กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

(การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ)

อุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้

กรกฎาคม 2549

ISBN: 974-7783-14-2

สารบัญ

ส่วนผู้บริหาร

บทนำ..... บ-1

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต..... บ-3

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ..... บ-4

การนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ให้ประสบความสำเร็จ..... บ-9

ส่วนผู้ปฏิบัติการด้านเทคนิค

บทที่ 1 ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (Key Factor)..... 1-1

1.1 ไม้สูญเสีย..... 1-2

1.2 สีและตัวทำละลาย..... 1-4

1.3 ฝุ่น..... 1-9

1.4 พลังงาน..... 1-12

1.5 การทำงานซ้ำ..... 1-14

1.6 บุคลากร..... 1-15

บทที่ 2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (Cleaner Technology Option)..... 2-1

2.1 การลดปริมาณไม้สูญเสีย..... 2-1

2.1.1 วิธีการลดปริมาณไม้สูญเสีย..... 2-2

2.1.2 กรณีศึกษาเพื่อลดปริมาณไม้สูญเสีย..... 2-6

2.2 การลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย..... 2-10

2.2.1 วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย..... 2-15

2.2.2 กรณีศึกษาเพื่อลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย..... 2-22

2.3 การลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน..... 2-32

2.3.1 วิธีการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน..... 2-37

2.3.2 กรณีศึกษาเพื่อลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน..... 2-41

2.4 การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ..... 2-42

2.4.1 วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ..... 2-43

2.4.2 กรณีศึกษาเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ..... 2-51

สารบัญ (ต่อ)

2.5 การลดการทำงานซ้ำ..... 2-64
2.5.1 วิธีการลดการทำงานซ้ำ..... 2-65
2.5.2 กรณีศึกษาเพื่อลดการทำงานซ้ำ..... 2-68
2.6 การพัฒนาบุคลากร..... 2-69
2.6.1 แนวทางจูงใจพนักงาน..... 2-70

บทที่ 3 การเริ่มต้นกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด..... 3-1
3.1 รายการคำถามเบื้องต้นสำหรับผู้บริหาร..... 3-2
3.2 ขั้นตอนและกลยุทธ์ในการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด..... 3-2
3.3 แหล่งข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้..... 3-8
3.4 แหล่งสนับสนุนด้านการเงิน..... 3-14

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้..... ก-1
ภาคผนวก ข สภาพและลักษณะการใช้ทรัพยากรของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ..... ข-1
ภาคผนวก ค แบบบันทึกข้อมูลและแบบรายการคำนวณต่างๆ..... ค-1
ภาคผนวก ง เทคนิคการป้องกันมลพิษจากการใช้งานสารเคลือบผิว..... ง-1
ภาคผนวก จ เทคนิคการป้องกันมลพิษจากฝุ่น..... ..... จ-1
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลด้านพลังงาน..... .... ฉ-1
ภาคผนวก ช การจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล..... ช-1
ภาคผนวก ซ การป้องกันและระบบป้องกันอัคคีภัยในกระบวนการผลิต..... ซ-1
ภาคผนวก ฌ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้..... ฌ-1
ภาคผนวก ญ เอกสารอ้างอิง..... ญ-1
ภาคผนวก ฎ รายชื่อคณะกรรมการ คณะทำงาน โครงการจ้างศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (อุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้)..... ฎ-1
ภาคผนวก ฏ กิตติกรรมประกาศ..... ฏ-1

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1	กราฟแสดงร้อยละของไม้สูญเสียของแต่ละโรงงาน	1-3
รูปที่ 1.2	กราฟแสดงประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมของแต่ละโรงงาน	1-7
รูปที่ 1.3	กราฟแสดงประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสำหรับชิ้นงานจริงของแต่ละโรงงาน	1-8
รูปที่ 1.4	กราฟแสดงปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กในแต่ละจุดตรวจวัด	1-11
รูปที่ 1.5	กราฟแสดงจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ของแต่ละโรงงาน	1-13
รูปที่ 1.6	กราฟแสดงร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานต่อปี	1-16
รูปที่ 1.7	กราฟแสดงชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อคนต่อวัน	1-17
รูปที่ 2.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์รถเข็น	2-6
รูปที่ 2.2	แนวทางการพ่นสีที่ถูกต้อง	2-21
รูปที่ 2.3	กำลังของเครื่องอัดอากาศที่ลดลงจากการลดความดัน	2-30
รูปที่ 2.4	ความเร็วที่ลดลงเมื่อระยะห่างจากปากท่อเพิ่มขึ้น	2-33
รูปที่ 2.5	ปริมาณลมที่ต้องการเมื่อระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดและฮูดเพิ่มขึ้น	2-34
รูปที่ 2.6	ตัวอย่างระบบการดูดฝุ่นจากเครื่องขัดโดยตรง	2-39
รูปที่ 2.7	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในประเทศสหรัฐอเมริกา	2-42
รูปที่ 2.8	ตัวอย่างหลอด Metal Halide	2-50
รูปที่ 2.9	ตัวอย่างอุปกรณ์ควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด	2-51
รูปที่ 2.10	ตัวอย่างอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์	2-61
รูปที่ 2.11	กราฟแสดงร้อยละของกำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิมก่อนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์	2-62
รูปที่ 2.12	กระบวนการหาสาเหตุการทำงานซ้ำ	2-67
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการตรวจประเมินด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	3-3

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวชิ้นงานสี่เหลี่ยมและชิ้นงานจริง	1-6
ตารางที่ 1.2	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กในแต่ละจุดตรวจวัด	1-9
ตารางที่ 1.3	เปรียบเทียบค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นทั้งหมด และฝุ่นขนาดเล็กที่อนุญาตให้มีได้ในพื้นที่ทำงาน	1-10
ตารางที่ 1.4	มาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กที่อนุญาตให้มีได้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของต่างประเทศ	1-10
ตารางที่ 1.5	ค่ามาตรฐานต่างๆ ตามกฎหมายแรงงานของประเทศไทยและต่างประเทศ	1-18
ตารางที่ 1.6	มาตรฐานการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ของผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบ	1-19
ตารางที่ 2.1	วิธีการนำไม้สูญเสียกลับมาใช้ใหม่ เรียงตามลำดับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และ/หรือประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมจากมากไปน้อย	2-5
ตารางที่ 2.2	รายการชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับการผลิตรถเข็น 1 ตัว ปริมาตรของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นและปริมาณไม้ที่ต้องใช้รวมทั้งเศษไม้ที่เหลือจากการจัดกลุ่มแบบเดิม	2-7
ตารางที่ 2.3	สรุปปริมาณไม้ที่ต้องใช้สำหรับการผลิตรถเข็น 1 ตัว (ก่อนปรับปรุง)	2-8
ตารางที่ 2.4	รายละเอียดของปืนพ่นสีแต่ละชนิด	2-12
ตารางที่ 2.5	ระบบพ่นสีที่ใช้หลักการไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Spray Systems)	2-14
ตารางที่ 2.6	รายละเอียดการคำนวณพื้นที่ผิวหน้าของถังที่ถูกเปิดทิ้งไว้	2-22
ตารางที่ 2.7	ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์จากการทดสอบกับชิ้นงานจริง	2-24
ตารางที่ 2.8	ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์บนชิ้นงานสี่เหลี่ยม	2-25
ตารางที่ 2.9	รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงตัวประกอบโหลด	2-52
ตารางที่ 2.10	การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	2-54
ตารางที่ 2.11	การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงที่หลอดไฟ	2-56
ตารางที่ 2.12	การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการเปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดโลว์ลอส	2-58
ตารางที่ 2.13	การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าชนิด Mercury Vapour เป็นชนิด Metal Halide	2-60
ตารางที่ 2.14	การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์	2-63
ตารางที่ 3.1	ตารางประเมินทัศนคติของผู้บริหาร	3-2

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 3.2	รายชื่อหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	3-8
ตารางที่ 3.3	รายชื่อเว็บไซต์ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้	3-11
ตารางที่ 3.4	รายชื่อกองทุน/โครงการ และข้อมูลในการติดต่อ	3-14

ตารางการแปลงหน่วยที่สำคัญ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

ขนาดของไม้				
1	ฟุต (ft)	=	12	นิ้ว (in)
1	นิ้ว (in)	=	0.083	ฟุต (ft)
1	นิ้ว (in)	=	25.40	มิลลิเมตร (mm)
1	มิลลิเมตร (mm)	=	0.039	นิ้ว (in)

ปริมาตรไม้				
1	ลบ.ฟุต (ft^3)	=	0.028	ลูกบาศก์เมตร (m^3)
1	ลบ.ม. (m^3)	=	35.315	ลูกบาศก์ฟุต (ft^3)

การหาปริมาตรไม้เป็น ลบ.ฟุต

กรณีตัดออกมาเป็นชิ้นส่วน (ทราบมิติเป็นมิลลิเมตรทั้งหมด)

ปริมาตร (ลูกบาศก์ฟุต) = หนา (มิลลิเมตร) x กว้าง (มิลลิเมตร) x ยาว (มิลลิเมตร) x 3.5315×10^{-8}

กรณีเป็นไม้ท่อน

ปริมาตร (ลูกบาศก์ฟุต) = หนา (นิ้ว) x กว้าง (นิ้ว) x ยาว (เซนติเมตร) x 2.2784×10^{-4}

ความเร็วลม				
1	เมตร/วินาที (m/s)	=	196.85	ฟุตต่อนาที (ft/min หรือ fpm)
1	ฟุตต่อนาที (ft/min หรือ fpm)	=	0.005	เมตร/วินาที (m/s)

อัตราการไหลของอากาศ						
1 ลูกบาศก์ฟุต/นาที (ft^3/min หรือ cfm)	=	1.698 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง (m^3/h)	=	0.028 ลูกบาศก์เมตร/นาที (m^3/min หรือ cmm.)
1 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง (m^3/h)	=	0.589 ลูกบาศก์ฟุต/นาที (ft^3/minหรือ cfm)	=	0.017 ลูกบาศก์เมตร/นาที (m^3/min หรือ cmm.)
1 ลูกบาศก์เมตร/นาที (m^3/min หรือ cmm.)	=	35.315 ลูกบาศก์ฟุต/นาที (ft^3/min หรือ cfm)	=	60 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง (m^3/h)

ตารางการแปลงหน่วยที่สำคัญ ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ (ต่อ)

ความดัน				
1 นิ้วน้ำ (in H_2O)	=	2.491 มิลลิบาร์(mbar)	=	249.1 ปาสคาล (Pascal)
1 บรรยากาศ (atm)	=	14.696 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi)	=	1.033 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร (kg/cm^2 หรือ ksc)

ส่วนผู้บริหาร

ส่วนผู้บริหาร

บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ภาคอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของประเทศไทย มีการเติบโตและเพิ่มจำนวนโรงงานขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2548[1] มีจำนวนโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก รวมทั้งสิ้น 3,126 ราย ทำการผลิตเพื่อรองรับการใช้งานในประเทศ และเพื่อการส่งออก ถึงแม้ว่าการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมนำมาซึ่งการเติบโตทางเศรษฐกิจ แต่ในขณะเดียวกันมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม กรมโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นหน่วยงานของภาครัฐมีหน้าที่กำกับดูแลและส่งเสริมภาคอุตสาหกรรม ให้มีความสามารถในการผลิตและการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น จึงได้จัดทำหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดขึ้นเพื่อมุ่งหวังให้เป็นแนวทางเริ่มต้นสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ในการนำมาประยุกต์ใช้ในโรงงานก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การลดต้นทุนการผลิตในเชิงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการลดของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งนำไปสู่การลดผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน

นอกจากนี้ การเตรียมความพร้อมด้วยการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด จะช่วยให้โรงงานสามารถก้าวข้ามความกดดันทางการค้าระหว่างประเทศ ที่นำประเด็นในด้านสิ่งแวดล้อมมาเป็นข้อต่อรอง ซึ่งมีแนวโน้มจะเพิ่มความเข้มงวดขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในประเทศที่เป็นคู่ค้าสำคัญของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของประเทศไทย เช่น ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น เป็นต้น รวมทั้งเป็นการสร้างความแตกต่างและข้อได้เปรียบทางการแข่งขันต่อประเทศอื่นๆ ในตลาดการค้าโลก

การนำหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ในโรงงานเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้มีศักยภาพในการแข่งขันมากขึ้น ด้วยเหตุผลสำคัญ 2 ประการ คือ

1) ช่วยกระตุ้นและส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมมีการรวบรวม จัดเก็บข้อมูล ตลอดจนนำข้อมูลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อวิเคราะห์ถึงสถานภาพและประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละโรงงานก่อนทำการปรับปรุง พัฒนา และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ

[1] ข้อมูล ณ เดือนมกราคม พ.ศ. 2549

2) ช่วยส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรม ได้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้แก่ บุคลากร และองค์ความรู้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ผลักดันให้บุคลากรเกิดแรงจูงใจ ได้ใช้สามัญสำนึก (Common Sense) ความรู้ และประสบการณ์มาใช้ในการพิจารณาทบทวน ตรวจสอบประเมินสถานภาพ และประสิทธิภาพของโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละขั้นตอนการผลิต นำไปสู่การลงมือปฏิบัติให้เป็นปกตินิสัย (Common Practice) รวมถึงการพัฒนาองค์ความรู้ วิทยาการหรือเทคโนโลยีของบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมให้เกิดประโยชน์ และสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างสูงสุด

การจัดทำหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนี้ กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้รับความร่วมมือจากโรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้เข้าร่วมโครงการว่าจ้างศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ อุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้ทั้งสิ้น 10 โรงงาน ในการศึกษาปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ และจากคณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขาที่ประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิด้านอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้และด้านสิ่งแวดล้อมจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้คำแนะนำในการจัดทำหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

รูปแบบการนำเสนอหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนี้แบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้ ส่วนแรก คือ ส่วนผู้บริหารมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้บริหารทราบถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และสนับสนุนการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ในโรงงานต่อไป ส่วนที่สอง คือ ส่วนผู้ปฏิบัติการมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต และวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับผู้ปฏิบัติการนำหลักการไปประยุกต์ใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรม

คำจำกัดความ

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology/CT) หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมกัน

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology Codes of Practice/COP) หมายถึง แนวทางการปฏิบัติตามหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับโรงงานในรายสาขาอุตสาหกรรมที่กำหนด ประกอบด้วย ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต และวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (Key Factor) หมายถึง ปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร หรือปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น/ระบายออก โดยเปรียบเทียบต่อหนึ่งหน่วยวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพในการผลิตหรือความสูญเสียที่เกิดขึ้น และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (Cleaner Technology Option) หมายถึง แนวทางหรือวิธีการปรับปรุงค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตให้ดีขึ้น

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ มีประเด็นเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษอยู่หลายประเด็น โดยหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนี้ได้นำเสนอประเด็นเป้าหมายที่สำคัญไว้ 6 ประเด็น คือ ไม้สูญเสีย สีและตัวทำละลาย ฝุ่น พลังงาน การทำงานซ้ำ และบุคลากร ซึ่งระดับความสำคัญของแต่ละประเด็นเป้าหมายจะแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน ทั้งนี้จากการตรวจประเมินโรงงานที่เข้าร่วมโครงการทั้ง 10 โรงงาน ได้ค่าปัจจัยหลักฯ ดังแสดงในตารางที่ บ.1

ตารางที่ บ.1 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตจากการตรวจประเมินโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ

ประเด็นเป้าหมาย	ปัจจัยหลักฯ	ค่าที่ได้ทั้งหมด	ค่าโดยทั่วไปของเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา
ไม้สูญเสีย	ร้อยละของไม้สูญเสีย	12.6 - 69.7 %	30.6 – 62.2 %
สีและตัวทำละลาย	ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวชิ้นงาน	4.5 - 41.1 %	23.0 – 43.1 %
ฝุ่น	ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กในพื้นที่ทำงาน	(<0.6) – 8.8 มิลลิกรัม/ลบ.ม.	(<0.6) – 8.8 มิลลิกรัม/ลบ.ม
พลังงาน	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ชิ้นผลิตภัณฑ์	6.6 – 113.1	6.6 – 25.7 %
การทำงานซ้ำ	ร้อยละของการทำซ้ำ	*	*
บุคลากร	อัตราการหมุนเวียนพนักงานต่อปี	0 - 214 %	0 - 214 %
	ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย	8 - 14 ชั่วโมง/คน/วัน	8 - 14 ชั่วโมง/คน/วัน

*โรงงานที่เข้าร่วมโครงการไม่มีการเก็บข้อมูลการทำงานซ้ำและข้อมูลไม่ได้อยู่บนบรรทัดฐานเดียวกัน จึงไม่ได้แสดงค่าปัจจัยหลักฯ ของประเด็นเป้าหมายเรื่องการทำงานซ้ำไว้ในที่นี้

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

ในหลักปฏิบัติฯ นี้ ได้นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษจำนวนทั้งสิ้น 97 ทางเลือก โดยแบ่งตามประเด็นเป้าหมาย ด้านไม้สูญเสีย 14 ทางเลือก ด้านสีและตัวทำละลาย 29 ทางเลือก ด้านฝุ่น 18 ทางเลือก ด้านพลังงาน 26 ทางเลือก ด้านการทำงานซ้ำ 4 ทางเลือก และด้านบุคลากร 6 ทางเลือก ตัวอย่างวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่สำคัญในแต่ละประเด็นเป้าหมายสรุปไว้ในตารางที่ บ.2

ตารางที่ บ.2 ตัวอย่างวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ
ประเด็นไม้สูญเสีย 1. เลือกและสั่งซื้อวัตถุดิบไม้ที่มีขนาดใกล้เคียงกับที่ต้องการใช้งาน 2. เก็บรักษาไม้ในสถานที่ที่มีลมพัดผ่านได้สะดวก หลีกเลี่ยงแสงแดดและความชื้น 3. คัดแยกเศษไม้ที่เหลือและยังใช้ประโยชน์ได้ ทำชั้นวาง จัดหมวดหมู่ และบันทึกข้อมูลไม้เหลือเพื่อนำกลับมาใช้ในการผลิตใหม่ 4. วางแผนการตัดไม้ให้เหลือเศษไม้น้อยที่สุด โดยทำงานร่วมกันระหว่างฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิตและฝ่ายการตลาด 5. เก็บเศษไม้ที่มีความยาวประมาณ 15 เซนติเมตรไว้เพื่อนำไป ทำข้อต่อนิ้วประสาน (Finger Joint) และต่อเป็นไม้ยาวได้ 6. พัฒนาทักษะการทำงานของบุคลากร และมีการสื่อสารระหว่างแผนกก่อนการผลิต
ประเด็นสีและตัวทำละลาย 1. ลดจุดที่ทำการเก็บรักษาและเตรียมสีให้เหลือน้อยจุดที่สุด หรือมีห้องเตรียมสีส่วนกลาง 2. ผสมสีพ่นด้วยสัดส่วนการผสมสีกับตัวทำละลายที่ถูกต้องตามสูตรที่ผู้ผลิตกำหนด และติดสูตรผสมสีแสดงไว้ในบริเวณพื้นที่ทำงานอย่างชัดเจน 3. จัดเตรียมอุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด ให้เพียงพอ อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานในห้องเตรียมสี วัดความชื้นสัมพัทธ์บริเวณพื้นที่พ่น 4. มีแท่นวางชิ้นงานแบบหมุนได้เพื่อจะได้พ่นสีไปในทิศทางเดียว 5. เว้นระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับผิวหน้างาน และระยะห่างในการแขวนชิ้นงานให้ถูกต้อง จะทำให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูงขึ้น และความเร็วในการพ่นสีสูงขึ้น หาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของชิ้นงานแต่ละประเภทเป็นระยะ และนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการ 6. ใช้หัวพ่นสีและความดันอากาศของอุปกรณ์พ่นสีให้ถูกต้องกับลักษณะชิ้นงาน ชนิดของปืน และสีที่ใช้

