงรูป

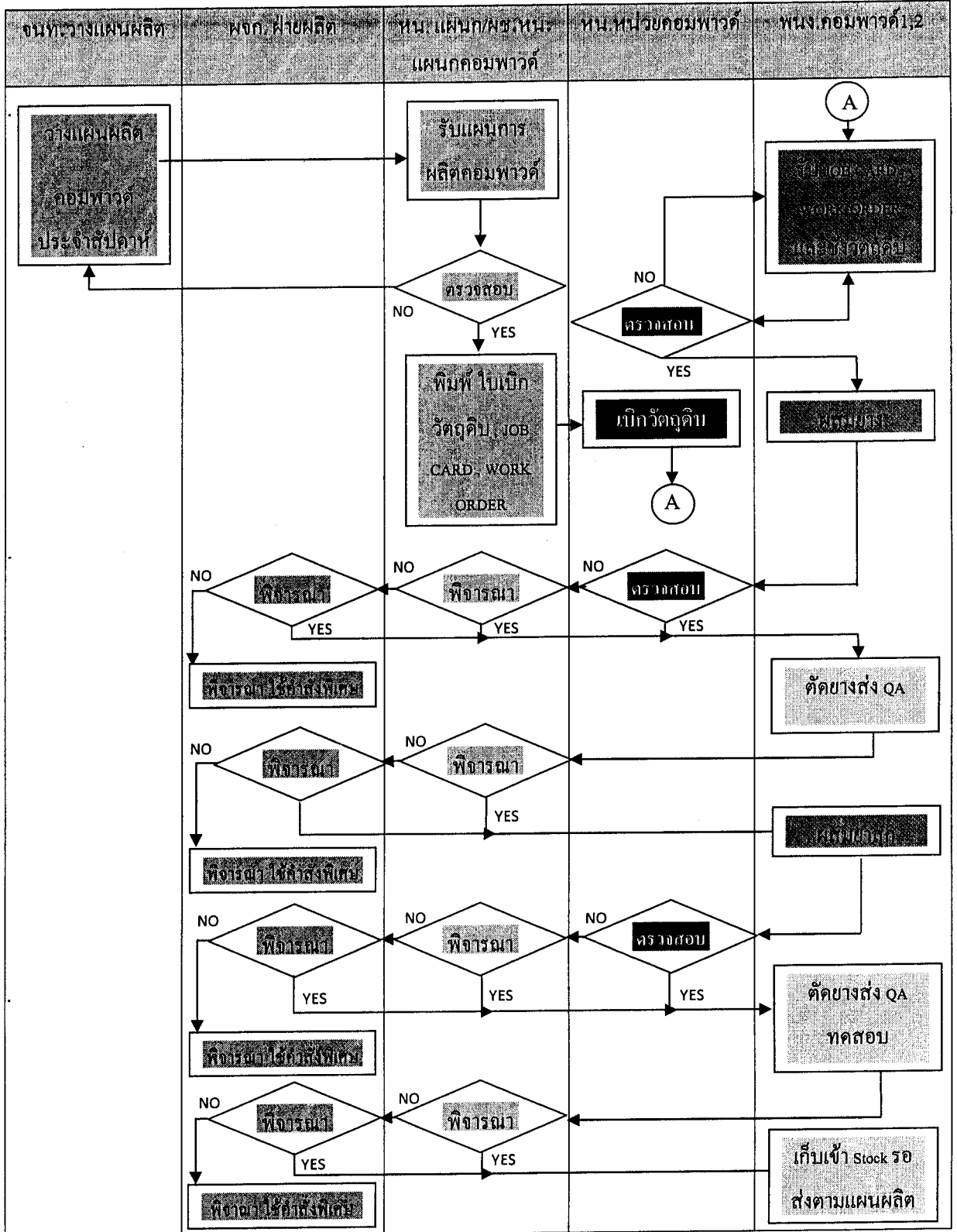
ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการคงรูปขึ้นทดสอบยางที่มีความหนาประมาณ 1-2 มิลลิเมตรคือค่าระยะเวลาในการคงรูปที่เหมาะสม ( $T_c$  90) ที่วัดได้จากเครื่อง ODR หรือเครื่อง MDR ความผิดพลาดที่เกิดจากการควบคุมระยะเวลาที่ใช้ในการคงรูปจะส่งผลอย่างมากต่อสมบัติของยาง เพราะการคงรูปที่ใช้ระยะเวลาสั้นหรือยาวเกินไปจะส่งผลทำให้สมบัติของยางคงรูปด้อยลง

## 8. สภาพะการเก็บรักษายางคงรูปก่อนทำการทดสอบ

ภายหลังการคงรูป ตัวอย่างยางต้องได้รับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ ซึ่งหากตัวอย่างบางชนิดได้รับการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม เช่น ได้รับแสงแดดมากเกินไปหรืออาจเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิสูงกว่าตัวอย่างบางชนิดอื่น ๆ ก็อาจส่งผลทำให้สมบัติเชิงกลของยางชนิดนั้นมีค่าผิดปกติได้



บทที่ 4 คู่มือการจัดการคุณภาพในกระบวนการผสมยาง



## รายละเอียดของขั้นตอนการทำงาน

### 1.0 หัวหน้าแผนก / ผช.หน.แผนกคอมพาวด์

1.1 รับแผนการผลิตคอมพาวด์ประจำสัปดาห์ จากเจ้าหน้าที่วางแผนการผลิต

1.2 ตรวจสอบรายละเอียดแผนการผลิตคอมพาวด์ประจำสัปดาห์ ดังนี้ รหัสและ ชื่อยาง, จำนวนที่ต้องการ, ชม.การทำงานในแต่ละวัน ให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง ถ้าไม่ถูกต้อง ส่งคืนให้เจ้าหน้าที่วางแผนการผลิตทบทวนและแก้ไขใหม่

1.3 พิมพ์ work order, job card และใบเบิกวัตถุดิบ ตามแผนการผลิตในแต่ละวัน

1.4 ส่งใบเบิกวัตถุดิบ ให้หน.หน่วยคอมพาวด์ไปดำเนินการเบิกวัตถุดิบที่แผนกคลังสินค้าตาม จำนวนที่ต้องการใช้งาน

1.5 นำ work order และ job card ไปติดที่บอร์ด just in time ตามสถานีนางานดังนี้ สถานีเตรียม ยาคี, เตรียมยาสุก, ตัดยาง, ชั่งแบ่งและเขม่า, ชั่งน้ำมัน, ผสมยางและใส่ยาสุก

### 2.0 พนักงานคอมพาวด์ 1

2.1 ทำการทวนสอบเครื่องชั่งก่อนใช้งาน เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องชั่งมีความเที่ยงตรงพร้อมที่จะ ใช้งานโดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

2.1.1 ทำความสะอาดเครื่องชั่ง โดยใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดให้ทั่วตราชั่ง

2.1.2 ปรับตราชั่งให้เป็น “ศูนย์”

2.1.3 หยิบลูกตุ้มน้ำหนักตามมาตรฐาน (คู่มือที่ 4.1) ในการทวนสอบวางบนเครื่องชั่ง แล้วอ่านค่าที่ได้

2.1.4 บันทึกค่าที่ได้ลงในรายงานการทวนสอบเครื่องชั่งและเมื่อผลการทวนสอบไม่ผ่านให้ “หยุดใช้” แล้วแจ้งผู้ช่วยหัวหน้าแผนก/หัวหน้าหน่วย เพื่อเปิดใบแจ้งซ่อมหลังจากซ่อม เสร็จแล้วต้องส่งให้ทางฝ่าย QA สอบเทียบใหม่อีกครั้งก่อนนำมาใช้งาน

ตารางที่ 4.1 ตารางทวนสอบเครื่องชั่ง

| No. | พิกัดเครื่องชั่ง (kg) | พิกัดที่ใช้ในการทวนสอบ (kg) |    |    |    |    |     |     |
|-----|-----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|-----|-----|
|     |                       | 1                           | 2  | 3  | 4  | 5  |     |     |
| 1   | 0-6                   | 1                           | 2  | 3  | 4  | 5  |     |     |
| 2   | 0-15                  | 3                           | 5  | 6  | 8  | 10 | 12  |     |
| 3   | 0-30                  | 6                           | 9  | 12 | 15 | 18 | 21  | 24  |
| 4   | 0-60                  | 12                          | 18 | 24 | 30 | 36 | 42  | 48  |
| 5   | 0-120                 | 24                          | 36 | 48 | 60 | 72 | 84  | 96  |
| 6   | 0-150                 | 30                          | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 |

หมายเหตุ : ในการใช้งานเครื่องชั่งนั้นควรใช้งานที่ประมาณ 20-80 % ของพิกัดเครื่องชั่งและในการทวนสอบก็ควรทวนสอบที่น้ำหนักประมาณ 20-80 % ของน้ำหนักที่ใช้งานเช่นเดียวกัน

2.2 ชั่งวัตถุดิบตาม job card, work order โดยดูน้ำหนักวัตถุดิบจากสูตรยาง ของรายการที่จะผลิต ตามวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การจัดเตรียมวัตถุดิบยาง, แป้ง, เชม่า

2.3 นำวัตถุดิบที่ชั่งแล้วใส่รถเข็นไปรวมตามจุดที่กำหนด

2.4 ทำการผสมยางตามลำดับการผลิต คอมพาวนด์ประจำวันบนบอร์ด just in time ของรายการที่จะผลิตตามวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การผสมยาง

2.5 ขณะผสมยาง ผช.หน.แผนกคอมพาวนด์ ต้องตรวจเส้นแรกของเลทใหม่โดยตรวจสอบชนิด, น้ำหนัก, เวลาผสม, ชื่อสูตรยาง ตามวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การประกันคุณภาพแผนกคอมพาวนด์ และบันทึกลงใน ใบกำกับการผลิตคอมพาวนด์

2.6 นำชิ้นทดสอบ SP.GR , job card , work order และใบกำกับการผลิตคอมพาวนด์ส่งให้ฝ่าย

QA เพื่อทำการทดสอบ ตามวิธีการปฏิบัติงาน เรื่องการทดสอบ SP.GR

### 3.0 หัวหน้าแผนก / ผช.หน.แผนกคอมพาวด์

3.1 รับใบกำกับการผลิตคอมพาวด์ พร้อมผลการทดสอบ SP.GR. จากฝ่าย QA

3.1.1 กรณีผ่าน spec ให้นำใบกำกับการผลิตคอมพาวด์ เก็บไว้บนยางเพื่อรอการผสมยาสูท

3.1.2 กรณีไม่ผ่าน spec ให้ขออนุมัติจากผู้จัดการฝ่ายผลิต

- กรณี “อนุมัติ” ให้ส่งใบกำกับการผลิตคอมพาวนด์ เก็บไว้บนยางเพื่อรอการผสมยาสุกและให้แจ้งผู้เกี่ยวข้องรับทราบเพื่อติดตามผลการใช้งานต่อไป
- กรณี “ไม่อนุมัติ” ให้ดูคำสั่งพิเศษที่ผู้จัดการฝ่ายผลิตแจ้งไว้ว่าให้ดำเนินการอย่างไรก็ให้ปฏิบัติตามนั้น

#### 4.0 พนักงานคอมพาวด์ 2

4.1 ทำการผสมยาสุกตามลำดับการผลิต Compound ประจำวันตามบอร์ด Just In Time โดยปฏิบัติตามวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การผสมยาสุก

4.2 ทน.หน่วย ต้องตรวจสอบ ชนิดและน้ำหนักของคอมพาวนด์ , ชนิดและน้ำหนักของยาสุก , เวลาผสม , และขั้นตอนการผสม ตามวิธีการปฏิบัติงานเรื่องการประกันคุณภาพแผนกคอมพาวนด์ และ บันทึกลงในใบกำกับการผลิตคอมพาวนด์

4.3 นำชิ้นทดสอบ RHEO และ บัตรผสมยาง ส่งให้ฝ่าย QA เพื่อทำการทดสอบตามวิธีการปฏิบัติงานเรื่อง การตรวจสอบโดยเครื่อง RHEOMETER พร้อมติดป้ายรอผลการ Test Rheo ไว้ที่พาเลทยาง

4.4 ส่งใบกำกับการผลิตคอมพาวนด์ ให้ผู้ช่วยหัวหน้าแผนก หรือหัวหน้าแผนก คอมพาวนด์ เพื่อเซ็นรับทราบผลการปฏิบัติงาน

4.5 บันทึกเวลาที่เสร็จ ในใบรายงานผลผลิตประจำวันแผนกคอมพาวนด์ แต่ละรายการเสร็จแล้วส่งให้หัวหน้าแผนกคอมพาวนด์เพื่อทบทวนผลการปฏิบัติงานเปรียบเทียบกับเป้าหมายในวันถัดไปของการทำงาน

#### 5.0 ผช.ทน.แผนก/หัวหน้าแผนกคอมพาวด์

5.1 รับบัตรผสมยาง และผลการทดสอบ RHEO จากฝ่าย QA

5.2 กรณีผลทดสอบผ่านตามมาตรฐานที่กำหนด ให้จัดเก็บผลทดสอบไว้บนยางเพื่อรอส่งไปผลิตตามแผนส่งยางต่อไป

5.3 กรณีผลทดสอบไม่ผ่านตามมาตรฐานที่กำหนด ให้ส่งผลการ ทดสอบ RHEO ให้ผู้จัดการฝ่ายผลิต ดำเนินการต่อไป

## 6.0 ผู้จัดการฝ่ายผลิต

6.1 รับผลทดสอบ RHEO และบัตรผสมยางจาก ผช.หน.แผนก/หน.แผนกคอมพาวน์

6.2 พิจารณาลงชื่ออนุมัติบนผลทดสอบ RHEO

6.2.1 กรณีอนุมัติให้เซ็นชื่อและคืน ผช.หน.แผนก/หน.แผนกคอมพาวน์

6.2.2 กรณีไม่อนุมัติให้ส่งผลทดสอบ RHEO คืนให้ผช.หน.แผนก/หน.แผนกคอมพาวน์  
พร้อมกับเขียนคำสั่งพิเศษเพื่อให้ดำเนินการต่อไป

## 7.0 ผช.หน.แผนก/หัวหน้าแผนกคอมพาวด์

7.1 รับผลทดสอบ RHEO จากผู้จัดการฝ่ายผลิต

7.2 นำผลทดสอบ RHEO ไปติดกับยาง Compound แต่ละพาเลท

7.3 จัดส่งยาง Compound ไปผลิตตามแผนส่งยางตามวันเวลาที่กำหนดต่อไป

## 9.0 หัวหน้าแผนกคอมพาวด์

9.1 รับใบรายงานผลผลิตประจำวันแผนก Compound

- กรณีถูกต้องให้ลงชื่อรับทราบในช่องหัวหน้าแผนก

- กรณีไม่ถูกต้องให้ส่งเอกสารคืนไปให้ หน.หน่วย หรือ ผช.หน.แผนกคอมพาวน์  
ดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้อง

9.2 ส่งใบรายงานผลผลิตประจำวันแผนก Compound ให้ผู้จัดการฝ่ายผลิต

## 10.0 ผู้จัดการฝ่ายผลิต

10.1 รับใบรายงานผลผลิตประจำวันแผนก Compound จากหัวหน้าแผนกคอมพาวน์ โดย  
ตรวจสอบความถูกต้องแล้วลงชื่อรับทราบ พร้อมกับส่งใบรายงานผลผลิตประจำวันแผนก  
Compound คืนให้ ผช.หน.แผนก/หัวหน้าแผนกคอมพาวน์

**หมายเหตุ :** กรณีตกเป้าให้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุร่วมกับผช.หน.แผนก/หน.แผนก เพื่อหาแนวทางแก้ไขและป้องกันต่อไป

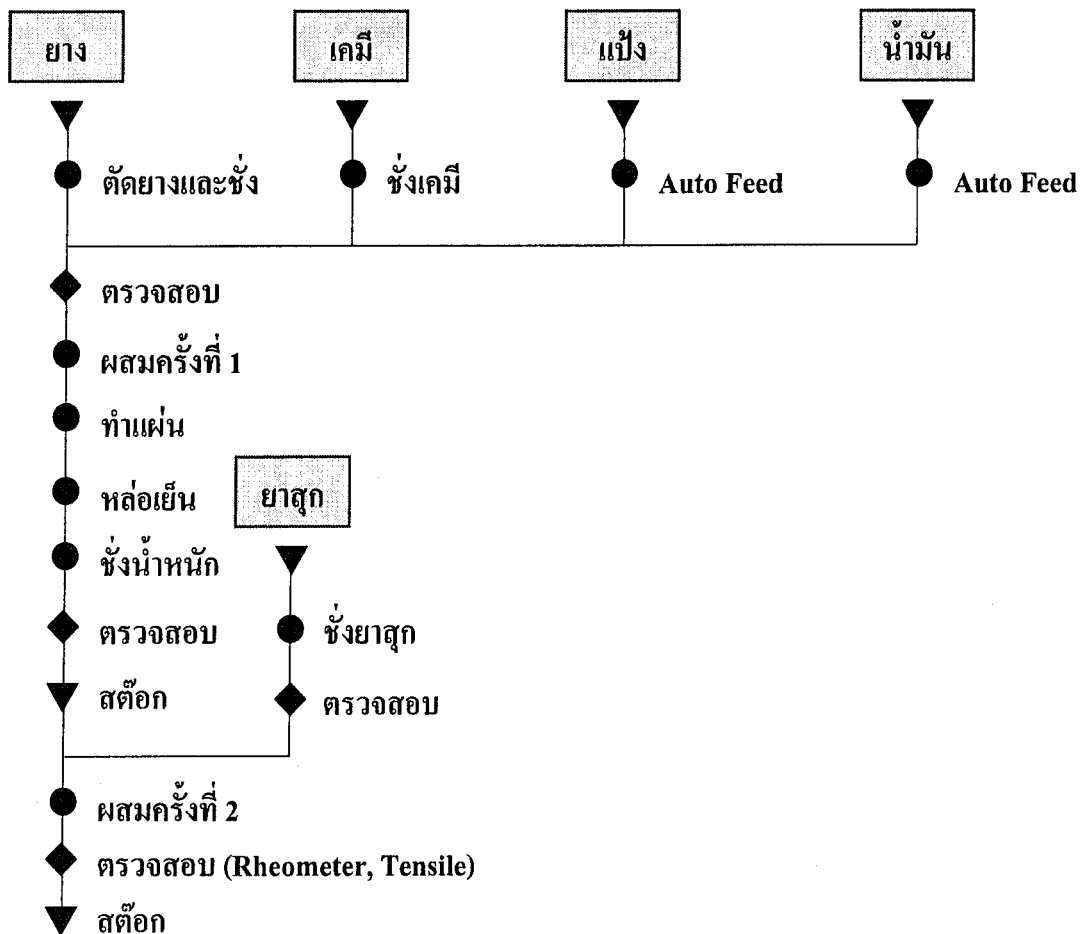
**11.0 ผช.หน.แผนก/หัวหน้าแผนกคอมพาวด์**

11.1 รับใบรายงานผลผลิตประจำวันแผนก Compound จากผู้จัดการฝ่ายผลิต

11.2 จัดเก็บใบรายงานผลผลิตประจำวันแผนก Compound , ใบประวัติการชั่งวัตถุดิบ

**หมายเหตุ :** เพื่อให้การรับและคืนป้ายสูตรยาง เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด และมั่นใจว่าทางแผนก COMPOUND ได้ทำการ UPDATE ข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดใน COMPUTER, ผู้ควบคุม SILO แล้ว จึงกำหนดให้บันทึกลงในแบบฟอร์ม รายงานรับ/คืนสูตรยาง ด้วยเพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาด

**กระบวนการผสมยาง**



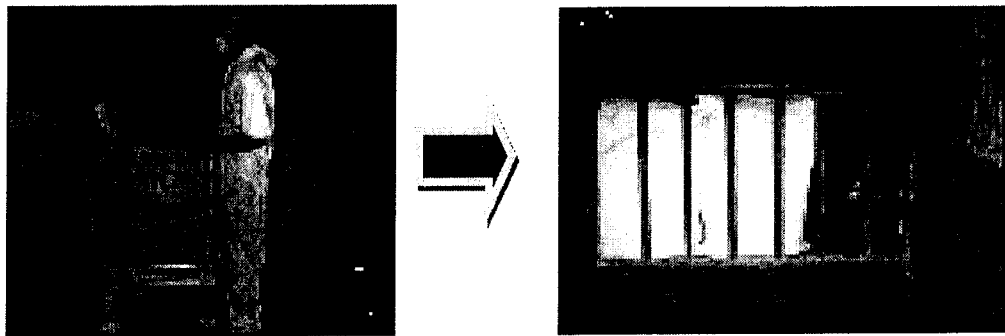
## วิธีการปฏิบัติงาน เรื่อง การจัดเตรียมวัตถุดิบ แป้ง , เหม่า, ยาง และน้ำมัน

การเตรียมวัตถุดิบประเภทแป้งและเหม่า :

1. นำบัตรบัตรชั่งแป้ง, เหม่า จากบอร์ด Just in time เพื่อไปหาสูตรยาง โดยตรวจสอบชื่อสูตรยางให้ตรงกับ บัตรชั่งแป้ง, เหม่า ที่ต้องการ
2. เตรียมแป้ง, เหม่า ตามป้ายสูตร ที่จะชั่งตามรายการบัตรชั่งแป้ง, เหม่า
3. เริ่มชั่ง แป้ง, เหม่า โดยดูน้ำหนักของวัตถุดิบได้จากป้ายสูตร เมื่อชั่งเสร็จแล้วให้เซ็นชื่อและลงวันที่ชั่งในบัตรชั่งแป้ง, เหม่า
4. เรียงแป้ง, เหม่า ที่ชั่งแล้วไว้ในคอกที่เตรียมไว้พร้อมกับติดบัตรชั่งแป้ง, เหม่า
5. บันทึกการชั่งวัตถุดิบ แป้ง, เหม่า ลงในประวัติการชั่งวัตถุดิบ

หมายเหตุ : มาตรฐานที่ยอมรับได้

1. น้ำหนักวัตถุดิบ แป้ง, เหม่า  $\pm 2\%$
2. ให้ห้กน้ำหนักถุงออกทุกครั้งที่ชั่ง



รูปที่ 4.1 การจัดเตรียมวัตถุดิบ แป้งและเหม่า ด้วยการชั่งมือ

### การเตรียมวัตถุดิบประเภทยาง :

1. นำบัตรสั่งยาง จากบอร์ด Just in time เพื่อไปหาสูตรยาง โดยตรวจสอบชื่อสูตรยางให้ตรงกับบัตรสั่งยางที่ต้องการ
2. เตรียมยางตามป้ายสูตร ที่จะสั่งตามรายการบัตรสั่งยาง
3. เริ่มตัดยาง โดยดูน้ำหนักของวัตถุดิบได้จากป้ายสูตร เมื่อสั่งเสร็จก็ให้นำยางไปเรียงไว้ในคอกที่เตรียมไว้ พร้อมเซ็นชื่อและลงวันที่ตัดยางในบัตรสั่งยาง
4. บันทึกการสั่งวัตถุดิบ ยาง ลงในประวัติการสั่งวัตถุดิบ

### หมายเหตุ : มาตรฐานที่ยอมรับได้

1. น้ำหนักวัตถุดิบ ยาง  $\pm 1\%$



รูปที่ 4.2 การจัดเตรียมวัตถุดิบ (ยาง)

### การเตรียมวัตถุดิบประเภทน้ำมัน :

1. นำบัตรสั่งน้ำมัน จากบอร์ด Just in time นำไปหาสูตรยาง โดยตรวจสอบชื่อสูตรยางให้ตรงกับบัตรสั่งน้ำมันที่ต้องการ
2. เตรียมน้ำมันตามป้ายสูตร ที่จะสั่งตามรายการบัตรสั่งน้ำมัน
3. เตรียมถุงเย็บขนาดพอเหมาะกับน้ำหนักน้ำมันที่จะทำการชั่งน้ำหนัก
4. ชั่งน้ำมัน โดยใช้ถังรองถุงเพื่อป้องกันน้ำมันหกออกจากถุงและต้องลบน้ำหนักของถังที่ใช้รองถุงน้ำมันออกด้วยทุกครั้ง
5. บันทึกการสั่งวัตถุดิบ น้ำมัน ลงในประวัติการสั่งวัตถุดิบ



หมายเหตุ : มาตรฐานที่ยอมรับได้

1. น้ำหนักวัตถุดิบ น้ำมัน  $\pm 1\%$

การตรวจสอบการสอบกลับได้ของระบบประกันคุณภาพในกระบวนการผลิต :

1. ให้ ผช.หน.แผนก/หน.หน่วย ทำการทวนสอบการลงประวัติ 100% ตามป้ายสูตรข้าง อย่างน้อยวันละ 1 พาเลท แล้วบันทึกลงในแบบฟอร์มบันทึกการสุ่มตรวจระบบทวนสอบ เพื่อ ทบทวนระบบการสอบกลับได้ของระบบงานที่ได้ออกแบบไว้ว่าพนักงานได้ทำตามระบบที่กำหนดไว้หรือไม่และเพื่อเป็นการประกันคุณภาพเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจะได้สอบกลับ ข้อมูลที่ปฏิบัติงานได้ทั้งหมด

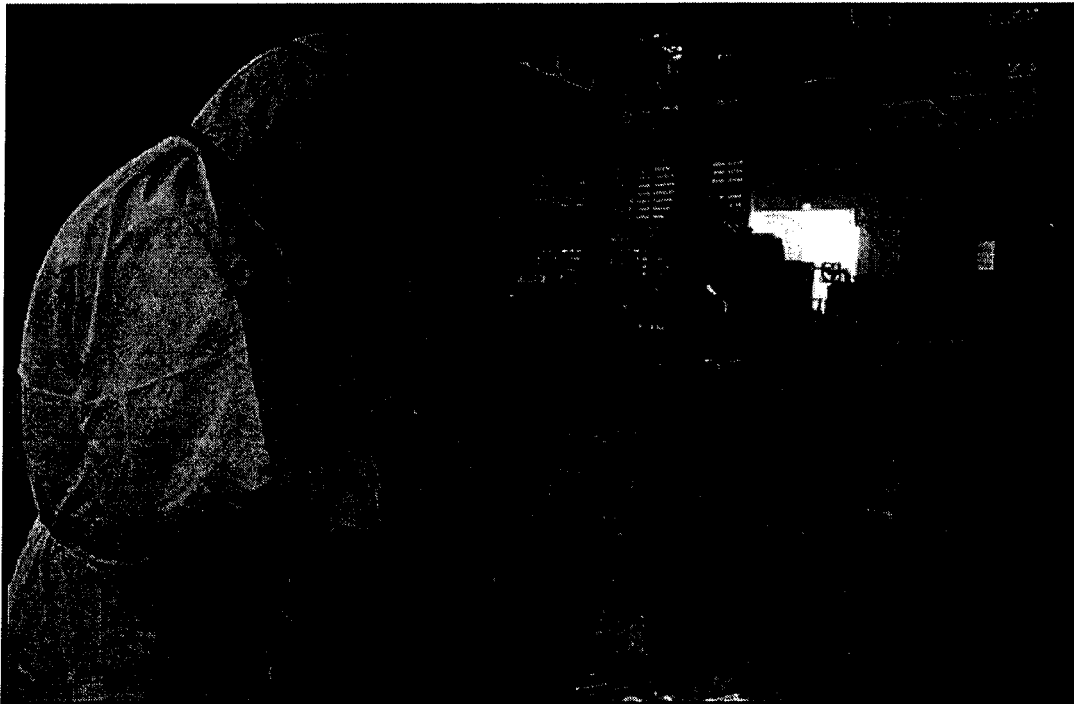
2. ส่งรายงานให้หัวหน้าแผนกคอมพิวเตอร์รับทราบและจัดเก็บเข้าแฟ้มต่อไป

หมายเหตุ : ถ้าทวนสอบแล้วพบปัญหา เช่น บันทึกไม่ครบ หรือไม่ถูกต้อง ฯ ให้เรียกพนักงานที่ปฏิบัติงานและหัวหน้าหน่วย/ผช.หน.แผนกคอมพิวเตอร์ มาประชุมเพื่อหาแนวทางป้องกันต่อไป

## วิธีการปฏิบัติงาน เรื่อง การจัดเตรียมวัตถุดิบประเภทยาตีและยาสุก

### ขั้นตอนการปฏิบัติ :

1. นำบัตรชั่งยาตีและยาสุก จากบอร์ด Just in time เพื่อไปหาสูตรยาง โดยตรวจสอบชื่อสูตรยางให้ตรงกับ บัตรชั่งยาตี และยาสุกที่ต้องการ
2. เตรียมยาตี และยาสุก ตามป้ายสูตร ที่จะทำการชั่ง
3. เริ่มชั่งยาตีและยาสุกโดยคุณนำหนักของวัตถุดิบได้จากป้ายสูตรเมื่อชั่งเสร็จแล้วให้เซ็นชื่อและลงวันที่ชั่งในบัตรชั่งยาตีและยาสุก
4. เรียงยาตีและยาสุกที่ชั่งแล้วไว้ในรถที่เตรียมไว้พร้อมกับติดบัตรชั่งยาตีและยาสุก
5. บันทึกการชั่งวัตถุดิบยาตีและยาสุกลงในประวัติการชั่งวัตถุดิบ

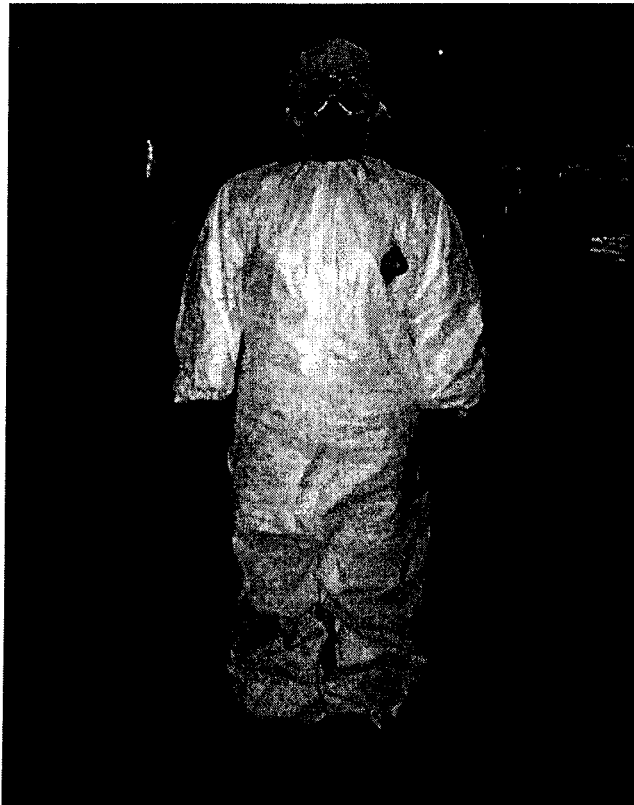


รูปที่ 4.3 รูปแสดงการชั่งยาตีและยาสุก

### สรุปรายงานการเตรียมวัสดุดับทุกประเภท ดังนี้

1. รายงานปริมาณการใช้วัสดุดับ
2. รายงานปริมาณวัสดุดับคงเหลือ
3. รายงานข้อมูลสูตรที่ใช้ผลิตทั้งหมด
4. รายงานปริมาณวัสดุดับที่ไม่เคลื่อนไหว

หมายเหตุ : พนักงานที่ปฏิบัติงานจะต้องใส่อุปกรณ์ Safety ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 อุปกรณ์ safety สำหรับพนักงานที่ปฏิบัติงาน



หมายเหตุ : กรณีพบหมายเลขบัตร , จำนวน และ/หรือชื่ออย่างไม่ถูกต้องตรงกันห้ามทำการผสมและให้รีบแจ้งหัวหน้าหน่วย/ผ.ชน.แผนกคอมพิวเตอร์เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

**ขั้นตอนการผสม :**

1. จัดเรียงวัตถุดิบที่ต้องการผสมไว้ครั้งละ 1 BATCH แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อป้องกันความผิดพลาดโดยเรียงลำดับก่อนและหลังของวัตถุดิบที่จะผสมให้ถูกต้องตามที่ป้ายสูตรกำหนด

2. ยก RAM ขึ้นและเปิดประตูหน้า

**ข้อควรระวัง :** เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานได้กำหนดการทำงานของเครื่องไว้โดยให้ RAM ขึ้นสุดก่อนแล้วประตูหน้าจึงจะเปิดได้ ถ้าพบว่าไม่เป็นไปตามที่กำหนดให้หยุดผลิต

3. ใส่วัตถุดิบลำดับที่ 1 ลงไปในห้องผสม

4. ปิดประตูหน้าและกดแรมลง

**ข้อควรระวัง :** เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานได้กำหนดการทำงานของเครื่องไว้โดยให้ประตูหน้าปิด ก่อนแล้ว RAM จึงจะลงได้ ถ้าพบว่าไม่เป็นไปตามที่กำหนดให้หยุดผลิต

5. ผสมตามเวลาที่กำหนดไว้ตามป้ายสูตร

6. ยกแรมขึ้นและเปิดประตูหน้า

7. ใส่วัตถุดิบลำดับที่ 2 ลงไปในห้องผสม

8. ปิดประตูหน้าและกดแรมลง

9. ผสมตามเวลาที่กำหนดไว้ตามป้ายสูตร

10. ให้ปฏิบัติตั้งแต่ข้อที่ 1-9 จนครบทุกลำดับที่ป้ายสูตรกำหนดไว้ ซึ่งสูตรส่วนมากจะมีขั้นตอนการผสมที่

3-4 ลำดับเท่านั้น

11. ยกแรมขึ้นและเปิดประตูหน้า

12. ทำความสะอาดที่คือ RAM โดยใช้อุปกรณ์ความสะอาดที่จัดทำขึ้นมาเป็นพิเศษ

13. ผสมตามเวลาที่กำหนดไว้ตามป้ายสูตร

14. เปิดประตูล้างเพื่อปล่อยยางลงกะเช้า

**ข้อควรระวัง :** ก่อนเปิดประตูเพื่อปล่อยยางต้องมั่นใจก่อนว่ายางได้ผสมเข้ากันดีแล้ว โดยให้สังเกตจากการฟังเสียง และหรือดูที่เอมบีของกระแสไฟฟ้าว่าคงที่หรือยัง

15. ปิดประตูล้างเพื่อผสม BATCH ต่อไปจนครบจำนวนตามที่แผนสั่งผลิต

16. ถ้าเลี้ยงยางไปใส่ที่เครื่องทำแผ่น (SPM)

17. ถ้าเลี้ยงยางลงอ่างน้ำหล่อเย็นและน้ำยากันติด

18. เป่าน้ำให้แห้งสนิท

19. ตัดเป็นแผ่นขนาดตามที่มาตรฐานกำหนดและขกลงพาเลทพร้อมกับเขียนหมายเลข BATCH ไว้ด้วยเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของยางที่ผสมออกมาแล้วว่าผ่านมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

**ข้อควรระวัง :** ต้องตรวจสอบความสะอาด สิ่งปลอมปนและสีของยางที่ผสมออกมาด้วย ถ้าผิดปกติให้แยกหรือตัดส่วนที่พบปัญหาออกให้หมด

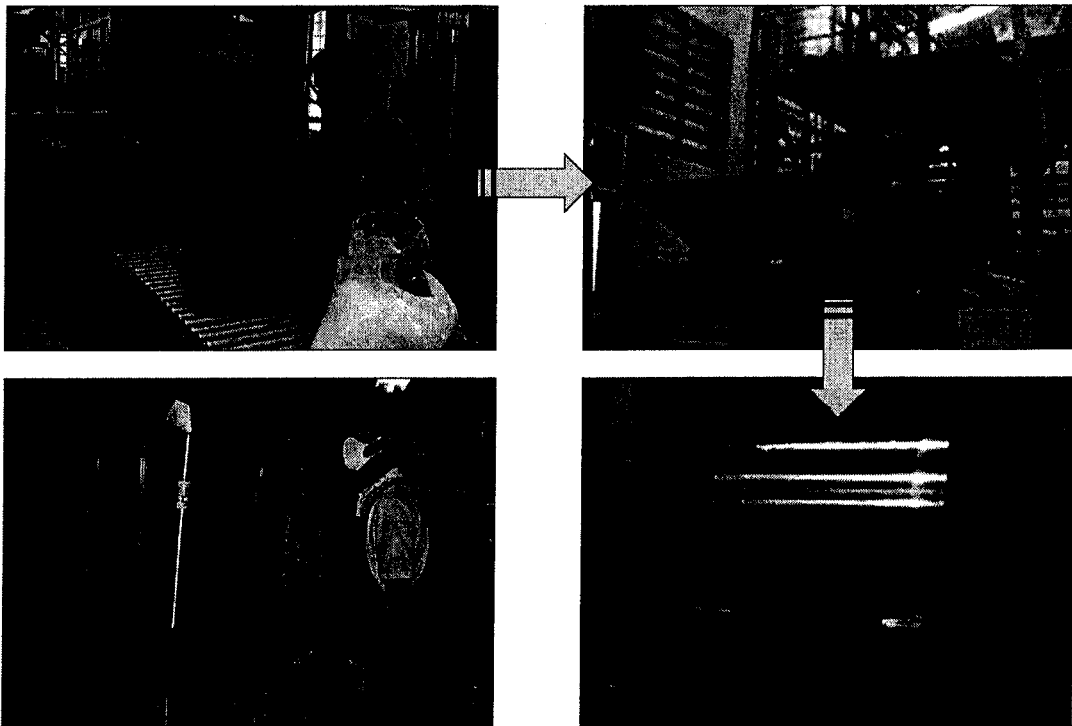
20. ตัดยางเป็นชิ้นขนาด 3x3 cm เพื่อนำไปให้ฝ่าย QA ทำการทดสอบ SP.GR 100% (ทุก BATCH)

21. จัดเก็บยางเข้า RACK เพื่อรอผลทดสอบ SP.GR และแผนผสมยาสุกต่อไป

**ข้อควรระวัง :** ต้องเก็บยางไว้อย่างน้อย 24 ชม. จึงจะนำไปผสมยาสุกต่อไป และควรจัดเก็บไว้ในที่ร่ม สะอาด อากาศถ่ายเทได้สะดวก

กรณีที่ผสมยางผิดให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

| ลำดับ | ปัญหาที่พบ  | วิธีดำเนินการ  | แบบฟอร์มรายงาน |
|-------|---|--|----------------|
| 1     | ผสมยางไม่เป็นตัว  | 1. หยุดผลิต, แจ้งหัวหน้าทราบ<br>2. เก็บยางรวมใส่ถุง<br>3. ล้างเครื่องใหม่ 1-2 ครั้ง                        | รายงานของเสีย  |
| 2     | ผสมผิดสูตร :<br>เคมีเกินหรือขาด<br>น้ำมันเกินหรือขาด<br>แป้ง, เชม่า เกินหรือขาด | 1. หยุดผลิต, แจ้งหัวหน้าทราบ<br>2. คัดแยกออก 100%<br>3. ล้างเครื่องใหม่ 2-3 ครั้ง<br>(เฉพาะกรณีน้ำมันเกิน) |                |
| 3     | มีสิ่งปลอมปน  | 1. หยุดผลิต, แจ้งหัวหน้าทราบ<br>2. คัดแยกออก 100% คัดสิ่ง<br>ปลอมปนออก                                     |                |



รูปที่ 4.6 รูปภาพการผสมยางที่เครื่อง BANBURY

## วิธีการปฏิบัติงาน เรื่อง การผสมยาสุกที่เครื่อง KNEDER

### การเตรียมเครื่องจักรก่อนผสม :

1. ตรวจสอบ PM เครื่องจักรตามแบบฟอร์มรายงานการตรวจเช็ค PM ก่อนเริ่มปฏิบัติงานทุกครั้ง
  - 1.1 ถ้าพบสิ่งผิดปกติให้แจ้งหัวหน้าหน่วย/ผ.ช.น.แผนกคอมพิวเตอร์ทันทีเพื่อทำการแจ้งซ่อม
  - 1.2 หยุดใช้เครื่องจักรจนกว่าจะได้รับการแก้ไขหรือซ่อมให้อยู่ในสภาพปกติพร้อมใช้งานก่อน
2. เปิดระบบไฟฟ้าเข้าเครื่องจักรตามที่คู่มือเครื่องจักรกำหนดไว้ตามลำดับ
3. ทำการเดินเครื่องเปล่า 1 รอบการทำงานก่อน เพื่อตรวจสอบว่ามีอะไรผิดปกติหรือไม่ ซึ่งถ้ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นก็ให้หยุดเครื่องจักรเหมือนกับข้อ 1.2 ซึ่งจะช่วยให้วัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมไม่เสียหายไปด้วย และไม่ต้องเสียเวลาเอาวัตถุดิบที่ใส่เข้าไปในเครื่องผสมออกมาด้วยเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย

### ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนผสม :

1. ตรวจสอบบัตรผสมยาง, บัตรยาสุก โดยดูหมายเลขบัตร, ชื่อยาง และจำนวนต้องตรงกันทั้งสองบัตร เช่นบัตรผสมยาง NO.6002 ชื่อยางในทนไฟ หมายเลขบัตรยาสุกต้องมีเลข No. 6002 , จำนวน 10 เส้น และชื่อยางในทนไฟด้วยเช่นเดียวกัน (ตามรูปที่ 4.7)

| บัตรชั่งยาสุก |             | NO. 6002 |
|---------------|-------------|----------|
| ชื่อยาง ..... |             |          |
| วันที่ .....  | จำนวน ..... | เส้น     |
| ลงชื่อ .....  |             |          |



| บัตรผสมยาง               |                       | NO. 6002 |
|--------------------------|-----------------------|----------|
| ชื่อยาง .....            | รหัส .....            |          |
| น้ำหนัก .....            | จำนวน .....           | เส้น     |
| วันที่ ...../...../..... | พนักงานผสมยาง .....   |          |
| วันที่ ...../...../..... | พนักงานใส่ยาสุก ..... |          |

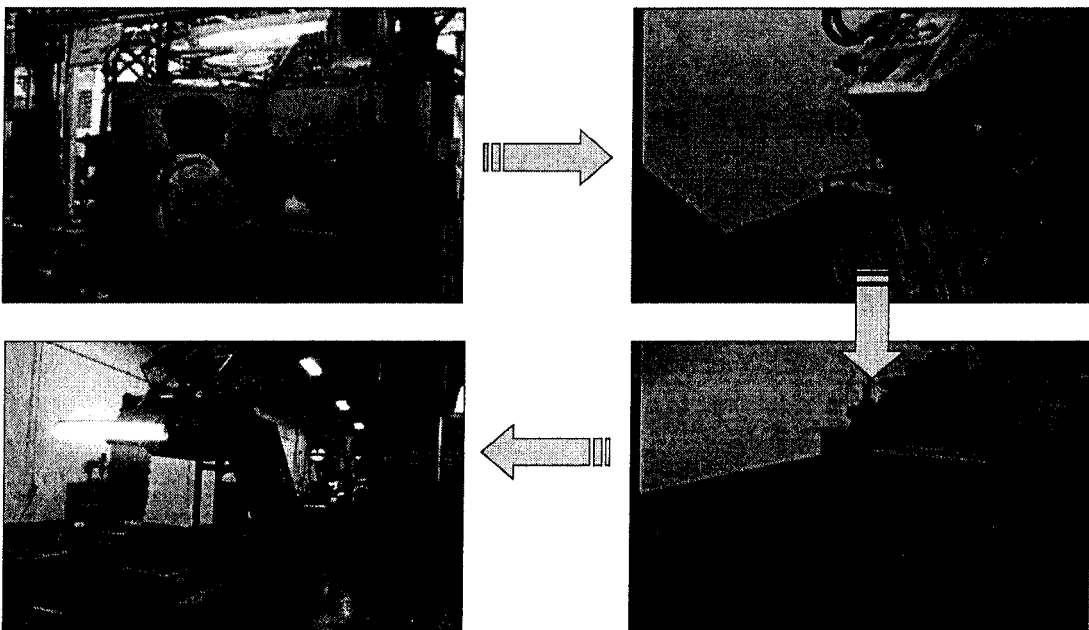
รูปที่ 4.7 ป้ายชี้บ่งของสถานีการทำงานชั่งยาสุก

**หมายเหตุ :** กรณีพบหมายเลขบัตร , จำนวน และ/หรือชื่อยางไม่ถูกต้องตรงกันห้ามทำการผสมและให้รีบแจ้งหัวหน้าหน่วย/ผช.หน.แผนกคอมพาวน์เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

**ขั้นตอนการผสมยาง :**

1. จัดเรียงยางคอมพาวน์และยาสุกที่ต้องการผสมไว้ครั้งละ 1 BATCH แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อป้องกันความผิดพลาดโดยเรียงลำดับก่อนและหลังของวัตถุดิบที่จะผสมให้ถูกต้องตามที่ป้ายสูตรกำหนด
2. ยกแรมขึ้น => ปิดประตูกันฝุ่น => เปิดประตูใส่ยาง => เปิดเครื่องจักรเพื่อเริ่มทำงาน
3. ใส่ยางคอมพาวน์ส่วนแรกลงในเครื่องผสมตามมาตรฐานที่กำหนด โดยทยอยใส่ครั้งละไม่เกิน 3 แผ่น จนครบตามกำหนด กดแรมลง 50% เพื่อนวดยางตามระยะเวลาที่กำหนด
4. ยกแรมขึ้นใส่ยางส่วนที่สองลงในเครื่องผสมตามมาตรฐานที่กำหนด โดยทยอยใส่ครั้งละไม่เกิน 3 แผ่น จนครบตามกำหนด กดแรมลง 50% เพื่อนวดยางตามระยะเวลาที่กำหนด
5. ยกแรมขึ้นเพื่อใส่ยาสุกโดยต้องเขย่าเคมีให้เข้ากันก่อนใส่ลงในเครื่องผสมแล้วกดแรมลงจนสุด แล้วนวดจนครบตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยให้ยกแรมขึ้นก่อนครบเวลาที่ตั้งไว้ (5-10 วินาที)
6. เมื่อผสมได้ตามเวลาที่กำหนด (เครื่องจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ) ให้กดปุ่มเทยาง Compound ลงในกระเช้า และกดปุ่มเปิดมอเตอร์
7. เมื่อเทยางหมดให้กดปุ่มกระเช้าขึ้นเพื่อเทยาง Compound ลงในเครื่อง SPM K-1 เพื่อที่จะทำแผ่นต่อไป และกดปุ่ม ยก CHAMBER กลับเพื่อที่จะผสมยาสุกเส้นต่อไป
8. ปรับรอบสกรู SPM K-1, ลูกกลิ้ง SPM K-1 และ B/O K-1 ให้สมดุลกันทั้ง 3 จุด

9. ดึงแผ่น Compound ที่ผ่านจากลูกกลิ้ง SPM K-1 ผ่านลงอ่างน้ำหล่อเย็น, อ่างน้ำยากัดกัด และผ่านไปตามสายพานลำเลียง B/O K-1 แล้วปล่อยขางลงพาเลทท้ายเครื่อง และพับขางให้เรียบร้อย
10. ให้ปฏิบัติตามข้อ 1-9 ในขาง Compound เส้นต่อไปจนหมดพาเลท
11. ในขณะที่ผสมยาสุกทุกชั้นตอน จะมีการตรวจสอบโดยหัวหน้างานตามใบกำกับการผลิตคอมพิวเตอร์ตามที่กำหนด
12. กรณีต้องการใส่ยาสุกขางคอมพิวเตอร์ ขางสีต่าง ๆ ต่อจากขางคอมพิวเตอร์สีดำ หรือขางที่ไม่เหมือนกันเช่นใส่ยาสุกขางธรรมชาติแล้วไปใส่ขางกันน้ำมันต่อให้ดำเนินการดังนี้
  - 12.1 ใช้เหล็กฆะและ/หรือ Solvent ทำความสะอาดเครื่องที่ใช้ผสมให้สะอาดก่อนเพื่อป้องกันปัญหาในเรื่องของคุณภาพ
  - 12.2 ใช้ขางคอมพิวเตอร์ที่เตรียมไว้สำหรับล้างเครื่องผสม ล้างเครื่องผสม โดยปฏิบัติตามข้อ 2-9 ยกเว้นไม่ต้อง ใส่ยาสุก
  - 12.3 ให้ปฏิบัติตามข้อ 12.1 และ 12.2 อย่างน้อย 1 ครั้ง ถ้ายังไม่สะอาดก็ให้ทำซ้ำจนกว่าเครื่องจะสะอาด



รูปที่ 4.8 รูปภาพการผสมขางที่เครื่อง KNEDER

หมายเหตุ : ดร. ชاکริต สิริสิงห ได้แนะนำเรื่องการปรับปรุง Processability ของยางคอมพาวด์ ไว้  
ในคู่มือฝึกอบรมเรื่อง “How to Improve Rubber Compounds” เมื่อวันที่ 29 July 2008 ดังนี้

#### 1. การปรับลดความเหนียว : ความสำคัญของการปรับลดความเหนียว

1. ลดพลังงานการผสม
2. เพิ่มความสามารถในการเกิด filler incorporation
3. เพิ่มความสามารถในการเกิด filler distribution
4. เพิ่มเวลาในการเกิด filler dispersion
5. ลดโอกาสการเกิด melt fracture

#### แนวทางในการปรับลดความเหนียว

1. ลด MW (โดยเฉพาะกรณี NR)
  - Mechanical mastication
  - Chemical mastication (peptization)
2. ใช้ liquid polymeric plasticisers เช่น
  - liquid EPR (Trilene)
  - liquid PB (Ricon)
  - liquid NBR (Hycar)
  - liquid CR (Neoprene FB)
3. ใช้ Trans-polyoctenylene rubber (TOR)
  - Ethylene-octene rubber (EOR , EOM)
4. ปรับเปลี่ยนชนิด/เกรดของสารตัวเติม
  - ปรับลดขนาดอนุภาค และ/หรือ ลดปริมาณ structure