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ
7. เปลี่ยนชนิดของปืนพ่นสีจากแอร์สเปรย์ มาเป็นปืนชนิดที่มีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูงขึ้น 8. ปรับปรุงห้องพ่นสีให้มีความดันเป็นบวกเล็กน้อยบริเวณทางเข้าออก เพื่อป้องกันฝุ่นจากภายนอกเข้าสู่ห้องพ่นสี 9. ทำการพ่นสีในบู๊ธพ่นสีโดยเฉพาะแทนการพ่นในพื้นที่เปิดโล่ง มีพัดลมดูดอากาศออกอย่างน้อยเท่ากับปริมาณอากาศของการพ่นสี ติดตั้งตัวกรอง (Filter) ในบู๊ธพ่นสี เปลี่ยนตัวกรองหรือทำการบำรุงรักษาตามตารางการบำรุงรักษา 10. อบรมพนักงานพ่นสีให้มีความชำนาญในการผสมสี มีทักษะการพ่นและมีวิธีการพ่นที่ถูกต้อง
ประเด็นฝุ่น 1. ปรับตำแหน่งของฮูดหรือท่อดูดฝุ่น ให้สอดคล้องกับทิศทางการเกิดฝุ่น ครอบคลุม และอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดฝุ่นมากที่สุด 2. ใช้ประโยชน์จากฮูดหรือท่อดูดฝุ่นให้ครบทุกท่อ ตรวจสอบความเรียบร้อยของ ฮูด ท่อดูด และแดมเปอร์ ปิดแดมเปอร์ที่ปลายท่อเมื่อไม่ได้ใช้งาน 3. ทำความสะอาดบริเวณโดยรอบเครื่องจักรไม่ให้เกิดฝุ่นสะสม 4. เปลี่ยนถ่ายฝุ่นในถุงกรองอย่างสม่ำเสมอทุกวัน และทำการซ่อมแซม/เปลี่ยนถุงกรองที่ขาด 5. จัดวางผังเครื่องจักรให้กลุ่มเครื่องจักรที่เกิดฝุ่นอยู่ในบริเวณเดียวกันแยกส่วนจากบริเวณอื่น 6. ปรับปรุงการรวบรวมฝุ่นของเครื่องจักรที่เกิดฝุ่นหยาบ (ฝุ่นขนาดใหญ่) เช่น การกั้นเป็นพาร์ติชั่น ทำถาดรวบรวม หรือใช้ม่านพลาสติกกั้น 7. ปรับปรุงสภาพการทำงานสำหรับงานขัดมือ ให้สามารถรวบรวมฝุ่นขนาดเล็กที่เกิดขึ้นออกจากบริเวณทำงานได้ดีที่สุด 8. ตรวจสอบการเดินท่อต่างๆ ให้เป็นไปตามข้อปฏิบัติที่ดี เพื่อให้ระบบมีความดันลดต่ำที่สุด 9. เพิ่มถุงกรองดักฝุ่นเพื่อรองรับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เพิ่มมากขึ้น ไม่ควรใช้การย้ายท่อลมจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

ประเด็นพลังงาน

1. ลดการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการปรับปรุงตัวประกอบโหลด (Load Factor)
2. ปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor, PF)
3. ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระของมอเตอร์ (Motor Load Control)
4. ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor) และเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน
5. ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องอัดอากาศ
6. ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบรวบรวมฝุ่น
7. ติดตั้งระบบควบคุมแดมเปอร์แบบอัตโนมัติ (Automatic Damper Control) ให้กับฮูดหรือท่อดูดฝุ่น
8. ปรับปรุงระบบแสงสว่าง
9. ประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

ประเด็นการทำงานซ้ำ

1. บันทึกข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของการทำงานซ้ำ (โดยใช้แผ่นเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ
ประเด็นบุคลากร
1. กำหนดเป้าหมายในการทำงานของพนักงานแต่ละคนให้ชัดเจนและมีการทบทวนอยู่เป็นระยะๆ เพื่อให้งานก้าวหน้า
2. ให้พนักงานมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายขององค์กรด้วย
3. เข้าใจถึงความแตกต่างของพนักงานแต่ละคนและจัดสรรคนให้เหมาะกับงาน
4. หาทางที่จะเพิ่มความน่าสนใจในงาน วิธีหนึ่งได้แก่ การขยายขอบเขตของงาน ให้งานในความรับผิดชอบประกอบด้วยภาระงานหลายงานมากขึ้น
5. ทำให้พนักงานเกิดความเชื่อมั่นว่าหากทำสำเร็จตามเป้าหมายก็จะได้รับรางวัล
6. ให้ผลตอบแทนควรมีความสอดคล้องกับผลการทำงานของแต่ละคน

ซึ่งจากการตรวจประเมินโรงงานที่เข้าร่วมโครงการทั้ง 10 โรงงาน พบว่าทุกโรงงานมีศักยภาพในการลดค่าใช้จ่ายลงได้โดยการนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของแต่ละโรงงาน ทั้งนี้หากโรงงานมีการดำเนินการตามวิธีการให้ทั่วทั้งโรงงาน จะทำให้เกิดผลการประหยัด และประโยชน์ที่ได้รับอย่างชัดเจน

ตัวอย่างการประเมินค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สำหรับบางกรณีศึกษา แสดงไว้ในตารางที่ บ.3

ตารางที่ บ.3 การประเมินประโยชน์ทางตรงจากวิธีการป้องกันมลพิษ

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน
1. การต่อไม้ยาวโดยการทำข้อต่อนิ้วประสานแทนการใช้ไม้ท่อนโดยตรง	2,000,000	2,039,700	1 ปี
2. การปิดฝาภาชนะเพื่อลดการระเหยของสีและตัวทำละลาย	-	84,000	ทันที
3. การนำสีและตัวทำละลายค้างสายมาใช้ประโยชน์	-	36,077	ทันที
4. การปรับความดันลมที่ใช้กับอุปกรณ์พ่นสีให้เหมาะสมกับประเภทของอุปกรณ์ ชิ้นงาน และชนิดของสีและตัวทำละลาย	-	1,300,114	ทันที
5. การเปลี่ยนมาใช้ปืนชนิด Air-assisted Airless	130,000	425,475	4 เดือน
6. การเปลี่ยนมาใช้ปืนชนิด High Volume Low Pressure (HVLP)	325,000	5,800,000	1 เดือน
7. การพ่นสีในบู๊ธพ่นสีโดยใช้ระบบกรองแบบแห้งแทนการพ่นกลางแจ้ง	560,000	118,663	4 ปี 9 เดือน

หมายเหตุ

1. การนำแนวทางเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ นอกจากทำให้เกิดประโยชน์ทางตรงแล้ว ยังทำให้เกิดประโยชน์ทางอ้อมได้อีกด้วย อาทิเช่น ปริมาณตัวทำละลายที่ปล่อยสู่บรรยากาศลดลง สภาพแวดล้อมในการทำงานและสุขภาพร่างกายของพนักงานดีขึ้น ซึ่งประโยชน์ทางอ้อมที่ได้รับในบางกรณี หากคิดเป็นมูลค่าแล้วอาจมีมูลค่ามากกว่าประโยชน์ทางตรงได้
2. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน และค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้หลังจากการปรับปรุงของแต่ละโรงงานจะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสภาพก่อนการปรับปรุงว่ามีความสูญเสียมากน้อยเพียงใด และมีการปรับปรุงไปในระดับใด รวมถึงปริมาณการใช้ที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น หากเดิมประสิทธิภาพการพ่นติดผิวก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 20% หลังจากการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานให้ถูกต้อง พบว่าประสิทธิภาพการพ่นติดผิวเพิ่มขึ้นเป็น

22% โรงงานจะสามารถลดปริมาณการใช้สีและตัวทำละลายลงได้ (22-20) x 100/22 เท่ากับ 9% นั่นคือ หากโรงงานมีปริมาณการใช้สีและตัวทำละลายส่วนนี้ 1 ล้านบาท จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 90,000 บาท

การนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ให้ประสบความสำเร็จ

ความสำเร็จในการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ต้องอาศัยปัจจัยพื้นฐานต่างๆ ดังนี้

1. ผู้บริหารต้องให้ความสำคัญ สนับสนุน รวมถึงมีความมุ่งมั่นในการนำแนวคิดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาปฏิบัติอย่างแท้จริง
2. ผู้บริหารต้องสร้างแรงจูงใจให้กับพนักงาน ให้เห็นประโยชน์ที่เกิดจากการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ เพื่อสร้างความมีส่วนร่วมของพนักงาน
3. ผู้ปฏิบัติต้องดำเนินการตามขั้นตอนการตรวจประเมินด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่แสดงไว้ในส่วนของผู้ปฏิบัติการด้านเทคนิค
4. ผู้ปฏิบัติต้องมีการติดตามประเมินผล และนำเสนอผลการปรับปรุงในเชิงตัวเลข มูลค่าให้ผู้บริหารได้ทราบอย่างสม่ำเสมอ และควรดำเนินการปรับปรุงตามวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ เห็นผลชัดเจน และดำเนินการได้ง่ายก่อน เพื่อช่วยส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติมีแรงจูงใจในการดำเนินการปรับปรุงต่อไป

ส่วนผู้ปฏิบัติการด้านเทคนิค

บทที่ 1
ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต
(Key Factor)

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่ตอบสนองต่อความต้องการใช้งานภายในประเทศ และสร้างรายได้ให้กับประเทศจากการส่งออก แต่ปัจจุบันโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ต้องเผชิญกับการแข่งขันทั้งทางด้านราคาและคุณภาพ รวมถึงข้อบังคับด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมจากประเทศคู่ค้า ดังนั้นเพื่อให้โรงงานสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคง บุคลากรทุกคนในโรงงานจำเป็นต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการทำงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรมจึงจัดทำหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนี้ขึ้น เพื่อเป็นแนวทางเริ่มต้นสำหรับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในการนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ลดต้นทุนการผลิตในเชิงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และลดของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งสุดท้ายนั้นจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน และคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น

จากการศึกษาในโครงการว่าจ้างศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษอุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้ โดยศึกษาและเก็บข้อมูลจากโรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ จำนวน 10 โรงงาน พบประเด็นเป้าหมายสำคัญที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตและการป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้จำนวน 6 ประเด็น ประกอบด้วย ไม้สูญเสีย สีและตัวทำละลาย ฝุ่น พลังงาน การทำงานซ้ำ และบุคลากร ซึ่งปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในประเด็นบุคลากร จะเป็นตัวบ่งชี้ประสบการณ์และความชำนาญของพนักงาน ถือเป็นปัจจัยนำตัวหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงค่าปัจจัยหลักฯ ในอีก 5 ประเด็น นอกจากนั้น สาเหตุปัญหาอื่นๆ ที่พบในแต่ละโรงงานที่ส่งผลกระทบประสิทธิภาพการผลิต ได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ รูปแบบผลิตภัณฑ์ สภาพของเครื่องมือ เครื่องจักรอุปกรณ์ รวมถึง รูปแบบการผลิต วิธีการวางแผนการผลิต และขั้นตอนการทำงาน เป็นต้น

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษในแต่ละประเด็นเป้าหมาย ผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมและผู้ปฏิบัติการ ควรเริ่มต้นด้วยการสำรวจสภาพปัจจุบันของโรงงาน และวางแผนในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและป้องกันมลพิษโดยใช้ดัชนีชี้วัด หรือที่เรียกในหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนี้ว่า ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (Key Factor) ซึ่งปัจจัยหลักฯ เหล่านี้ มีประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรม และผู้ปฏิบัติการ ดังนี้

- กำหนดเป้าหมายในการทำงาน
- ควบคุมประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต
- ควบคุมต้นทุนการผลิต
- ติดตามผลการดำเนินการปรับปรุง

- ใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ
- สร้างพัฒนาการแบบก้าวกระโดด

รายละเอียดของปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต วิธีการคำนวณ และผลการศึกษาของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในโครงการฯ มีดังนี้

1.1 ไม้สูญเสีย

ประเด็นเรื่องไม้สูญเสียนี้ ค่าปัจจัยหลักฯ ที่สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการผลิตที่ดีที่สุด คือ ร้อยละของไม้สูญเสีย โดยคิดในรูปของน้ำหนัก แต่ในบางกรณี การเกิดไม้สูญเสียมากอาจเป็นที่ยอมรับได้ถ้ามีต้นทุนรวมที่ต่ำกว่าและเกิดประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ต่อโรงงานมากกว่า เช่น การเลือกซื้อไม้ที่มีตำหนิซึ่งมีราคาถูกกว่า มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มูลค่าเพิ่มสูง เป็นต้น

การคำนวณค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

การหาร้อยละของไม้สูญเสีย (ในหน่วยน้ำหนัก) คำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละของไม้สูญเสีย} = \frac{(\text{น้ำหนักของไม้เข้าผลิต} - \text{น้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์})}{\text{น้ำหนักของไม้เข้าผลิต}} \times 100$$

หมายเหตุ

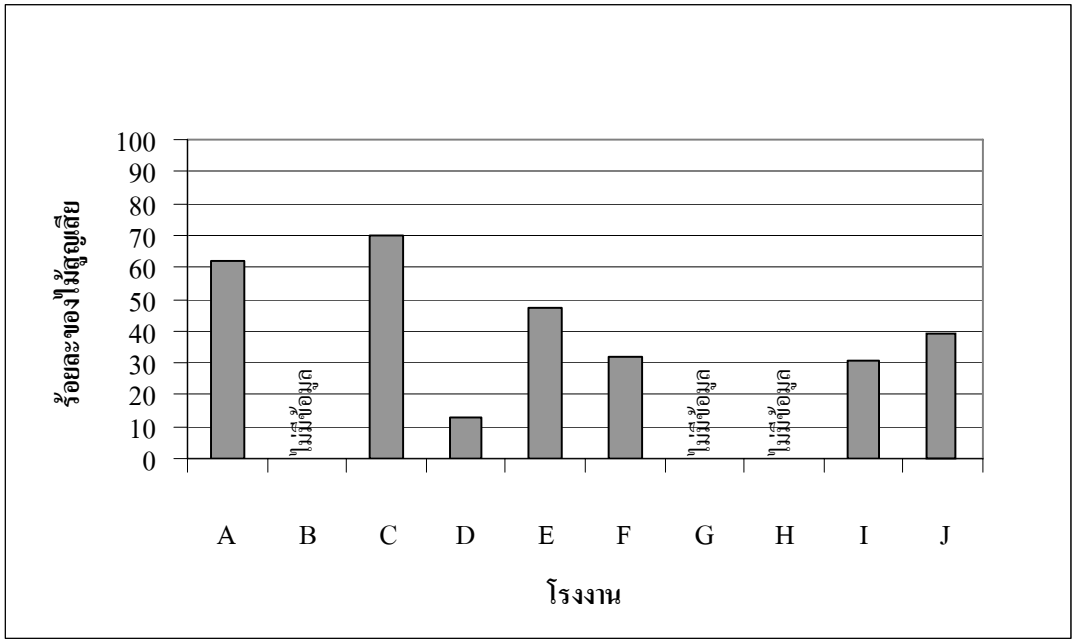
1. น้ำหนักที่ใช้คำนวณในสูตรเป็นน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ (Net Weight) หน่วยกิโลกรัม (ความหนาแน่นของไม้ยางพาราอยู่ระหว่าง 550 – 650 กก./ลบ.ม. ที่ความชื้นประมาณ 12% ไม้พาร์ติเคิล อยู่ระหว่าง 700 – 800 กก./ลบ.ม. และไม้MDF อยู่ระหว่าง 680 - 830 กก./ลบ.ม. ทั้งนี้โรงงานควรสอบถามค่าความหนาแน่นที่แน่นอนจากผู้ผลิตแต่ละราย) โดยความชื้นของไม้เข้าผลิตและของผลิตภัณฑ์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และประมาณให้น้ำหนักของส่วนประกอบ เช่น ฟิตติ้ง หรือ สี มีค่าน้อยมากหากเทียบกับน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ (ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักของส่วนประกอบมาก เช่น กระจก หิน หรือเหล็ก ต้องหักน้ำหนักของส่วนประกอบออกจากน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ด้วย)
2. ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ เช่น งานที่มีการประกอบที่หน้างาน งานตกแต่งภายในหรืองานจำหน่ายภายในประเทศ ซึ่งหากเป็นการจำหน่ายสินค้าส่งออกจะสามารถทราบน้ำหนักที่แน่นอนได้ ดังนั้นแต่ละโรงงานอาจปรับเปลี่ยนวิธีการคำนวณได้ตามความเหมาะสม

การหาร้อยละของไม้สูญเสียสามารถคำนวณได้อีกวิธีหนึ่ง จากรายการวัสดุ (Bill of Material - BOM) โดยนำปริมาตรไม้ที่ใช้ไปจริงในการผลิตสินค้าแต่ละรุ่น มาหักลบกับปริมาตรชิ้นส่วนไม้ที่ประกอบเป็นสินค้านั้นๆ ซึ่งได้จากการคำนวณจากมิติต่างๆ จะได้รับตัวเลขปริมาณไม้สูญเสียจากการผลิตในแต่ละครั้ง ซึ่งจากวิธีนี้ ยังสามารถทราบจำนวนและขนาดของไม้ที่เหลือจากการผลิตในแบบนั้นๆ แล้วนำมาจัดทำรายการวัสดุในส่วนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้จึงคัดทิ้งไป

การหาร้อยละของไม้สูญเสีย (ในหน่วยปริมาตร) คำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละของไม้สูญเสีย} = \frac{(\text{ปริมาตรของไม้เข้าผลิต} - \text{ปริมาตรของผลิตภัณฑ์})}{\text{ปริมาตรของไม้เข้าผลิต}} \times 100$$

จากผลการศึกษาในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในโครงการฯ ได้ตัวเลขร้อยละของไม้สูญเสียดังแสดงในรูปที่ 1.1



ปัจจัยที่ทำให้ร้อยละของไม้สูญเสียของแต่ละโรงงานมีค่าแตกต่างกันเนื่องจาก คุณภาพของวัตถุดิบ การคัดแยกวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ เครื่องจักรอุปกรณ์ การบริหารจัดการไม้ที่เหลือจากการตัด และรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่หากเป็นเหลี่ยมจะมีปริมาณไม้สูญเสียต่ำ แต่หากเป็นงานออกแบบที่มีส่วนโค้งเว้ามากจะมีปริมาณไม้สูญเสียสูง จากกราฟแสดงให้เห็นว่าในกลุ่มของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารามีปริมาณไม้สูญเสียอยู่ระหว่าง 30.6 – 69.7 % โดยโรงงาน C มีร้อยละของไม้สูญเสียสูงที่สุดที่ 69.7% เนื่องจากไม้ที่นำเข้ามาเป็นวัตถุดิบไม่ได้มีการผลิตจนเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่โรงงาน แต่เป็นการเตรียมเพื่อนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กที่อีกโรงงานหนึ่ง หากตัดค่าสูงสุดนี้ออกไป ร้อยละของไม้สูญเสียในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราควรอยู่ระหว่าง 30.6 – 62.2 % สำหรับโรงงาน D เป็นโรงงานที่มีร้อยละของไม้สูญเสียต่ำที่สุด (12.6%) เนื่องจากใช้วัตถุดิบเป็นไม้ประกอบซึ่งมีคุณสมบัติที่สม่ำเสมอแน่นอน และเป็นแผ่นสะดวกต่อการใช้งาน

หมายเหตุ

โรงงาน B และ G เป็นโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้แบบงานกึ่งสำเร็จ (งานตกแต่งภายใน) ส่วนโรงงาน H เป็นโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้จักสาน ทำให้ไม่มีข้อมูลร้อยละของไม้สูญเสียของทั้ง 3 แห่ง

รูปที่ 1.1 กราฟแสดงร้อยละของไม้สูญเสียของแต่ละโรงงาน

1.2 สีและตัวทำละลาย

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตสำหรับประเด็นเป้าหมายนี้ คือ ประสิทธิภาพการพ่นติดผิว ซึ่งประสิทธิภาพการพ่นติดผิวได้แยกออกเป็นการตรวจสอบกับชิ้นงานสี่เหลี่ยม และชิ้นงานจริงที่มีการผลิตอยู่ในระหว่างการตรวจประเมิน

การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวนี้ เป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดสำหรับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่มีกระบวนการพ่นสี และต้องการจะลดการใช้ที่มากเกินความจำเป็นลง รวมทั้งเป็นมุมมองใหม่ที่เกิดประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ และสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจนที่สุด โดยวิธีการหาค่าประสิทธิภาพการพ่นติดผิวนี้สามารถทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม

การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวทางตรง ได้แก่ การชั่งน้ำหนักสารเคลือบผิวที่ติดบนชิ้นงานโดยตรง และทางอ้อม ได้แก่ การทำชิ้นงานสี่เหลี่ยม และหาน้ำหนักสารเคลือบผิวที่ติดบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมที่ผ่านการทำสีแบบเดียวกับชิ้นงานจริงเป็น กรัมต่อตารางเมตร แล้วนำมาเทียบกับพื้นที่ของชิ้นงานจริง (ในกรณีที่ชิ้นงานจริงมีขนาดใหญ่จนไม่สามารถชั่งได้) แล้วจึงนำมาคำนวณประสิทธิภาพจากน้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ติดบนชิ้นงาน (ไม่ว่าจะเป็นการชั่งโดยตรง หรือการคำนวณทางอ้อม) เทียบกับน้ำหนักสารเคลือบผิวที่พ่นออกไป ความสูญเสียในส่วนนี้จะเกิดขึ้นทั้งกับส่วนที่เป็นเนื้อสีและตัวทำละลายเช่นเดียวกับความสูญเสียสีที่เกิดจากการผสมสีเกิน และผสมสีผิด

การคำนวณค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิว คำนวณได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพการพ่นติดผิว (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ติดชิ้นงาน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ใช้ไป (กรัม)}} \times 100$$

น้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ติดชิ้นงาน หมายถึงน้ำหนักทั้งส่วนที่เป็นเนื้อสีและตัวทำละลาย ซึ่งจะเกิดความสูญเสียไปพร้อมๆ กันโดยสามารถหาน้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ติดชิ้นงานจริง (กรัม)ได้ 2 วิธี

<u>วิธีที่ 1</u> หาโดยตรงจากการชั่งน้ำหนัก

$$\text{น้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ติดชิ้นงานจริง (กรัม)} = \text{น้ำหนักชิ้นงานหลังพ่น (กรัม)} - \text{น้ำหนักชิ้นงานก่อนพ่น (กรัม)}$$

แต่ในกรณีของชิ้นงานขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักมากๆ ไม่สามารถชั่งน้ำหนักเพื่อให้เห็นความแตกต่างของน้ำหนักสีได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องมีการจำลองชิ้นงานสี่เหลี่ยมขนาดเล็กลง และนำมาทำสีตามขั้นตอนเดียวกับงานจริง เพื่อนำมาหาน้ำหนักให้ได้เป็น กรัม/ตารางเมตร แล้วนำไปเทียบกับพื้นที่ของชิ้นงานขนาดใหญ่

วิธีที่ 2 หาโดยการเทียบจากชิ้นงานสี่เหลี่ยม

น้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ติดชิ้นงานจริง (กรัม) =
น้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ติดชิ้นงานสี่เหลี่ยม(กรัม) x พื้นที่ผิวชิ้นงานจริง (ตร.ม.)/พื้นที่ผิวชิ้นงานสี่เหลี่ยม (ตร.ม)

ส่วนน้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ใช้ไป (กรัม) หมายถึงน้ำหนักทั้งส่วนที่เป็นเนื้อสีและตัวทำละลายที่ทำการผสมแล้ว สามารถหาได้โดยตรงจากการชั่งน้ำหนักทั้งภาชนะบรรจุสารเคลือบผิว ยกตัวอย่างเช่น ถังผสม กาพ่น เป็นต้น

น้ำหนักของสารเคลือบผิวที่ใช้ไป (กรัม) = น้ำหนักภาชนะและสารเคลือบผิวก่อนพ่น (กรัม)
- น้ำหนักภาชนะและสารเคลือบผิวหลังพ่น (กรัม)

ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของการหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของชิ้นงานสี่เหลี่ยม คือ ได้ตัดปัจจัยที่เกิดจากรูปแบบของผลิตภัณฑ์ออก เหลือเพียงปัจจัยจากชนิดของปืนที่ใช้ ทักษะ และวิธีใช้งานของพนักงาน จึงสามารถนำค่าประสิทธิภาพการพ่นติดผิวที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้งานด้านสีและตัวทำละลายได้

ส่วนประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของชิ้นงานจริงนั้น สามารถนำมาใช้เป็นตัวตั้งในการประมาณค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้หลังจากการปรับปรุง คำนวณได้จาก

ปริมาณสารเคลือบผิวที่ใช้ลดลง (กก.) = ปริมาณสารเคลือบผิวที่ใช้อยู่เดิม (กก.) x $(E_2 - E_1)/E_2$

เมื่อ E_2 = ประสิทธิภาพหลังจากปรับปรุง (%)

E_1 = ประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุง (%)

หมายเหตุ

พิจารณาที่ปริมาณงาน (Output, O) เท่าเดิม

ปริมาณสีที่ใช้ (Inputs, I) จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการพ่นสีโดย $E_1 \times I_1 = E_2 \times I_2$

ดังนั้น ปริมาณสีที่ใช้ลดลง $(I_1-I_2) = I_1 - (E_1/E_2)I_1$

หรือ $= (E_2 - E_1)/E_2 \times I_1$

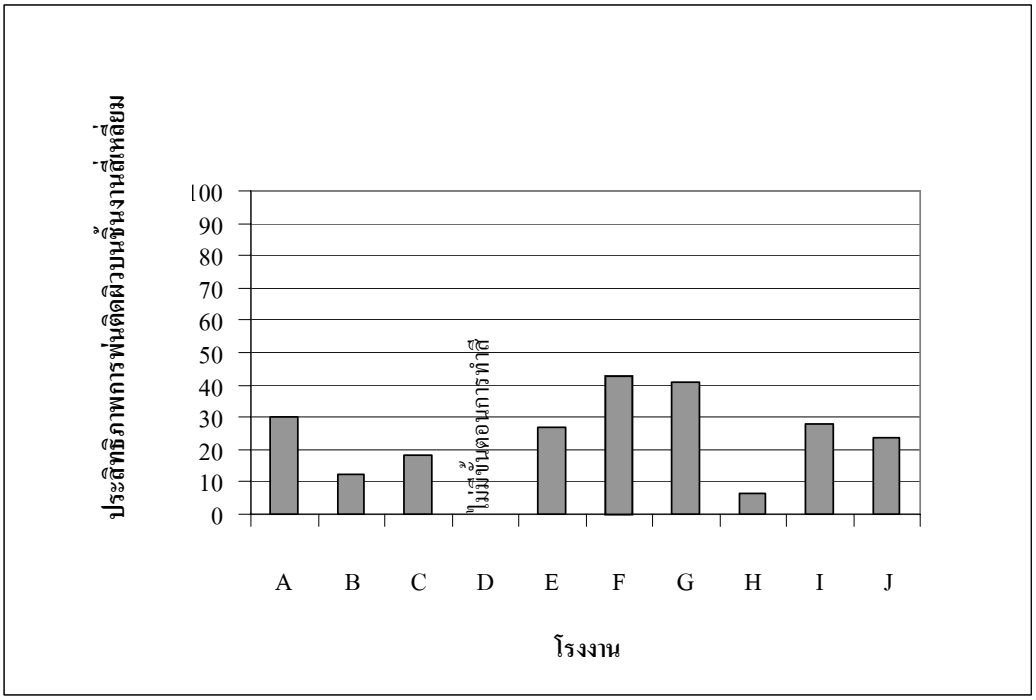
ผลการตรวจประเมินประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานสี่เหลี่ยม และชิ้นงานจริงของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในโครงการฯ แสดงไว้ในตารางที่ 1.1 รูปที่ 1.2 และ 1.3

ตารางที่ 1.1 การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวชิ้นงานสี่เหลี่ยมและชิ้นงานจริง

	ชิ้นงานสี่เหลี่ยม		ชิ้นงานจริง	
โรงงาน	**ลักษณะชิ้นงาน (ซม. x ซม.)**	**ประสิทธิภาพการพ่นติดผิว (%)**	**ลักษณะชิ้นงาน**	**ประสิทธิภาพการพ่นติดผิว (%)**
A	68.6 x 29.8	30.1	0.1 ตร.ม. (หน้าเก้าอี้)	13.3
B	23.8 x 16	12.2	1.6 ตร.ม. (กรอบ)	18.2
C	27 x 36	18.2	27.5 x 36 (ซม.x ซม.)	14.1
E	20.3 x 25.4 11 x 45	26.7	56 x 120 (ซม.x ซม.) 11 x 45 (ซม.x ซม.)	26.5
F	9 x 35	43.1	0.3 ตร.ม. (กรอบหน้าต่าง)	41.1
G	20 x 50	41.1	200 x 100 (ซม.x ซม.)	15.1
H	24 x 4	6.7	1.6 ตร.ม. (โครงเตียง)	4.5
I	20 x 9.2	27.8	40 x 44.5 (ซม.x ซม.)	23
J	22 x 9.2	23.7	0.6 ตร.ม. (หน้าโต๊ะ)	24.3

หมายเหตุ

ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันไป โดยมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ ลักษณะชิ้นงาน ทักษะและประสบการณ์ของพนักงานที่ทำการพ่น ชนิดและความดันที่ใช้ของปืนพ่นสี รวมถึงสภาพแวดล้อมในการพ่นสีของแต่ละโรงงาน (พ่นในห้องปิด หรือ พ่นในพื้นที่เปิดที่ได้รับอิทธิพลจากแรงลมภายนอก)



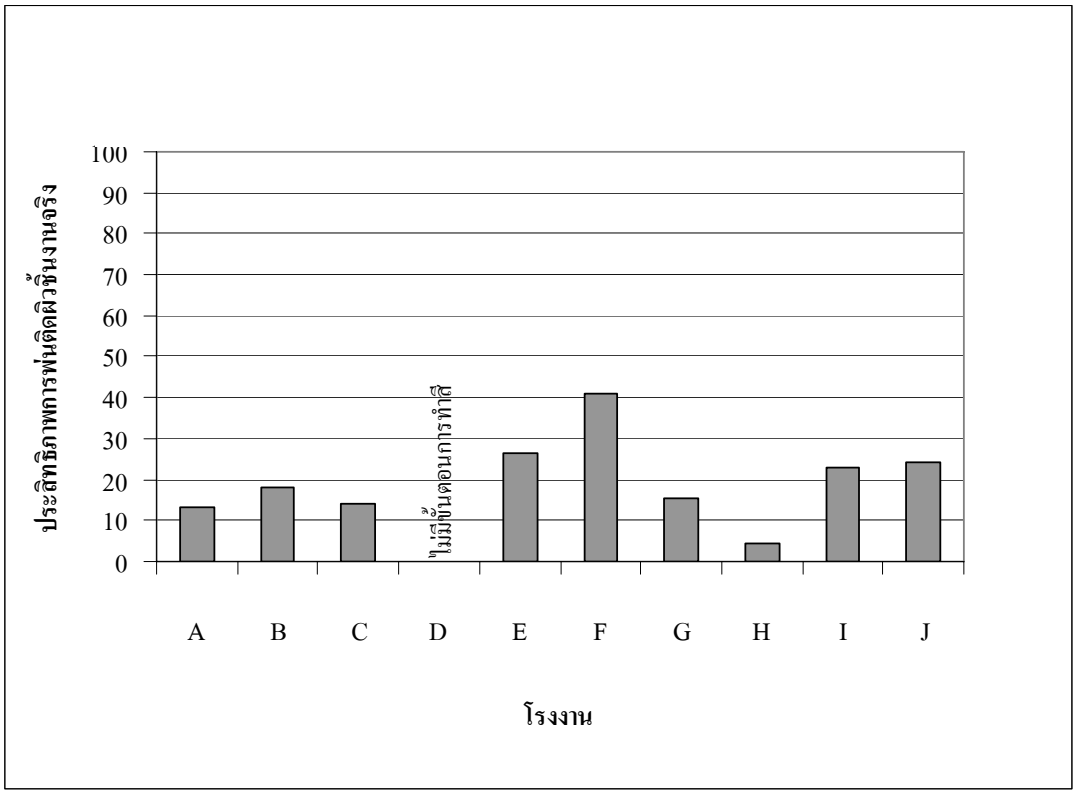
การพ่นติดผิวโดยใช้ชิ้นงานสี่เหลี่ยม เป็นการเปรียบเทียบน้ำหนักสารเคลือบผิวที่ติดบนชิ้นงานเทียบกับน้ำหนักสารเคลือบผิวที่พ่นออกไป โดยยังไม่ได้คำนึงถึงรูปร่างของชิ้นงาน ปัจจัยที่ทำให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของแต่ละโรงงานมีค่าแตกต่างกันเนื่องมากจาก ความชำนาญ เทคนิควิธีการพ่น อุปกรณ์ที่ใช้ ประเภทของสารเคลือบผิว ความดันอากาศ ขนาดหัวฉีด ในที่นี้โรงงานทุกแห่งใช้ปืนชนิดแอร์สเปรย์ในการทดสอบ มีเพียงโรงงาน E ที่เป็นประสิทธิภาพเฉลี่ยระหว่างปืนแอร์สเปรย์และ Air-assisted Airless จากกราฟแสดงให้เห็นว่าในโรงงานทั้ง 10 โรงที่เข้าร่วมโครงการ โรงงานที่มีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมต่ำมีค่าอยู่ที่ 8 - 20 % โรงงานที่มีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมปานกลางมีค่าอยู่ที่ 20 – 30 % และโรงงานที่มีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมสูงมีค่าอยู่ที่สูงกว่า 40 %

โดยโรงงาน F มีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมสูงที่สุด สาเหตุหนึ่งเนื่องจากไม่ได้เน้นการทำสีทึบแต่เป็นการพ่นเคลือบผิวเพื่อโชว์ลายไม้ ไม่ต้องอาศัยความประณีตมากนัก โรงงาน H มีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมต่ำที่สุด สาเหตุหนึ่งเนื่องจากใช้ความดันลมสูงมากเมื่อเทียบกับช่วงความดันที่ควรจะเป็น จึงเกิดการฟุ้งกระจายและสะท้อนกลับของละอองสีมาก โรงงานส่วนใหญ่ (6 แห่ง) มีค่าประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์ต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็น ซึ่งแสดงถึงโอกาสในการปรับปรุงได้

หมายเหตุ

โรงงาน D ไม่มีขั้นตอนการทำสี

รูปที่ 1.2 กราฟแสดงประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมของแต่ละโรงงาน



ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวบนชิ้นงานจริงมีค่าแตกต่างกันไป โดยมีปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะ รูปร่างของชิ้นงาน และการวางชิ้นงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โรงงานแต่ละแห่งสามารถใช้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวนี้ในการประเมินค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้เมื่อมีการปรับปรุงวิธีการพ่นเคลือบผิว โดยใช้สูตรคำนวณในหน้า 1-5 ส่วนใหญ่แล้วประสิทธิภาพของการพ่นติดผิวบนชิ้นงานจริงและชิ้นงานสี่เหลี่ยมจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

หมายเหตุ

โรงงาน D ไม่มีขั้นตอนการทำสี

รูปที่ 1.3 กราฟแสดงประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสำหรับชิ้นงานจริงของแต่ละโรงงาน

1.3 ฝุ่น

ประเด็นเรื่องฝุ่นเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพอนามัยของพนักงานที่ปฏิบัติงานประจำเครื่องและผู้ที่อยู่ในโรงงานเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (1 ไมครอนเท่ากับ 10^{-6} เมตร หรือ 1/1000 มิลลิเมตร) รวมทั้งมีโอกาสเกิดผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และการทำงานซ้ำอีกด้วย

การหาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็ก (Respirable Dust) ในพื้นที่ทำงานต้องอาศัยเครื่องมือในการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ผู้ประกอบการอาจไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้บ่อยครั้ง จึงควรจะมีวิธีการตรวจสอบอื่นที่ผู้ประกอบการสามารถใช้เพื่อให้เห็นการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น การใช้กระบะรองรับฝุ่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการทำงานทั้งหมดหรือเป็นเวลา 1 วันแล้วนำมาชั่งน้ำหนักฝุ่นเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง การใช้ภาพถ่ายบริเวณพื้นที่ทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง การสอบถามพนักงานประจำเครื่อง เป็นต้น

ตารางที่ 1.2 แสดงปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กที่ตรวจวัดได้ในแต่ละพื้นที่ของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในโครงการฯ

ตารางที่ 1.2 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กในแต่ละจุดตรวจวัด

จุดตรวจวัด	พื้นที่ที่ตรวจวัด	ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็ก (มก./ลบ.ม.)
A1	ขัดละเอียด	< 0.6
A2	ขึ้นรูป	< 0.6
B1	ขัดขอบโค้งแนวตั้ง	< 0.6
B2	ขัดและพ่นสี	3.4
F1	พ่นสี	< 0.6
F2	ขัดละเอียด	2.5
G1	ห้องขัดสีรองพื้น	5.9
I1	ขัดละเอียด	8.8
I2	ขึ้นรูป	2.0
J1	ขัดละเอียด	< 0.6
J2	แผนกขึ้นรูป	< 0.6

ตารางที่ 1.3 แสดงเปรียบเทียบค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นทั้งหมด และฝุ่นขนาดเล็กที่อนุญาตให้มีได้ในพื้นที่ทำงานของประเทศไทยและต่างประเทศ และตารางที่ 1.4 แสดงค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กที่อนุญาตให้มีได้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของต่างประเทศ

ตารางที่ 1.3 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นทั้งหมด และฝุ่นขนาดเล็กที่อนุญาตให้มีได้ในพื้นที่ทำงาน

ประเภทของฝุ่น	มาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นที่อนุญาตให้มีได้ในพื้นที่ทำงาน (มก./ลบ.ม.)			
	ประเทศสหรัฐอเมริกา		ประเทศสหราชอาณาจักร	ประเทศไทย
	OSHA[1]	ACGIH[2]	HSE[3]	กระทรวงมหาดไทย[4]
ฝุ่นทั้งหมด(Total Dust)	15	10	10	15
ฝุ่นขนาดเล็ก (Respirable Dust)	5	3	4	5