- ปรึบลดปริมาณสารตัวเติม
- พิจารณาการใช้สารตัวเติมที่มีลักษณะ Spherical shape
- ใช้สารตัวเติมที่มีการปรับสภาพผิว (Stearic treated -  $\text{CaCO}_3$  , Silane treated silica or clay, Titanate treated  $\text{TiO}_2$ )
- พิจารณาการใช้ Processing aids (Zn salts of fatty acids หรือ Ca salt Mixture of fatty acids หรือ Fatty acid salts )
- พิจารณาใช้ Coagent ในระบบ Peroxide cure

## 2. การปรึบลดความเป็นอิลาสติก : ความสำคัญของการปรึบลดความเป็นอิลาสติก

1. เพิ่มความสามารถในการเกิด filler incorporation
2. เพิ่มเวลาในการเกิด filler dispersion
3. ลดปริมาณ Die swell
4. ลดโอกาสการเกิด melt fracture
5. เพิ่ม extrusion rate

### การปรึบลดอิลาสติก

1. ลดปริมาณของ Molecular entanglement
2. MW (Mastication , Peptization)
3. Masticisation (Oil/Plasticiser/processing aids)
4. Filler loading (Dilution effect)
5. Processing temperature

6. Die length

### 3. การปรับเพิ่ม Tack : ความสำคัญของการปรับเพิ่ม Tack

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการประกอบยางคอมพาวด์แต่ละส่วนเข้าด้วยกัน
2. Tyre building
3. Roll covering

#### แนวทางในการเพิ่ม Tack

1. ลด MW ของยาง
2. พิจารณาใช้ NR หรือ CR ผสมร่วม (ระวังเรื่อง compat.)
3. ลดปริมาณ stearic acid
4. ลดปริมาณ PbO
5. หลีกเลี่ยงการ Bloom ของสารเคมี (Antioxidant , Sulphur ใช้ Insoluble sulphur แทน , Oil , Wax)
6. พิจารณาใช้ Low MW polymer
  - Low MW NBR (Hycar1312)
  - Low MW PB (Ricon)
7. ใช้ Tackifier
8. Coumarone-indene resins
9. Terpene
10. Alkylated Phenol-formaldehyde resin
  - Alkyl group มักเป็น Octyl หรือ t-Butyl
  - ให้ค่า High-temperature tack เหนือกว่า Coumarone-indene resins

- ลดปริมาณเขม่าดำ (โดยเฉพาะเกรดที่อนุภาคขนาดเล็ก และ/หรือ โครงสร้างสูง)
- หลีกเลี่ยงการเกิด Scorch
- หลีกเลี่ยงการเก็บยางคอมพาวด์ภายใต้ความชื้นสูง

#### 4. การปรับเพิ่ม Filler dispersion : ความสำคัญของการปรับเพิ่ม Filler dispersion

1. เพิ่มการเสริมแรงให้เป็นที่ไปอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ลดปัญหา Batch-to-batch variation
3. ลดโอกาสเกิด melt fracture ของผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูด

#### แนวทางในการเพิ่ม Filler dispersion

1. พิจารณาปรับเปลี่ยนเกรดยาง
2. เพิ่ม MW และ/หรือ ลด MWD เพื่อเพิ่ม Shear stress
3. พิจารณาใช้สารประเภท Processing aids เพื่อลด incorporation time

##### 3.1 สารกลุ่มเรซิน

- Struktol 40MS, 60 NS
- Petroleum gel

##### 3.2 สารกลุ่มกรดไขมัน และอนุพันธ์

- กรดสเตียริก, Zinc stearate , Fatty amine

##### 3.3 น้ำมัน และพลาสติกไซเซอร์รวมทั้ง Low MW polymer

- ต้องระวังเรื่อง Compatibility

#### 4. การปรับเปลี่ยนสารตัวเติม

##### 4.1 เขม่าดำ

- ลดขนาดอนุภาค และเพิ่ม Structure ของเขม่าดำ
- หลีกเลี่ยงการใช้เขม่าดำเกรดขนาดอนุภาคใหญ่กับเล็กผสมกัน
- พิจารณาใช้ Black masterbatch

##### 4.2 ซิลิกา

- ลดพื้นที่ผิวของซิลิกา
- ใช้ Silane

##### 4.3 Fibre

- พิจารณาใช้ low MW maleated PB (PBDMA) ในกรณี cotton , PA6, PES เพื่อลด incorporation time
- พิจารณาใช้ fibre masterbatch

#### 5. การปรับเปลี่ยนกระบวนการผสม

##### 5.1 ชนิดของเครื่องผสม

- Open mill
- Internal mixer
  - Non-intermeshing-Banbury mixer
  - Intermeshing – Intermix mixer
  - Variable intermeshing–Pomini mixer

## 6. สภาพะการผสม

### 6.1 เวลาการผสม

### 6.2 ความเร็วรอบ

### 6.3 Fill Factor

### 6.4 อุณหภูมิการผสม

## 7. วิธีการผสม

7.1 ปกติน้ำมันควรใส่หลังจากการใส่สารตัวเติม (ยกเว้นในกรณี Mill Mixing ของสูตรคอมพาวด์ที่เติมน้ำมันในปริมาณสูง)

7.2 โดยทั่วไปการผสมแบบ Upside-Down จะให้ **Filler dispersion** ที่ต่ำกว่าการผสมแบบ Conventional Mixing มักใช้เฉพาะในกรณีดังนี้

7.2.1 ทำการผสมสูตรยางคอมพาวด์ที่มีสารตัวเติมสูงมาก

7.2.2 ทำการผสมยางที่เกิดการน้มน้ำ (จากการ Mastication ระหว่างการผสม) เร็วเกินไป

7.3 พิจารณาใช้เทคนิค 2 – pass mixing (2 – stage mixing)

## 5. การปรับเพิ่ม **Green strength** : ความสำคัญของการปรับเพิ่ม **Green strength**

1. ลดปัญหาการ Collapsing ของผลิตภัณฑ์เอ็กซ์ทรูดอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงโลก

### แนวทางการเพิ่ม **green strength**

1. พิจารณาใช้ยางที่มี MW สูงขึ้น และ/หรือ ยางที่มี MWD แคบลง

2. พิจารณาใช้ยางที่มีปริมาณผลึกสูง



2.1 EPDM => high ethylene content

2.2 CR => T-type > W-type > G-type

3. พิจารณาใช้ Polyoctenamer (TOR) ปริมาณเล็กน้อยผสมในยาง NR, BR, SBR, EPDM, CR

4. การใช้สารตัวเติม

4.1 เขม่าดำ => ปริมาณ และ/หรือ ขนาดอนุภาคเล็ก และ/หรือ โครงสร้างสูง

5. การปรับกระบวนการผสม

5.1 ลดการเกิด Mastication ระหว่างการผสม

5.1.1 เวลา

5.1.2 ความเร็วรอบ

5.1.3 อุณหภูมิ

6. การปรับเพิ่ม Scorch time : ความสำคัญของการปรับเพิ่ม Scorch time

1. ลดโอกาสยางตาย หรือไม่เต็มแม่พิมพ์

**แนวทางการเพิ่ม Scorch time**

1. พิจารณาใช้ยางที่มี Mooney viscosity ต่ำ

2. ปรับเปลี่ยนสารตัวเติม (ลด Thermal history)

3. เขม่าดำ

3.1 ขนาดอนุภาคใหญ่ และ/หรือ โครงสร้างต่ำ

3.2 ลดปริมาณเขม่าดำ

4. ปรับเปลี่ยนตัวเร่ง

4.1 Sulfenamide > Thiazole > Thiuram > Carbamate

5. พิจารณาใช้ Retarder

5.1 ระวัง State-of-cure

6. พิจารณาใช้ Inhibitor (PVI) (โดยเฉพาะในกรณีใช้ร่วมกับ Sulfenamide)

7. ในกรณีที่ใช้ตัวเร่งกลุ่ม Sulfenamide ให้ระวังเรื่องความชื้นที่จะก่อให้เกิด Hydrolysis

8. ในกรณี Peroxide cure

8.1 เลือกใช้ peroxide ที่มี half-life ยาวขึ้น

8.2 พิจารณาใช้ BHT ปริมาณน้อยกว่า 0.5 phr ควบคู่กับการใช้ Coagent (เพื่อควบคุม state-of-cure)

9. หลีกเลี่ยง Coagents ในกลุ่มต่อไปนี้

9.1 Trimethylol-propane triacrylate (TMPTA)

9.2 Trimethylol-propane trimethacrylate (TMPTMA)

9.3 N,N'-m-phenylene dimaleimide (HVA-2)

10. พิจารณาใช้ Coagents ในกลุ่มต่อไปนี้

10.1 Polybutadiene (เช่น Ricon)

10.2 Diallyl phthalate (DAP)

10.3 Triallyl cyanurate (TAC)

10.4 Triallyl isocyanurate (TAIC)

## 11. ปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

11.1 การผสมเพื่อลด Thermal history

11.2 ประสิทธิภาพการหล่อเย็น

11.3 เวลาผสม

11.4 ความเร็วรอบ

11.5 Fill factor

11.6 Dump temperature

## 12. ในกรณียาง XIIR

12.1 สารเคมีที่เป็นเบสจะ Retard การ curing ในขณะที่ความเป็นกรดจะเร่งการ Curing

12.2 ต่างจากหลักการของยางทั่วไป

12.3 บางครั้ง MgO ถูกใช้เป็น Scorch retarder ของยาง XIIR

12.4 หลีกเลี่ยงการใช้ AO กลุ่ม PPD

## 13. ในกรณียาง CR

13.1 พิจารณาใช้ W-type

13.2 พิจารณาใช้ TMTM/DOTG/sulphur แทนการใช้ ETU

13.3 พิจารณาใช้  $MgCO_3$  ที่มีพื้นที่ผิวสูง (Highly active grade ; SFA>100m<sup>2</sup>/g)

13.4 พิจารณาใช้ Stearic acid เป็น Retarder

13.5 พิจารณาใช้ N-(cyclohexylthio) phthalamide เป็น PVI

## 14. ในกรณียาง FKM

14.1 พิจารณาใช้ bis-phenol cure แทนการใช้ amine cure

## 15. ในกรณียาง EPDM

15.1 black scorch

15.2 เกิดได้แม้ไม่มี curatives

15.3 มีโอกาสเกิดได้ยากถ้า

15.3.1 โครงสร้างเขม่าดำสูง

15.3.2 เขม่าดำมีความเป็นขั้วที่ผิวสูง (ขึ้นกับ source ของเขม่าดำ)

15.4 ลดปัญหานี้ได้โดยการ

15.4.1 Remilling

15.4.2 ใส่ sulphur เล็กน้อย (อาจจะช่วยได้ในบางสูตรเท่านั้น)

## 7. การปรับลด Reversion : ความสำคัญของการปรับลด Reversion

1. ลดปัญหาการลดลงของสมบัติทางกายภาพระหว่างการอบยาง การใช้งานภายใต้อุณหภูมิสูง การใช้งานภายใต้ Dynamic mechanical application

## แนวทางการปรับลด Reversion

1. การอบยางที่อุณหภูมิลดลง โดยใช้เวลานานขึ้น

1.1 เพิ่มโอกาสการเกิด Mono-, di-sulfidic linkages

1.1.1 กรณียาง NR

- ให้ผสม BR โดยเฉพาะ (vinyl grade หรือ SBR ปริมาณเล็กน้อย)

- ให้ผสม Polyoctenamer (or trans polyoctene) ปริมาณเล็กน้อย
- ใช้ระบบกำมะถันแบบ EV หรือ semi-EV แทนการใช้ระบบ CV
- พิจารณาใช้ peroxide หรือ phenolic resin แทนระบบกำมะถัน
- พิจารณาใช้ Anti-reversion agents (Pentaerythritol (SR444) , TMPTA)
- ระบบกำมะถัน
  - ใช้ระบบ EV หรือ semi-EV แทนการใช้ระบบ CV
    - ในระบบที่ใช้ sulfenamide
    - พิจารณาเพิ่มปริมาณ ZnO เล็กน้อย
    - พิจารณาใช้ TBBS แทน CBS
    - พิจารณาใช้ dithiophosphates ร่วมด้วย

## บทที่ 5

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อผิดพลาดที่พบบ่อย ๆ และการแก้ไขป้องกัน

เนื่องจากการปฏิบัติงานอาจจะเกิดปัญหาที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ล่วงหน้าอยู่เสมอ ๆ เช่น วัตถุดิบขาด ไฟฟ้าดับ น้ำไม่ไหล พนักงานไม่มาทำงาน และเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น ทำให้ต้องมีการวางแผนไว้ล่วงหน้าเมื่อถึงเวลาที่เกิดปัญหาจริงๆ พนักงานที่ทำหน้าที่ควบคุมงาน หรือหัวหน้างาน จะต้องมีแนวทางในการปฏิบัติเพื่อให้งานดำเนินไปได้ ดังนี้

#### 1) วัตถุดิบ

##### 1. วัตถุดิบที่ซื้อเข้ามาคุณภาพไม่เหมือนเดิม หรือเปลี่ยนวัตถุดิบใหม่มา

แก้ไขโดย : มาตรการระยะสั้น ต้องหยุดใช้วัตถุดิบที่พบปัญหาและหยุดผลิตทันที เนื่องจากถ้าผลิตต่อไปก็ยิ่งเกิดความเสียหายมากขึ้นและต้องจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้นอีกด้วย และส่งวัตถุดิบคืนผู้ขายพร้อมกับแจ้งให้ผู้ขายดำเนินการป้องกันปัญหาด้วยเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นในอนาคตซ้ำอีก และถ้าเกิดความเสียหายขึ้นกับโรงงานแล้วก็ให้เรียกค่าเสียหายกับผู้ขายวัตถุดิบรายนั้นๆ ด้วย

ส่วนมาตรการระยะยาว จะต้องทำการพัฒนาผู้ขายเพื่อให้เจริญเติบโตไปกับเราด้วยโดยที่จะต้องมีการไปตรวจประเมินผู้ขายในด้านต่างๆ เช่น ด้านคุณภาพ ราคา การส่งมอบ การบริการ ฯ ตามระยะเวลาที่กำหนด และต้องหาผู้ขายรายใหม่ไว้สำรองด้วยเนื่องจากถ้าผู้ขายรายที่เราซื้อมีปัญหาเกิดขึ้นเราจะได้มีแหล่งวัตถุดิบสำรองทันทีทำให้ไม่เกิดความเสียหาย และถ้าจำเป็นต้องเปลี่ยนวัตถุดิบเนื่องจากเหตุผลอะไรก็แล้วแต่ เช่น วัตถุดิบที่ใช้เป็นประจำถูกยกเลิกการผลิตเราก็จะต้องมีระบบการทดลองวัตถุดิบตัวใหม่มาทดแทนให้ทันเวลาพอดีเพื่อไม่ให้เกิดการดำเนินการทางธุรกิจสะดุดหรือต้องหยุดชะงักลงทำให้เกิดความเสียหาย เช่น ไม่สามารถส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนดไว้ เป็นต้น

## 2. วัตถุดิบคุณภาพไม่ผ่านมาตรฐานที่กำหนดไว้

แก้ไขโดย : มาตรการระยะสั้น ต้องห้ามใช้วัตถุดิบที่พบปัญหานั้น และทำการวิเคราะห์ปัญหาที่ตรวจพบก่อนว่าเป็นปัญหา minor defect หรือ major defect และปัญหาเกิดจากตัววัตถุดิบจริง ๆ หรือเกิดจากกระบวนการทดสอบ และตรวจสอบหรือไม่ เช่น เครื่องที่ใช้ทดสอบผิดปกติหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งถ้าวิเคราะห์แล้วว่าผลออกมาเป็น major ก็ให้ส่งคืนวัตถุดิบให้กับผู้ขายไป ส่วนถ้าเป็น minor defect ก็ให้พิจารณาอนุมัติไปตามระบบ โดยจะต้องได้รับการอนุมัติจากผู้จัดการฝ่าย QA , ฝ่ายเทคนิคเคิล และฝ่ายผลิต พร้อมกับแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องทราบและทำการติดตามผลการนำไปใช้ว่าพบปัญหาหรือไม่

ส่วนมาตรการระยะยาวจะต้องทำการขอใบตรวจสอบคุณภาพจากผู้ขายมาด้วย เช่น ใบ Certificate เพื่อเป็นการสร้างความมั่นใจว่าวัตถุดิบที่ส่งเข้ามาได้รับการตรวจสอบคุณภาพแล้ว เป็นต้น ส่วนถ้าเป็นเรื่องของเครื่องมือในการทดสอบและตรวจสอบที่ต่างกันก็ต้องมีการตกลงกันไว้กับผู้ขายว่าถ้าพบปัญหาดังกล่าวจะต้องมีการแก้ไขปัญหาพร้อมกัน เช่น ให้ใช้ LAB ของรัฐเป็นผู้ทดสอบให้ หรือเอาวัตถุดิบตัวเดียวกัน ไปทดสอบทั้งที่บริษัทผู้ขาย และที่บริษัทเราเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลแล้วร่วมกันตัดสินใจว่าผลสรุปเป็นเช่นไรก็ให้ปฏิบัติไปตามนั้น ส่วนถ้าไม่สามารถทดสอบหรือตรวจสอบได้ด้วยเหตุผลอะไรก็ตาม เช่น ไม่มีเครื่องมือ ก็ให้ทางผู้ขายยืนยันกลับมาอีกครั้งว่าวัตถุดิบตัวที่มีปัญหานี้สามารถนำไปใช้ผลิตได้ไม่มีปัญหาด้านคุณภาพ ซึ่งถ้าต่อมาทางเราได้นำวัตถุดิบ ไปใช้แล้วเกิดปัญหาขึ้นก็ให้ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบต่อความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมด เป็นต้น

## 3. ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ผิดพลาด

แก้ไขโดย : มาตรการระยะสั้นต้องหยุดใช้วัตถุดิบที่พบปัญหาและหยุดผลิตทันที เนื่องจากถ้าผลิตต่อไปก็ยิ่งเกิดความเสียหายมากขึ้นและต้องมาจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้นอีกด้วย

ส่วนมาตรการระยะยาว จะต้องทำการตรวจสอบก่อนนำไปใช้ และวางระบบการทำงานไว้ไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้อีก เช่น ในการชั่งวัตถุดิบแต่ละตัวต้องมั่นใจก่อนว่าตราชั่งที่ใช้ นั้นให้ค่าที่ถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนด โดยต้องวางระบบงานให้พนักงานผู้ปฏิบัติงานทำการทวนสอบตราชั่งก่อนเริ่มทำงานทุกครั้งวันละ 1 ครั้ง ส่วนเคมีที่ทำการชั่งทุกตัวต้องมีการพิมพ์น้ำหนักออกมา

ด้วยเพื่อไว้ตรวจสอบว่าน้ำหนักแต่ละตัวที่ซ่งออกมาถูกต้อง 100% และเพื่อป้องกันการหยิบไปใช้ ผิดสูตรจึงต้องมีป้ายชี้บ่งที่ชัดเจนว่าเป็นสูตรยางอะไร จำนวนเท่าไร และซ่งโดยพนักงานคนไหน วันที่ทำการซ่งคือวันไหน เป็นต้น ตลอดจนก่อนนำไปใช้ก็จะต้องมีการตรวจสอบอีกครั้ง โดยการ สุ่มตรวจจากหัวหน้างานว่าส่วนผสมนั้นถูกต้อง 100% จึงจะนำไปใช้งานได้

#### 4. วัตถุดิบมีไม่พอกับแผนที่สั่งผลิตทำให้ต้องหยุดรอคอยวัตถุดิบ

แก้ไขโดย : มาตรการระยะสั้น ต้องนำระบบการควบคุม stock มาใช้ให้เกิดประโยชน์ สูงสุดนั้น คือการเบิกจ่ายต้องถูกต้อง 100% และกำหนด minimum stock และหรือ maximum stock ให้ถูกต้องตามที่ใช้งานจริง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงให้สอดคล้องกันตามระยะเวลาที่กำหนด ขึ้นมา เช่น อาจจะปรับปรุงปีละ 2 ครั้ง เป็นต้น และระบบการจัดซื้อก็ต้องซื้อได้ตามระยะเวลาที่ กำหนดด้วยเช่นเดียวกัน

ส่วนมาตรการระยะยาวต้องใช้ระบบวางแผนผลิตเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวก เช่น ใช้ ระบบ ERP (enterprise resource planning) เพื่อช่วยวางแผนผลิตว่าควรจะมีผลิตสินค้าอะไรตามลำดับ ความสำคัญที่บริษัทกำหนดไว้ เช่น ผลิตสินค้าที่มีกำหนดส่งมอบก่อน ผลิตสินค้าที่มีจำนวนยอด สั่งซื้อมากที่สุดก่อน ผลิตสินค้าที่มีระยะเวลาในการผลิตมากที่สุดก่อน ผลิตสินค้าที่มีจำนวนยอด สั่งซื้อน้อยที่สุดก่อน และใช้จำนวนยอดการใช้ ยอดสั่งซื้อ เป็นต้น

## 2) คน

### 1. พนักงานยังไม่ชำนาญในการทำงาน

แก้ไขโดย : มาตรการระยะสั้น ต้องฝึกอบรมเป็นระบบตั้งแต่เริ่มเข้ามาทำงานวันแรก โดย สองวันแรกจะยังไม่ให้พนักงานเข้าทำงานในแผนก แต่ให้ฝึกอบรมเกี่ยวกับ ประวัติ กฎ ระเบียบ สวัสดิการ วัฒนธรรม ระบบความปลอดภัย 5ส ระบบคุณภาพของบริษัท และได้พูดคุยกับหัวหน้า งาน เช่น ผจก. ฝ่ายผลิต ด้วย โดยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ต้องมีการวางแผนอย่างเป็นระบบโดยฝ่าย ทรัพยากรบุคคลร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง



หลังจากผ่านการฝึกอบรมในสองวันแรกแล้วต่อไปต้องฝึกอบรมการทำงานจริงที่หน้างาน โดยต้องกำหนดผู้ฝึกสอนพนักงานใหม่ให้ชัดเจน โดยที่ผู้ฝึกสอนต้องมีความชำนาญในงานที่ทำ และผ่านการรับรองจากหัวหน้างานแล้วว่าสามารถทำหน้าที่เป็นผู้สอนงานได้ ซึ่งในการทำงานครั้งแรกจะต้องให้พนักงานขึ้นดูการทำงานจริงก่อนโดยไม่ต้องทำอะไรทั้งสิ้นประมาณ 1 สัปดาห์ และในช่วงนี้ก็ให้พนักงานใหม่ได้อ่านระเบียบปฏิบัติ (Procedure) วิธีการทำงาน (Work Instruction) ที่เกี่ยวข้องไปด้วยเพื่อให้เข้าใจขั้นตอนการทำงานมากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นให้เริ่มทำงานร่วมกับพนักงานที่มีความชำนาญงานแล้วเป็นระยะเวลาประมาณ 2-3 เดือน ในช่วงนี้ก็จะต้องทำการประเมินผลการเรียนรู้งานของพนักงานเป็นระยะ และหลังจากนี้ไปก็จะให้ปฏิบัติงานคนเดียวแต่จะมีผู้สอนงานดูแลอย่างใกล้ชิดอีกประมาณ 1 เดือน ซึ่งในการวางแผนฝึกอบรมนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามที่ผู้เขียนกำหนดมาทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานว่าอยู่ในตำแหน่งไหนก็วางแผนฝึกอบรมให้เหมาะกับงานนั้นๆ เป็นต้น

ส่วนมาตรการระยะยาว ต้องมีการฝึกอบรมให้ความรู้กับพนักงานเป็นระยะๆ เพื่อให้พนักงานเกิดความชำนาญในงานมากขึ้น (Refresh Training) และเพื่อให้พนักงานสามารถทำงานทดแทนกันได้ในสถานงานต่างๆ จึงต้องจัดให้พนักงานมีการหมุนเวียนกันไปทำงานในสถานงานต่างๆ เช่น มีการย้ายงานเดือนละ 1 ครั้ง เป็นต้น แต่ที่สำคัญเหนือสิ่งอื่นใดคือต้องทำการรักษาพนักงานให้อยู่กับองค์กรให้นานที่สุดและทำให้พนักงานมีทักษะ มีความชำนาญ มีจิตใจที่ฝ่ฝ่คุณภาพให้มากที่สุดควบคู่ไปด้วย

### แนวคิดเกี่ยวกับการฝึกอบรม

ณรงค์ศักดิ์ บุญเลิศ (2549) การฝึกอบรมเป็นการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่ต้องดำเนินการต่อเนื่องและตลอดชีวิตของมนุษย์ โดยการฝึกอบรมมุ่งที่จะให้เนื้อหาสาระที่เกี่ยวกับวิชาการและเทคโนโลยีแก่บุคลากรเพื่อให้บุคลากรสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ตรงกับความต้องการด้วยความรวดเร็วโดยมีวัตถุประสงค์ขอบเขตของเนื้อหาสาระ หลักสูตร เวลา วิชาการ ผู้เข้ารับการฝึกอบรม วิธีการ และเทคนิค สื่อที่ใช้ในการฝึกอบรม การจัดสภาพแวดล้อมการบริหาร โดยการฝึกอบรม การประเมินผลการฝึกอบรมเพื่อให้การฝึกอบรมสอดคล้องกับนโยบาย วัตถุประสงค์ และปรัชญาของธุรกิจหรือองค์การ

## ความหมายการฝึกอบรม

บุคคลโดยทั่วไปมักเข้าใจว่า “การฝึกอบรม” หมายถึง การให้การศึกษาแก่ผู้เข้ารับการอบรมเพื่อให้บุคคลมีความรู้เรื่องที่อบรมเพียงอย่างเดียว การฝึกอบรมจะมีกระบวนการปฏิบัติที่ไม่ซับซ้อนมากนัก สามารถดำเนินการโดยไม่ต้องเตรียมการอะไรมากนัก ความเข้าใจและความหมายดังกล่าวมาแล้วนับว่าถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น แต่ยังมีคำอธิบายเพิ่มเติมที่กว้างขวางมากขึ้น โดยครอบคลุมความหมายตามความต้องการขององค์การสมัยใหม่ โดยการฝึกอบรมจะมีความหมายที่กว้างขวางขึ้นครอบคลุมตั้งแต่การถ่ายทอดวิชาการ ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ เทคนิควิธีการต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อการเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ และประสบการณ์หรือเพื่อทำการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคล การฝึกอบรมอาจเป็นการพัฒนาการเรียนรู้ของบุคคลตั้งแต่การเพิ่มพูนความรู้ ทักษะการทำงาน การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงทัศนคติ ความคิด และพฤติกรรมของบุคคลตลอดไปจนถึงการพัฒนาทักษะทางด้านการบริหารงานของผู้บริหารองค์การ ซึ่งคำอธิบายดังกล่าวเป็นความหมายซึ่งจะนำคำจำกัดความดังกล่าว และความหมายที่นักวิชาการบางท่านได้กล่าวไว้เพื่อจะได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

สำหรับในทัศนคติของผู้เขียนเห็นว่า การฝึกอบรมคือการพัฒนาบุคลากรให้ได้รับความรู้เพิ่มเติมขึ้นทั้งทางด้านสารสนเทศและทักษะที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้ผลสำเร็จเป็นอย่างดี โดยจะต้องผ่านกระบวนการและกิจกรรมการฝึกอบรมที่จัดไว้เป็นรูปแบบ มีมาตรฐาน การฝึกอบรมและการประเมินผลเป็นที่ยอมรับ ตลอดจนได้รับความนิยมนจากทุกองค์การในแต่ละสาขาวิชาชีพ ทั้งนี้ผู้บริหารองค์การเชื่อว่าบุคลากรทุกคนสามารถได้รับประโยชน์จากการฝึกอบรมที่มีคุณภาพโดยคำนึงถึงความจำเป็นในการจัดให้มีการฝึกอบรมและความพร้อมของบุคลากรที่เข้ารับการฝึกอบรมเป็นสำคัญ

ฮาร์บิสัน (Harbison) และไมเออร์ (Miers) กล่าวเกี่ยวกับการฝึกอบรมว่า การฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่จะใช้เสริมความรู้และเพิ่มทักษะในการปฏิบัติงาน เพิ่มพูนความสามารถของบุคลากรในสังคม

รองศาสตราจารย์ศิริโสภาคย์ นูรพาเดชะ ได้กล่าวในหนังสือจิตวิทยาธุรกิจว่า “การฝึกอบรมเป็นกระบวนการอย่างเป็นทางการที่กิจการทำให้นักงงานเกิดการเรียนรู้เพื่อจะได้แสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกิจการ

จากความหมายการฝึกอบรมที่กล่าวมาแล้ว ทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่าการฝึกอบรมหมายถึงกระบวนการที่ทำให้บุคคลเข้ารับการฝึกอบรมได้มีโอกาสเรียนรู้ไม่ว่าจะเป็นการอบรมในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งเพื่อการเพิ่มพูนความรู้ ประสบการณ์ สมรรถภาพในการปฏิบัติงานในด้านต่างๆ ตลอดจนทำให้ได้รับความรู้ เทคนิคและวิธีการปฏิบัติงานเพิ่มเติมเพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน รวมทั้งยังทำให้บุคคลปรับปรุงพฤติกรรมอันจะนำมาซึ่งการแสดงออกมาในรูปของการมีและการพัฒนาบุคลิกภาพที่ดี การฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลจะต้องอาศัยกระบวนการ หรือวิธีการที่จะนำมาเพื่อให้เกิดการกระตุ้น จูงใจ ส่งเสริม สนับสนุนให้บุคคลมีโอกาสได้เรียนรู้เพื่อที่บุคคลจะได้พัฒนาสมรรถภาพการปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้น และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ขององค์การที่กำหนดไว้ นอกจากนี้การฝึกอบรมยังมีความหมายครอบคลุมถึงการพัฒนาทัศนคติของบุคลากรเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปในทางที่ดี ให้บุคลากรมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น มีขวัญและกำลังใจในการทำงานตลอดจนมีความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์ เพื่อการปรับปรุงการปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้น

### เป้าหมายของการฝึกอบรม

จากคำอธิบายความหมายของ “การฝึกอบรม” หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ผู้เข้าอบรมได้มีโอกาสเรียนรู้ไม่ว่าจะเป็นการฝึกอบรมในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เพื่อให้บุคคลได้มีโอกาสเพิ่มพูน หรือพัฒนาสมรรถภาพของบุคคลในด้านต่างๆ รวมทั้งเพื่อให้บุคคลปรับปรุงและพัฒนาพฤติกรรมที่แสดงออกมาในรูปของบุคลิกภาพเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ขององค์การที่ได้ตั้งไว้ ความหมายดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าองค์การจะต้องส่งเสริม สนับสนุน และจัดกิจกรรมหรือทำการฝึกอบรมบุคลากร เพื่อเป็นการเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ สมรรถภาพ การปฏิบัติงานของบุคลากร คุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งต้องปรับปรุงพฤติกรรมของผู้เข้ารับการอบรมให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมอย่างแท้จริง ซึ่งการฝึกอบรมจะต้องเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการดำเนินงานขององค์การ ดังนั้นในองค์การบางแห่งจะมีหน่วยงานที่ทำ

หน้าที่จัดฝึกอบรมโดยเฉพาะ และหน่วยงานดังกล่าวอาจจะเป็นกองหรือเป็นฝ่ายฝึกอบรม ซึ่งจะต้องจัดทำแผนฝึกอบรมที่เหมาะสมและกำหนดเป้าหมายการดำเนินงานด้านฝึกอบรมไว้อย่างชัดเจนด้วย ทั้งนี้อาจพิจารณาเป้าหมายของการฝึกอบรมตามตัวอย่างที่จะกล่าวดังต่อไปนี้

**1. เพื่อลดอัตราการออกงาน (turn over) และการขาดงาน (absenteeism) องค์กรต้อง** พิจารณาจัดหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มพูนความรู้ ประสบการณ์ และทักษะการปฏิบัติงานของพนักงาน โดยพิจารณาและส่งเสริมบุคลากรให้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรต่างๆตามความเหมาะสม ซึ่งจะทำให้บุคลากรที่เข้ารับการฝึกอบรมหรือบุคลากรที่ผ่านการฝึกอบรมมีขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงาน ขจัดความเบื่อหน่ายของบุคลากรที่ได้มีการปฏิบัติงานไม่เหมาะสมหยุดพักการปฏิบัติงานในที่ทำงานเดิม โดยจัดให้มีการเปลี่ยนบรรยากาศการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมโดยจัดให้บุคลากรเข้ารับการฝึกอบรม

**2. เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตและบริการ หรือเพิ่มผลผลิตและบริการ** บุคลากรที่เข้ารับการฝึกอบรมและผ่านการฝึกอบรมมีทักษะการปฏิบัติงานและมีประสบการณ์ในการทำงานมากยิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นผู้มีความสามารถในการทำงานสูงขึ้น ดังนั้น จึงมีส่วนเกี่ยวข้องและมีผลกระทบต่อ การเพิ่มปริมาณการผลิตและบริการหรือมีการเพิ่มผลผลิตและบริการให้แก่องค์กรได้เป็นอย่างดี

**3. เพื่อพัฒนาคุณภาพของสินค้าและบริการ** บุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมแล้ว ครั้นเมื่อกลับเข้าไปปฏิบัติงาน บุคลากรย่อมมีสำนึกที่จะพัฒนาคุณภาพของสินค้าและบริการ โดยบุคลากรมีทักษะในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง จนเป็นที่เชื่อถือและยอมรับการปฏิบัติงานจากผู้บังคับบัญชา และเพื่อร่วมงาน ซึ่งบุคลากรสามารถปฏิบัติงานให้กับองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และย่อมมีส่วนช่วยให้สินค้าและบริการมีคุณภาพ เนื่องจากบุคลากรผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดี และมีความรู้ความสามารถตลอดจนมีทักษะในการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

**4. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและบริการ** บุคลากรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีสำนึกในการลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่างๆขององค์กรที่ไม่จำเป็น รวมทั้งมีความสามารถในการพิจารณาเปรียบเทียบในเรื่องการประหยัดค่าใช้จ่ายการพิจารณาความเหมาะสมเกี่ยวกับค่าใช้จ่าย ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่เกิดจากการดำเนินงาน เนื่องจากบุคลากรได้รับการฝึกอบรมใน

เรื่องความปลอดภัย และในเรื่องการลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น รวมทั้งการฝึกอบรมในเรื่องการประหยัดค่าใช้จ่ายต่างๆที่จะมีส่วนส่งผลกระทบต่อผลกำไรของธุรกิจทั้งนี้เนื่องจากบุคลากรมีความรู้และทักษะความเข้าใจในงานของบุคลากรได้อย่างถูกต้องหรือมีข้อบกพร่องแต่เป็นข้อบกพร่องที่สามารถแก้ไขได้เพื่อให้การปฏิบัติงานของบุคลากรเป็นที่พอใจ และเป็นที่ยอมรับจากผู้บังคับบัญชา ผู้ร่วมงานและลูกค้า

5. เพื่อลดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน บุคลากรได้รับการฝึกอบรม วิธีป้องกันอุบัติเหตุและอุบัติภัยรวมทั้งวิธีการสร้างความปลอดภัยในระหว่างการปฏิบัติงาน ซึ่งอุบัติเหตุและอุบัติภัยนั้นว่าก่อให้เกิดต้นทุนและค่าใช้จ่ายทั้งทางตรงและทางอ้อมให้แก่องค์กร ดังนั้นเมื่อบุคลากรได้รับการฝึกอบรมจนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องปลอดภัย และทราบวิธีการลดและป้องกันอุบัติเหตุอุบัติภัยตามขั้นตอนที่บุคลากรได้ผ่านการฝึกอบรมมาแล้วเป็นอย่างดียอมทำให้อัตราการสูญเสียและการเกิดอุบัติเหตุลดลงได้ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ การสูญเสียและค่าใช้จ่ายที่องค์กรจะต้องรับภาระ

ดังนั้นการกำหนดเป้าหมายในการฝึกอบรมอย่างชัดเจน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วย่อมเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้บริหารองค์กร ผู้จัดการฝึกอบรม และผู้เข้าร่วมการฝึกอบรม เนื่องจากเป้าหมายในการฝึกอบรมที่ชัดเจนย่อมเป็นแนวทางในการจัดการฝึกอบรมตามที่ฝ่ายจัดการฝึกอบรมเห็นว่าเหมาะสมตามความต้องการของบุคลากรและผู้บริหารองค์กรได้เป็นอย่างดี รวมทั้งจะมีส่วนช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความเข้าใจในวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการฝึกอบรมซึ่งจะมีส่วนส่งผลให้บุคลากรสามารถเรียนรู้งานได้อย่างดียิ่ง นอกจากนี้ถ้าหากผู้บริหารองค์กรได้กำหนดเป้าหมายโดยมุ่งเน้นที่ผลงานย่อมมีส่วนสำคัญสำหรับการพัฒนาผลงานหรือให้ผู้เข้ารับการอบรมตั้งใจและพยายามที่จะให้ได้ประโยชน์จากการฝึกอบรมให้มากที่สุด เมื่อบุคลากรกลับไปทำงานภายหลังจากที่ได้เข้ารับการฝึกอบรมแล้วบุคลากรย่อมมีผลงานดีขึ้นมากกว่าเดิม ตัวอย่างเช่นฝ่ายบริหารหรือผู้บริหารขององค์กรจัดให้มีการฝึกอบรมโดยมีเป้าหมายที่จะให้ผู้เข้ารับการอบรมแต่ละคนเพิ่มผลผลิตขึ้นไปร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับ การปฏิบัติงานในอดีต หรือองค์กรอาจกำหนดเป้าหมายไว้ชัดเจนว่าเมื่อการอบรมเสร็จสิ้นลงแล้ว พนักงานสามารถใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น ซึ่งการกำหนดเป้าหมายโดยมุ่งเน้นที่ผลงาน

ดังกล่าวขององค์การย่อมเป็นการสร้างความเข้าใจ และให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายไม่ว่าจะเป็นฝ่ายบริหาร ผู้บังคับบัญชา และผู้ปฏิบัติงานในองค์การเห็นคุณค่าของการฝึกอบรม และเพื่อให้การฝึกอบรม ดำเนินไปด้วยความราบรื่น และสอดคล้องกับนโยบายและวัตถุประสงค์ขององค์การ

### **ความสำคัญของการฝึกอบรม**

เป็นที่ทราบกันแล้วว่าการฝึกอบรมเป็นการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์อีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในองค์การเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้บุคลากรสามารถทำงานให้กับองค์การได้ตลอดจนเพื่อให้บุคลากรมีพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลให้องค์การบริหารงานและบุคลากรปฏิบัติงานให้เกิดความสำเร็จและบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ได้ การฝึกอบรมเป็นกิจกรรมหนึ่งของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ และนับว่ามีความสำคัญต่อบุคลากร ผู้บริหาร และองค์การหลายประการ โดยแยกกล่าวดังต่อไปนี้

#### **1. ความสำคัญที่บุคลากรได้รับจากการจัดให้มีการฝึกอบรม**

**1.1 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของบุคลากร** บุคลากรจะได้รับความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และทักษะในการปฏิบัติงานของบุคลากรที่เข้ารับการอบรม บุคลากรสามารถนำเทคนิควิชาการ และวิธีการปฏิบัติงานที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน โดยผู้บริหารขององค์การสามารถใช้การฝึกอบรมให้เป็นตัวกระตุ้นและจูงใจให้บุคลากรมีขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงาน ทำให้บุคลากรมีความผูกพันและมีใจรักงานมากขึ้น สามารถแก้ไขข้อบกพร่องในการปฏิบัติงานและพัฒนาการปฏิบัติงานของบุคลากรให้มีความเจริญก้าวหน้า และให้งานที่มีคุณภาพปรากฏแก่ผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงานและลูกค้าได้เป็นอย่างดี

**1.2 ช่วยให้บุคลากรสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว** การฝึกอบรมจะช่วยให้บุคลากรเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในด้านวัตถุและจิตใจของบุคลากร บุคลากรสามารถนำวิชาการความรู้ และวิทยาการสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ช่วยปฏิบัติงานได้ เช่น ในกรณีการทำการรีอับระบบ (Reengineering) ขององค์การย่อมจะมีส่วนช่วยให้บุคลากรสามารถปรับตัวได้อย่างทันต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยพนักงานสามารถมีความเป็นอยู่และปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีผลการปฏิบัติงานที่ได้มีการประเมิน

อย่างมีคุณภาพ บุคลากรมีสุขภาพจิตดี ไม่เป็นบุคคลที่มีกังวล มีขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงานดี บุคลากรสามารถปฏิบัติงานให้กับองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพและส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดำเนินกิจกรรมขององค์กรโดยส่วนรวมได้เป็นอย่างดี

**1.3 การฝึกอบรมช่วยให้บุคลากรสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ** บุคลากรปฏิบัติงานที่มีข้อผิดพลาดหรือเกิดความเสียหายน้อยลงหรือไม่ มีข้อบกพร่องและไม่เกิดความเสียหายต่อองค์กร เนื่องจากบุคลากรรู้วิธีการปฏิบัติงาน และสามารถหลีกเลี่ยงหรือลดความเสี่ยงในการปฏิบัติงานได้

**1.4 การฝึกอบรมช่วยลดเวลาการเรียนรู้งานของบุคลากรได้** บุคลากรที่เข้าทำงานใหม่นั้นทางองค์กรจะจัดฝึกอบรมบุคลากรใหม่ก่อนที่จะเข้ามาปฏิบัติงานทำให้บุคลากรเกิดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานได้อย่างดี บุคลากรเข้าใจในวิธีการปฏิบัติงาน และสามารถปฏิบัติงานได้ในระยะเวลาที่เหมาะสมโดยไม่ต้องเสียเวลาในการเรียนรู้งานในสถานที่ทำงาน เนื่องจากบุคลากรได้เข้ารับการอบรมก่อนเข้ามาปฏิบัติงานแล้ว

**1.5 การฝึกอบรมช่วยกระตุ้นบุคลากรให้ปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความพยายามตั้งใจทำงาน** โดยใช้ความรู้ สติปัญญา ความสามารถ และทักษะในการปฏิบัติงานอย่างเต็มกำลังความสามารถของบุคคลเพื่อความก้าวหน้าของบุคคล โดยหลายองค์กรมักพิจารณาการแต่งตั้ง โยกย้าย เลื่อนขั้น เลื่อนตำแหน่งบุคลากร เท่าที่ผ่านมามักจะพิจารณาศึกษาบุคลากรที่ผ่านการอบรมแล้ว

## 2. ความสำคัญที่ผู้บริหารองค์กรได้รับจากการให้มีการฝึกอบรม

**2.1 ผู้บริหารและผู้บังคับบัญชาไม่เสียเวลาสอนงานให้แก่ผู้ใต้บังคับบัญชา** การฝึกอบรมช่วยลดระยะเวลาในการเรียนรู้ของบุคลากร โดยการฝึกอบรมจะช่วยให้บุคลากรสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้บุคลากรเกิดความเข้าใจในวิธีการปฏิบัติงาน และสามารถลงมือปฏิบัติงานจริงได้ ผู้บริหารและผู้บังคับบัญชาไม่ต้องเสียเวลาในการสอนงานให้แก่ผู้ใต้บังคับบัญชา และมีเวลาในการบริหารงานอื่นได้มากขึ้นกว่าเดิม ทั้งนี้ผู้บังคับบัญชาไม่ต้อง

เสียเวลาในการชี้แจงหรือสอนงาน หรืออธิบายวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับงาน ซึ่งผู้บังคับบัญชาไม่ต้องเสียเวลามาคควบคุมดูแล และแก้ไขปัญหาดังๆที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานผิดพลาดของบุคลากร

**2.2 การฝึกอบรมช่วยให้ผู้บริหารสามารถแก้ไขปัญหาการบริหารงานบุคคลได้** โดยลดปัญหาการขัดแย้งระหว่างบุคคล แก้ไขปัญหามาตรฐานการทำงาน การขาดงาน การลาออกจางาน แก้ไขปัญหาความขัดแย้งกับสภาพแรงงาน ซึ่งการฝึกอบรมเป็นแนวทางการดำเนินงานที่สำคัญประการหนึ่งในการช่วยจัดปัญหาการบริหารงานบุคลากรขององค์กรได้เป็นอย่างดี

**2.3 การฝึกอบรมช่วยให้ผู้บริหารใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนาองค์การอย่างเป็นระบบ** สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อส่งบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเหมาะสมที่จะพัฒนาทางด้านการฝึกอบรมที่มุ่งเน้นการฝึกอบรมในสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ นอกจากนี้ผู้บริหารสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาแต่งตั้งบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ และทักษะการปฏิบัติงาน ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับนโยบายขององค์กรและถูกต้องทันกับเวลาที่องค์การต้องการตรงกับสายงานอาชีพและวิทยาการตามหลักสูตรและประสบการณ์ของบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมมาแล้ว

**2.4 ทำให้ผู้บริหารและผู้บังคับบัญชามีโอกาสวางแผนด้านบุคลากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ** เนื่องจากบุคลากรที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วย่อมมีขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงาน บุคลากรสามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างเต็มกำลังความสามารถ ผู้บริหารไม่ต้องวิตกกังวลปัญหาด้านการเข้าและออกจากงานหรือปัญหาการขาดงานของบุคลากรเนื่องจากบุคลากรมีสำนึกในการปฏิบัติงาน และมีกำลังใจในการปฏิบัติงานเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม

**2.5 ผู้บริหารและผู้บังคับบัญชาสามารถวางแผนเพิ่มปริมาณการผลิต พัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์** พิจารณาวางแผนลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ไม่จำเป็น รวมทั้งบริหารการใช้ทรัพยากรทางการบริหารและสามารถบริหารงาน และป้องกันอุบัติเหตุอุบัติภัยได้ง่าย และได้รับความร่วมมือจากผู้บังคับบัญชา ผู้บริหารในระดับเดียวกัน ผู้ใต้บังคับบัญชา และเพื่อนร่วมงานในองค์กรมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีบุคลากรจำนวนมากผ่านหลักสูตรการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดี



### 3. ความสำคัญที่องค์กรได้รับจากการจัดให้มีการฝึกอบรม

3.1 องค์กรได้รับประโยชน์โดยเพิ่มศักยภาพและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งในธุรกิจประเภทเดียวกันได้เป็นอย่างดี และองค์กรประสบความสำเร็จในการบริหารงานทรัพยากรมนุษย์ รวมทั้งองค์กรได้รับการยอมรับจากผู้เกี่ยวข้องและวงการธุรกิจประเภทเดียวกัน โดยได้รับการยกย่อง มีชื่อเสียง และเกียรติยศปรากฏออกไปเป็นที่รู้จักของประชาชนและผู้เกี่ยวข้องในวงการธุรกิจประเภทเดียวกัน นำไปสู่ผลสำเร็จตามเป้าหมายขององค์กรที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ระบบการบริหารงานคุณภาพและการจัดทำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมขององค์กรที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม และประเทศชาติโดยส่วนรวมได้เป็นอย่างดี

3.2 องค์กรสามารถวางแผนเพิ่มปริมาณผลิตสินค้าและบริหารพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ การพัฒนาบุคลากรทำให้สามารถลดต้นทุนแรงงานและค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆที่ไม่จำเป็นลงได้ ลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุ และลดอัตราการเข้าออกจากงาน และการขาดงานของบุคลากรลงได้ ฯลฯ ซึ่งสิ่งต่างๆที่กล่าวมาแล้วเป็นผลจากการบริหารงานทรัพยากรมนุษย์ด้านการฝึกอบรม โดยองค์กรส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการจัดฝึกอบรมทำให้้องค์กรสามารถบริหารกิจการได้อย่างราบรื่น และในที่สุดสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งส่งผลกระทบต่อรายได้ขององค์กร โดยองค์กรมีรายได้และผลกำไรเพิ่มมากขึ้นการฝึกอบรมจะมีส่วนพัฒนาบุคลากรให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และมีข้อผิดพลาดที่ก่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ทำให้ลดความเสี่ยงเปลืองในการใช้วัสดุและพัสดุที่องค์กรจัดซื้อมาใช้เพื่อดำเนินงานด้านต่างๆภายในองค์กร ตลอดจนองค์กรสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดจากการที่องค์กรและธุรกิจหยุดดำเนินงาน ค่าซ่อมแซมเครื่องจักรอุปกรณ์ และพัสดุต่างๆ ค่าจ้าง แรงงาน ค่าใช้จ่ายในการบริหาร และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานขององค์กร ฯลฯ

3.3 องค์กรได้รับประโยชน์เนื่องจากการฝึกอบรมช่วยลดงานและเวลาของบุคลากรลงได้ การพัฒนาบุคลากรมีผลทำให้้องค์กรประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนที่เป็นค่าล่วงเวลาของบุคลากรได้ บุคลากรมีความรู้ความสามารถและใช้ทักษะการปฏิบัติงานอย่างเต็มกำลังความสามารถ และสามารถปฏิบัติงานได้ตามเวลาทำงานปกติโดยไม่มีส่วนเกินจากการปฏิบัติงานล่าช้า และความไม่

เข้าใจในการปฏิบัติงานของบุคลากร ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่บุคลากรจะต้องปฏิบัติงานล่วงเวลา ทั้งนี้เพราะบุคลากรมีความสามารถในการปฏิบัติงานและสามารถทำงานในเวลาทำงานปกติได้