หมายเหตุ

1. Occupational Safety and Health Standard (OSHA), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Manual of Analytical Method (เอกสารอ้างอิง (28))
2. American Conference of Industrial Hygienist (ACGIH), Manual of Analytical Method (เอกสารอ้างอิง (28))
3. Health and Safety Executive (HSE) อ้างอิงกับ The Control of Substances Hazardous to Health Regulations (COSHH) 2002 ของยุโรป (เอกสารอ้างอิง (16))
4. ค่ามาตรฐานของปริมาณฝุ่นขนาดเล็กที่อนุญาตให้มีได้ในพื้นที่ทำงานเท่ากับ 5 มก./ลบ.ม.ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย ออกตามความในประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 103 ลงวันที่ 30 พฤษภาคม 2520 ซึ่งมีผลบังคับเป็นไปตามนัยของบทเฉพาะกาล มาตรา 166 แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 94 ตอนที่ 64 วันที่ 12 กรกฎาคม 2520 (เอกสารอ้างอิง (50))

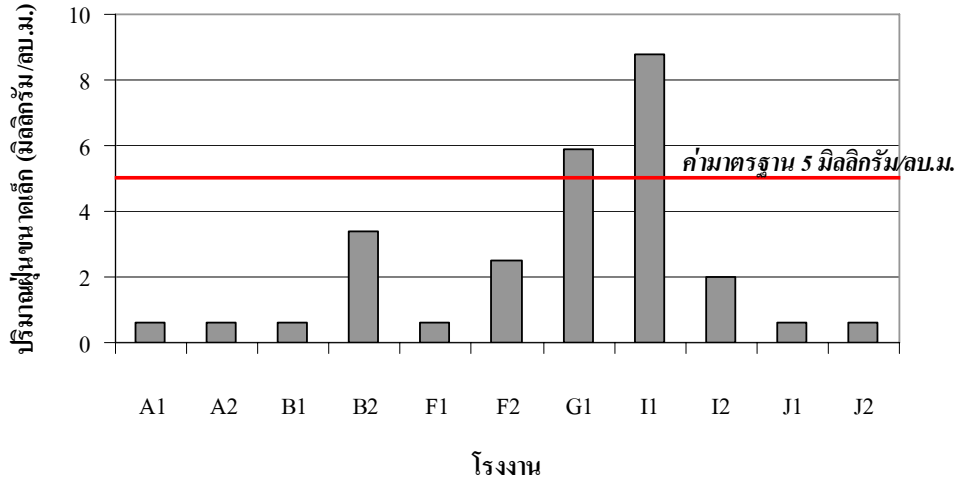
ตารางที่ 1.4 มาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กที่อนุญาตให้มีได้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของต่างประเทศ

ประเภทของการผลิต	มาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นที่อนุญาตให้มีได้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของต่างประเทศ (มก./ลบ.ม.)	
	ประเทศสหรัฐอเมริกา	ประเทศสหราชอาณาจักร
	ACGIH[1]	HSE[2]
ไม้เนื้อแข็ง	1	5
ไม้เนื้ออ่อน	5	5

หมายเหตุ

1. American Conference of Industrial Hygienist (ACGIH), Manual of Analytical Method (เอกสารอ้างอิง (28))
2. Health and Safety Executive (HSE) อ้างอิงกับ The Control of Substances Hazardous to Health Regulations (COSHH) 2002 ของยุโรป (เอกสารอ้างอิง (16))

รูปที่ 1.4 แสดงปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กที่ตรวจวัดได้ในแต่ละพื้นที่ของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในโครงการฯ เทียบกับค่ามาตรฐานของปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กที่อนุญาตให้มีได้ในพื้นที่ทำงานเท่ากับ 5 มก./ลบ.ม. ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย



ฝุ่นขนาดเล็กคือฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ทำการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็ก[1] โดยการติดตั้งอุปกรณ์ไว้ที่พนักงานขณะทำงานในบริเวณที่ต้องการตรวจวัด จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กที่ตรวจวัดส่วนใหญ่ได้ไม่เกินค่ามาตรฐาน มี 2 จุดที่เป็นการทำงานบริเวณขัดละเอียดที่มีค่าเกินกว่ามาตรฐาน

รูปที่ 1.4 กราฟแสดงปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กในแต่ละจุดตรวจวัด

จากข้อมูลที่ได้ พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นสองตัวอย่างที่มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐาน ทั้งนี้สาเหตุสำคัญที่ทำให้มีค่าสูงกว่ามาตรฐานเนื่องมาจากเป็นการทำงานในห้องปิด ขนาดของห้องเล็กและใช้พัดลมดูดอากาศช่วยในการระบายอากาศ (ฝุ่น) ออกจากห้องได้ไม่เพียงพอ พื้นที่อื่นๆ ที่ทำการตรวจวัด เป็นพื้นที่ที่เกิดฝุ่นขนาดเล็กในปริมาณมาก แต่เป็นการทำงานในพื้นที่โล่ง ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นที่วัดได้มีค่าต่ำ

หมายเหตุ: ในกรณีของอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2548 ได้กำหนดเพียงค่าปริมาณฝุ่นละออง (Total Suspended Particle - TSP) จากกระบวนการผลิตที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้มีค่าไม่เกินกว่า 400 มก./ลบ.ม. โดยไม่ได้กล่าวถึงปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก

[1] ตาม Method 0600 issue 3 ที่กำหนดไว้ใน NIOSH Manual of Analytical Methods (NHAM), 4th Edition

1.4 พลังงาน

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในส่วนของพลังงานนี้ พิจารณาจากค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อชิ้นผลิตภัณฑ์) มาใช้ เนื่องจากมีความเข้าใจได้ง่าย และสามารถคำนวณได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะมีข้อจำกัดในกรณีที่มีการผลิตแบบกึ่งสำเร็จ ขนาดของผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาที่นำมาพิจารณา

การคำนวณค่าปัจจัยหลักเพื่อบ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

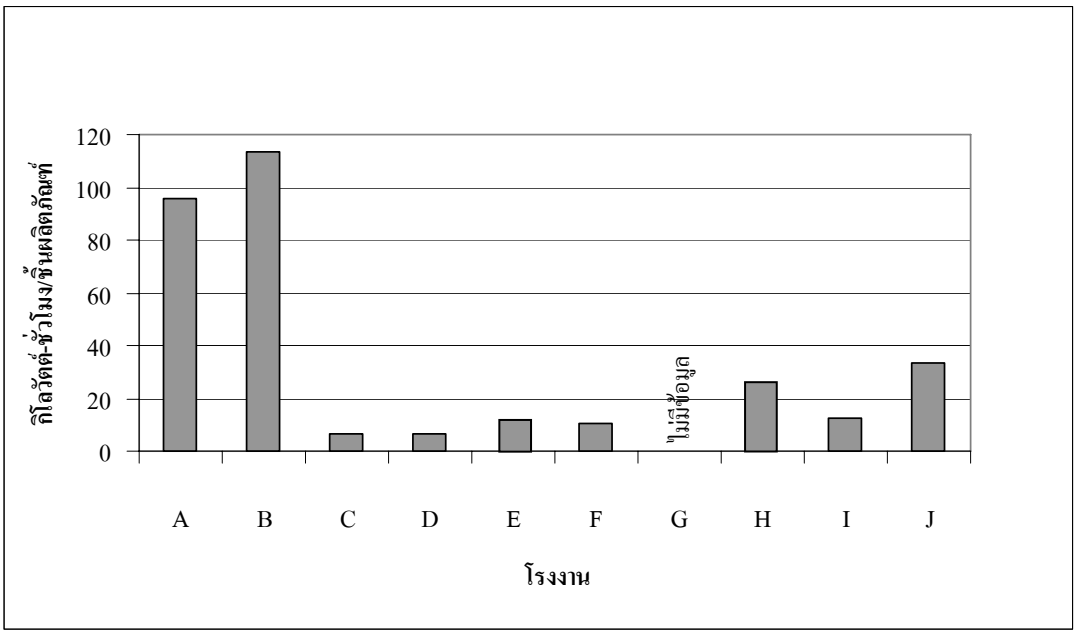
การหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ คำนวณได้จาก

$$\text{การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ชิ้น)} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)}}{\text{จำนวนผลิตภัณฑ์ (ชิ้น)}}$$

หมายเหตุ

สามารถทำการแปลงค่าพลังงานไฟฟ้าจากหน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)ให้อยู่ในรูปหน่วยเมกะจูล (MJ) เพื่อให้สะดวกในการนำค่าไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ หากมีการแสดงค่าในหน่วยจูล (Joule) โดย 1 kWh = 3.6 MJ

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในโครงการฯ แสดงในรูปที่ 1.5



การเปรียบเทียบการใช้พลังงานเทียบกับผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้น ปัจจัยที่ทำให้การใช้พลังงานต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ของแต่ละโรงงานมีค่าแตกต่างกัน เนื่องมาจาก ลักษณะและขนาดของผลิตภัณฑ์ ชั่วโมงการทำงาน (การใช้ประโยชน์จากกำลังการผลิต) และปริมาณเครื่องจักร จากกราฟสามารถจัดกลุ่มข้อมูลการใช้พลังงานต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นการผลิตชิ้นงานใหญ่ เช่น เตียง และมีชิ้นผลิตภัณฑ์น้อย มีค่าระหว่าง 95.7 – 113.1 กิโลวัตต์-ชม./ชิ้น และกลุ่มที่เป็นการผลิตเฟอร์นิเจอร์ทั่วไป เช่น โต๊ะ เก้าอี้ มีค่าระหว่าง 6.6 – 34.0 กิโลวัตต์-ชม./ชิ้น ซึ่งช่วงการใช้พลังงานต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ทั่วไป ควรเทียบเคียงกับช่วงค่า 6.6 – 25.7 กิโลวัตต์-ชม./ชิ้น ซึ่งได้ตัดค่าของโรงงาน J ที่มีรูปแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกับโรงงาน I แต่มีการจัดการด้านการผลิตและใช้พลังงานไม่ดีออกไป จึงทำให้มีค่าการใช้พลังงานต่อชิ้นสูงกว่าค่าที่ควรจะเป็น

หมายเหตุ

โรงงาน E ใช้การประมาณจำนวนชิ้นผลิตภัณฑ์จากจำนวนตู้คอนเทนเนอร์บรรจุผลิตภัณฑ์ที่โรงงานขายในหนึ่งปี และโรงงาน H ใช้ข้อมูลจำนวนชิ้นผลิตภัณฑ์จากการประเมิน (6,000 ชิ้น/ปี) ส่วนโรงงาน G ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นงานตกแต่งภายใน จึงไม่มีข้อมูลในส่วนนี้

รูปที่ 1.5 กราฟแสดงจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อชิ้นผลิตภัณฑ์ของแต่ละโรงงาน

ในขั้นแรก โรงงานอาจจะเริ่มต้นจากการหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ต่อ ลบ.ฟุตของไม้ที่เข้าผลิตก็ได้ แต่ทั้งนี้มีข้อจำกัดว่า การหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับวัตถุดิบที่ใช้ จะไม่เห็นผลของความสูญเสียอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในกรณีนี้ ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อ ลบ.ฟุตของวัตถุดิบไม้ที่ใช้ของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในโครงการฯ อยู่ระหว่าง 5.8 – 27.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลบ.ฟุต (หรือ 0.34 – 1.62 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัม)

1.5 การทำงานซ้ำ

การทำงานซ้ำเป็นสาเหตุของความสูญเสียทั้งวัสดุ เวลา และแรงงานในการผลิต กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ มีการทำงานซ้ำ หรืองานซ่อมอยู่ตลอดเวลา ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นโดยไม่รู้ตัว ปัจจัยหลักฯ ที่สะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการในประเด็นนี้ได้ชัดเจนที่สุด คือ ร้อยละของการทำงานซ้ำ

การคำนวณปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

การหาค่าร้อยละของการทำงานซ้ำ คำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละของการทำงานซ้ำ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ต้องกลับมาผ่านกระบวนการมากกว่าหนึ่งครั้ง (ชิ้น)}}{\text{จำนวนชิ้นงานสำเร็จ (ชิ้น)}} \times 100$$

หมายเหตุ

ข้อจำกัดหลักในประเด็นการทำงานซ้ำ คือ การเก็บข้อมูล และการให้คำจำกัดความของการทำงานซ้ำที่แตกต่างกันไป โดยในที่นี้ได้กำหนดนิยามไว้ว่า ชิ้นงานที่มีการทำงานซ้ำ คือ ชิ้นงานที่ต้องกลับมาผ่านกระบวนการใดๆ มากกว่าหนึ่งครั้ง ดังนั้น ร้อยละของการทำงานซ้ำสามารถคิดได้จากสัดส่วนของชิ้นงานที่กลับมาผ่านกระบวนการใดๆ มากกว่าหนึ่งครั้งต่อชิ้นงานสำเร็จของกระบวนการนั้นทั้งหมด

ในกรณีที่โรงงานยังไม่มีการเก็บข้อมูลเรื่องการทำงานซ้ำ ขั้นแรกอาจจะเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลที่โรงงานมีการบันทึกไว้ ได้แก่ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าส่งคืนเนื่องจากไม่ได้คุณภาพ (Rejected Product) และ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่แผนกตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control) ส่งกลับมาให้แผนกผลิตทำการแก้ไข

1.6 บุคลากร

ในประเด็นเป้าหมายนี้ ต้องการสะท้อนให้เห็นถึงทรัพยากรอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าทรัพยากรอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว นั่นคือ ทรัพยากรบุคคล ซึ่งค่าปัจจัยหลักฯ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรบุคคลนี้ ประกอบด้วยร้อยละการหมุนเวียนพนักงาน และชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย

- ***ร้อยละการหมุนเวียนพนักงาน***

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เป็นงานฝีมือที่ต้องอาศัยความชำนาญของพนักงาน ซึ่งความชำนาญและทักษะในการทำงานจะพัฒนาขึ้น เมื่อพนักงานมีประสบการณ์การทำงานและความคุ้นเคยกับสภาพการทำงานที่มากขึ้น ดังนั้นหากโรงงานมีอัตราการหมุนเวียนของพนักงานสูง ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมสอนงาน รวมทั้งยังมีโอกาสที่จะเกิดค่าใช้จ่ายจากการเกิดของเสีย เนื่องจากความผิดพลาดของพนักงานเพิ่มขึ้นอีกด้วย

การลาออกจากงานอาจเกิดขึ้นจากสาเหตุที่แตกต่างกัน ได้แก่ สภาพแวดล้อมการทำงานไม่เหมาะสม ไม่มีความสุขกับการทำงาน งานหนัก สวัสดิการไม่ดี หรือเหตุผลส่วนตัวอื่นๆ เป็นต้น

การคำนวณร้อยละการหมุนเวียนของพนักงาน

$$\text{ร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานต่อปี} = \frac{\text{จำนวนพนักงานที่ลาออกต่อปี (คน)}}{\text{จำนวนพนักงานเฉลี่ยทั้งปี (คน)}} \times 100$$

หมายเหตุ

1. จำนวนพนักงานเฉลี่ยสามารถคำนวณจากจำนวนพนักงานในเดือนมกราคมและเดือนธันวาคม มารวมกันและหารสอง หรือคำนวณจากผลบวกของจำนวนพนักงานทั้ง 12 เดือนหารด้วย 12
2. ร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานสามารถมีค่ามากกว่า 100% ได้ หากจำนวนพนักงานที่ลาออกตลอดปี มีค่ามากกว่าจำนวนพนักงานเฉลี่ย (พนักงานที่ลาออกระหว่างปีที่พิจารณา อาจมีอายุงานน้อยกว่า 1 ปี)

- ***ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย***

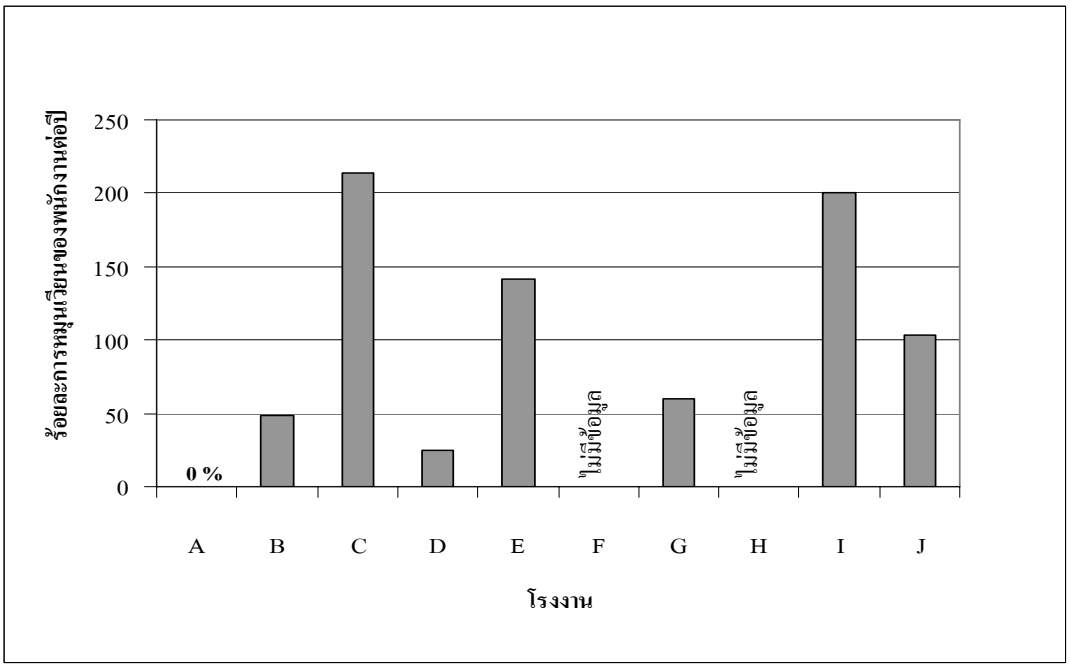
พนักงานที่อยู่ในสายการผลิตจะต้องมีสมาธิ และกำลังกายที่พร้อมในการทำงาน จึงจะลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ แต่เมื่อชั่วโมงการทำงานสะสมมากขึ้น ผู้ปฏิบัติงานย่อมจะเกิดความเมื่อยล้าทั้งร่างกายและจิตใจ เป็นสาเหตุของงานที่ไม่ได้คุณภาพ และการทำงานซ้ำ ดังนั้นโรงงานจึงควรจำกัดชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานได้

การคำนวณชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อวันต่อคน

การหาค่าชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อวันต่อคน คำนวณได้จาก

ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อวันต่อคน (ชั่วโมง)	=	ชั่วโมงการทำงานปกติเฉลี่ยต่อวันต่อคน + ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเฉลี่ยต่อวันต่อคน

ร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานต่อปี และชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อคนต่อวันของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในโครงการฯ แสดงดังรูปที่ 1.6 และ 1.7 ตามลำดับ