## วิธีการฝึกอบรม

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการฝึกอบรมเป็นกระบวนการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่ต้องดำเนินการต่อเนื่องและตลอดชีวิตของมนุษย์ องค์กรมีความจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีการฝึกอบรมโดยการให้ความรู้ความสามารถเพิ่มพูนประสบการณ์ และทักษะที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานและการประกอบอาชีพของบุคลากรให้มากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ สำหรับวิธีการฝึกอบรมองค์กรทั่วไปนิยมใช้ในการฝึกอบรมบุคลากรมี 10 วิธี ดังนี้

1. การฝึกอบรมปฐมนิเทศ (Orientation Training) เป็นการฝึกอบรมบุคลากรใหม่ โดยจัดกิจกรรมให้บุคลากรที่เข้าใหม่ได้รับความรู้ทางด้านข่าวสารข้อมูลต่างๆที่บุคลากรสนใจ และเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของบุคลากร เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจ และความสะดวกในการปฏิบัติงานของบุคลากรในเนื้อหาหรือเรื่องที่เกี่ยวข้องได้แก่ การรายงาน การแนะนำตัว ประวัติ และความเป็นมาขององค์กร โครงสร้างการบริหารงานขององค์กร นโยบายขององค์กร ผู้บริหารงาน และระบบการบริหารงานขององค์กร การจ่ายเงินค่าจ้าง และค่าตอบแทน เงื่อนไขการจ้างการจัดสวัสดิการขององค์กรให้แก่บุคลากร

การฝึกอบรมแบบปฐมนิเทศควรมุ่งที่จะสร้างความประทับใจ ความพอใจ และขวัญ กำลังใจให้แก่พนักงานใหม่ เริ่มต้นตั้งแต่การต้อนรับ การจัดลงทะเบียน การแจกเอกสารคู่มือพนักงานใหม่ กิจกรรมการฝึกอบรม โดยจะต้องมีการใช้อุปกรณ์โสตทัศนศึกษา วิดีทัศน์ สไลด์ แผ่นใส และภาพยนตร์ เพื่อประกอบการบรรยายของวิทยากรในห้องฝึกอบรม นอกจากนั้นผู้จัดการฝึกอบรมควรจัดให้บุคลากรใหม่ได้รู้จักวัฒนธรรมและประเพณีขององค์กรที่นิยมถือปฏิบัติกัน เช่น การรู้จักเคารพนับถือผู้อาวุโสหรือพนักงานที่มีอายุการทำงานมาเป็นเวลานาน หรือพนักงานที่มีความเชี่ยวชาญ เป็นต้น และรู้จักการเข้าสังคมในกลุ่มพนักงานด้วยกัน โดยการจัดกลุ่มพนักงานใหม่ออกเป็นหลายกลุ่ม มีพนักงานเก่าเป็นพี่เลี้ยงคอยให้คำแนะนำการจัดกลุ่มพนักงานสัมพันธ์ที่มีความมุ่งหมายให้พนักงานใหม่ที่เข้ารับการฝึกอบรมมีการรู้จักเข้าสังคมการรู้จักการช่วยเหลือพึ่งพา

อาศัยกันซึ่งจะเป็นแนวทางไปสู่การทำงานเป็นทีมที่ดีขององค์กรต่อไป ดังนั้นจึงมีการจัดกิจกรรมกลุ่มทัศนศึกษาโดยอาจเดินทางไปเยี่ยมชมกิจการภายในแผนกงานหรือฝ่ายต่างๆภายในองค์กรที่บุคลากรใหม่อาจได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับงานเพื่อเป็นการแนะนำประชาสัมพันธ์กิจการและการดำเนินงานภายในองค์กรให้พนักงานใหม่ได้มีโอกาสรู้จัก และมีความรอบรู้ในกิจการ และการดำเนินงานต่างๆภายในองค์กร ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์แก่พนักงานใหม่โดยตรง ทั้งในการทำงาน การประสานงาน การติดต่องาน และการประชาสัมพันธ์งานให้เป็นที่รู้จักแพร่หลายยิ่งขึ้น

นอกจากการปฐมนิเทศ (Orientation) เป็นการฝึกอบรมบุคลากรใหม่แล้วการปฐมนิเทศยังเป็นการแนะนำให้ลูกจ้างใหม่รู้จักการปรับตัวต่อองค์การงานที่ทำและกลุ่มที่ทำงาน ถ้าลูกจ้างใหม่สามารถเข้าใจในการปฐมนิเทศ ก็จะสามารถทำงานอื่นได้เป็นจำนวนมาก และสามารถสร้างความสัมพันธ์กับการบริหารทรัพยากรมนุษย์ได้ง่ายมากขึ้น นอกจากนี้้องค์การอาจจัดกิจกรรมการปฐมนิเทศลูกจ้างขององค์กร โดยเฉพาะโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อขจัดปัญหาที่ลูกจ้างใหม่ขององค์กรเมื่อเข้ามาทำงานวันแรกมีความรู้สึกกังวลใจหรืออาจก่อให้เกิดการรบกวนบุคคลอื่น รวมทั้งการแนะนำลูกจ้างใหม่ให้รู้จักกับบุคคลต่างๆขององค์กร เพื่อช่วยให้ลูกจ้างมีความรู้สึกคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมขององค์กร สถานที่ปฏิบัติงาน และบุคลากรขององค์กร

ความกระวนกระวายใจในการทำงานวันแรกของลูกจ้างใหม่มีสาเหตุที่สำคัญ 3 อย่างคือ เป็นสภาวะการณ์ใหม่เกี่ยวข้องกับเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีสิ่งต่างๆเป็นจำนวนมาก ล้วนแต่มีความแตกต่างกันทั้งสิ้นประกอบกับเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านวิชาการเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมทั้งภายในองค์กรและภายนอกองค์กรมากขึ้น ซึ่งบุคคลที่เป็นลูกจ้างใหม่ไม่เคยรู้จักคุ้นเคยจะต้องทำงานร่วมกันกับบุคคลและสถานที่ใหม่จึงเป็นเหตุที่องค์กรต้องจัดให้มีกิจกรรมปฐมนิเทศลูกจ้างขึ้น

วัตถุประสงค์ของการปฐมนิเทศมีวัตถุประสงค์ 3 ประการคือ

ประการที่ 1 เพื่อให้บุคลากรใหม่สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมขององค์กรได้ง่าย ทั้งการปฏิบัติงานและความสัมพันธ์ของบุคคลในองค์กรในรูปแบบที่เป็นทางการและไม่

เป็นทางการ โดยทั่วไปแล้วองค์การให้ลูกจ้างใหม่เป็นผู้ผลิตที่มีผลผลิตอย่างก้าวหน้าและรวดเร็วเท่าที่จะเป็นไปได้

ประการที่ 2 เพื่อให้การให้ข้อมูลและสิ่งที่ควรปฏิบัติเกี่ยวกับงานและประสิทธิภาพการทำงานที่คาดหวังไว้ บุคลากรใหม่มีความต้องการและมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงข้อมูลและสิ่งที่ควรปฏิบัติ ที่เกี่ยวกับงานและประสิทธิภาพการทำงานตามที่คาดหวังไว้จากองค์การ เพราะว่าบุคลากรใหม่จะต้องทราบมาตรฐานการปฏิบัติงาน การทำงานที่จะได้รับเงินเดือนค่าจ้างเพิ่มขึ้น และหลักเกณฑ์การพิจารณาที่จะได้รับการแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งที่สูงขึ้น และรวมทั้งการให้ข้อมูลเกี่ยวกับกฎระเบียบข้อบังคับของบริษัท โดยเฉพาะหน่วยงานที่พนักงานใหม่จะต้องไปสังกัดก็จะต้องให้พนักงานใหม่ได้รับทราบด้วย

ประการที่ 3 เพื่อเป็นการสร้างความประทับใจ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ข้อสุดท้ายของการปฐมนิเทศบุคลากรใหม่ ซึ่งการปฐมนิเทศจะต้องสร้างความประทับใจครั้งแรกให้เกิดแก่บุคลากรใหม่ในการเริ่มเข้ามาปฏิบัติงาน ทำให้การปฐมนิเทศบุคลากรใหม่ได้มีส่วนช่วยสนับสนุนส่งเสริมให้บุคลากรใหม่เกิดความรู้สึกรอบอุ่นและมีความภูมิใจในการเข้ามาทำงานใหม่ตลอดจนมีส่วนเกี่ยวข้องกับองค์การด้วย

**2. การฝึกอบรมโดยวิธีฝึกปฏิบัติงานจริง (On The Job Training)** การฝึกอบรมวิธีนี้เป็น การฝึกอบรมด้วยการฝึกปฏิบัติงานจริง นับว่าเป็นวิธีที่นิยมใช้แพร่หลายมากในองค์การหลายแห่ง การฝึกอบรมวิธีนี้เป็น การฝึกอบรมที่ก่อให้เกิดความคุ้นเคยกับบรรยากาศที่เกี่ยวข้องกับสภาพ สิ่งแวดล้อมขององค์การในการปฏิบัติงานและประกอบอาชีพ โดยตรง สามารถศึกษาหาความรู้ เทคนิค และประสบการณ์จากการทำงาน ติดต่อกับประสานงานร่วมกับบุคคลทุกระดับและหลายอาชีพ ได้มีโอกาสศึกษาหาความรู้ เทคนิค และประสบการณ์จากการใช้อุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักรกล และอุปกรณ์สำหรับงานการผลิตและบริการ หรืองานด้านบริการสำหรับธุรกิจและอุตสาหกรรม

วิธีการฝึกอบรมแบบนี้ มีความจำเป็นต้องใช้ผู้ฝึกอบรม หรือวิทยากรที่มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับทักษะและความชำนาญมาก่อนโดยเป็นบุคคลที่ได้รับการยอมรับในวงการอาชีพนั้นว่า มีความรู้ เทคนิค และประสบการณ์ในการทำงานอยู่

ในระดับดีมาก หรืออาจเป็นบุคคลที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะในวิชาชีพนั้น ซึ่งมีความสามารถในการถ่ายทอดวิชาการและเทคนิคต่างๆ ในการเรียนรู้ให้แก่ผู้ฝึกอบรม

องค์กรหลายแห่งมีความเชื่อมั่นว่าการฝึกอบรมแบบการปฏิบัติงานจริงเป็นแบบการฝึกอบรมที่ใช้สำหรับการฝึกอบรมลูกจ้าง และโดยทั่วไปใช้สำหรับการดำเนินการให้ลูกจ้างใหม่มีประสบการณ์การทำงานเหมือนกับลูกจ้างเก่า หรือฝึกอบรมหัวหน้าคนงานทำหน้าที่ควบคุมคนงานให้มีประสบการณ์ไปทำหน้าที่นี้เทศพนักงานได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นการฝึกอบรมด้วยวิธีการปฏิบัติงานจริง ผู้จัดการฝึกอบรมจะต้องมีการเตรียมการวางแผนงานจัดกิจกรรมการดำเนินการฝึกอบรมและจัดหาผู้ฝึกอบรม วิทยากรที่มีความรู้และมีทักษะการปฏิบัติงานในระดับเชี่ยวชาญมีศักยภาพและความสามารถในการถ่ายทอดการเรียนรู้ตลอดจนมีความสามารถในการประเมินผลการฝึกอบรม โดยทั่วไปจะมีการดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.1 ผู้จัดการฝึกอบรมจัดทำกำหนดจัดตารางสอนที่มุ่งเน้นให้ทั้งทางด้านความรู้และทักษะในการทำงานแก่พนักงานผู้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคน

2.2 กิจกรรมที่กำหนดสำหรับการฝึกอบรม จะต้องมีการวิเคราะห์องค์ประกอบของงานว่า มีงานอะไรบ้าง มีรายการที่จะต้องใช้ความรู้และทักษะอะไรบ้าง และใช้ทักษะในความเชี่ยวชาญระดับใดบ้าง

2.3 จัดเตรียมและจัดหาเครื่องจักรกล อุปกรณ์เครื่องมือ วัสดุ สถานที่ การสร้างบรรยากาศ และสภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการฝึกอบรมซึ่งจะต้องพิจารณาให้มีทั้งจำนวนและปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสมกับจำนวนและสภาพร่างกายของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหรือบางกรณีผู้เข้ารับการฝึกอบรมอาจจะต้องไปเยี่ยมสถานประกอบการหรือโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งผู้บริหารขององค์กรอาจร่วมเดินทางไปกับคณะผู้เข้ารับการฝึกอบรมและวิทยากร เพื่อให้กำลังใจรวมทั้งการให้คำปรึกษา หรือข้อเสนอแนะในการทำงานเพื่อให้มีขีดความสามารถในการทำงานเพิ่มมากขึ้น

การฝึกอบรมวิธีนี้ผู้ฝึกอบรมหรือวิทยากรจะต้องรู้จักเทคนิควิธีการสอนประกอบด้วยวิธีการใช้วิธีการสอนการจูงใจ การถ่ายทอดความรู้และทักษะในการทำงาน โดยจะต้องมีการใช้

อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรกล อุปกรณ์สื่อการเรียนการสอน ได้แก่ การฉายภาพยนตร์ วีดี แผ่นใส และสไลด์ เป็นต้น สำหรับประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือพนักงานที่เข้ารับการฝึกอบรมจะได้รับขวัญและกำลังใจและได้รับการเรียนรู้ความรู้ใหม่ เทคนิค วิธีการ และทักษะในการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

ในที่สุดผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะปฏิบัติงานได้จริง โดยองค์การไม่ต้องจัดให้มีการนิเทศงานอีกต่อไปถึงแม้ว่าผู้ฝึกอบรมอาจจะเข้าไปดูแลผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อสอบถามว่ามีข้อสงสัยหรือมีปัญหาจากการฝึกอบรมหรือไม่

แต่ผลที่ได้รับก็คือผลเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้จากการฝึกอบรมด้วยการปฏิบัติงานจริง ได้แก่ การเสียหายและการชำรุดของเครื่องมือ เครื่องจักรกล และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้สำหรับการฝึกอบรม อาจชำรุดเสียหายและใช้งานไม่ได้ เนื่องจากพนักงานที่เข้ารับการฝึกอบรมขาดความรู้และทักษะในการทำงานและผู้ฝึกอบรมหรือวิทยากรขาดการเอาใจใส่ดูแลในระหว่างการฝึกอบรม หรือพนักงานทดลองทำงานกับเครื่องจักรกลโดยวิธีลองถูกลองผิด หรือบางกรณีอาจเกิดขึ้นได้จากกระบวนการทำงานที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมาก แต่พนักงานผู้เข้ารับการฝึกอบรมยังไม่เข้าใจและรู้จักวิธีการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ โดยยังมีได้เกิดการเรียนรู้ หรือมีความเข้าใจยังไม่ถึงระดับที่จะทำงานได้จริง จึงมักจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือ รวมถึงโอกาสที่จะมีการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานได้บ่อยครั้งมากขึ้นอีกด้วย

**3. การฝึกอบรมที่จัดให้มีการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Programmed Instruction Training)** เป็นวิธีการฝึกอบรมโดยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมฝึกหัดเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผู้จัดฝึกอบรมต้องจัดวัสดุที่ใช้สำหรับการฝึกอบรมที่สร้างขึ้นสำเร็จรูปเรียงลำดับการฝึกอบรมเป็นชุดประกอบด้วยคำถามและโจทย์ปัญหา ซึ่งผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องใช้ความรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนรู้ การเขียนคำตอบเพื่อการตอบคำถามโดยเลือกตอบคำถามแบบปรนัย ทั้งนี้ผู้จัดการการฝึกอบรมจะใช้เครื่องฉายเป็นฟิล์มหรือเทปบันทึกเสียง วัสดุเอกสารสิ่งตีพิมพ์ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะเรียนรู้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพและฝึกหัดในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วมากกว่าวิธีการฝึกอบรมวิธีอื่นๆ สำหรับการจัดชุดฝึกอบรมการเรียนรู้ที่จัดไว้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาความรู้ทางด้านวิชาการมากกว่าทางด้านทักษะหรือมีความเชี่ยวชาญในด้านฝีมือช่าง แต่เป็นการ

ฝึกอบรมบุคลากรเป็นจำนวนมากเพื่อให้โอกาสศึกษาหาความรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะเจาะจง โดยใช้เวลาศึกษาหาความรู้ภายในระยะเวลาที่กำหนดให้

**4. การฝึกอบรมโดยวิธีเป็นช่างฝึกหัด (Apprenticeship Training)** เป็นวิธีการฝึกอบรมที่มุ่งเน้นการให้ความรู้และทักษะในด้านช่างในสาขาวิชาชีพต่างๆ เมื่อผ่านการฝึกอบรมแล้วผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถประกอบอาชีพได้อย่างอิสระและตรงกับความต้องการของบุคคลในวิชาชีพที่ได้ฝึกหัดมาเป็นอย่างดีการฝึกอบรมโดยวิธีเป็นช่างฝึกหัดมี 3 ลักษณะ คือ

ลักษณะที่ 1 การสมัครเป็นช่างที่ตนสนใจ โดยผู้เข้ารับการฝึกหัดมีบัตรแสดงความจำนงต่อผู้ประกอบการสาขาต่างๆ โดยตรง เช่น ในโรงงานหรือสถานประกอบการต่างๆ ที่ปฏิบัติงาน โดยตรงที่มีช่างยนต์ ช่างไฟฟ้า ช่างก่อสร้าง อาจเรียกผู้สมัครกรณีนี้ว่าเป็น “ลูกมือ” ของผู้ประกอบการสาขาช่างโดยตรง ฯลฯ ผู้สมัครขอเข้าทำงานและแสดงความจำนงเป็นผู้ฝึกงาน อาจจะได้รับค่าแรงงาน ค่าจ้าง หรือ ไม่ก็ได้แล้วแต่ข้อตกลงระหว่างผู้แสดงความจำนงกับผู้ฝึกหัดงานให้ ทั้งนี้ผู้ฝึกหัดงานมีโอกาสเรียนรู้จากการปฏิบัติงานจริง โดยการเลียนแบบ การสังเกต การซักถาม และครูผู้ฝึกหัดช่างฝีมือจะถ่ายทอดความรู้และทักษะความเชี่ยวชาญให้การฝึกหัดช่างฝีมือดังกล่าวอาจต้องใช้เวลาการฝึกอบรมช่างฝึกหัดเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 เดือนขึ้นไป

ลักษณะที่ 2 การขอสมัครเข้าเป็นช่างฝึกหัดตามสถาบันการศึกษา โดยสถานศึกษาประกาศรับสมัครเข้าเรียนช่างฝีมือหรืออาจารย์ร่วมมือกันระหว่างสถาบันการศึกษาจัดส่งผู้ฝึกหัดงานเข้าไปฝึกหัดงานช่างตามโรงงานที่เกี่ยวกับช่างเครื่องยนต์ ช่างกลโรงงาน ช่างโลหะ ช่างก่อสร้าง ช่างสถาปัตยกรรม ฯลฯ ซึ่งจะมีระยะเวลาตามหลักสูตร โครงการฝึกหัดช่าง อาจใช้เวลาตามหลักสูตร 3 ปี โดยในปีแรกโดยทั่วไปมักจะเรียนรู้และเรียนภาคทฤษฎีในปีที่ 2-3 จะเรียนฝึกหัดในสถานประกอบการ

การจัดอบรมดังกล่าวเป็นการจัดการศึกษาช่างฝึกหัดหลักสูตรของกระทรวงศึกษาทางด้านวิชาชีพใช้เวลา 3 ปี โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันศึกษากับสถานประกอบการ เมื่อนักศึกษาหรือผู้เรียนสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพช่างฝึกหัดแล้วผู้เรียนสามารถขยายโอกาสการศึกษาต่อได้จนถึงระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและระดับปริญญาตรีได้

ลักษณะที่ 3 โดยผู้สนใจเป็นช่างสาขาใดสาขาหนึ่งสมัครขอเข้าสมัครทำงานกับสถานประกอบการโรงงาน หรือร้านที่ประกอบอาชีพช่าง โดยเฉพาะ กรณีนี้ผู้สมัครอาจเป็นคนงาน พนักงาน หรือลูกจ้าง เพื่อทำงานไปด้วยและในขณะเดียวกันก็สามารถฝึกหัดและเรียนรู้โดยได้รับประสบการณ์มาก และเมื่อทำงานจนมีประสบการณ์มาก มีความรู้ ความสามารถทางช่างเป็นอย่างดีในแขนงใดแขนงหนึ่ง โดยเฉพาะแล้วก็ออกจากการเป็นลูกจ้างที่ทำงานเป็นลูกจ้างอยู่ โดยอาจจะไปตั้งร้านค้าหรือประกอบกิจการขนาดเล็กที่เกี่ยวกับช่างซึ่งเริ่มจากร้านเล็กๆก่อนและจะมีกิจการไม่ใหญ่มากนัก เมื่อกิจการดีมีลูกค้าเพิ่มมากขึ้นจึงขยายกิจการให้ใหญ่โตขึ้นตามลำดับ

**5. การฝึกอบรมโดยวิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulating Training)** เป็นวิธีการฝึกอบรมที่มุ่งให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้มีโอกาสใช้เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์โดยจำลองสถานการณ์จริงให้เหมาะสมกับบุคลากรที่เริ่มเข้ามาทำงานใหม่

วิธีการฝึกอบรมจะจัดให้มีอุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักรกล และกระบวนการที่เป็นแบบจำลองติดตั้งอยู่ประจำในห้องปฏิบัติการมีผู้ฝึกสอนที่มีความรู้และทักษะในการฝึกอบรมเป็นอย่างดีทำหน้าที่ให้ความรู้และฝึกอบรมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับทั้งความรู้และทักษะตามมาตรฐานของแต่ละงานอาชีพที่กำหนดไว้ เมื่อการฝึกอบรมเสร็จสิ้นตามหลักสูตรการฝึกอบรมแล้วผู้ฝึกอบรมจะต้องจัดให้มีการทดสอบผู้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคนเพื่อประเมินผลการฝึกอบรมว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมแต่ละคนได้รับความรู้และทักษะในการทำงานระดับใด และจะได้นำมาเป็นข้อมูลไปใช้ประกอบในการปรับปรุงการจัดฝึกอบรมแบบจำลองในโอกาสต่อไป

การฝึกอบรมวิธีนี้มีผลดีต่อการดำเนินงานขององค์กรและธุรกิจโดยทั่วไปดังนี้

5.1 องค์กรสามารถลงทุนในการจัดซื้ออุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการฝึกอบรมพนักงานเสียค่าใช้จ่ายไม่แพงมากเหมือนกับการจัดซื้ออุปกรณ์เครื่องมือที่เป็นของจริง

5.2 เป็นการส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว และรู้วิธีการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อการเรียนรู้ เนื่องจากการสร้างบรรยากาศเหมือนกับการใช้อุปกรณ์เครื่องมือของจริง เมื่อมีการชำรุดเสียหายขององค์กรก็สามารถซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย และเสียค่าใช้จ่ายไม่แพงมากจนเกินไป



5.3 ช่วยทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีความมั่นใจในการฝึกหัดทำงาน ได้ดี โดยไม่ต้องมีความหวาดกลัวว่าจะใช้อุปกรณ์เครื่องมือ หรือการดำเนินงานตามกระบวนการต่างๆ จะเกิดการชำรุดเสียหายเมื่อมีการทำงานผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ได้เรียนรู้ และหาวิธีการเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ทั้งด้านร่างกายและจิตใจมากขึ้น นอกจากนี้การฝึกอบรมวิธีนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ได้มีเวลาฝึกปฏิบัติตามสถานการณ์จริงมากขึ้น และได้รับทักษะที่มีความชำนาญเพิ่มมากขึ้น

5.4 เป็นวิธีการที่สามารถช่วยในการฝึกอบรมซึ่งเป็นผู้เข้าทำงานใหม่หรือบุคลากร ให้ประเภทที่ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักรกลที่มีราคาแพง เช่น การฝึกอบรมผู้ใช้เครื่องจักรกลและเครื่องมือขนาดเล็ก การฝึกอบรมนักบินและการฝึกอบรมพนักงาน ในสายงานผลิตภัณฑ์

การฝึกอบรมโดยวิธีจำลองสถานการณ์ โดยทั่วไปใช้ฝึกอบรมสำหรับผู้บริหารหรือผู้จัดการ ซึ่งอาจทดลอง โดยใช้วิธีการลองถูกลองผิด เพื่อการเรียนรู้ให้การตัดสินใจอย่างรอบคอบ ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพต่อการดำเนินงาน และบริหารธุรกิจของผู้บริหารได้