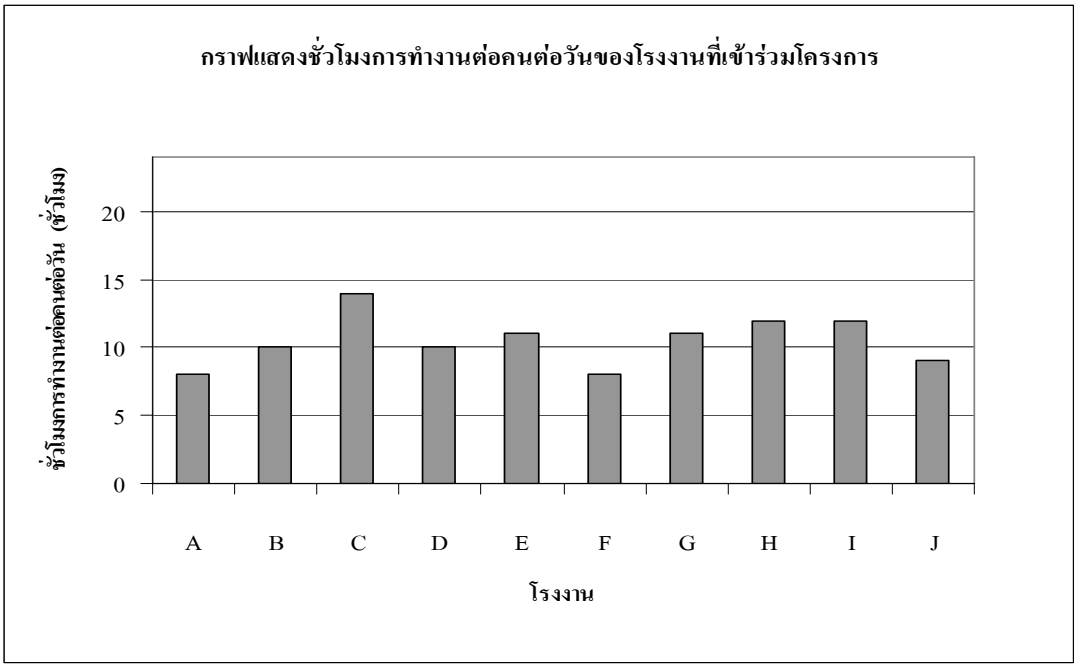


ร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานต่อปี คิดจากจำนวนพนักงานที่ลาออกตลอดปีเทียบกับจำนวนพนักงานเฉลี่ยในปีนั้น จากกราฟ โรงงาน A ไม่มีการลาออกของพนักงานเลยตลอดปี พนักงานส่วนใหญ่มีอายุการทำงานยาวนาน มีความรักและผูกพันธ์กับองค์กร รวมทั้งโรงงานมีการปฏิบัติต่อพนักงานอย่างดี

หมายเหตุ

โรงงาน F และ H ไม่มีข้อมูลการลาออกของพนักงานย้อนหลังเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงพนักงานฝ่ายบุคคล

รูปที่ 1.6 กราฟแสดงร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานต่อปี



จากตัวเลขที่ได้พบว่าโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ส่วนใหญ่มีชั่วโมงการทำงานมากกว่า 8 ชั่วโมง และมีอัตราการหมุนเวียนของพนักงานค่อนข้างสูง แต่มีข้อน่าสังเกตว่ามีโรงงาน A ไม่มีการลาออกของพนักงานเลยตลอดปี 2547 และผลจากการตรวจประเมินได้แสดงให้เห็นถึงทักษะ และความชำนาญที่สูงของพนักงานอย่างเห็นได้ชัดเจน

รูปที่ 1.7 กราฟแสดงชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อคนต่อวัน

ปัจจัยหลักด้านบุคลากรนี้เป็นปัจจัยนำตัวหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อค่าปัจจัยหลักอื่นๆ เช่น โรงงาน A ที่มีร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานต่อปีเท่ากับ 0 % และมีชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อคนต่อวันเท่ากับ 8 ชั่วโมง พบว่าพนักงานมีทักษะและความชำนาญในการทำงาน ดังเห็นได้จากในระหว่างการหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิว คุณภาพการพ่นที่ได้มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกันทุกครั้ง ผู้ประกอบการยังสามารถนำค่าร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานต่อปีมาวิเคราะห์เพื่อแยกหาร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานที่ต้องใช้ความชำนาญในการทำงาน และพนักงานที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความชำนาญ หากโรงงานมีร้อยละการหมุนเวียนของพนักงานที่ต้องใช้ความชำนาญในการทำงานต่อปีสูง จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานให้ต่ำลงได้

ทั้งนี้ ผู้ประกอบการควรพิจารณาถึงข้อบังคับของกฎหมายแรงงานด้วย ซึ่งบุคลากรของโรงงานควรได้รับสิทธิและประโยชน์ตามที่กำหนดไว้ในกฎหมายแรงงานของประเทศไทย ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1.5 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานต่างๆ ตามกฎหมายแรงงานทั้งของประเทศไทยและต่างประเทศ

ตารางที่ 1.5 ค่ามาตรฐานต่างๆ ตามกฎหมายแรงงานของประเทศไทยและต่างประเทศ

มาตรฐาน	ไทย[1]	สหรัฐอเมริกา[2]	ญี่ปุ่น[3]
ชั่วโมงการทำงานปกติ (ชม./วัน)	≦ 8	≦ 8	≦ 8
ชั่วโมงการทำงานปกติ (ชม./สัปดาห์)	≦ 48	≦ 48	≦ 40
ชั่วโมงการทำงานของงานที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของลูกจ้าง (ชม./วัน)	≦ 7	-	-
ชั่วโมงการทำงานของงานที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของลูกจ้าง (ชม./สัปดาห์)	≦ 42	-	-
ช่วงเวลาหยุดพัก (นาที/วัน)	> 60	> 60	> 45 (ทำงาน >6 ชม./วัน) > 60 (ทำงาน >8 ชม./วัน)
ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา (ชม./สัปดาห์)	-	≦ 12	≦10
ค่าล่วงเวลาในวันหยุด (จำนวนเท่าของค่าจ้างในวันปกติ)	> 1.5	-	> 1.35
วันหยุด (วัน/สัปดาห์)	> 1	> 1	> 1
วันหยุดตามประเพณี (วัน/ปี)	> 13	-	-
วันหยุดพักผ่อนประจำปี (วัน/ปี)	> 6	-	-
วันลาป่วย (วัน/ปี)	≦ 30	-	-
การลาคลอดบุตร (วัน/ครั้ง)	≦ 90	-	≦ 60
อายุของเด็กที่จ้างงานได้ (ปี)	> 15	> 18	> 18

หมายเหตุ

1. พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541
2. International Labour Standards, International Labour Organisation
3. Labor Standards Law, The Japan Institute for Labour Policy and Training

นอกจากประเด็นเป้าหมายสำคัญทั้ง 6 ประเด็นที่ได้กล่าวมาแล้ว โรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ควรให้ความสำคัญกับการปรับปรุงตามแนวทางและมาตรฐานอื่นๆ ด้านการผลิตและการปล่อยมลพิษ ได้แก่ มาตรฐานการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ของผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบ และมาตรฐานฉลากเพื่อสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ของผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบถูกกำหนดขึ้นโดยหน่วยงานทางด้านสิ่งแวดล้อมของกลุ่มประเทศยุโรปและญี่ปุ่น ดังแสดงในตารางที่ 1.6 เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคที่อยู่ใกล้ชิดกับผลิตภัณฑ์ ในปัจจุบันมาตรฐานนี้เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถแข่งขันทางการค้าทั้งภายในและในตลาดโลกได้ ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญกับมาตรฐานนี้และพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนให้มีการปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ออกมาให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ตารางที่ 1.6 มาตรฐานการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ของผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบ

มาตรฐาน	ค่าที่กำหนด	ที่มา
Super E0	< 0.3 มก./ลิตร	Japanese Formaldehyde Emission Standard, JIS A5908:2003 Standard
E0	< 0.5 มก./ลิตร	
E1	< 8 มก.ต่อ100 กรัมชิ้นงาน	Formaldehyde Emission Standard, EN120: 1992 Standard
E2	10 < x ≦ 30 มก.ต่อ100 กรัมชิ้นงาน	

มาตรฐานฉลากเพื่อสิ่งแวดล้อม (Eco-label) คือ ฉลากที่ให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน ฉลากเพื่อสิ่งแวดล้อมเป็นที่ยอมรับในตลาดสากล จัดเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันรักษาสิ่งแวดล้อมผ่านทางการผลิตและการบริโภคของประชาชน โดยจะมีสัญลักษณ์และชื่อของฉลากเพื่อสิ่งแวดล้อมต่างกันออกไปในแต่ละประเทศ โดยในประเทศไทยใช้ชื่อว่า “ฉลากเขียว (Green Label)” ซึ่งข้อดีของการมีฉลากเขียวติดอยู่บนผลิตภัณฑ์ก็คือใช้เป็นเครื่องหมายให้กับผู้บริโภคทราบว่าผลิตภัณฑ์นั้นเน้นคุณค่าทางสิ่งแวดล้อม ผู้บริโภคจะได้เลือกซื้อถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ในส่วนผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายจะได้รับผลประโยชน์ในแง่กำไรเนื่องจากมีการบริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมากขึ้น ผลักดันให้ผู้ผลิตรายอื่นๆ ต้องแข่งขันกันปรับปรุงคุณภาพของสินค้าหรือบริการของตนในด้านเทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ร่วมกับสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยได้เปิดให้บริการรับรองฉลากเขียวแล้วตามแนวทางสากลที่ต้องการรับรองผลิตภัณฑ์ที่ช่วยลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมโดยรวมภายในประเทศ ให้ข้อมูลที่เป็นกลางต่อผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย นอกจากนี้ยังเป็นการผลักดันให้ผู้ผลิตใช้เทคโนโลยีหรือวิธีการผลิตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เพื่อส่งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแก่ผู้ผลิตเองในระยะยาว ซึ่งการขอใช้ฉลากเขียวเป็น

ความสมัครใจของผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่าย หรือผู้ให้บริการที่ต้องการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่มีกฎหมายบังคับ ผู้ประสงค์จะสมัครขอใช้ฉลากเขียวสามารถขอรับเอกสารได้ที่สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย โดยสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยและสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะตรวจสอบเอกสารหลักฐาน และจัดทำสัญญาอนุญาตให้ใช้เครื่องหมายรับรองฉลากเขียวในการโฆษณาและติดที่ผลิตภัณฑ์เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการตรวจสอบตามข้อกำหนดแล้ว ผู้สมัครจะต้องเสียค่าธรรมเนียมการใช้ฉลากเขียวต่อสัญญาใช้ตามอายุของข้อกำหนด

บทที่ 2

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

(Cleaner Technology Option)

จากปัญหาที่พบในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้และปัจจัยหลักฯ ที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (Cleaner Technology Option/CT Option) ในแต่ละประเด็นเป้าหมายสำคัญ 6 ประเด็น คือ ไม้สูญเสีย สีและตัวทำละลาย ฝุ่น พลังงาน การทำงานซ้ำ และบุคลากร โดยเนื้อหาของวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษในแต่ละประเด็นประกอบด้วย

- ข้อมูลพื้นฐาน อธิบายสภาพและลักษณะของปัญหาที่พบในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ในปัจจุบัน และความเป็นไปได้ในการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
- วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ รวมถึงวิธีการลดปัญหาในแต่ละประเด็นเป้าหมาย แสดงในรูปตาราง อธิบายทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด วิธีการดำเนินการปรับปรุง และข้อจำกัดที่อาจจะมี ซึ่งทางเลือกฯ นี้ มีตั้งแต่การจัดการที่ดีภายในโรงงาน การเปลี่ยนแปลงวิธีทำงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงาน รวมถึง การพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีที่ใช้ในโรงงาน เป็นต้น โดยรวบรวมเนื้อหาจากการศึกษาของโครงการฯ และเอกสารอ้างอิงด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดทั้งในและต่างประเทศ เพื่อสะดวกสำหรับโรงงานพิจารณานำไปประยุกต์ใช้ต่อไป
- กรณีศึกษา อธิบายตัวอย่างการดำเนินการตามวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ รวมถึงการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทางตรงที่คาดว่าจะประหยัดได้ (โดยยังไม่รวมประโยชน์ทางอ้อม เช่น สุขภาพอนามัยและสภาพแวดล้อมการทำงานที่ดีขึ้น) ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยค่าใช้จ่ายในการลงทุนในที่นี้ไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงเล็กๆ น้อยๆ ที่สามารถดำเนินการได้เอง และค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม) ระยะเวลาคืนทุน และประโยชน์ทางอ้อมอื่นๆ แต่เนื่องจากการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์นั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามสภาพเดิม และการปรับปรุงของแต่ละโรงงาน ผู้อ่านควรตระหนักถึงค่าใช้จ่ายเหล่านี้ภายใต้เงื่อนไขของโรงงานตัวเองด้วย

2.1 การลดปริมาณไม้สูญเสีย

ไม้เป็นวัตถุดิบหลัก และเป็นต้นทุนการผลิตที่สำคัญที่สุดในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ การลดความสูญเสียในส่วนนี้ให้เหลือน้อยที่สุดตามสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดต่างๆ ของแต่ละโรงงาน มีวัตถุประสงค์ในการใช้ไม้อย่างคุ้มค่าให้เกิดประโยชน์สูงสุด การนำเศษไม้ที่เหลือไปใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดเพื่อช่วย

ลดต้นทุนการผลิตลง เพิ่มมูลค่าให้เศษไม้ และไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไม้สูญเสียในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้มีหลายประการ ได้แก่

- รูปแบบและการออกแบบผลิตภัณฑ์
- คุณภาพวัตถุดิบที่ใช้ และการเตรียมไม้ก่อนการผลิต
- ความพร้อมของเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต
- กระบวนการผลิต และลำดับการผลิต
- การอ่านแบบ การสื่อสารภายในองค์กรระหว่างแผนก และภายนอกองค์กรกับลูกค้า
- ผู้ที่ทำการผลิต

2.1.1 วิธีการลดปริมาณไม้สูญเสีย

	วิธีการลดปริมาณไม้สูญเสีย	หมายเหตุ
1	***การเลือกและตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบไม้***	
	• สั่งซื้อวัตถุดิบไม้ที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการ	
	• เลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดีที่สุดเท่าที่จะหาได้ด้วยต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด เช่น เลือกซื้อไม้ท่อนที่อาจมีตำหนิบ้างมาใช้ในส่วนที่ไม่ต้องการความสวยงาม หรือตัดส่วนที่มีตำหนิออกและนำมาทำไม้ประสานก่อนใช้งาน	
	• ในกรณีใช้ไม้ยางพารา ควรมีการทดสอบว่าไม้มีการอัดน้ำยารักษาเนื้อไม้ได้ตามมาตรฐานหรือไม่ สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้จากภาคผนวก ก	
2	***การเก็บรักษาไม้***	
	• ไม้ยางพารา ควรเก็บเรียงกองโดยมีไม้ชิ้นเล็กเป็นตัวกั้นแยกระหว่างชั้น คลุมด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการดูดและคายความชื้น สถานที่กองไม้ควรมีลมพัดผ่านได้สะดวก หลีกเลี่ยงแสงแดดและความชื้น	
	• มีระบบการจัดเก็บไม้ที่ยังใช้ประโยชน์ได้ ให้สามารถนำมาใช้ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ควรนำหลักการ First In – First Out (FIFO) มาใช้ในการจัดเก็บและนำไม้มาใช้งาน	
3	***การเตรียมไม้***	
	• คัดแยกไม้โก่งและไม้ตรงออกจากกัน นำไม้ตรงเข้ากระบวนการผลิตได้ทันที ส่วนไม้โก่งให้นำไปตัดซอย แล้ว	

	วิธีการลดปริมาณไม้สูญเสีย	หมายเหตุ
	จึงทำการไสก่อนนำไปผลิตหรือนำไปต่อเป็นไม้ประสานต่อไป ● เศษไม้จากการตัดที่ยังใช้ประโยชน์ได้ ให้คัดแยกออกจากเศษไม้ขนาดเล็กที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที ● ให้ความสำคัญกับเศษไม้ที่เหลือจากการตัดและยังใช้ประโยชน์ได้ โดยทำชั้นวาง จัดหมวดหมู่ และบันทึกข้อมูลไม้เหลือเพื่อนำกลับมาใช้ในการผลิตใหม่ โดยต้องกำหนดเกณฑ์ในการคัดแยกไม้เป็นขั้นตอนการทำงาน (Work Instruction) ที่ชัดเจน	การนำเศษไม้มาใช้ประโยชน์ได้มากหรือน้อยผู้ประกอบการแต่ละรายต้องพิจารณาถึงขนาดของชิ้นส่วนขนาดเล็กที่สุดที่โรงงานใช้ ความหลากหลายของชนิดและสีของไม้ ลักษณะการผลิตว่าเป็นการผลิตตามคำสั่งผลิตแต่ละรอบการผลิต หรือเก็บเป็นสต๊อก เป็นต้น
4	***การวางแผนการตัดไม้ให้เหลือเศษไม้น้อยที่สุด***	
	● การออกแบบให้ใช้ประโยชน์จากไม้ให้มากที่สุด โดยผู้ออกแบบต้องเข้าใจถึงคุณสมบัติ และโครงสร้างของวัสดุ รายละเอียดของวัตถุดิบและอุปกรณ์ในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ขนาด ราคา ปริมาณวัตถุดิบคงคลัง ความยากง่ายในการจัดหา รวมถึงเศษไม้ที่เหลือจากการผลิตครั้งก่อนๆ แล้วจึงออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับวัตถุดิบเหล่านั้น รวมถึงการปรับปรุงแบบร่วมกับลูกค้าในกรณีที่ไม่ได้ออกแบบเอง เพื่อให้ได้แบบที่ถูกต้องที่สุด แล้วจึงเตรียมรายการชิ้นส่วนที่ต้องใช้ให้กับผู้ที่ทำการผลิต	เศษไม้ที่เหลือจากการตัดไม้แผ่นอาจมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ความยากลำบากในการใช้งานเทียบกับการเริ่มตัดจากไม้แผ่นเต็ม เนื่องจากมีความหลากหลายด้านขนาด สี และปริมาณ อาจไม่สามารถนำมาผลิตเป็นสินค้าขนาดใหญ่ได้
	● ในการตัดชิ้นส่วนจากแผ่นไม้ประกอบประเภทต่างๆนั้น ปริมาณไม้สูญเสียที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นกับการวางแบบที่ต้องการตัดลงบนแผ่นไม้ ซึ่งในโรงงานขนาดใหญ่จะมีการวางแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้พื้นที่ของแผ่นไม้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งนี้ หากโรงงานสามารถทำการตัดแผ่นไม้ โดยการรวมชิ้นส่วนจากคำสั่งผลิต	ต้องอาศัยการวางแผนและการคาดการณ์ร่วมกันระหว่างฝ่ายผลิตและฝ่ายการตลาด

	วิธีการลดปริมาณไม้สูญเสีย	หมายเหตุ
	หลายๆ คำสั่งเข้าด้วยกัน วางแบบการตัดให้คละขนาดทั้งใหญ่และเล็กในอัตราส่วนที่เหมาะสม มีชิ้นส่วนที่ต้องการตัดขนาดต่างๆ กันตัดคราวละมากๆ เพื่อทำให้เกิดปริมาณไม้เหลือต่ำที่สุด หรือวางแบบของชิ้นส่วนมาตรฐานที่มีการใช้เป็นประจำ ชิ้นงานขนาดเล็ก ในตำแหน่งของไม้เหลือ หรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ชิ้นงานจากไม้เหลือ จะสามารถจัดรูปแบบการตัดให้เหลือเศษได้น้อยที่สุดได้	
5	***การต่อไม้ยาว***	
	• ทำการคัดแยกเศษไม้ที่เหลือจากการตัดและยังใช้ประโยชน์ได้ เช่น มีความยาวมากกว่า 15 เซนติเมตร (ความยาวของไม้ที่นำมาทำไม้ประสานได้ ขึ้นอยู่กับเครื่องจักรที่จะทำข้อต่อนิ้วประสาน) และเก็บไว้เพื่อนำไป ทำข้อต่อนิ้วประสาน (Finger Joint) และต่อเป็นไม้ยาวได้ • นำไม้ท่อนที่ตัดตำหนิออกแล้ว มาทำข้อต่อนิ้วประสาน และต่อเป็นไม้ยาวก่อนนำมาใช้งาน จะเป็นการลดปริมาณไม้สูญเสียให้เหลือน้อยลงได้ดีที่สุด แต่ก็ต้องคำนึงถึงการยอมรับของลูกค้า ความพร้อมของเครื่องจักรและแรงงานในการทำข้อต่อนิ้วประสาน และพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องจักรด้วย	
6	***การพัฒนาบุคลากรและการสื่อสารระหว่างแผนก***	
	• พนักงานที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการใช้ไม้ ได้แก่ แผนกวางแผนออกแบบผลิตภัณฑ์ แผนกการตลาด แผนกตัดไม้ แผนกคลังเก็บไม้เหลือ ควรมีความรู้ความเข้าใจ และได้รับการพัฒนาทักษะในการใช้ไม้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด • มีการสื่อสารระหว่างแผนกต่างๆ ก่อนการผลิต เพื่อทำให้เกิดการใช้วัตถุดิบไม้และไม้เหลือได้อย่างคุ้มค่าที่สุด	