**6. การฝึกอบรมโดยใช้กรณีศึกษา (Case Study Training)** กรณีศึกษาเป็นเทคนิคที่ใช้ในการฝึกอบรมผู้บริหารอย่างแพร่หลาย กรณีศึกษาจะกำหนดรายละเอียดของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในองค์การธุรกิจผู้เข้าฝึกอบรมจะต้องทำการศึกษารายละเอียดของข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกรณีศึกษาจากนั้นก็ให้กำหนดปัญหาคืออะไรศึกษารายละเอียดข้อมูลสารสนเทศเพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุแห่งปัญหา และนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยให้เลือกแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และนำเสนอแนวทางที่เสนอการแก้ไขปัญหานั้นนำไปใช้ในการบริหารงาน

หน้าที่ของวิทยากรผู้ฝึกอบรมจะเป็นผู้กระตุ้นและผู้ให้ความช่วยเหลือแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อให้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น กำหนดการตัดสินใจในการนำเสนอเรื่องที่สมมติเหตุการณ์ ข้อมูลได้ถูกกำหนดเป็นปัญหา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล และให้ผู้แสดงนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา และนำเสนอผลสรุปโดยอาศัยข้อมูลของกรณีศึกษาไปใช้ในการบริหารงานได้ต่อไป

**7. การฝึกอบรมโดยวิธีการแสดงบทบาทสมมติ (Role Playing Training)** การฝึกอบรมโดยการแสดงบทบาทสมมติเป็นเทคนิคการฝึกอบรมผู้บริหารเพื่อพัฒนาผู้บริหารขององค์กรให้รู้จักรับทราบความรู้สึกที่มีความไวและความรู้สึกโดยทั่วไปของบุคคลอื่น โดยวิทยากรผู้ฝึกอบรมการแสดงบทบาทสมมติ จะกำหนดให้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคนแสดงบทบาทสมมติในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยกำหนดให้เป็นตัวละครที่ตำแหน่งในเรื่องแสดงบทบาทสมมติตามเรื่องที่กำหนดไปแต่ละบท และจะมีการกำหนดบทบาทของตัวละครอย่างสั้นของแต่ละบทให้กับผู้แสดงทุกคน

การฝึกอบรมแบบการแสดงบทบาทสมมติกำหนดจัดเป็นกลุ่มแต่ละกลุ่มจะมีผู้แสดงบทบาทสมมติไม่เกิน 12 คน ความสำเร็จของการฝึกอบรมโดยการแสดงบทบาทสมมติขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้แสดงในการแสดงบทบาทสมมติตามที่ได้รับมอบหมาย และความสามารถของวิทยากรผู้ฝึกอบรมในการฝึกอบรมผู้แสดงบทบาทสมมติที่กำหนดให้ผู้แสดงสามารถแสดงบทบาทสมมติได้เหมือนบทบาทในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงทุกประการ

การฝึกอบรมการแสดงบทบาทสมมติโดยทั่วไปจะมีการบันทึกเทปวีดิทัศน์เพื่อทำการถ่ายภาพเหตุการณ์แสดงของผู้แสดงบทบาทสมมติทุกคน และจะนำเทปวีดิทัศน์กลับมาเปิดให้เห็นภาพและเสียงเพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ได้เห็นบทบาทสมมติที่ตนแสดงบทบาท และให้มีการแสดงความคิดเห็นพร้อมกับวิจารณ์การแสดงบทบาทสมมติเพื่อชี้ให้เห็นส่วนที่สามารถแสดงบทบาทได้ดีเหมาะสมกับเหตุการณ์ สำหรับส่วนที่แสดงบทบาทเป็นข้อบกพร่อง ซึ่งจะต้องมีการทบทวนและมีการปรับปรุงแก้ไขการแสดงบทบาทสมมติให้ดีขึ้น เพื่อสามารถนำบทบาทการแสดงสมมติที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ไปประยุกต์ใช้ในการบริหารงานและการปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้น

**8. วิธีการฝึกอบรมโดยใช้เทคนิคในตะกร้า (In-Basket Technique)** เป็นวิธีการฝึกอบรมผู้บริหารให้รู้จักการคิดอย่างรอบคอบและใช้วิจารณ์ญาณ โดยใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลสำหรับการตัดสินใจทางการบริหารซึ่งเป็นความสามารถพิเศษทางการบริหารงานของผู้บริหาร

วิทยากรผู้ฝึกอบรมจะจัดวัสดุต่างๆ ไว้ในตะกร้า เช่น ใบบันทึกเดือนความจำเป็นรายการงานที่ต้องทำจดหมายที่ต้องพิมพ์เป็นจดหมายตอบของผู้จัดการ บัญชีรายชื่อผู้ใช้โทรศัพท์และเขียนเรื่อง

ควมสำคัญเช่น วัสดุสำรองไว้ขาดแคลน เรื่องร้องเรียนจากลูกค้า สิ่งที่ผู้บริหารระดับสูงต้องการให้ทำรายงานเรื่องหนึ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องธุรกิจประจำวัน เช่น การรับเชิญไปพูดในงานเลี้ยงบุคคล และลูกค้าที่สำคัญๆ เพื่อให้ผู้บริหารที่เข้ารับการอบรมได้ตัดสินใจ ข้อมูลเกี่ยวกับการกำหนดวันที่ที่จะให้พนักงานบริษัทไปพักผ่อนประจำปี ฯลฯ

ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องวิเคราะห์และวิจารณ์จากจำนวนวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ในตะกร้าและให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมตัดสินใจภายในระยะเวลาที่กำหนดให้

การฝึกอบรมโดยใช้เทคนิคในตะกร้านับว่ามีประโยชน์คือการกำหนดวัสดุต่างๆลงในตะกร้านั้นต้องทำให้เหมือนกับวัสดุต่างๆที่ต้องใช้ในการบริหารธุรกิจ โดยเฉพาะเป็นงานที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของผู้บริหารและต้องเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ใช้สำหรับการฝึกอบรมเมื่อตกลงตัดสินใจไปแล้วผู้เข้ารับการฝึกอบรมอาจพิจารณาว่ามีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารธุรกิจได้เป็นอย่างดี

**9. การฝึกอบรมโดยวิธีใช้เกมส์ธุรกิจ (Business Games)** การใช้เกมส์ธุรกิจเป็นการฝึกอบรมที่มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผู้บริหาร ให้มีความรู้ความเข้าใจในการดำเนินงานทางธุรกิจ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ในการดำเนินธุรกิจ การพิจารณาคำเนินงาน และการบริหารกิจการโดยใช้กฎระเบียบการบริหารงาน การรับรู้ข้อมูลข่าวสารภายในและภายนอกองค์กร โดยการพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ

เกมส์ธุรกิจจะฝึกอบรมและช่วยเสริมให้ผู้บริหารมีความรู้และทักษะในการดำเนินการเกี่ยวกับการตัดสินใจทางด้านบริหารธุรกิจของผู้บริหารระดับสูงที่มีผลกระทบต่อกิจการของธุรกิจ และพนักงานทั้งหมดที่อยู่ในองค์กรเกมส์ธุรกิจและจะกำหนดให้สร้างสมมติฐานที่เป็นปัญหาของการบริหารธุรกิจ เช่น ปัญหาเกี่ยวกับการแต่งตั้งบุคลากร การบริหารการจัดหาวัสดุ การจัดทำแผนการผลิต การบริหาร การควบคุมการบริหาร และการเจรจาต่อรองทางธุรกิจ ฯลฯ

กระบวนการฝึกอบรมเกมส์ธุรกิจจะจัดแบ่งผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นทีมงานผู้บริหารหลายทีมงานแต่ละทีมงานจะได้รับมอบหมายให้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานทางธุรกิจโดยกำหนดให้เป็นการแข่งขันแต่ละทีมงาน โดยสมาชิกในทีมงานทุกคนจะต้องมีการประชุมปรึกษาหารือกันเพื่อ

ค้นหาสาเหตุของปัญหา การรวบรวมข้อมูลข่าวสาร การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหามีความเป็นไปได้โดยใช้ความรู้ทางด้านวิชาการ ประสบการณ์ และการวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ และปริมาณเพื่อประกอบการตัดสินใจและกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาละเอียด และสามารถนำมาใช้ในการบริหารงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีวิทยากรที่ปรึกษาประจำทีมงานจะเป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษาในแต่ละทีมงาน เมื่อได้ข้อสรุปแนะแนวทางการแก้ปัญหาแล้ว จะต้องนำเสนอผลการแก้ปัญหาแก่มุทิตกษัตริย์ต่อในที่ประชุมทีมงานทั้งหมด โดยมีวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้สรุปว่าวิธีการแก้ปัญหาแก่มุทิตกษัตริย์ของทีมงานใดเป็นวิธีการที่ดีและเหมาะสมในสถานการณ์ต่างกัน ในการแก้ปัญหาแก่มุทิตกษัตริย์ที่ทำการฝึกอบรม ผลการฝึกอบรมจะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับประโยชน์จากการฝึกอบรมแก่มุทิตกษัตริย์ และมีประสบการณ์ทางด้านการบริหารและการดำเนินงานทางธุรกิจมากขึ้น โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารงานขององค์การได้เมื่อมีโอกาสและมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้งานประสบความสำเร็จ

**10. การฝึกอบรมแบบหลักสูตรระยะสั้น (Short Courses Training)** การฝึกอบรมแบบหลักสูตรระยะสั้น โดยสามารถแยกกล่าวออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

ลักษณะที่ 1 การฝึกอบรมแบบหลักสูตรระยะสั้น โดยจัดภายในองค์การหรือหน่วยงานเป็นไปตามความต้องการของผู้บริหารและบุคลากรที่ต้องการฝึกอบรมในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งจะเป็นหน้าที่ของฝ่ายบริหารงานบุคคลหรือฝ่ายพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่จะต้องดำเนินการจัดเป็นโครงการฝึกอบรม โดยจัดการฝึกอบรมในเรื่องที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาบุคลากรและเป็นการเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการทำงานของบุคลากรซึ่งฝ่ายจัดฝึกอบรมจะต้องมีการศึกษาหาข้อมูลความต้องการและความจำเป็นในการฝึกอบรมเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยการฝึกอบรมจะประกอบด้วยหลักสูตรการฝึกอบรมระยะสั้น ส่วนมากจะใช้ระยะเวลาฝึกอบรมประมาณ 1-3 วัน สำหรับหัวข้อเรื่องและรายละเอียดเนื้อหาวิชาที่จะอบรม จำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้ในการฝึกอบรม โดยจัดวิทยากรบรรยายในเรื่องต่างๆ ซึ่งเป็นวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ รายชื่อและจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมวันเดือนปีที่จัดฝึกอบรม สถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และวัสดุงบประมาณค่าใช้จ่ายสำหรับการฝึกอบรม การประเมินผลการฝึกอบรมและผู้รับผิดชอบในการดำเนินงานโครงการฝึกอบรม

ลักษณะที่ 2 การฝึกอบรมแบบหลักสูตรระยะสั้น จัดโดยองค์กรหรือหน่วยงานภายนอก เช่น สถาบันการฝึกอบรมและพัฒนา มหาวิทยาลัยหรือสถาบันการศึกษา และศูนย์ฝึกอบรมธุรกิจหรือสถาบันการจัดฝึกอบรมที่เป็นภาคธุรกิจเอกชน ฯลฯ เป็นต้น

หลักสูตรที่จัดฝึกอบรมเป็นหลักสูตรระยะสั้น ใช้ระยะเวลาฝึกอบรมเป็นระยะเวลาสั้นประมาณตั้งแต่ 3 เดือน หรือ 6 เดือน เป็นหลักสูตรระยะสั้นด้านวิชาการที่มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และเกิดขึ้นใหม่อย่างรวดเร็ว เช่น การบริหารงานหรือการจัดการทางด้านเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยพัฒนางานการผลิต งานตลาด งานบำรุงรักษา งานบริการด้านต่างๆ ให้แก่ลูกค้า ฯลฯ

สำหรับในประเทศไทยการจัดการฝึกอบรมโดยองค์กรภายนอกนับว่าเป็นที่นิยมและแพร่หลายทั้งในองค์กรภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และภาคธุรกิจเอกชน และเป็นการฝึกอบรมที่มีความพร้อมทันสมัยโดยผู้จัดฝึกอบรมมีความเชี่ยวชาญในการฝึกอบรมเฉพาะด้านประกอบด้วยเครื่องมือ เครื่องใช้ วัสดุ วิทยากร สถานที่ วิธีการสอน การถ่ายทอดความรู้ การประยุกต์ใช้ในงาน รวมทั้งการประเมินผลการฝึกอบรมสำหรับค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมที่เรียกเก็บจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นรายบุคคล โดยมากองค์กรที่เป็นต้นสังกัดของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะเป็นผู้รับผิดชอบในการจ่ายค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมให้แก่บุคลากร โดยตรงและหลายองค์กรได้สนับสนุนให้บุคลากรเข้ารับการฝึกอบรมเฉพาะหลักสูตรมากยิ่งขึ้น เพราะนอกจากจะเป็นการลงทุนเพื่อพัฒนาบุคลากรและการปฏิบัติงานที่ทำอยู่ในปัจจุบันแล้วยังก่อให้เกิดประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรส่งผลดีทำให้องค์กรและธุรกิจเพิ่มผลกำไร และยังเป็นการเผยแพร่ชื่อเสียงขององค์กรให้แก่บุคคลทั่วไปและสาธารณชนรู้จักอย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

### 3) เครื่องจักร

#### 1. เครื่องจักรเสีย ทำให้มี Down Time สูง

แก้ไขโดย : มาตรการระยะสั้นเมื่อพบปัญหาต้องดำเนินการซ่อมให้เครื่องจักรเข้าสู่สภาพปกติก่อน ในการซ่อมก็ต้องซ่อมให้ได้มาตรฐานไม่ใช่ซ่อมเพื่อให้ใช้งานได้เท่านั้น และควรแบ่งเครื่องจักรในโรงงานออกเป็นอย่างน้อย 3 ระดับ เช่น เครื่องจักรไลน์นี้สำคัญมาก ถ้าเครื่องเสียจะ

ส่งผลกระทบต่อแรง เช่น หน่วยงานถัดไปต้องหยุดผลิต หรือไม่ส่งมอบสินค้าได้ทันตามกำหนด เครื่องจักรแบบนี้ต้องจัดให้อยู่ในเกรด A คือต้องดูแล รักษา ทำ PM เป็นพิเศษ และเมื่อเกิดเครื่องจักรเสียก็ต้องดำเนินการให้เสร็จภายใน 24 ชั่วโมง ส่วนเครื่องจักรที่จัดให้อยู่ในเกรด B คือเครื่องจักรที่ถ้าเสียแล้วสามารถรอได้ไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการถัดไปหรือการส่งมอบมากนัก เช่น สามารถใช้เครื่องจักรอื่นทดแทนได้ เป็นต้น ก็ให้ทำการซ่อมให้เสร็จภายในระยะเวลา 3-7 วัน และเครื่องจักรที่แบ่งอยู่ในหมวด C คือเครื่องจักรที่เมื่อเสียแล้วไม่ส่งผลกระทบในกระบวนการผลิตหรือการส่งมอบแต่อย่างใดเลย ก็ให้กำหนดเวลาซ่อมให้เสร็จได้ตามความเหมาะสม

ส่วนมาตรการระยะยาว ควรต้องมีการทำ TPM (Total Productive Maintenance) เพื่อให้พนักงานประจำเครื่องจักรนั้นๆ เป็นผู้ดูแลรักษาเครื่องจักรด้วยตัวเอง และดำเนินการซ่อมก่อนที่เครื่องจักรจะเสีย โดยให้ทางฝ่ายซ่อมบำรุงช่วยกำหนดแผนการทำ PM ประจำวัน ประจำเดือน ประจำปี และประจำ 5 ปี ไว้ตามความเหมาะสมและฝึกอบรมให้พนักงานทำ PM ได้ด้วยตัวเองใน ส่วนที่ตัวเองได้ตามความรู้ความสามารถ ส่วนที่ไม่สามารถทำเองได้ก็ให้เป็นความรับผิดชอบของฝ่ายซ่อมบำรุงต่อไป และนอกจากการทำ TPM แล้วก็ต้องมีการสำรวจอะไหล่ของเครื่องจักรที่สำคัญๆ ไว้เพื่อให้สามารถซ่อมเครื่องจักรให้ใช้งานได้เร็วที่สุดด้วย

### แนวคิดเกี่ยวกับการบำรุงรักษา

ณรงค์ศักดิ์ บุญเลิศ (2549) การบำรุงรักษาเป็นขั้นตอนในวงจรการบริหารพัสดุ เช่น เครื่องจักร อุปกรณ์ ยานพาหนะ ตลอดจนอาคารและสถานที่ในการปฏิบัติงานด้านบำรุงรักษา จะมีลักษณะการดำเนินงานที่เปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันออกไป นับตั้งแต่การบำรุงรักษาแบบง่าย ๆ ไปจนถึงการบำรุงรักษาที่ยุ่งยาก ซึ่งต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการบำรุงรักษา โดยทั่วไปในการบริหารพัสดุจะแบ่งค่าใช้จ่าย (cost) เกี่ยวกับการบริหารพัสดุดังออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ค่าใช้จ่ายในการได้มาซึ่งพัสดุ (acquisition cost)
2. ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา (operation and maintenance cost)

ค่าใช้จ่ายประเภทหลังมักจะมองไม่ค่อยเห็น และไม่ค่อยได้รับความสนใจแต่ความจริงแล้ว จะมีค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากกว่าค่าใช้จ่ายประเภทแรกเสียอีก

### ความหมายของการบำรุงรักษา

ความหมายของการบำรุงรักษา หมายถึง งานหรือกิจกรรมที่จัดให้มีขึ้น มุ่งที่จะรักษาพัสดุ เช่น เครื่องจักรและอุปกรณ์ ยานพาหนะ ตลอดจนอาคารสถานที่ให้อยู่ในสภาพที่ดี สามารถใช้งานได้หรือพร้อมที่จะใช้งานได้ตลอดเวลา

งานบำรุงรักษาเป็นงานที่ต้องปฏิบัติเพื่อเป็นการรักษาสภาพหรือยกสภาพพัสดุต่าง ๆ ให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ดูแลให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน และใช้งานได้ตามที่ต้องการอยู่เสมอ เนื่องจากงานบำรุงรักษาเป็นงานที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายอยู่ตลอดเวลา โดยมีได้ทำกำไรให้แก่กิจการเลย ดังนั้นกิจการหลายแห่งจึงมักละเลยที่จะทำการบำรุงรักษาพัสดุ โดยปล่อยให้ใช้งานพัสดุนเสียหายก่อนแล้วจึงซ่อม ซึ่งการกระทำดังกล่าวก่อให้เกิดความสูญเสียแก่กิจการมากกว่าหลายเท่า ซึ่งถ้าคิดถึงความสูญเสียและการเสียโอกาสในการทำผลกำไร อันเนื่องมาจากพัสดุที่ใช้ในการดำเนินงานเกิดขัดข้อง เสียหาย อีกทั้งยังอาจจะเกิดอุบัติเหตุต่อผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งถือเป็นความสูญเสียที่มากขึ้นเป็นทวีคูณ

การบำรุงรักษา (maintenance) มิได้หมายถึงเฉพาะการซ่อม (repair หรือ corrective maintenance) ซึ่งเป็นการแก้ไขพัสดุที่ขัดข้องหรือเสียหายให้สามารถทำงานได้เป็นปกติ แต่ยังมี ความหมายถึงการดูแลพัสดุป้องกันมิให้เกิดขัดข้องหรือชำรุดเสียหาย (preventive maintenance) และป้องกันโดยทำให้พัสดุมีการบำรุงรักษาน้อยที่สุด (corrective maintenance)

ระดับของการบำรุงรักษา การบำรุงรักษานั้นครอบคลุมไปถึงการตรวจสอบดูแลรักษา และซ่อมแซมให้พัสดุอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ ซึ่งอาจต้องใช้พนักงานที่ผ่านการอบรมอย่างดีในงานบำรุงรักษาต่าง ๆ กัน ตลอดจนช่างฝีมือทุกระดับ ดังนั้น จึงมีการแบ่งการบำรุงรักษาในระดับต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับกิจการว่ามีพัสดุน้อยเพียงใด

## การบำรุงรักษาอาจแบ่งได้ดังนี้

1. การบำรุงรักษาระดับหน่วยใช้ หมายถึง ผู้ใช้พัสดุรับผิดชอบในการปฏิบัติต่อพัสดุ ได้แก่ การใช้ที่ถูกต้อง การทำความสะอาด การตรวจสอบประจำวัน การปรับแต่งให้พัสดุนั้นใช้งานได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงการซ่อมแก้และแก้ไขข้อบกพร่อง และการเปลี่ยนชิ้นส่วนเล็กๆ น้อยๆ เป็นต้น

### การบำรุงรักษาในระดับนี้ผู้ดำเนินการบำรุงรักษา ได้แก่

1.1 ผู้ใช้ ซึ่งอาจเป็นพนักงานผู้ควบคุมหรือผู้รับผิดชอบโดยตรง เช่น พนักงานพิมพ์ดีด พนักงานขับรถ ได้แก่ การทำความสะอาด การตรวจสอบไม่ว่าจะเป็นทำก่อนใช้งาน ระหว่างใช้งาน และหลังใช้งาน

1.2 ช่างประจำหน่วย เป็นผู้ที่มีหน้าที่ช่วยผู้ใช้ในการบำรุงรักษาและแก้ไขเล็ก ๆ น้อย ๆ การปรับแต่ง การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ไม่สำคัญ การอัดฉีดและการหล่อลื่นต่าง ๆ

การบำรุงรักษาในระดับนี้ เป็นแกนสำคัญของระบบการบำรุงรักษาเพราะหากบำรุงรักษาในระดับนี้มีประสิทธิภาพดีแล้ว ก็จะสามารถต่ออายุพัสดุ และทำให้เกิดความเชื่อมั่นถึงความพร้อมต่อการใช้งานของพัสดุนั้น

2. การบำรุงรักษาระดับสนาม หมายถึง การบำรุงรักษาที่ช่างหรือพนักงานซ่อมบำรุง ต้องรับผิดชอบในการแก้ไข ความชำรุดเสียหายของพัสดุที่เกินขีดความสามารถการซ่อมของผู้ใช้ ปกติการบำรุงรักษาในระดับนี้จะใช้ช่างหรือพนักงานซ่อมบำรุง ตลอดจนเครื่องมือเครื่องใช้ในการซ่อมที่มีขีดความสามารถสูงกว่าระดับผู้ใช้เป็นการปฏิบัติงานสนับสนุนโดยตรงต่อหน่วยผู้ใช้ โดยหน่วยซ่อมประจำที่หรือหน่วยซ่อมเคลื่อนที่แล้วแต่กรณี

การบำรุงรักษาระดับนี้ ได้แก่ งานซ่อม ถอดและเปลี่ยนชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบสำคัญ การตรวจสอบหาสาเหตุหรือความเสียหาย เป็นต้น ซึ่งงานเหล่านี้เป็นการให้บริการสนับสนุนงานบำรุงรักษาต่อหน่วยงานในท้องถิ่นโดยตรง โดยช่างประจำหน่วยภายในโรงซ่อม หรือส่งหน่วยซ่อมเคลื่อนที่ไปทำการซ่อมบำรุง



3. การบำรุงรักษาระดับโรงงาน หมายถึง การบำรุงรักษาที่ช่างหรือพนักงานซ่อมบำรุง ต้องรับผิดชอบในการซ่อมใหญ่ หรือซ่อมสร้างพัสดุที่ชำรุดเสียหายมากเกินไปจนขีดความสามารถของการบำรุงรักษาระดับสนาม โดยปกติถือว่า การซ่อมบำรุงรักษาระดับนี้มีหน้าที่และความรับผิดชอบสูงสุด เพราะงานส่วนมากจะเป็นการซ่อมใหญ่ (overhaul) การซ่อมสร้าง (rebuild) การตัดแปลง (modification) การยุบรวม (cannibalization)

3.1 การซ่อมใหญ่ (overhaul) หมายถึง การซ่อมโดยการถอดแยกชิ้นส่วนทั้งระบบมาตรวจสอบ แก้ไข แล้วใส่หรือประกอบชิ้นส่วนเข้าไปใหม่

3.2 การซ่อมสร้าง (rebuild) หมายถึง การซ่อมพัสดุที่ชำรุดให้กลับคืนสู่สภาพเดิมเหมือนของใหม่ โดยการถอดแยกชิ้นส่วนทุกระบบ

3.3 การตัดแปลง (modification) หมายถึง การปรับปรุง ตัดแปลงบางส่วนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน หรือเพิ่มความสะดวกในการทำงาน

3.4 การยุบรวม (cannibalization) หมายถึง การถอดชิ้นส่วนที่ใช้การได้ของพัสดุอย่างหนึ่งและถอดชิ้นส่วนที่ใช้การไม่ได้ไปเปลี่ยนกับชิ้นส่วนของพัสดุอื่นชนิดเดียวกันที่ชำรุดหรือใช้การไม่ได้ โดยการบำรุงรักษาระดับนี้จะต้องมีเครื่องมือเครื่องใช้ ตลอดจนช่างที่มีฝีมือชำนาญงานในสาขาต่าง ๆ อย่างครบถ้วน การบำรุงรักษาระดับนี้ต้องให้บริการและต้องได้รับสนับสนุนจากระดับอื่นทั้งหมด

#### ความสำคัญของการบำรุงรักษา

การจัดตั้งองค์การธุรกิจโดยมีเป้าหมายเพื่อผลกำไร ซึ่งจะไม่มีกิจการใดสามารถดำเนินกิจการได้ในระยะยาวโดยไม่มีผลกำไร ดังนั้นทุกกิจกรรมในธุรกิจ จึงควรจัดให้มีขึ้นเพื่อให้ในขั้นสุดท้ายคือ ผลกำไรและยังผลให้กิจการสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง การดำเนินกิจการจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมการผลิตและการขายตลอดเวลา กิจการไม่เพียงพอแต่จะต้องผลิตสินค้าให้จำหน่ายได้เท่านั้น แต่ยังต้องทำให้มีผลกำไรด้วย โดยกิจการที่มีการแข่งขันจะต้องผลิตสินค้าให้มีคุณลักษณะที่ต้องการ ในราคาที่เหมาะสม (ต้นทุนที่เหมาะสม) มีคุณภาพถูกต้องได้ตามมาตรฐาน และผลิตขึ้นมาในเวลาที่เหมาะสม (เวลาที่มีผู้ต้องการสินค้านั้น)

การที่จะดำเนินกิจการได้ดังกล่าว เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตจะต้องมีกำลังการผลิตที่เหมาะสมและการเดินเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ และสามารถเดินเครื่องจักรได้ในเวลาที่ต้องการ การบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์จะมีผลต่อการปฏิบัติงานในธุรกิจอุตสาหกรรมและบริการเป็นอย่างมาก

เนื่องจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ทุกชนิดจะมีโอกาสเสียเกิดขึ้นในระหว่างใช้งานซึ่งจะหลีกเลี่ยงปัญหานี้ไม่ได้ และจำเป็นต้องคำนึงถึงในการวางแผนการผลิต ในหลายกรณีการบำรุงรักษาจะเป็นหน้าที่ของพนักงานผู้ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ ซึ่งอาจจะเป็นการตรวจดูเป็นระยะ ๆ และมีการปรับเครื่อง หรือเติมน้ำมันหล่อลื่น บางกรณีหากเป็นเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีราคาสูง ซึ่งมีความสลับซับซ้อน ก็อาจจะให้บริษัทที่ขายเครื่องจักรเป็นผู้ดูแลรักษา โดยอาจมีการทำสัญญาตกลงเมื่อซื้อเครื่องจักรนั้น หรือในกรณีที่ฝ่ายบำรุงรักษาทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ ซึ่งขนาดของฝ่ายบำรุงรักษาที่จะขึ้นอยู่กับจำนวนของช่างด้านต่าง ๆ อะไหล่ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และปริมาณงานบำรุงรักษา นอกจากนี้ฝ่ายบำรุงรักษาจะต้องมีโครงสร้างการบริหารงานที่ดีอีกด้วย

เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการดำเนินธุรกิจ แม้จะออกแบบมาดีเพียงใด การชำรุดเสียหายย่อมมิได้เสมอ หากเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ ธุรกิจย่อมจะประสบกับความสูญเสียด้วยเหตุผล ดังนี้

1. เมื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุด กิจการย่อมไม่สามารถดำเนินการผลิต ได้อาจทำให้ไม่มีสินค้าหรือบริการเพื่อขายได้ ทำให้กิจการไม่มีรายได้
2. เมื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุด พนักงานย่อมไม่มีงานทำ แต่กิจการยังคงต้องจ่ายค่าจ้าง ทำให้กิจการมีค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น
3. เมื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุดในหน่วยงานดำเนินงานแม้แต่เพียงหน่วยงานหรือแผนกเดียวเท่านั้น อาจทำให้ต้องหยุดเครื่องจักรและอุปกรณ์ทั้งระบบหยุดชะงักได้

การบำรุงรักษาจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินการผลิตขององค์การธุรกิจ กิจกรรมต่าง ๆ จึงพยายามเสาะแสวงหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อที่จะทำให้กิจการมีระบบการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลมากที่สุด

ในการบริหารงานผลิตในธุรกิจอุตสาหกรรมและบริการนั้นงานบำรุงรักษาเป็นงานที่มีความสำคัญมากอีกงานหนึ่งของผู้บริหาร หลังจากได้จัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ามาใช้แล้ว ผู้บริหารจะต้องมีหน้าที่ดูแลและจัดให้มีการบำรุงรักษาเพราะการบำรุงรักษาที่ดีย่อมจะมีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ และช่วยให้การผลิตตลอดจนการดำเนินงานเป็นไปได้อย่างราบรื่นและต่อเนื่อง ผู้บริหารจึงควรจัดให้มีงานบำรุงรักษาเป็นระบบ รวมทั้งมีการวางแผนควบคุมการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

กิจการที่มีการแข่งขันจะต้องผลิตสินค้าให้มีราคาที่เหมาะสมซึ่งย่อมหมายถึงต้นทุนที่เหมาะสมได้คุณภาพที่ต้องการตามมาตรฐาน ผลิตขึ้นในเวลาที่เหมาะสมและมีผู้ต้องการสินค้านั้น การดำเนินธุรกิจให้ได้ผลดังกล่าวนี้ ธุรกิจจะต้องมีเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานที่มีกำลังการผลิตที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสามารถใช้งานได้ในเวลาที่ต้องการ การที่ผู้บริหารธุรกิจมองเห็นถึงความสำคัญของการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่ดีอยู่ตลอดเวลา นั้น จะทำให้ธุรกิจสามารถดำเนินการผลิตสินค้าและบริการได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เวลาที่เสียไปเนื่องจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุดจะมีน้อยมาก

การบำรุงรักษาจึงมีประโยชน์ต่อการบริหารงานของธุรกิจทุกชนิด และส่งผลให้การบริหารพืชของกิจการหลายประการ ดังนี้

1. ทำให้เกิดความ “พร้อม” ที่จะใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์
2. ทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ มีอายุการใช้งานคุ้มกับราคา และอายุใช้งาน โดยประมาณ
3. ทำให้การเสียเวลาอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ขัดข้องมีน้อยที่สุด
4. ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแก้ไขน้อยลง เนื่องจากการบำรุงรักษาแบบป้องกันเสีย ช่วยให้ประหยัดงบประมาณในการบำรุงรักษา
5. ทำให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์

ในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเทคโนโลยีด้านการผลิต เช่น การวางแผนและการควบคุมการผลิต โดยเฉพาะการผลิตที่

เทคโนโลยีการผลิตสูงย่อมมีการแย่งตลาดกันมากขึ้นในยุคของการแข่งขัน และมีการแย่งตลาดกันจนต้องมีการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีความสลับซับซ้อน การที่จะปล่อยให้เครื่องจักรและอุปกรณ์เกิดขัดข้องหรือชำรุด โดยเฉพาะเครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่งเกิดขัดข้องหรือชำรุดแล้ว จึงทำการบำรุงรักษา ย่อมเป็นการทำลายกิจการของตนเอง ในหลายกรณีที่อาจทำให้ต้องหยุดเครื่องหรือหยุดโรงงานเป็นเวลานานมาก และทำให้ต้นทุนสูงขึ้นอย่างน่าใจหาย ทั้งนี้เพราะการที่เครื่องจักรและอุปกรณ์เกิดขัดข้องหรือชำรุดอาจทำให้สายการผลิตต้องหยุดลงทั้งหมด หรือบางครั้งอาจเป็นผลทำให้โรงงานทั้งโรงงานต้องหยุด ซึ่งจะกระทบกระเทือน หรือก่อให้เกิดความเสียหายเพิ่มขึ้นต่ออุปกรณ์อื่น และผลิตภัณฑ์หรือบริการอื่น ๆ อีกด้วย เพื่อที่จะลดเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ชำรุดที่ไม่ได้มาตรฐานให้มากที่สุด ซึ่งงานหรือกิจกรรมในการบำรุงรักษาจะต้องทำให้เสร็จสิ้นโดยรวดเร็ว

ดังนั้น การบำรุงรักษาที่ดีจะมีผลต่อการปฏิบัติงานด้านการผลิต เพื่อที่จะให้งานการผลิตได้สินค้าและบริการตามที่ต้องการ โดยมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมอีกทั้งยังช่วยมิให้ธุรกิจเกิดความสูญเสียหรือเสียโอกาสในการทำกำไรอันเนื่องมาจากสาเหตุเพราะเครื่องจักรอุปกรณ์เกิดขัดข้องในระหว่างดำเนินการผลิตอีกทั้งยังอาจเกิดอุบัติเหตุและอันตรายต่อพนักงานปฏิบัติงานซึ่งเป็นความสูญเสียเป็นทวีคูณตามมาได้ภายหลัง ถ้าหากเครื่องและอุปกรณ์ไม่มีการบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนและควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพ

การบำรุงรักษาเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อการดำเนินการผลิต โดยเฉพาะในยุคปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของเครื่องจักร และอุปกรณ์มีมากขึ้น เพราะจะทำให้การผลิตดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาอย่างมีระบบประกอบด้วย งานบำรุงรักษาเพื่อป้องกันและเพื่อแก้ไข ปัจจัยที่จะช่วยในการตัดสินใจดำเนินงาน คือ ค่าใช้จ่ายและความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ในกรณีที่เครื่องจักรและอุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหายและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาแบบป้องกัน การวางแผนการบำรุงรักษาอาจกระทำได้โดยการกำหนดรายการบำรุงรักษา แล้วรวบรวมข้อมูลเพื่อทำแผนบำรุงรักษา การควบคุมงานบำรุงรักษาอาจกระทำได้โดยการควบคุมผลงานของฝ่ายบำรุงรักษา

### วัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนอาคารสถานที่สำหรับใช้ประโยชน์ในการดำเนินงานขององค์การธุรกิจต่างมีวัตถุประสงค์ในการทำให้อยู่ในสภาพที่ดีมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด และทำให้ระบบการดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่น

วัตถุประสงค์หลักของการบำรุงรักษาสามารถแยกได้ ดังนี้

1. เพื่อการป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหายของเครื่องจักรเลย หรือลดการเสียหายของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการใช้งาน
2. เพื่อการลดความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์เกิดเสียหายขึ้นมา
3. เพื่อให้เครื่องจักร และอุปกรณ์อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้งานได้เป็นเวลายาวนาน

ดังนั้น ในการวางแผนระบบงานหรือกิจกรรมในการบำรุงรักษาให้เหมาะสมในแต่ละกิจการ จึงควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. การลดข้อขัดข้อง หรือขจัดปัญหาการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้หมดไปโดยเพิ่มความมั่นใจในการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้สูงขึ้น
2. หากหลีกเลี่ยงการหยุดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไม่ได้ ก็ต้องพยายามลดเวลาในการหยุดเครื่องจักรให้น้อยที่สุด โดยมีการวางแผนการบำรุงรักษาไว้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. การพยายามลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ทั้งระบบและวิธีการบำรุงรักษา เพื่อให้เกิดการประหยัด มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

เทคนิคการบำรุงรักษาอย่างหนึ่งที่ช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวและเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลาย คือ การบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน (preventive maintenance) ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาล่วงหน้า ก่อนที่เครื่องจักรและอุปกรณ์จะเกิดการขัดข้องหรือชำรุดในระหว่างการดำเนินงาน โดยการ

ออกแบบระบบและวางแผนการบำรุงรักษาไว้ล่วงหน้า ทางด้านการตรวจสอบ การหล่อลื่นการวัด การป้องกันการเสื่อมสภาพตลอดจนการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ

ผลดีของการบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน อาจกล่าวสรุปได้ดังนี้

1. สามารถยืดอายุการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์และป้องกันการชำรุดเสียหายในระหว่างใช้งาน
2. สามารถทำได้ง่ายและสะดวก รวดเร็ว ไม่มีผลกระทบต่อระบบการผลิต เนื่องจากมีกำหนดเวลา วิธีการทำงาน และข้อมูลพร้อม
3. สามารถลดเวลาที่หยุดชะงัก และทราบสาเหตุจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุดในระหว่างใช้งาน
4. สามารถลดอุบัติเหตุ หรืออันตรายเนื่องจากการชำรุดของเครื่องจักร อุปกรณ์ วัสดุ และวัตถุดิบลงได้
5. สามารถวางแผนได้ง่าย และทำให้สามารถให้พนักงานซ่อม อุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ
6. ในการบริหารงานบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพจะต้องมีการวางแผน และมีผลดีที่ได้รับคือ
  - 6.1 ทำให้พนักงานช่างมีเวลาว่างให้น้อยที่สุด
  - 6.2 ทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
  - 6.3 ให้ดูแล และรักษาสภาพเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา
7. งานบำรุงรักษาทำให้เกิดผลดีในด้านต่าง ๆ ตามมาภายหลัง
  - 7.1 การชะลอความเสื่อมสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนอาคารสถานที่

7.2 การรักษาสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยให้คงอยู่ตลอดไป

7.3 การลดค่าใช้จ่ายของกิจการอันเนื่องมาจากการบำรุงรักษาในปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ

7.3.1 ต้นทุนวัตถุดิบ (material cost) โดยการลดความเสื่อมสภาพในการจัดเก็บวัตถุดิบและของเสียจากการผลิตด้วยเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ชำรุด

7.3.2 ต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์ (machine cost) โดยการลดค่าอะไหล่ค่าเสียหายอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุด

7.3.3 ต้นทุนค่าแรงงาน (manpower cost) โดยการลดค่ารักษาพยาบาลอันเนื่องมาจากคนงานได้รับอุบัติเหตุ และลดค่าเสียหายอันเนื่องมาจากคนงานป่วย

#### หลักการเพื่อการบรรลุวัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษา

หลักการที่สามารถใช้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังกล่าว ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจะได้พิจารณาร่วมกันเพื่อให้เกิดผลดีที่สุด โดยพิจารณาดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การปรับปรุงคุณภาพของอุปกรณ์และส่วนประกอบของเครื่องจักร โดยการออกแบบและการผลิตที่ดี
2. การออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อให้การบำรุงรักษากระทำได้ง่าย
3. การวางแผนผังอาคารหรือโรงงานและเลือกตำแหน่งที่ตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อให้การบำรุงรักษากระทำได้อย่างสะดวก
4. การจัดระบบการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ให้มีความยืดหยุ่น หากเครื่องจักรเครื่องใดชำรุดเสียหายย่อมจะไม่ทำให้การดำเนินงานการผลิตหยุดชะงักทั้งระบบ
5. การจัดตั้งหน่วยงานที่ทำหน้าที่รับผิดชอบงานบำรุงรักษา เพื่อให้ทำงานได้อย่างรวดเร็วและทำให้ช่วงเวลาหยุดบำรุงรักษามีน้อยที่สุด

6. การตรวจตราและเปลี่ยนส่วนประกอบบางชิ้นที่สำคัญเป็นระยะสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหายขึ้น

### **การบำรุงรักษาที่ผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม**

#### **ความหมายของการบำรุงรักษาที่ผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม**

ณรงค์ศักดิ์ บุญเลิศ (2549) การบำรุงรักษาที่ผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม นั้น ถ้าพิจารณาจากคำในภาษาอังกฤษอาจจะทำให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้น คำว่า Total participation productive Maintenance หรือเรียกสั้น ๆ ว่า Total Productive Maintenance: TPM หมายถึงกิจกรรมบำรุงรักษาซึ่งกระทำโดยพนักงานทุกคนผ่านทางกิจกรรมกรรมของกลุ่มย่อย และเป็นการบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานการกระจายไปทั่วกิจการ

#### **การพัฒนาระบบการบำรุงรักษาที่ผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม**

การบำรุงรักษาที่ผลที่ทุกคนมีส่วนร่วมเป็นกิจกรรมที่บุคลากรทุกคนในกิจการต้องมีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบนี้เกี่ยวข้องกับบุคลากรแยกได้เป็น 3 ระดับ ตามสถานะภาพของบุคลากรแต่ละกลุ่มในกิจการดังนี้คือ

1. ระดับผู้บริหารในกิจการ
2. ระดับหัวหน้าหน่วยงานในกิจการ และ
3. ระดับผู้ปฏิบัติงานในกิจการ

1. **ระดับผู้บริหารในกิจการ** การพัฒนาระบบการบำรุงรักษาที่ผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม ขึ้นมาใช้หรือไม่นั้นเป็นอำนาจหน้าที่ของผู้บริหารกิจการ หากตัดสินใจว่าจะพัฒนาขึ้นมาใช้จะต้องประกาศเป็นนโยบายออกมาอย่างชัดเจน ให้พนักงานทุกคนได้รับทราบถึงความจำเป็นที่ใช้ระบบการบำรุงรักษาที่ผล และนอกจากนี้ยังต้องจัดให้มีการฝึกอบรมเพื่อให้พนักงานทุกคนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้อีกด้วย อีกทั้งยังต้องแต่งตั้งคณะกรรมการขึ้นมาชุดหนึ่ง เพื่อทำหน้าที่ในการ



ส่งเสริมการบำรุงรักษาวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม ซึ่งโดยปกติจะแต่งตั้งให้ผู้จัดการโรงงานเป็นประธาน

2. **ระดับหัวหน้าหน่วยงานในกิจการ** หัวหน้าหน่วยงานต่าง ๆ ในกิจการจะทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดนโยบายของบริษัท ความรู้เกี่ยวกับการบำรุงรักษาวิผลให้แก่พนักงานในหน่วยงานของตน และนำข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ จากพนักงานรายงานสู่ผู้บริหาร นอกจากนี้ยังต้องมีหน้าที่ในการวางแผนการบำรุงรักษาวิผลสำหรับหน่วยงานของตน โดยจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรประจำวัน จัดระบบการรายงานสิ่งผิดปกติทุกชนิดที่ตรวจพบระหว่างการตรวจสอบประจำวัน และทำการแก้ไขสิ่งผิดปกตินั้น ๆ ในทันทีที่สามารถกระทำได้ โดยถือหลักว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นให้พยายามแก้ไขโดยพนักงานในระดับต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

3. **ระดับผู้ปฏิบัติงานในกิจการ** พนักงานในระดับผู้ปฏิบัติงานถือว่าเป็นพนักงานในระดับต่ำสุดที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิต ซึ่งจะต้องเป็นผู้ปฏิบัติตามแผนงานซ่อมบำรุงวิผลนั้น ต้องได้รับการเปลี่ยนแปลงทัศนคติในการปฏิบัติงานเสียก่อน เช่น พนักงานคุมเครื่องจักรจะต้องยอมรับว่าการตรวจสอบประจำวันเป็นหน้าที่ของตนไม่ใช่หน้าที่ของช่าง เช่น ในอดีต เป็นต้น และเพื่อให้การปรับเปลี่ยนทัศนคติเป็นไปได้ด้วยความราบรื่น พนักงานคุมเครื่องจักรจะต้องได้รับการถ่ายทอดความรู้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรจากช่างจนเกิดความชำนาญ ซึ่งวิธีที่จะทำให้พนักงานคุมเครื่องจักรมีความสามารถและมีความเต็มใจในการบำรุงรักษาได้แก่ การให้ปฏิบัติกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเอง ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการบำรุงรักษาวิผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดง 12 ขั้นตอนการทำ TPM

| ขั้นตอน                   | ขั้นที่  | รายละเอียด   |
|---------------------------|--|--|
| การเตรียมการ              | 1. ผู้บริหารระดับสูง<br>ประกาศเจตนารมณ์ในการ<br>ทำ TPM | - ประกาศเรื่อง TPM ในการบรรยายใน<br>กิจการและเอกสารประชาสัมพันธ์ของ<br>กิจการ                      |
|                           | 2. การรณรงค์และจัดอบรม<br>TPM                          | - ผู้จัดการ : สัมมนา / ปรับตามระดับ<br><br>- พนักงานทั่วไป : นำเสนอสไลด์                           |
|                           | 3. การจัดตั้งองค์การ<br>ส่งเสริม TPM                   | - จัดตั้งกรรมการพิเศษในทุกระดับเพื่อ<br>ส่งเสริม TPM จัดตั้งศูนย์อำนาจการและ<br>กลุ่มผู้ปฏิบัติงาน |
|                           | 4. การจัดทำนโยบายและ<br>เป้าหมายพื้นฐาน TPM            | - วิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ ตั้งเป้าหมาย<br>คาดคะเนผล   |
|                           | 5. การจัดทำแผนหลัก<br>TPM                              | - จัดรายละเอียดแผนดำเนินการสำหรับ<br>กิจกรรมหลักทั้ง 5 ประการ                                      |
| การดำเนินงาน<br>เบื้องต้น | 6. การเริ่มทำ TPM                                      | - เชิญลูกค้า ผู้เกี่ยวข้องและบริษัทผู้รับเหมา  |
| การดำเนินการ<br>TPM       | 7. การปรับปรุง<br>ประสิทธิภาพเครื่องจักร               | - เลือกเครื่องจักรตัวอย่าง<br><br>- จัดทำกลุ่มทำงาน  |
|                           | 8. การจัดทำกาบำรุงรักษา                                | - ส่งเสริมการดำเนินงานทั้ง 7 ขั้นตอน<br>สร้างความชำนาญในการวิเคราะห์และ                            |

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
|                        | ด้วยตนเอง   | สร้างมาตรฐานวิธีทำงานของคนงาน  |
| การดำเนินการ TPM (ต่อ) | 9. การกำหนดแผนการบำรุงรักษาของฝ่ายบำรุงรักษา                      | - ร่วมการบำรุงรักษาตามคาบเวลา, การพยากรณ์การบำรุงรักษาและการบริหารอะไหล่, เครื่องมือ, พิมพ์เขียว และกำหนดการ   |
|                        | 10. การฝึกอบรมเพื่อเพิ่มความชำนาญในการใช้และบำรุงรักษาเครื่องจักร | - ฝึกหัวหน้างาน<br>- หัวหน้างานแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสมาชิกกลุ่ม  |
|                        | 11. การทำแผนบริหารงานเครื่องจักร                                  | - ออกแบบ MP (การป้องกันการบำรุงรักษา) ควบคุมการปฏิบัติการตามที่กำหนด วิเคราะห์เพื่อให้ถึงเป้าหมายต้นทุนวงจรอายุเชิงเศรษฐศาสตร์ (Life Cycle Cost : LCC) |
| การรักษาเสถียรภาพ      | 12. การทำ TPM อย่างสมบูรณ์และยกระดับให้สูงขึ้น                    | - ประเมินผลเพื่อรับรางวัล PM<br>- ตั้งเป้าให้สูงขึ้น   |

\*หมายเหตุ ในขั้นตอนที่ 11 การทำแผนบริหารงานเครื่องจักร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของTPM โดยทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรสูงที่สุดหรืออีกทางหนึ่งก็คือ เพื่อให้ถึงเป้าหมายต้นทุนวงจรอายุเชิงเศรษฐศาสตร์ (Design and Managed to Life Cycle Cost : LCC โดยทั่วไปพบว่าร้อยละ 95 ของ LCC จะคำนวณจากขั้นตอนออกแบบ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และค่าพลังงานในการเดินเครื่องจะหาได้จากการออกแบบ เครื่องต้นแบบ ความพยายามที่จะลด LCC ภายหลังจากออกแบบจะมีผลเพียงประมาณร้อยละ 5 ของต้นทุนรวมทั้งหมด กิจกรรมที่จะมีผลดีต่อ LCC

ได้แก่ การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ในขั้นตอนการลงทุนด้านเครื่องจักร การพิจารณา MP โดยไม่ต้องบำรุงรักษากิจกรรมควบคุมการปฏิบัติหน้าที่ และการทุ่มเทความพยายามเพื่อให้ได้ความน่าเชื่อถือ และความง่ายต่อการบำรุงรักษาสูงสุด

**1. ผู้บริหารระดับสูงประกาศเจตนารมณ์ในการทำ TPM** ผู้บริหารระดับสูงของกิจการจะต้องประกาศถึงการตัดสินใจทำ TPM อย่างเป็นทางการ ยืนยันเจตนารมณ์กับพนักงานทุกคนในการตัดสินใจนี้และจริงจังกับโครงการดังกล่าว นำเสนอถึงแนวความคิด เป้าหมายและผลตอบแทนของ TPM รวมถึงเหตุผลของการตัดสินใจทำ TPM ในแถลงการณ์ รวมทั้งประกาศอย่างเป็นทางการของกิจการ