นอกเหนือไปจากวิธีการลดปริมาณไม้สูญเสียที่กล่าวมาแล้ว ผู้ประกอบการควรให้ความสนใจกับการนำไม้สูญเสีย ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้กลับมาใช้ใหม่ (Recycling) ด้วย (เอกสารอ้างอิง (41)) ดังตัวอย่างวิธีการนำไม้สูญเสียกลับมาใช้ใหม่ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 วิธีการนำไม้สูญเสียกลับมาใช้ใหม่ เรียงตามลำดับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และ/หรือประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมจากมากไปน้อย

ชนิดของไม้สูญเสีย		ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และ/หรือประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม				
		1	2	3	4	5
ไม้เนื้ออ่อน (Softwoods)	เศษไม้และขี้เลื่อย	วัสดุรองพื้นกระบะสัตว์เลี้ยง	วัสดุรองพื้นคอกสัตว์	เชื้อเพลิงก้อน	ไม้พาร์ติเคิล	ผสมทำปุ๋ยหมัก
	ฝุ่น	วัสดุรองพื้นกระบะสัตว์เลี้ยง	เชื้อเพลิงก้อน	ผสมทำปุ๋ยหมัก	ใช้เป็นเชื้อเพลิง	
ไม้เนื้อแข็ง (Hardwoods)	เศษไม้	ทำไม้ประสาน	ทำถ่าน	ไม้พาร์ติเคิล	วัสดุรองพื้นกระบะสัตว์เลี้ยง	ใช้เป็นเชื้อเพลิง
	ขี้เลื่อย	วัสดุรองพื้นกระบะสัตว์เลี้ยง	ผสมทำปุ๋ยหมัก/เพาะเห็ด	ใช้เป็นเชื้อเพลิง		
	ฝุ่น	เชื้อเพลิงก้อน	ผสมทำปุ๋ยหมัก/เพาะเห็ด	ใช้เป็นเชื้อเพลิง		
ไม้ประกอบ (Wood Composties)	เศษไม้	ไม้พาร์ติเคิล	วัสดุรองพื้นคอกสัตว์	ผสมทำปุ๋ยหมัก	ใช้เป็นเชื้อเพลิง	
	ขี้เลื่อยและฝุ่น	วัสดุรองพื้นคอกสัตว์	ผสมทำปุ๋ยหมัก	ใช้เป็นเชื้อเพลิง		

หมายเหตุ: 1 = มากที่สุด, 5 = น้อยที่สุด

ก่อนที่ผู้ประกอบการจะตัดสินใจเลือกวิธีการนำไม้สูญเสียกลับมาใช้ใหม่จากตัวอย่างวิธีการต่างๆ ในตารางที่ 2.1 นั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

- ปริมาณและความสม่ำเสมอในการเกิดไม้สูญเสีย ว่าในแต่ละช่วงเวลาของปีมีปริมาณไม้สูญเสียมากพอกับความต้องการวัตถุดิบของวิธีการที่จะนำกลับมาใช้ใหม่
- ชนิดของไม้สูญเสีย ได้แก่ เศษไม้ ขี้เลื่อย และฝุ่น เป็นต้น
- คุณภาพของไม้สูญเสีย ได้แก่ ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง ไม้ประกอบ หรือเป็นไม้สูญเสียผสมเป็นต้น
- สิ่งปนเปื้อน ได้แก่ เศษพลาสติก และลวดโลหะ เป็นต้น

- สถานที่ตั้งของสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการนำกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่ ร้านรับซื้อ องค์กรที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น
- ความพร้อมของโรงงาน ได้แก่ มีพื้นที่ และเงินทุน ในการนำไม้สูญเสียกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

2.1.2 กรณีศึกษาเพื่อลดปริมาณไม้สูญเสีย

กรณีศึกษา 1 การต่อไม้ยาวโดยการทำข้อต่อนิ้วประสานแทนการใช้ไม้ท่อนโดยตรง

โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราแห่งหนึ่งมีผลิตภัณฑ์หลักเป็นรถเข็นใช้ในครัวดังรูปที่ 2.1 โดยมีกำลังการผลิตประมาณ 30,000 ชิ้นต่อปี ปัจจุบันโรงงานมีวิธีการคำนวณปริมาณไม้ที่ต้องใช้ โดยใช้วัตถุดิบที่เป็นไม้ท่อนใหม่ทั้งหมด และมีการเผื่อไว้อีก 20% โดยยังไม่ได้นำเศษไม้ที่เหลือมาใช้ร่วมกับวัตถุดิบที่เป็นไม้ท่อน

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์รถเข็น

เมื่อนำข้อมูลชิ้นส่วนต่างๆ ของรถเข็นมาคำนวณหาปริมาตรรวมของส่วนที่เป็นไม้ทั้งหมดได้เท่ากับ 0.4788 ลบ.ฟุตต่อรถเข็นหนึ่งตัว และปริมาตรไม้ท่อนที่โรงงานคำนวณไว้สำหรับผลิตรถเข็นหนึ่งตัว เท่ากับ 1.0962 ลบ.ฟุต (ก่อนที่จะเผื่ออีก 20%) ร้อยละของไม้สูญเสียจะเท่ากับ 56.3% โดยเป็นเศษไม้ที่ยาวกว่า 15 เซนติเมตรทั้งสิ้น 0.1539 ลบ.ฟุต (14.0%) และเป็นเศษไม้ หัวไม้ที่สั้นกว่า 15 เซนติเมตรทั้งสิ้น 0.4635 ลบ.ฟุต (42.3%) และคำนวณเป็นต้นทุนต่อตัวแบบไม่รวมท๊อปเท่ากับ 284.13 บาท ดังนั้น ต้นทุนต่อ 1,000 ตัว (ประมาณ 1 ตู้คอนเทนเนอร์ ขนาด 40 ฟุต ไฮ-คิว) จะเท่ากับ 284,130 บาท ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3

ปัจจุบันโรงงานจะเก็บไม้ที่มีความยาวกว่า 15 เซนติเมตรไว้ใช้งานต่อโดยที่ยังไม่มีระบบจัดเก็บที่ชัดเจน ส่วนที่เป็นเศษไม้สั้นกว่านี้จะถูกขายไปเพื่อทำถ่านในราคาคันรถละ 650 บาท โดยขายได้ปีละประมาณ 300 คัน คิดเป็นเงิน 195,000 บาท/ปี หรือประมาณ 1% ของมูลค่าไม้ยางพาราที่ใช้ทั้งปี

ตารางที่ 2.2 รายการชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับการผลิตรถเข็น 1 ตัว ปริมาตรของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น และปริมาณไม้ที่ต้องใช้รวมทั้งเศษไม้ที่เหลือจากการจัดกลุ่มแบบเดิม

	รายการชิ้นส่วนที่ต้องใช้ทั้งหมด				*รายการไม้ที่ต้องใช้ในการผลิต*		*ขนาดเศษไม้ที่เหลือจากการเตรียม*	จำนวน	ปริมาตรเศษไม้ที่ยาวกว่า
No.	**ชื่อชิ้นส่วน**	**ขนาด (มม.)**	**จำนวน (ชิ้น)**	**ปริมาตรชิ้นส่วน (ลบ.ฟุต)[1]**	**ขนาดไม้ท่อน (นิ้วxนิ้วxซม.)**	**จำนวน (ท่อน)**	*แบบเดิม* **(นิ้วxนิ้วxซม.)[2]**	**(ชิ้น)**	**15 เซนติเมตร (ลบ.ฟุต)**
1	ขอบท๊อปยาว	21 x 36 x 495	2	0.0264	1 x 2 x 130	2	1 x 2 x 37	2	0.0337
2	ขอบท๊อปสั้น	21 x 36 x 332	2	0.0177					
3	รับพื้นท๊อป	11 x 33 x 310	2	0.0079	¾ x 2 x 100	1	¾ x 2 x 28	1	0.0096
4	ขา	21 x 41 x 760	4	0.0924	1 x 2 x 100	4	1 x 2 x 19	4	0.0346
5	ยึดบน ล่าง	21 x 41 x 395	4	0.0480	1 x 2 x 100	2	1 x 2 x 11	2	
6	รัดขา	21 x 41 x 250	6	0.0456	1 x 2 x 130	1.5	1 x 2 x 5, 1 x 2 x 10	1,1	
7	หน้าลิ้นชัก	21 x 91 x 392	1	0.0265	1 x 4 x 100	0.5	1 x 4 x 5	1	
8	หลังลิ้นชัก	16 x 91 x 356	1	0.0183	¾ x 4 x 100	0.5	¾ x 4 x 9	1	
9	ข้างลิ้นชัก	16 x 91 x 290	2	0.0298	¾ x 4 x 100	1	¾ x 4 x 32	1	0.0219
10	ไวน์ยาว (ยึด)	21 x 41 x 395	2	0.0240	1 x 2 x 100	1	1 x 2 x 11	1	
11	ไวน์ยาว (ไม่ยึด)	21 x 41 x 392	2	0.0238	1 x 2 x 100	1	1 x 2 x 11	1	
12	ไวน์สั้น	21 x 41 x 240	4	0.0292	1 x 2 x 100	2	1 x 2 x 42	2	0.0383
13	ไม้กลม	20 x 260	6	0.0173	1 x 3 x 100	1	1 x 1 ½ x 7	2	
14	รางลิ้นชัก	11 x 21 x 288	2	0.0047					
15	ระแนงยาว	11 x 21 x 392	18	0.0576	1 x 4 x 100	2	1x 2/3 x 11, 1 x 2/3 x 21, 1x 2/3 x 31	8, 2, 2	0.0064, 0.0094
16	ระแนงสั้น	11 x 21 x 295	4	0.0096					
		รวมทั้งสิ้น	62	0.4788	รวมทั้งสิ้น	19.5			0.1539

[1] ปริมาตรเป็นลูกบาศก์ฟุต = หนา (มม.) x กว้าง (มม.) x ยาว (มม.) x 3.5315×10^{-8}

[2] ปริมาตรเป็นลูกบาศก์ฟุต = หนา (นิ้ว) x กว้าง (นิ้ว) x ยาว (ซม.) x 2.2769×10^{-4}

ตารางที่ 2.3 สรุปปริมาณไม้ที่ต้องใช้สำหรับการผลิตรถเข็น 1 ตัว (ก่อนปรับปรุง)

		รายการวัสดุ	
ขนาดไม้ท่อน (นิ้วxนิ้วxซม.)	**ปริมาตรต่อท่อน (ลบ.ฟุต)**	**จำนวน (ท่อน)**	**ปริมาตรไม้ที่ใช้รวม (ลบ.ฟุต)**
3/4 x 2 x 100	0.0342	1	0.0342
3/4 x 4 x 100	0.0684	1.5	0.1026
1 x 2 x 100	0.0456	10	0.4560
1 x 2 x 130	0.0592	3.5	0.2072
1 x 3 x 100	0.0684	1	0.0684
1 x 4 x 100	0.0911	2.5	0.2278

ปริมาณไม้ที่ใช้ (ลบ.ฟุต)	1.0962 (100%)
คิดเป็นชิ้นส่วนของรถเข็น(ลบ.ฟุต)	0.4788 (43.7%)
ไม้สูญเสีย(ลบ.ฟุต)	0.6174 (56.3%)
แยกเป็นเศษไม้ที่ยาวกว่า 15 ซม.(ลบ.ฟุต)	0.1539 (14.0%)
แยกเป็นเศษไม้ที่สั้นกว่า 15 ซม.(ลบ.ฟุต)	0.4635 (42.3%)
ในการตัด เผื่อปริมาณไม้ 20% (ลบ.ฟุต)	1.3154
ราคาต้นทุนไม้ (บาท/ลบ.ฟุต)	216
ต้นทุนไม่รวมท๊อป (บาท/ตัว)	284.13
ต้นทุนไม่รวมท๊อปต่อ 1,000 ตัว (บาท)	**284,130**

จากสภาพปัจจุบัน สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณไม้สูญเสียได้โดยการต่อไม้ยาวด้วยการทำข้อต่อนิ้วประสานแทนการใช้ไม้ท่อนโดยตรง เริ่มจากการนำไม้ท่อนที่มีตำหนิมาทำการตัดหัวไม้และตำหนิต่างๆ ที่ยอมรับไม่ได้ออก ตัดให้ไม้มีความยาวในส่วนที่ตรงที่สุดยาวไม่ต่ำกว่า 15-20 เซนติเมตร (ความยาวนี้เป็นความยาวโดยทั่วไปที่สามารถนำมาทำข้อต่อนิ้วประสานได้) เพื่อทำการต่อไม้โดยข้อต่อแบบนิ้วประสานเป็นไม้ยาวสำหรับใช้งาน

การทำข้อต่อนิ้วประสานเป็นการต่อไม้เพื่อเพิ่มความยาวของไม้แบบหนึ่ง ในจำนวนหลายๆ แบบ ตัวอย่างเช่น การต่อชน (Butt Joint) การต่อบากปากกบ (Zigzag Butt Joint) การต่อชนแบบหางเหยี่ยวสองชั้น (Double Dovetail Butt Joint) ซึ่งการต่อแบบข้อต่อนิ้วประสานมีข้อดี คือ สูญเสียเนื้อไม้น้อย ให้ความแข็งแรงสูง ทำได้รวดเร็ว ไม่ต้องอาศัยความชำนาญสูง

โดยทั่วไปหลังจากทำข้อต่อนิ้วประสานแล้ว จะได้ไม้ที่พร้อมนำมาทำการผลิตได้ประมาณ 70% ของปริมาณไม้ที่เข้าทำข้อต่อนิ้วประสานทั้งหมด โดยขึ้นกับเกรดของไม้ แต่มีข้อจำกัดคือ โรงงานต้องมี

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับตีฟันและต่อยาว รวมทั้งมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมขึ้นในส่วนของค่าแรง ค่ากาว ค่าไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลที่ได้รับจากโรงงาน ในตารางที่ 2.3		
ปริมาตรรวมของส่วนที่เป็นไม้ในรถเข็น	0.4788	ลบ.ฟุต/ตัว
หากเปลี่ยนมาใช้ไม้ที่ต่อยาวโดยการทำข้อต่อนิ้วประสานแทนการใช้ไม้ท่อน		
ปริมาณวัตถุดิบไม้ที่ต้องใช้ในการทำข้อต่อนิ้วประสาน (0.4788 / 70%)	0.6840	ลบ.ฟุต/ตัว
(ไม้ท่อนที่มีตำหนิ นำมาตัดหัวไม้ และตำหนิต่างๆออก คิดอัตราการสูญเสียที่ไม่เกิน 30%)		
ราคาต้นทุนไม้ (ไม้ท่อนที่มีตำหนิ)	216	บาท/ลบ.ฟุต
คิดค่าการผลิตไม้ประสาน	100	บาท/ลบ.ฟุต
ต้นทุนไม้ที่ทำการต่อยาวแล้ว (216 + 100)	316	บาท/ลบ.ฟุต
ต้นทุนไม่รวมท๊อป (0.6840 x 316)	216.14	บาท/ตัว
ในกรณีผลิต 1,000 ตัว (1 ตู้คอนเทนเนอร์)		
ต้นทุนรวมเท่ากับ (216.14 x 1,000)	216,140	บาท/ตู้
ต้นทุนไม้ในการผลิตจากไม้ท่อน (เดิม)	284,130	บาท/ตู้
สามารถประหยัดได้ (284,130 - 216,140)	67,990	บาท/ตู้
หรือคิดเป็น (67,990 x 30)	2,039,700	บาท/ปี
(คิดที่ 30 ตู้ หรือ 30,000 ตัว/ปี จากข้อมูลในปี 2547 มีการผลิตทั้งสิ้น 38,310 ตัว)		

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

เครื่องทำข้อต่อนิ้วประสาน และเครื่องต่อยาว	2,000,000	บาท

(เป็นราคาจากผู้ขายปี 2548 ซึ่งราคาอาจแตกต่างจากนี้ ขึ้นกับรายละเอียดปลีกย่อยว่ามีระบบอัตโนมัติมากน้อยเพียงใด และโรงงานเฟอร์นิเจอร์บางแห่งสามารถผลิตได้ในต้นทุนที่ต่ำกว่านี้)

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุนหลังจากผลิตไปแล้ว (2,000,000/67,990)	29.4	ตู้
หรือคิดเป็นระยะเวลาคืนทุน (29.4/30)	1	ปี

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

สามารถเตรียมไม้ประสานไว้ใช้ล่วงหน้าได้ ทำให้การผลิตมีความต่อเนื่อง รวมถึงลดโอกาสของการทำงานซ้ำเนื่องจากไม้ที่ได้มีความสม่ำเสมอ ทำให้การผลิตรวดเร็วขึ้น

นอกเหนือไปจากวิธีการปรับปรุงในกรณีศึกษา 1 แล้ว โรงงานสามารถใช้วิธีการอื่นๆ เพื่อลดปริมาณไม้สูญเสียได้ ได้แก่ การจัดกลุ่มชิ้นส่วนใหม่เพื่อให้เหลือเศษจากการตัดน้อยลง และใช้ไม้ที่มีความยาวมากขึ้นในบางกรณี (ต้องคำนึงถึงตำหนิต่างๆ ที่อาจมีมากขึ้นด้วย) เพื่อให้สามารถตัดแล้วเหลือเศษน้อยลงกว่าเดิม จะทำให้ได้รับประโยชน์ในรูปของค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ นอกจากนี้การนำเศษไม้ที่เหลืออยู่จากการผลิตแบบเดิม และมีความยาวเพียงพอมาทำข้อต่อนิ้วประสานและต่อเป็นไม้ยาวสำหรับใช้งานต่อไป จะทำให้ได้รับประโยชน์ในรูปของการได้มูลค่าที่นำกลับจากของเสีย สำหรับเศษไม้ขนาดเล็กที่ไม่สามารถนำมาทำข้อต่อนิ้วประสานได้ หากมีการรวบรวมปริมาณให้มากพอ จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้ ได้แก่ การใช้เป็นโครงสร้างค้ำยันภายใน การผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็ก เป็นต้น ซึ่งการเลือกดำเนินการในแนวทางใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความพร้อมของโรงงาน ทั้งด้านสถานที่ บุคลากร สภาพการตลาด และปริมาณงาน เป็นต้น