TPM ต้องมีการดำเนินงาน โดยได้รับการสนับสนุนอย่างจริงจังภายใต้การนำของผู้บริหารระดับสูง เป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่องและส่งเสริมการบำรุงรักษาด้วยตนเอง ซึ่งการส่งเสริมดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อพนักงานมีแรงจูงใจและสามารถบริหารกิจกรรมของตนเองอย่างประสบความสำเร็จ อันเกิดจากการมีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสม อันเป็นความรับผิดชอบเบื้องต้นของการบริหารงานในรูปแบบที่ให้พนักงานบริหารงานของตนเองอย่างอิสระตามความคิดเห็นของตนเอง สิ่งสำคัญก็คือ ผู้บริหารระดับสูงจะต้องเข้าใจและเชื่อมั่นในแนวความคิด TPM ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการ

**2. การรณรงค์และจัดอบรม TPM** การฝึกอบรมและการส่งเสริม TPM ควรกระทำให้เร็วที่สุดหลังจากได้ประกาศเจตนารมณ์ จุดมุ่งหมายเพื่อการอธิบาย TPM สร้างแรงจูงใจและลดการต่อต้าน รวมถึงเพิ่มขวัญและกำลังใจในการจัดการฝึกอบรม พนักงานในระดับผู้จัดการและหัวหน้าฝ่ายหรือฝ่ายวิศวกรรม และกลุ่มหัวหน้าพนักงาน ผู้บริหารระดับสูง ควรจัดเป็นหลักสูตรเฉพาะสำหรับการให้การสนับสนุน สำหรับพนักงานระดับล่างผู้ปฏิบัติควรได้รับการฝึกอบรมโดยใช้โสตทัศนูปกรณ์และสไลด์ และในระหว่างการฝึกอบรมการรณรงค์ในการทำ TPM จะต้องมีการปฏิบัติ เช่น ป้ายประกาศ สัญลักษณ์ และคำขวัญ เกี่ยวกับ TPM เพื่อเป็นการสร้างบรรยากาศที่ดีของ TPM

3. การจัดตั้งองค์การส่งเสริม TPM หลังจากการฝึกอบรมพนักงานในระดับบริหารเสร็จสิ้น จะต้องสร้างระบบส่งเสริม TPM โดยจะต้องอยู่บนพื้นฐานรูปแบบของการจัดองค์การ ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องสำคัญมากในการสนับสนุนและส่งเสริม ความสำเร็จของการพัฒนา TPM มีการจัดแบ่งกลุ่มของผู้บริหารและผู้ร่วม โครงการ ออกตามระดับการบริหารในองค์การ จะต้องจัดตั้งศูนย์กลางส่งเสริมกิจกรรม TPM และต้องมีคณะทำงานที่มีความรู้ความสามารถมีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริม TPM

4. การจัดทำนโยบายและเป้าหมายพื้นฐาน TPM คณะทำงานของศูนย์ส่งเสริม TPM ควรทำการกำหนดนโยบายและเป้าหมายพื้นฐาน นโยบายการบริหารขั้นพื้นฐานข้อหนึ่งควรเป็น TPM และการพัฒนาอย่างจริงจัง การกำหนดนโยบายควรกำหนดอย่างสั้น ๆ ส่วนเป้าหมายการกำหนดเป็นปริมาณที่วัดค่าได้และชัดเจน ตัวอย่างเช่น

#### นโยบายพื้นฐาน

- เพื่อปรับความรู้ความเข้าใจของพนักงานทุกคนผ่านทางกิจกรรมลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรเชิงเศรษฐศาสตร์
- เพื่อขจัดเครื่องเสียและของเสียโดยการปฏิบัติ TPM อย่างทั่วถึงทั้งกิจการ

#### พื้นฐานเป้าหมาย

- ลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร
- ลดเวลารอคอย เวลาปรับตั้ง เวลาแต่งเครื่อง
- ใช้เครื่องจักรที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
- ควบคุมความแม่นยำของเครื่องจักร
- ประหยัดวัสดุและพลังงาน
- อบรมและพัฒนาบุคลากร

| เป้าหมาย                | ปัจจุบัน            | เป้าหมาย                           |
|-------------------------|---------------------|------------------------------------|
|                         | 11/1999             | 01/2002                            |
| ลดเหตุขัดข้อง           | 930/เดือน           | → น้อยกว่า 50/เดือน                |
| ลดอัตราเกิดเหตุขัดข้อง  | 1.02 กรณี / 100 ชม. | → น้อยกว่า 0.2 กรณี / 100 ชม.      |
| สาเหตุขัดข้องที่ร้ายแรง | 1.60%               | → น้อยกว่า 0.5%                    |
| ลดเวลาหยุดเครื่อง       | 5,700 ชม. / เดือน   | → น้อยกว่า 2,800 ชม. / เดือน (50%) |
|                         | ฯลฯ                 |                                    |

5. การจัดทำแผนหลัก TPM คณะทำงานศูนย์ส่งเสริม TPM นอกจากมีหน้าที่กำหนดนโยบายและเป้าหมายของ TPM ยังมีความรับผิดชอบในการจัดทำแผนหลักพร้อมรายละเอียดในการพัฒนา TPM และการส่งเสริมกิจกรรมปรับปรุงขั้นพื้นฐาน 5 ประการ ได้แก่

- 5.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร โดยการขจัดการสูญเสีย
- 5.2 การจัดโครงการบำรุงรักษาด้วยตนเอง
- 5.3 การประกันคุณภาพ
- 5.4 การจัดสร้างแผนกำหนดการบำรุงรักษาโดยฝ่ายบำรุงรักษา
- 5.5 การจัดการศึกษาอบรมเพื่อเพิ่มความชำนาญ

6. การเริ่มทำ TPM การเริ่มงาน TPM ตามแผนที่กำหนดไว้ ซึ่งจากขั้นตอนนี้เป็นต้นไป คนงานแต่ละคนจะต้องปรับเปลี่ยนจากการทำงานแบบเดิม เริ่มต้นปฏิบัติ TPM ซึ่งพนักงานแต่ละคนจะมีบทบาทที่สำคัญยิ่งจนมีคำกล่าวที่ว่า คุณจะไม่มีที่ว่างสำหรับการนั่งเลยใน TPM ซึ่งหมายความว่า ทุกคนจะต้องเป็นผู้ร่วมงานมิใช่ผู้สังเกตการณ์ พนักงานทุกคนจึงต้องให้การ

สนับสนุนนโยบาย TPM ของผู้บริหารระดับสูง โดยการทำกิจกรรมเพื่อขจัดความสูญเสียให้หมดไป

การเริ่มงาน TPM มักจะกระทำโดยการประชุมพนักงาน พร้อมทั้งผู้เกี่ยวข้อง เช่น ลูกค้ำในการประชุมนั้น ผู้บริหารระดับสูงจะแถลงถึงแผนพัฒนาและงานที่ได้กระทำไปแล้วในการเตรียมการทำ TPM และตัวแทนพนักงานยืนยันถึงคำสัญญาในการที่จะดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายของ TPM

7. การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักร ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรแต่ละชิ้นที่เกิดเหตุขัดข้อง โดยการตั้งกลุ่มย่อยเพื่อทำการปรับปรุงขจัดเหตุขัดข้องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งฝ่ายวิศวกรรมและบำรุงรักษา หัวหน้าสายงาน และพนักงานในกลุ่มย่อยจะถูกจัดตั้งเข้ามาในกลุ่มโครงการเพื่อทำการปรับปรุงในการขจัดเหตุขัดข้อง ที่เรื้อรังต่าง ๆ ในระหว่างการทำงาน โดยเน้นลงไปในส่วนของเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนที่สามารถปรับปรุงและเห็นผลได้ มีการนำเอาเทคนิคต่าง ๆ เข้ามาใช้งานที่สำคัญ ได้แก่ PM Analysis, P หมายถึง ปัญหา (problem) หรือปรากฏการณ์ (phenomenon) และกายภาพ (physical) M หมายถึง กลไก (mechanism) เครื่องจักร (machine) คน (man) และวัสดุ (material)

PM Analysis ประกอบด้วย

7.1 การกำหนดลักษณะปัญหา

7.2 การวิเคราะห์ปัญหาทางด้านกายภาพ

7.3 การแยกแยะเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา

7.4 การประเมินผลเครื่องจักร วัสดุ และวิธีการ

7.5 การวางแผนสืบค้น

7.6 การสืบค้นการผิดปกติ

7.7 การกำหนดแผนการปรับปรุง

**8. การจัดทำกาบำรุงรักษาด้วยตนเอง** การบำรุงรักษาด้วยตนเองสำหรับพนักงานใช้เครื่อง เป็นเรื่องที่จะต้องกระทำทันทีภายหลังเริ่มทำ TPM เป็นศูนย์กลางของการส่งเสริม TPM ในกิจการ ยิ่งในกรณีที่กิจการตั้งมาเป็นเวลานาน พนักงานผลิตคุ้นเคยและอุทิศเวลาทั้งหมดให้แก่การผลิต และพนักงานบำรุงรักษาที่รับผิดชอบเฉพาะการบำรุงรักษาเครื่องจักร ทัศนคติและความเชื่อมั่นที่ว่า ผมใช้...คุณติดตั้ง ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะอันสั้นและมีความยากลำบากในการจัดทำ โครงการบำรุงรักษาด้วย ตนเอง

ในการส่งเสริม TPM นั้น ทุกคนตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงคนงานจะต้องมีความเชื่อมั่น ว่าพนักงานใช้เครื่องมีความสามารถในการบำรุงรักษาด้วยตนเองและแต่ละคนจะสามารถ รับผิดชอบต่อเครื่องจักรของตนเองได้ โดยจะต้องให้การฝึกอบรมเพื่อเพิ่มความชำนาญในการทำ การบำรุงรักษาให้แก่พนักงานแต่ละคน

**9. การกำหนดแผนการบำรุงรักษาของฝ่ายบำรุงรักษา** การบำรุงรักษาของฝ่ายบำรุงรักษา นั้นจะกระทำตามกำหนดเวลา ซึ่งจะต้องทำร่วมไปกับกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเองที่กระทำ โดยพนักงานใช้เครื่อง ซึ่งจัดทำให้ทั้งสองฝ่ายสามารถรวมกิจกรรมไปด้วยกันได้ เสมือนกับล้อของ รถยนต์คือ วิ่งไปพร้อม ๆ กัน เมื่อการตรวจสอบโดยรวมได้กระทำโดยพนักงานใช้เครื่องจน กลายเป็นงานประจำส่วนหนึ่ง ความต้องการความช่วยเหลือหรือการสนับสนุนจากฝ่ายบำรุงรักษา อาจจะมีมากขึ้น แต่ปริมาณงานบำรุงรักษาจะลดลงอย่างมาก การแบ่งความรับผิดชอบที่ชัดเจน ระหว่างผู้ใช้เครื่องและฝ่ายบำรุงรักษาเป็นสิ่งสำคัญในการทำงานบำรุงรักษา กำหนดเวลาในการ ทำการบำรุงรักษาของฝ่ายบำรุงรักษาควรจะได้มีการประเมินผลและปรับปรุงเข้าในโครงการ TPM ในด้านการควบคุมอะไหล่ เครื่องมือ อุปกรณ์ตรวจสอบ และกำหนดเวลาในการบำรุงรักษาเพื่อให้ การดำเนินการบำรุงรักษาตามกำหนดทำได้เร็วขึ้น และควบคุมเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นได้อย่างมี ประสิทธิภาพ

**10. การฝึกอบรมเพื่อเพิ่มความชำนาญในการใช้และบำรุงรักษาเครื่องจักร** การปรับปรุง ความชำนาญในการใช้และบำรุงรักษาเครื่องจักรมีความสำคัญในโครงการพัฒนา TPM การให้ การศึกษาและการฝึกหัดทางด้านเทคนิคการบำรุงรักษาเป็นการลงทุนที่ทรัพยากรมนุษย์ ซึ่งจะให้ ผลตอบแทนเป็นอย่างมาก จึงต้องมีการฝึกอบรมเพื่อให้พนักงานสามารถบริหารงานเครื่องจักรของ



ตนเองได้อย่างถูกต้อง และมีความชำนาญงานการใช้เครื่องจักรมากยิ่งขึ้น พนักงานบำรุงรักษานั้นเปรียบเสมือนหมอซึ่งจะต้องมีความสามารถ มิฉะนั้นแล้วเครื่องจักรซึ่งเปรียบเสมือนคนก็จะมีอาการป่วยมากขึ้น

**11. การทำแผนการบริหารงานเครื่องจักร** การสร้างระบบการบริหารสำหรับเครื่องจักรใหม่ จะใช้วิศวกรฝ่ายผลิตและพนักงานบำรุงรักษาเป็นผู้ดำเนินการวางแผนการบริหารงาน ซึ่งจะเน้นในด้านการป้องกันการบำรุงรักษา (maintenance prevention) และการออกแบบเพื่อไม่ต้องบำรุงรักษา โดยจะต้องวางแผนการลงทุนด้านเครื่องจักร การออกแบบ การสร้าง การติดตั้ง และการทดลองเครื่อง รวมถึงการค้นหาและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องจักรใหม่ ซึ่งจะต้องมีการกำหนดมาตรการต่าง ๆ ขึ้น และนำมาปฏิบัติก่อนที่ปัญหาจะเกิดขึ้น ซึ่งการป้องกันปัญหาจะใช้เวลามากในการนำมาใช้ แต่จะสามารถลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในภายหลัง เนื่องจากมีการวางแผนเกี่ยวกับการบริหารงานไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

**12. การทำ TPM อย่างสมบูรณ์และยกระดับให้สูงขึ้น** การทำ TPM อย่างสมบูรณ์และวางเป้าหมายในอนาคตให้สูงขึ้น โดยการประเมินผลการปฏิบัติงาน ด้วยการรักษาเสถียรภาพในการทำงานของทุกคน ที่คาดว่าจะคงสภาพอยู่ได้ในระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะทำการประเมินผลเพื่อรับรางวัลและแม้จะได้รับรางวัลแล้วก็ต้องพยายามปรับปรุงต่อไปโดยการตั้งเป้าหมายให้สูงขึ้น เพราะการได้รับรางวัลเป็นเสมือนปรากฏการณ์ของการเริ่มต้นใหม่ รางวัลที่ได้รับนั้นมีได้หมายความว่าผู้บริหารจะละทิ้งหรือไม่สนใจ TPM ต่อไป แต่เป็นสัญญาณที่บอกว่าได้ก้าวมาถูกทางแล้ว ซึ่งควรที่จะสามารถกระทำความที่ยากขึ้นไปกว่านี้ได้

#### 4) ไม่มีการทบทวนผลการปฏิบัติงาน

ก่อนที่จะกำหนดให้มีการประเมินผลการปฏิบัติงานนั้น หัวหน้างานต้องทำการมอบหมายงานและกำหนดเป้าหมาย ระยะเวลาให้ชัดเจน เพื่อที่จะให้พนักงานนำไปปฏิบัติได้เป็นแนวทางการเดียวกัน และการติดตามผลการปฏิบัติงานควรทำเป็นรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน ดังนี้

ควรติดตามงานที่วางแผนผลิตไว้เป็นประจำทุกวัน เพื่อที่จะได้ช่วยแก้ปัญหาเมื่อมีการผลิตตกเป้า หรือมีปัญหาเกิดขึ้นได้ทันเวลาโดยอาจจะกำหนดว่าผลงานของเมื่อวานนี้จะต้องสรุปผลให้

เสร็จพร้อมที่จะนำเสนอในบอร์ดประจำแผนกก่อนเวลา 10.00 น. ของวันถัดไป และควรทบทวนอีกครั้งเป็นรายสัปดาห์โดยเรียกหัวหน้างานมานำเสนอผลงานที่ทำได้ตามหัวข้อที่กำหนดหรือไม่ เช่น ผลผลิตได้เท่าไร ถ้าตกเป้าเนื่องจากสาเหตุอะไรแก้ปัญหาอย่างไรไปแล้ว ต้องการให้ช่วยเหลืออะไรบ้างหรือไม่ เป็นต้น ส่วนผลงานอื่นๆ ที่สมควรที่จะต้องติดตามด้วย เช่น ประสิทธิภาพการผลิตเมื่อเปรียบเป็นน้ำหนักต่อคนต่อชั่วโมง , ของเสีย , ยอดสินค้าคงคลัง , ยอดวัตถุดิบคงเหลือ , % การทำ OT. , จำนวนชั่วโมงที่เกิดเครื่องจักรเสีย ผลการทดสอบคอมพิวเตอร์ผ่านไม่ผ่านเป็นร้อยละเท่าไร เป็นต้น โดยอาจจะกำหนดให้วันจันทร์ช่วง 13.00 – 16.00 น. เป็นช่วงเวลานำเสนอผลงานของสัปดาห์ที่แล้วของทุกหน่วยงานร่วมกัน ส่วนการสรุปผลงานสิ้นเดือนนั้นก็ต้องสรุปผลงานตลอดทั้งเดือนออกมาโดยเปรียบกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ ถ้าตกเป้าในหัวข้อไหนก็ต้องมีการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางป้องกันด้วย และควรมีการนำเสนอผลงานโดยภาพรวมอีกครั้งทุกหน่วยงานอย่างน้อย 2 ครั้งต่อปี

##### 5) มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในการทำงาน

ในการปฏิบัติงานจริง ๆ คงไม่มีใครอยากให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น แต่ก็คงหนีไม่พ้น ดังนั้น ควรต้องมีแผนกำหนดวิธีการปฏิบัติให้ชัดเจน ดังนี้

1. การเกิดไฟไหม้ ต้องมีแผนปฏิบัติว่าถ้าเกิดในช่วงกลางวันทำอย่างไร กลางคืนทำอย่างไร และในวันหยุดทำอย่างไร เช่น ต้องมีระบบแจ้งเหตุเมื่อพบไฟไหม้ไปยังผู้เกี่ยวข้องภายในเวลาที่กำหนด และมีประกาศเสียงตามสายบอกให้ทุกคนทราบ กำหนดกลุ่มพนักงานทำหน้าที่ผจญเพลิง กำหนดแผนอพยพพนักงานทั้งหมดหนีไฟเมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้นรุนแรงซึ่งไม่สามารถดับเพลิงได้ด้วยตนเอง

2. เกิดอุบัติเหตุในงาน ก่อนที่จะเกิดอุบัติเหตุควรต้องมีระบบป้องกันไม่ให้เกิดก่อน เช่น ต้องมีการสำรวจจุดเสี่ยงที่อาจจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้แล้วทำการป้องกันก่อน การทำระบบข้อเสนอแนะโดยให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมและมีรางวัลให้เมื่อเรื่องที่น่าเสนอมาผ่านการพิจารณาและนำเรื่องที่ได้รางวัลไปดำเนินการ หรือการกำหนดระยะเวลาให้ผู้บริหารไปเดินสำรวจหาจุดที่คิดว่าอาจจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้กับหัวหน้างานในแผนกนั้นๆ เป็นต้น แต่เมื่อมีอุบัติเหตุ

เกิดขึ้นแล้วก็ต้องนำมาหาวิธีแก้ไขอย่างจริงจังเพื่อไม่ให้เกิดขึ้นอีก ตลอดจนควรมีระบบการสื่อสารที่ชัดเจน เช่น เมื่อเกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้นแล้วหัวหน้าแผนกต้องทราบภายใน 2 นาที ผู้จัดการฝ่ายต้องทราบภายใน 5 นาที ผู้อำนวยการโรงงานต้องทราบภายใน 10 นาที และพนักงานทุกหน่วยงานต้องทราบภายในวันรุ่งขึ้นเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้หน่วยงานอื่นๆ เกิดอุบัติเหตุแบบเดียวกันซ้ำหรือเป็นการเตือนเพื่อช่วยให้ทำงานด้วยความระมัดระวังขึ้นอีก เป็นต้น

#### 6) การเกิดไฟฟ้าดับ ลมตกหรือแรงดันลมไม่พอ น้ำไม่ไหล

เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ลมตก หรือน้ำไม่ไหล มักเกิดขึ้นได้เสมอ แต่เราก็ควรมีระบบป้องกันไว้ก่อน แต่ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้จริงๆ เราก็ควรมีวิธีปฏิบัติเขียนไว้ให้ชัดเจน เช่น กำลังผสมยางอยู่เกิดไฟฟ้าดับ หรือลมตก หรือน้ำในระบบเครื่องจักรไม่ไหล จะต้องดำเนินการอย่างไร ยกตัวอย่าง เช่น เมื่อไฟฟ้าดับไม่เกิน 5 นาที ก็ไม่ต้องดำเนินการอะไรให้รอไฟฟ้ามาอย่างเดียวเท่านั้น แต่ถ้าไฟฟ้าดับตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไปเราต้องเอายางคอมพาวด์ออกจากเครื่องผสมยางก่อน เพราะถ้าไม่เอายางคอมพาวด์ออกมานั้นจะทำให้ยางเย็นตัวจนไม่สามารถเอายางออกจากเครื่องผสมยางได้ง่ายๆ เหมือนกับที่ตอนยางยังร้อนอยู่ ตลอดจนการนำยางที่ผสมยังไม่ครบชั้นตอนหรือเวลาที่กำหนดไว้ตามป้ายสูตรยางจะเอาไปทำอะไรได้บ้างหรือจะแก้ไขอย่างไรเพื่อนำไปใช้ได้ตามปกติ เป็นต้น

**บรรณานุกรม**

### บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2542) *มาตรฐานระบบการตรวจสอบด้วยการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ MIL-STD-105E* กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- จำลองชัย ขุนพลแก้ว, ศุภชัย อาชีวะระงับโรค, พนเก้า ศิริพลไพบุลย์, กมลทิพย์ สีนอ้า, และวรินทร์ เจนวิทย์ (2544) *หลักการเพิ่มผลผลิต* กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์โรงพิมพ์ประชาชน
- ชาคริต สิริสิงห (2551) เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร How to Improve Rubber Compounds วันที่ 29 กรกฎาคม 2551 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา
- พงษ์ธร แซ่ฮุย และชาคริต สิริสิงห (2550) *บาง : กระบวนการผลิตและการทดสอบ* ปทุมธานี สำนักพิมพ์ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2548) *เอกสารการสอนชุดวิชา การวิเคราะห์เชิงปริมาณและการจัดการดำเนินงาน* โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2549) *เอกสารการสอนชุดวิชา การจัดการองค์การและทรัพยากรมนุษย์* โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
- วิภา เสวตกนิษฐ์ (2536) เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร เทคโนโลยียางแข็ง ระหว่างวันที่ 16-20 สิงหาคม 2536 และวันที่ 30 สิงหาคม – 3 กันยายน 2536 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ เกษตร

**ภาคผนวก**



ที่ ศธ 0522.17/บ 1049

สาขาวิชาวิทยาการจัดการ  
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช  
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด  
จังหวัดนนทบุรี 11120

๗ พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการทำคู่มือ

เรียน ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงาน (คุณประเสริฐ บำรุงชัยชนะ)

สิ่งที่ส่งมาด้วย โครงการการศึกษาค้นคว้าอิสระ จำนวน 1 ชุด

เนื่องด้วย นายวันชัย รอมมาตี นักศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชา  
วิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช กำลังทำการศึกษาค้นคว้าอิสระ เรื่อง “ การจัดทำคู่มือ  
การบริหารคุณภาพของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางคอมพาวด์ ” ตามโครงการการศึกษาค้นคว้าอิสระ  
ที่แนบมานี้

ในการนี้นักศึกษาจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการทำคู่มือ สาขาวิชาฯ จึงเรียนมา  
เพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านในการให้ข้อมูลประกอบการทำคู่มือ (เฉพาะส่วนที่ไม่เป็นความลับของ  
บริษัท) แก่นักศึกษา ซึ่งนักศึกษาจะนำเสนอด้วยตนเองอีกครั้งหนึ่ง และหากท่านต้องการสอบถาม  
รายละเอียดเพิ่มเติม โปรดติดต่อกับนักศึกษาโดยตรงที่เบอร์โทรศัพท์ 081-9382063

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์แก่นักศึกษา จะขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นราธิป ศรีธรรม)

รองประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาการจัดการ  
รักษาราชการแทนประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาการจัดการ

โทร. 02-5048182,8184

โทรสาร. 02-5033612



## ประวัติผู้ศึกษา

|                  |  |
|------------------|--|
| ชื่อ             | วันชัย รอมาลี  |
| วัน เดือน ปีเกิด | 15 พฤษภาคม 2514  |
| สถานที่เกิด      | อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี  |
| ประวัติการศึกษา  | ปริญญารัฐศาสตรบัณฑิต แขนงวิชา ความสัมพันธ์ระหว่างประเทศและ<br>การเมืองการปกครองเปรียบเทียบ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช 2543<br>ปริญญารัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต แขนงวิชา บริหารรัฐกิจ วิชาเอกรัฐ<br>ประศาสนศาสตรสตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช 2546<br>ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต แขนงวิชา สารสนเทศศาสตร์ วิชาเอก<br>สารสนเทศสำนักงาน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช 2548 |
| สถานที่ทำงาน     | บริษัท เอ็น. ซี. อาร์. รับเบอร์ อินดัสตรี จำกัด จังหวัดระยอง   |
| ตำแหน่ง          | ผู้จัดการฝ่ายผลิต  |