2.2 การลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย

สีและตัวทำละลายเป็นประเด็นเป้าหมายด้านการป้องกันมลพิษที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีผลกระทบสูงทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของพนักงาน อีกทั้งยังเป็นประเด็นที่มีโอกาสสูงในการลดความสูญเสียและมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนน้อยมาก หรือหากมีค่าใช้จ่ายก็จะมีระยะเวลาคืนทุนที่ค่อนข้างเร็ว เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นผลจากการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง และการควบคุมกระบวนการเป็นสำคัญ

ความสูญเสียสีและตัวทำละลายที่เกิดขึ้นนี้เกิดขึ้นตั้งแต่การเก็บรักษา การเตรียมสี การล้างอุปกรณ์ การระเหย และการพ่นสีที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น โดยส่วนหนึ่งของตัวทำละลายที่สูญเสียไปนี้ยังเป็นผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย นอกจากนี้ละอองสีจากการพ่นสีที่ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศยังเป็นสาเหตุของปัญหาอื่นๆ อีก ยกตัวอย่างเช่น การทำงานซ้ำ การทำความสะอาด อันตรายจากอัคคีภัย เป็นต้น

หลักการเบื้องต้นที่ต้องพิจารณา เพื่อนำมาปรับปรุงการใช้สีและตัวทำละลายประกอบด้วย

ตัวทำละลายสามารถระเหยสู่บรรยากาศได้ง่าย

ตัวทำละลายประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งสามารถระเหยไปในอากาศได้ง่าย อัตราการระเหยของตัวทำละลายแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคืออุณหภูมิ พื้นที่ผิวที่ตัวทำละลายสัมผัสกับอากาศ กระแสลม ความชื้น เป็นต้น เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่ใช้ในแต่ละโรงงานมีสูตรไม่แน่นอน โรงงานจึงอาจทดลองหาอัตราการระเหยของตัวทำละลายแต่ละชนิดโดยการชั่งน้ำหนักที่หายไป เทียบต่อเวลาและพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศ ในหน่วยกรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง หรือใช้การคำนวณตามแบบรายการคำนวณในภาคผนวก ค ยกตัวอย่างเช่น ตัวทำละลายที่ประกอบด้วยโทลูอีน และไซลีนอย่างละ 35% จะมีอัตราการระเหยประมาณ 1.1 กิโลกรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25°C และที่ความดันบรรยากาศ (เอกสารอ้างอิง (21))

นอกจากสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่ระเหยออกมานี้จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ในโรงงานแล้ว ยังทำให้เกิดการสูญเสียตัวทำละลายที่มีราคาแพงเหล่านี้ไปอย่างเปล่าประโยชน์ เช่น เมื่อเปิดฝาทิ้งไว้นานสีมีความหนืดสูงขึ้นทำให้ต้องผสมตัวทำละลาย (ทินเนอร์) ในปริมาณที่มากขึ้น เป็นต้น รวมทั้ง มีโอกาสที่ฝุ่น และความชื้นจะปะปนลงไปในสีได้มากขึ้น

วิธีที่ดีที่สุดในการจัดการกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายนี้ คือ การป้องกันไม่ให้เกิดการระเหยที่ไม่จำเป็น เพิ่มประสิทธิภาพการพ่นติดผิว และควบคุมละอองสีที่เกิดให้ฟุ้งกระจายอยู่ในพื้นที่ที่จำกัด (Control Area) และดักจับไว้ให้ได้มากที่สุด

ปริมาณสารเคลือบผิวและส่วนผสมที่ใช้สามารถคำนวณได้

ในการเคลือบผิวชิ้นงาน ปริมาณหรือความหนาของสารเคลือบผิว (Coating Material) ที่ติดบนชิ้นงานประเภทเดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกัน และอัตราส่วนการผสมตามน้ำหนักระหว่างเนื้อสี ตัวทำละลาย และ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาที่ถูกต้อง มีการระบุไว้จากผู้ผลิตอย่างชัดเจน การใช้อัตราส่วนการผสมที่ถูกต้องช่วยให้คุณภาพของงานสีได้มาตรฐาน และลดการซ่อมงานสีที่ไม่ตรงกับชิ้นงานมาตรฐาน

ดังนั้นควรมีการคำนวณปริมาณการผสมสีตามอัตราส่วนที่กำหนด และจำนวนที่ต้องใช้กับผลิตภัณฑ์ทั้งหมดโดยเทียบกับพื้นที่ผิวที่จะทำการพ่น ทำให้ลดปริมาณการสูญเสียจากการผสมสีเกินความต้องการ และควบคุมปริมาณการใช้งานได้ดีขึ้น

อุปกรณ์พ่นสีที่ถูกต้องช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้

การพ่นสีเป็นขั้นตอนที่เกิดความสูญเสียของสีและตัวทำละลายเป็นอย่างมาก เนื่องจากส่วนผสมที่ออกจากปืนพ่นมีลักษณะเป็นละออง มีน้ำหนักเบา จึงทำให้ส่วนที่เป็นตัวทำละลายระเหยสู่บรรยากาศได้ง่าย ประกอบกับลักษณะชิ้นงานที่มีหลากหลายขนาด และมีส่วนโค้งเว้ามากมาย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวมีค่าต่ำ ปืนแต่ละชนิดให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับทักษะของผู้พ่น วิธีการใช้งาน และกลไกในการทำงานเป็นหลัก เช่น ปืนแอร์สเปรย์ (Conventional Air Spray) ใช้การอัดความดันทำให้สีพ่นออกมาเป็นละออง ซึ่งทำให้ละอองสีที่ออกมามีความฟุ้งกระจายเนื่องจากแรงลมมาก โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวอยู่ที่ 30 - 50% (เอกสารอ้างอิง (11)) ส่วนปืนชนิด Airless และ Air-assisted Airless ใช้การอัดความดันไปยังสารเคลือบผิวในภาชนะบรรจุโดยตรง เนื้อสีที่ออกมาจึงสามารถติดผิวได้ง่ายกว่า และเกิดละอองสีน้อย การเปลี่ยนไปใช้ปืนที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น ปืนชนิด High Volume Low Pressure (HVLP) ที่ใช้แรงดันลมในการพ่นต่ำ ทำให้ขนาดของละอองสีที่พ่นออกมามีขนาดใหญ่ขึ้น มีการฟุ้งกลับของละอองสีที่พ่นออกมาน้อย จะช่วยลดปริมาณการสูญเสียและค่าใช้จ่ายในการบำบัดสีและตัวทำละลายส่วนเกิน รวมถึงพนักงานมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นด้วย

ทั้งนี้ปืนแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับลักษณะงานที่แตกต่างกัน จึงควรมีการปรึกษากับบริษัทผู้ผลิตและจำหน่าย เพื่อทดลองใช้งานกับชิ้นงานของตนเอง ข้อเปรียบเทียบของปืนพ่นสีแต่ละชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 และ 2.5 รายละเอียดวิธีการพ่นสีอื่นๆ แสดงเพิ่มเติมไว้ในภาคผนวก ง.1

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของปืนพ่นสีแต่ละชนิด

ชนิดของปืน	ประสิทธิภาพ	ข้อดี	ข้อเสีย	ราคา	ลักษณะของผิวหน้าที่พ่น
แอร์สเปรย์ (Conventional Air Spray) 	30 – 50%	• ไม่ต้องอาศัยความชำนาญสูงในการใช้งาน • ใช้ได้กับการพ่นหลายรูปแบบ • ปรับขนาดของแนวพ่นได้ • ให้ละอองที่มีความละเอียดสูง • บำรุงรักษาง่ายและค่าใช้จ่ายต่ำ	• ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวต่ำ • มีเสียงดัง	แบบกา ~ 5,500 บาท แบบปั๊มจ่ายสี ~ 55,000 บาท	ละเอียด
Airless 	55 – 60%	• อัตราเร็วในการพ่นสูงมาก • ใช้ได้ดีกับพื้นผิวที่มีขนาดกว้าง • เวลาพ่นเกิดละอองไม่มาก • ไม่เกิดเสียงดัง	• หัวฉีดมีขนาดเล็ก ทำให้ตันได้ง่าย • คุณภาพของพื้นผิวไม่ดีเท่ากับการใช้ปืนแอร์สเปรย์ • สายพ่นสีไม่ยืดหยุ่น เพราะเป็นสายแบบรับแรงดันสูง • ปรับขนาดของแนวพ่นไม่ได้	ปืน ~ 10,000 บาท ปั๊ม ~ 95,000 บาท	หยาบ

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ 2 - 12 กรมโรงงานอุตสาหกรรม
Wooden Furniture Industry Department of Industrial Works

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของปืนพ่นสีแต่ละชนิด (ต่อ)

ชนิดของปืน	ประสิทธิภาพ	ข้อดี	ข้อเสีย	ราคา	ลักษณะของผิวหน้าที่พ่น
Air-assisted Airless	40 – 70%	• อัตราเร็วในการพ่นสูงมาก • ใช้ได้ดีกับสีที่มีความหนืดสูง • พ่นได้เร็ว • ปรับขนาดของแนวพ่นได้เล็กน้อย • เวลาพ่นเกิดละอองไม่มาก • กำจัดปัญหาสีย้อย • ไม่เกิดเสียงดัง	• หัวฉีดมีขนาดเล็ก ทำให้ตันได้ง่าย • ต้องใช้ปั๊มแรงดันสูง • ต้องใช้พนักงานที่มีความชำนาญในการพ่น • ใช้ได้กับรูปแบบชิ้นงานที่ไม่หลากหลาย	ปืน ~ 35,000 บาท ปั๊ม ~ 95,000 บาท	ละเอียด (แต่ต่ำกว่าแอร์สเปรย์)
High Volume Low Pressure (HVLP)	55 – 80%	• ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูง • เวลาพ่นเกิดละอองไม่มาก • ใช้ได้กับขนาดของชิ้นงานและอัตราการไหลที่หลากหลาย	• ต้องใช้พนักงานที่มีความชำนาญในการพ่น • อาจก่อให้เกิดปัญหาเนื้อสีเกาะติดที่ผิวชิ้นงานมากเกินไป	ปืน ~ 40,000 บาท ปั๊ม ~ 95,000 บาท	ละเอียดสูง

ที่มา: เอกสารอ้างอิง (11), (22), (55)

ตารางที่ 2.5 ระบบพ่นสีที่ใช้หลักการไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Spray Systems)

ระบบเสริม	ประสิทธิภาพ	ข้อดี	ข้อเสีย	ราคา	ลักษณะของผิวหน้าที่พ่น
Electrostatic Spray Systems	5 – 15% (เพิ่มขึ้นจากการใช้ปืนเดิมที่ไม่ใช่ Electrostatic Spray Systems)	• ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูง • ใช้อัตราการพ่นสูงได้ • ลดปัญหาเรื่องการพ่นเกินขนาดและละอองฟุ้งกลับ	• ต้องใช้พนักงานที่มีความชำนาญในการพ่น • ต้องมีการต่อสายดิน • ค่าการนำไฟฟ้าของสีต้องถูกต้อง • อาจต้องใช้ในบริเวณที่มีการป้องกันเปลวไฟ	~ 180,000 – 185,000 บาท	ละเอียดสูง

ที่มา: เอกสารอ้างอิง (11), (22), (55)

สารเคมีในสีและตัวทำละลายส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สีและตัวทำละลายประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย นอกจากจะมีอันตรายจากความเป็นพิษของสารเคมีโดยตรงแล้ว ยังก่อให้เกิดมลพิษขั้นที่สองเมื่อมีการระเหยสู่บรรยากาศและเข้าทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของไนโตรเจนในขณะที่มีแสงแดด และเกิดเป็นโอโซนในชั้นบรรยากาศระดับล่าง ซึ่งเป็นชั้นหมอกที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ดังนั้นในการใช้สีและตัวทำละลายจึงจำเป็นต้องลดโอกาสการระเหยของตัวทำละลายสู่บรรยากาศให้เหลือน้อยที่สุด และพนักงานควรได้รับการป้องกันจากสารเคมีเหล่านี้ โดยสวมใส่หน้ากากป้องกัน แว่นตา และถุงมือขณะทำงาน นอกจากนี้สีและตัวทำละลายที่ใช้แล้วควรมีการรวบรวมและนำไปกำจัดอย่างถูกวิธี ได้แก่ การใช้ซ้ำในจุดที่ทำได้ การรวบรวมตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาสกัดเป็นตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ กำจัดตะกอนสีด้วยวิธีการกำจัดของเสียอันตราย หรือส่งให้กับผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการ เป็นต้น หากมีการทิ้งสีและตัวทำละลายลงไปในแหล่งน้ำหรือพื้นดิน จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักไปยังสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำและดินได้

2.2.1 วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย

วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย	หมายเหตุ
1 การเก็บรักษาสีและตัวทำละลาย	
• ลดจุดที่ทำการเก็บรักษาและเตรียมสีให้เหลือน้อยจุดที่สุด หรือมีห้องเตรียมสีส่วนกลาง ช่วยลดความซ้ำซ้อนของการระเหยของตัวทำละลายเนื่องจากการปิดเปิดภาชนะใส่สีและตัวทำละลาย รวมถึงการสูญเสียสีจากการล้างอุปกรณ์ในหลายๆ จุด	
• ออกแบบฝาปิดและภาชนะใส่สีและตัวทำละลายที่ช่วยลดการระเหยของตัวทำละลายรวมถึงลดโอกาสสูญเสียสีที่จับตัวเป็นก้อน เช่น การใช้วาล์วปิด-เปิดถัง การปิดฝาภาชนะ และการรักษาอุณหภูมิของพื้นที่ทำงานไม่ให้สูงเกินไป เช่น หลีกเลี่ยงการโดนแสงแดดโดยตรง	
• เก็บสีที่เหลือจากการใช้งานไว้ใช้ในครั้งต่อไป โดยไล่สีส่วนที่ค้างสายออกมาจนหมด จดบันทึกปริมาณ วันที่ เวลา และนำกลับมาใช้ใหม่ทันทีที่ทำได้	ใช้สีที่เหลือให้หมดในระยะเวลา Gel Time ของสี ได้แก่ สี Acid – Catalysed (AC) < 8 ชั่วโมง สี Polyurethane (PU) 2 - 6 ชั่วโมง สี Polyester (PE) 5 – 25 นาที

วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย	หมายเหตุ
2 การเตรียมสีพ่น (สารเคลือบผิว)	
• มีสัดส่วนการผสมสีกับตัวทำละลายที่ถูกต้องตามสูตรที่ผู้ผลิตกำหนด และติดสูตรผสมสีแสดงไว้ในบริเวณพื้นที่ทำงานอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ทำการเตรียมสีและ/หรือพนักงานพ่นสี คำนวณปริมาณการใช้สีและตัวทำละลายให้พอดีกับความต้องการใช้งานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งความถูกต้องของสัดส่วนที่ผสมมีความสำคัญกับคุณภาพสีของชิ้นงาน สำหรับสีที่มี Gel Time สั้น ควรเตรียมให้มีปริมาณพอดีกับความต้องการใช้งาน (ไม่ผสมสีเผื่อ)	หากชนิดของสีที่ใช้มีจำนวนไม่มากอาจติดสูตรการผสมสีไว้ที่ผนัง แต่หากมีชนิดของสีมากควรจัดเข้าแฟ้มแยกตามประเภทของสีให้เรียบร้อย
• จัดหาอุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด ได้แก่ เครื่องชั่งละเอียด เครื่องวัดความหนืด กระบอกตวง นาฬิกาจับเวลา ใบกวนผสม เป็นต้น ให้เพียงพอในห้องเตรียมสี และต้องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ตัวอย่างเช่น เครื่องชั่งละเอียดต้องอยู่บนพื้นราบ ไม่เคลื่อนย้ายบ่อยๆ และมีการสอบเทียบตามกำหนด	
• หากพนักงานไม่คุ้นเคยกับการใช้เครื่องชั่ง หรือสถานที่ทำงานไม่อำนวยให้ใช้เครื่องชั่งละเอียดได้ ควรทำการเทียบกลับเป็นหน่วยภาชนะที่พนักงานคุ้นเคย เช่น กระป๋อง กระบอกตวง เป็นต้น	
• วัดความชื้นสัมพัทธ์ที่พื้นที่พ่น เพื่อช่วยให้การเตรียมสีเป็นไปตามสภาพการใช้งานและได้คุณภาพงานสีที่ดี โดยเฉพาะในการเคลือบเงาแลกเกอร์บนสีอะครีลิก บางครั้งเกิดเป็นฝ้าขึ้น เนื่องมาจากเกิดความชื้นกลั่นตัวเป็นหยดน้ำบนแผ่นฟิล์ม ทำให้ทินเนอร์ระเหยอย่างรวดเร็ว การใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก และกระเปาะแห้งวัดความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จากอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองกระเปาะ	
• เตรียมแลกเกอร์ด้วยทินเนอร์บริสุทธิ์ที่มีจุดเดือดสูง และมีอัตราการระเหยต่ำ (หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า หัวเชื้อทินเนอร์กันความชื้น) เพื่อช่วยไม่ให้ทินเนอร์ระเหยอย่างรวดเร็วในสภาพที่ความชื้นสูง	

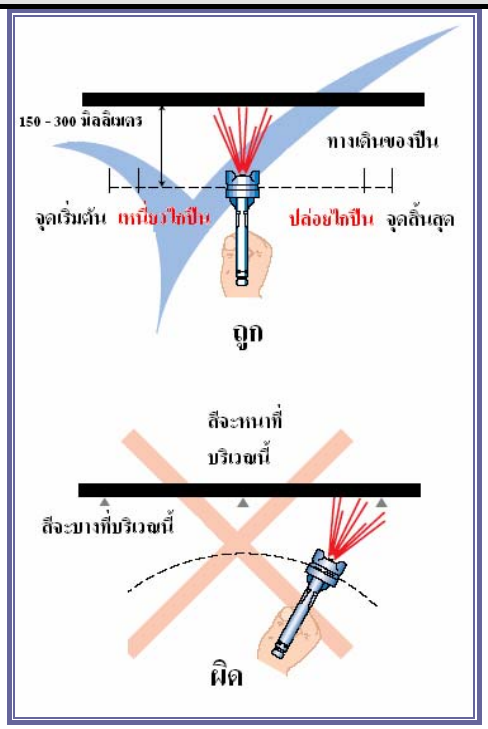
วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย	หมายเหตุ
3 การพ่นสี	
• พนักงานพ่นสีทำการทดสอบความหนืดของสีก่อนใช้งานจริง และใช้สีให้หมดโดยไม่เกินระยะเวลาการใช้งานได้ (Gel Time)	
• หลีกเลี่ยงการพ่นในเวลาที่มีความชื้นสูง เพื่อป้องกันความชื้นในห้องพ่นกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและฝ้า ลดการซ่อมงานสี	
• จัดสรรพื้นที่สำหรับการพ่นสีให้แก่พนักงานให้กว้างเพียงพอต่อการทำงาน เช่น การพ่นสีชิ้นงานที่มีความซับซ้อน มีซอกและมุมเป็นจำนวนมาก พนักงานจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการทำงานกว้างขึ้น	
• มีแท่นวางชิ้นงานแบบหมุนได้เพื่อจะได้พ่นสีไปในทิศทางเดียว จะเพิ่มความสะดวกต่อการทำงานของพนักงาน สูญเสียสีน้อยลง ลดการฟุ้งกระจายของละอองสีไปทั่วบริเวณทำงาน	
• ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับผิวหน้างานที่เหมาะสมสำหรับสีแลคเกอร์ คือ 15 - 20 เซนติเมตร แต่ถ้าเป็นสีอีนาเมลระยะห่างที่เหมาะสม คือ 20 - 30 เซนติเมตร ระยะห่างที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวลดลง แต่หากระยะห่างลดลง จะต้องทำการปรับแรงดันลมให้ลดลงสัมพันธ์กันด้วย	
• จัดระยะห่างในการแขวนชิ้นงานให้ถูกต้อง จะทำให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูงขึ้น และความเร็วในการพ่นสีสูงขึ้น ระยะห่างที่แนะนำสำหรับชิ้นงานทั่วไป คือ 45 – 60 เซนติเมตร	
• ทางโรงงานควรพิจารณาใช้ตะขอ ชั้นวาง จิ๊กและฟิกเกอร์ (Jig and Figure) ที่แตกต่างกัน สำหรับการพ่นสีชิ้นงานแต่ละประเภท	
• หาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของชิ้นงานแต่ละประเภทเป็นระยะ และนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้เกือบทุกแห่งจะทราบถึงปริมาณการใช้สีและตัวทำละลายที่ใช้ไปว่าเป็นร้อยละเท่าไรของต้นทุนการผลิตแต่ละรอบการผลิต ขณะที่โรงงานบางแห่งทราบถึงปริมาณการใช้สีต่อปริมาณงาน ได้แก่ น้ำหนักสีที่<u>ใช้</u>ไป (กรัม)/พื้นที่ชิ้นงาน (ตารางเมตร) แต่มีโรงงานน้อยแห่งที่ทราบถึงปริมาณสีที่<u>ติด</u>ไปบนชิ้นงานต่อปริมาณงาน	การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวไม่จำเป็นต้องทำทุกครั้ง แต่ควรมีการทบทวนเป็นระยะ และเทียบค่าที่ได้ กับมาตรฐานของปืนแต่ละชนิด หรือค่าที่โรงงานเคยทำได้
• เพิ่มประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืน Airless และ Air-assisted Airless โดยการใช้หัวพ่นที่มีขนาดเล็กลงร่วมกับการปรับแต่งความ	

วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย	หมายเหตุ
ดันอากาศที่ใช้กับอุปกรณ์พ่นสีให้ถูกต้องกับลักษณะชิ้นงาน ชนิดของปืน และสีที่ใช้ ซึ่งการปรับลดความดันอากาศที่สูงเกินความจำเป็นนี้ไม่ทำให้การทำงานของพนักงานช้าลง ยกเว้นในกรณีที่ปรับลดความดันอากาศลงต่ำกว่าค่าที่ปืนพ่นสีต้องการ (รายละเอียดการปรับความดันอากาศที่ถูกต้องของปืนพ่นสีแสดงในภาคผนวก ง.3)	
• เพิ่มประสิทธิภาพการพ่นติดผิว โดยการเปลี่ยนชนิดของปืนพ่นสีจากแอร์สเปรย์ มาเป็นปืนชนิดที่มีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูงขึ้น ได้แก่ Airless และ Air-assisted Airless และให้สอดคล้องกับสภาพการทำงาน ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.4	ควรให้ความสำคัญกับกรณีที่ใช้ปืนแอร์สเปรย์ในการพ่นสีเป็นหลัก เนื่องจากเป็นวิธีการเคลือบผิวที่มีการสูญเสียมาก
• พนักงานพ่นสี ควรทำการบำรุงรักษาหัวฉีด และอุปกรณ์พ่นสีอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ (รายละเอียดการบำรุงรักษาอุปกรณ์พ่นสีแสดงในภาคผนวก ง.4)	
• มีที่เก็บชิ้นงานที่พ่นสีแล้วแยกเป็นสัดส่วนออกจากบริเวณพื้นที่ทำงานอื่นๆ ได้แก่ งานขัด งานพ่นสี เพื่อป้องกันการทำงานซ้ำจากการซ่อมสี	
• โรงงานที่มีห้องพ่นสี ควรปรับปรุงห้องพ่นสีให้มีความดันเป็นบวกเล็กน้อยบริเวณทางเข้าออก (ประมาณ 5%) เพื่อป้องกันฝุ่นจากภายนอกเข้าสู่ห้องพ่นสี	
4 การพ่นในบู๊ธพ่นสี	
• ทำการพ่นสีในบู๊ธพ่นสีโดยเฉพาะแทนการพ่นในพื้นที่เปิดโล่ง โดยจัดให้มีพัดลมดูดอากาศออกอย่างน้อยเท่ากับปริมาณอากาศของการพ่นสี ตามมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย Occupational Safety and Health Administration (OSHA) กำหนดให้ความเร็วลมในการดูดละอองสีที่หน้าบู๊ธ (ตำแหน่งที่พนักงานทำการพ่นสี) ไม่ควรต่ำกว่า 0.5 เมตร/วินาที (100 ฟุต/นาที) อย่างไรก็ตามหน่วยงานอื่นๆ ได้แก่ National Fire Protection Association (NFPA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้การกำหนดความเข้มข้นของตัวทำละลายในระบบระบายอากาศให้ไม่เกิน 25% ของ Lower Flammable Limit (LFL) (เอกสารอ้างอิง (32)) ซึ่งจากการตรวจวัดในโรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ พบว่า มีปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่ำกว่า	การพ่นสีที่ดีที่สุดควรเริ่มต้นจากการพ่นในบู๊ธพ่นสี ควรหลีกเลี่ยงการพ่นสีในที่โล่งที่ได้รับอิทธิพลจากแรงลม ในกรณีที่มีบู๊ธพ่นสีหลายๆ บู๊ธอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดแรงลมจากแต่ละบู๊ธไปรบกวน

วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย	หมายเหตุ
เกณฑ์ที่กำหนด ประโยชน์ที่จะได้รับจากการพ่นสีในบู๊ธพ่นสี คือ ช่วยลดผลกระทบจากแรงลมธรรมชาติ ลดการฟุ้งกระจายของไอละอองสีและเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นติดผิว ลดการทำงานซ้ำ (ลดต้นทุนในการผลิตและควบคุมคุณภาพงานได้ดีขึ้น) ลดความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัย ลดความสกปรกในโรงงาน รวมถึงลดปัญหาการเจ็บป่วยของพนักงาน	บู๊ธพ่นสีที่อยู่ใกล้กัน
• บู๊ธพ่นสีควรมีการติดตั้งตัวกรอง (Filter) เพื่อเป็นการดักละอองสีและตัวทำละลาย ตัวกรองที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นแบบตัวกรองแห้ง (Dry Filter) หรือการกรองแบบใช้เส้นใย (Fiber Filter) และตัวกรองแบบเปียกหรือระบบม่านน้ำ (รายละเอียดการเลือกชนิดของตัวกรองให้เหมาะสมกับงานฉีดพ่น และการบำรุงรักษาแสดงในภาคผนวก ง.4)	
• ความถี่ในการเปลี่ยนตัวกรองแบบเส้นใยจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณสีที่ใช้ในการพ่น ประสิทธิภาพการพ่นติดผิว ความสามารถในการรับละอองสีและตัวทำละลาย หากไม่ได้ทำการเปลี่ยนตัวกรองหรือทำการบำรุงรักษาตามตารางการบำรุงรักษา จะทำให้เกิดความดันลดมากขึ้น และดูดอากาศได้น้อยลงเรื่อยๆ หรือหากไม่ใส่ตัวกรอง จะทำให้ละอองสีไปติดที่ใบพัด ภายในท่อ และออกสู่ภายนอกได้	การเลือกตัวกรอง ผู้ใช้งานต้องพิจารณาถึงความสามารถในการจับเนื้อสี ความดันลดที่เกิดขึ้น และความเร็วในการกรองผ่านตัวกรอง
• โรงงานที่มีการใช้ม่านน้ำ ควรมีการบำรุงรักษาและใช้งานอย่างถูกต้อง เพื่อให้ระบบม่านน้ำมีประสิทธิภาพการดักละอองสีได้ดีขึ้น	
5 การเปลี่ยนชนิดสีที่ใช้เป็นประเภทที่มีส่วนผสมตัวทำละลายน้อยลง	
• พิจารณาเปลี่ยนไปใช้สีที่มีส่วนผสมเรซินสูง (High-solid Paint) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการพ่นติดผิวดีกว่าสีทั่วไป ทั้งในแง่ของการทนทานต่อรอยขีดข่วน การขัดถู การทนทานแสงแดด หรือการยึดผสานกับสารเคลือบผิว และช่วยลดการปล่อยตัวทำละลายสู่บรรยากาศได้มากกว่า 6 เท่า และลดปริมาณสีที่สูญเสียระหว่างการพ่นได้ถึง 3 เท่า (เอกสารอ้างอิง (31)) เนื่องจากสีเรซินมีส่วนผสมของแข็งมากกว่า ส่งผลให้ไม่ฟุ้งกระจายจึงประหยัดสีที่ใช้พ่นมากกว่าสีที่มีตัวทำละลายเป็นสารเคมีพื้นฐาน ข้อด้อย คือ พื้นผิวชิ้นงานที่พ่นด้วยสีที่มีส่วนผสมเรซินสูงจะมีความมันเงาน้อยกว่าสีที่มีตัวทำละลายเป็นสารเคมีพื้นฐาน	สีที่มีส่วนผสมเรซินสูง (High-solid Paint) มีราคาสูงกว่าสีที่มีตัวทำละลายเป็นสารเคมีพื้นฐาน (ประมาณ 2 เท่า) และมีความหนืดสูงกว่า ทำให้ทำเป็นละอองขนาดเล็กสำหรับพ่นได้ยากกว่าในปัจจุบันโรงงาน

วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย	หมายเหตุ
	หลายแห่งได้มีการเปลี่ยนมาใช้สีชนิดนี้แล้ว
• พิจารณาเปลี่ยนไปใช้สีที่ใช้น้ำเป็นพื้นฐาน (Water-based Paint) ที่มีการแทนที่ตัวทำละลายด้วยน้ำทั้งหมดหรือบางส่วน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการพ่นติดผิวดีเท่ากันหรือดีกว่าสีทั่วไป และช่วยลดการปล่อยตัวทำละลายสู่บรรยากาศได้มากกว่าสีที่มีตัวทำละลายเป็นสารเคมีพื้นฐาน	การใช้สีที่ใช้น้ำเป็นพื้นฐาน (Water-based Paint) มีข้อจำกัดเรื่องราคา ระยะเวลาในการรอให้สีแห้ง รวมถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์
6 พนักงานที่ทำงานด้านสีและตัวทำละลาย ควรได้รับการอบรมให้ความรู้ด้านสีและตัวทำละลาย วิธีการทำงานที่ถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ	
• มีพนักงานเตรียมสีที่ผ่านการฝึกอบรม และมีความชำนาญในการผสมสีตามสูตรที่ผู้ผลิตกำหนด เพื่อทำให้สีที่ติดชิ้นงานมีคุณภาพ ลดการทำงานซ้ำ	
• อบรมพนักงานพ่นสีให้มีทักษะการพ่นและมีวิธีการพ่นที่ถูกต้อง (ดังตัวอย่างรูปที่ 2.2) จะทำให้เกิดการใช้สีและตัวทำละลายอย่างคุ้มค่าที่สุด ช่วยลดต้นทุนการผลิต ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง ซึ่งถือเป็นสิ่งที่โรงงานควรให้ความสำคัญอย่างมาก	สามารถตรวจสอบสภาพการพ่นสีของโรงงานว่ามีขั้นตอนที่ถูกต้องหรือไม่จากภาคผนวก ง.2 ความถี่และระยะเวลาในการฝึกอบรมพนักงาน ขึ้นอยู่กับความต้องการและความพร้อมของแต่ละโรงงาน

วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย	หมายเหตุ



ที่มา: Solvent Use in Wooden Furniture Coating, (เอกสารอ้างอิง (11))

รูปที่ 2.2 แนวทางการพ่นสีที่ถูกต้อง

นอกเหนือไปจากวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษด้านสีและตัวทำละลายแล้ว โรงงานอาจพิจารณาถึงแนวทางอื่นๆ ได้แก่ การใช้ตัวทำละลาย (ทินเนอร์) ซ้ำและใช้อย่างต่อเนื่อง (Reuse and Cascading Use of Solvents) การนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (Solvent Recovery) รวมถึงการดูดซับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยถ่านกัมมันต์ (Carbon Adsorption) ผู้อ่านสามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้จากภาคผนวก ง.5 และ ง.6

2.2.2 กรณีศึกษาเพื่อลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย

กรณีศึกษา 1 การประหยัดค่าใช้จ่ายจากการลดการระเหยของสีและตัวทำละลาย

โรงงานแห่งหนึ่ง มีถังสีและตัวทำละลายถูกเปิดทิ้งไว้ในห้องเตรียมสีดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 รายละเอียดการคำนวณพื้นที่ผิวหน้าของถังที่ถูกเปิดทิ้งไว้

รายละเอียดของถัง	ขนาด (เซนติเมตร) [กว้างxยาว หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง]	จำนวนภาชนะที่เปิดทิ้งไว้ *	พื้นที่ (ตารางเมตร)	
			ผิวหน้า	ผิวหน้ารวม
ถัง 5 แกลลอน	28.5	11	0.064	0.70
ถังสี่เหลี่ยม	24 x 24	10.5	0.058	0.60
ถัง 200 ลิตร	57.5	1.8	0.260	0.47
ถังสี่เหลี่ยม	11 x 16.5	13	0.018	0.24
ถังกลมเล็ก	17.5	1	0.024	0.02
ถังแกลลอนน้ำมันผ่าครึ่ง	19 x 30	1	0.057	0.06
			รวม	**2.09**

หมายเหตุ * ในกรณีที่เปิดไว้บางส่วน ใช้การประมาณเป็นร้อยละ

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ราคาเฉลี่ยของตัวทำละลายที่ใช้	58.61	บาท/กิโลกรัม
โรงงานทำงานเฉลี่ยวันละ	10	ชั่วโมง/วัน
โรงงานทำงานปีละ	300	วัน
อัตราการระเหยของตัวทำละลาย	1.14	กก./ตร.ม./ชม.[3]

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

พื้นที่หน้าตัดรวมที่ถูกเปิดทิ้งไว้ (ตารางที่ 2.6)	2.09	ตารางเมตร
จากเวลาทำงานทั้งหมด 10 ชั่วโมง มีการเปิดฝาถังสีและตัวทำละลายทั้งหมดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง		
ปริมาณการระเหยรวม (1.14 x 2.09 x 10 x 20%)	4.77	กก./วัน
คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (4.77 x 58.61)	280	บาท/วัน
หากปิดฝาเมื่อไม่ใช้งาน คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้	280	บาท/วัน
ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้รวม (280 x 300)	84,000	บาท/ปี

[3] อัตราการระเหยที่อุณหภูมิ 25ºC คิดจากตัวทำละลายที่ประกอบด้วย โทลูอีน 35% และไซลีน 35% หรือสามารถทดลองได้โดยการชั่งน้ำหนักที่หายไปของถังสีและตัวทำละลาย ทั้งนี้อัตราการระเหยของตัวทำละลายแต่ละชนิดขึ้นกับอุณหภูมิและพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศ (ตารางแสดงอัตราการระเหยของตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ง ตารางที่ ง.10)

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ไม่มี

ระยะเวลาคืนทุน

ทันที

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

ลดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปล่อยสู่บรรยากาศ (4.77 x 300) 1,431กิโลกรัม/ปี

กรณีศึกษา 2 นำสีที่ค้างสายมาใช้ประโยชน์

โรงงานแห่งหนึ่ง เมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของสีที่ใช้พ่นจะมีสี (สีที่ผสมกับตัวทำละลายแล้ว) ค้างสายอยู่ในสายปริมาณเท่ากับ 0.425 ลิตร หรือ 340 กรัม ซึ่งสีที่ค้างสายสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หากไม่เกินระยะเวลา Gel Time (ถ้ามี) ซึ่งมีเวลาประมาณ 45 ─ 120 นาที แล้วแต่ชนิดของสี และการเก็บรักษา หากโรงงานสามารถนำสีค้างสายมาใช้ได้ โดยการจ่ายสีให้หมดถัง (ยกถังสีให้สูง) หรือไล่สีล้างสายให้หมด รวบรวมไว้ใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ปริมาณสีที่ค้างสาย	340	กรัม/รอบ
ราคาโดยเฉลี่ยของสี	270	บาท/กิโลกรัม
โรงงานทำงานปีละ	262	วัน/ปี

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ใช้สีที่ค้างสายได้ 50% มีการเปลี่ยนสี 3 ครั้ง/วัน (โดยประมาณ) (340 x 50% x 3)	510	กรัม/วัน
ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ (510/1000 x 270)	137.7	บาท/วัน
หรือคิดเป็น (137.7 x 262)	36,077	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ไม่มี

ระยะเวลาคืนทุน

ทันที

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

ลดปริมาณสีและตัวทำละลายที่ออกสู่สิ่งแวดล้อม (510/1000 x 262)	133.6	กิโลกรัม/ปี

กรณีศึกษา 3 การปรับความดันอากาศที่ใช้กับอุปกรณ์พ่นสีให้ถูกต้องกับประเภทของงานและชนิดของสีและตัวทำละลายที่ใช้

จากการทดสอบประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์กับชิ้นงานจริงในโรงงานแห่งหนึ่ง ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 23% ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.7 จากข้อมูลดังกล่าวจะพบว่าประสิทธิภาพการพ่นติดผิวยังมีการแกว่งตัว และมีโอกาสในการปรับปรุงได้

ตารางที่ 2.7 ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์จากการทดสอบกับชิ้นงานจริง

ขั้นตอน	ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์ (%)	
	หน้าเก้าอี้ (ห้องพ่นเก้าอี้หมายเลข 1)	ขาเก้าอี้ (ห้องพ่นเก้าอี้หมายเลข 2)
พ่นสี (Coloring)	16.4	17.4
พ่นเคลือบผิว (Top Coat)	27.9	30.2
ค่าเฉลี่ย	22.2	23.8
ค่าเฉลี่ย	**23 %**	

โดยทั่วไปประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์อยู่ที่ 30 ─ 50 % (ตารางที่ 2.4) ดังนั้นหากมีการปรับสภาพการใช้งานของปืน (หัวฉีด และความดันลม) ให้ถูกต้อง (แสดงรายละเอียดการปรับความดันอากาศสำหรับปืนพ่นสี ในภาคผนวก ง.3) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นของปืนให้สูงขึ้นได้ และช่วยลดการสูญเสียตัวทำละลายและสีลงได้

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวเฉลี่ย	23	%
มูลค่าการใช้สีและตัวทำละลายผสมสี	5,580,000	บาท/ปี
ปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ในการผสมสี	20,320	กิโลกรัม/ปี

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ตั้งเป้าให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 30 %

$$\text{ร้อยละของสีและตัวทำละลายที่ประหยัดได้} = \frac{(\text{ประสิทธิภาพใหม่} - \text{ประสิทธิภาพเก่า})}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}} \times 100$$

ร้อยละของสีและตัวทำละลายที่ประหยัดได้จริง ((30-23)/30) x 100	23.3	%
ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ (5,580,000 x 23.3)/100	1,300,114	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ไม่มี

ระยะเวลาคืนทุน

ทันที

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

ลดปริมาณตัวทำละลายที่ออกสู่สิ่งแวดล้อม (20,320 x 23.3/100) 4,635 กิโลกรัม/ปี

กรณีศึกษา 4 การเปลี่ยนมาใช้ปืนชนิด Air-assisted Airless

จากการทดสอบประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์ในโรงงานแห่งหนึ่ง โดยทำการพ่นสีบนชิ้นงานสี่เหลี่ยมขนาด 9.2 x 20 ตร.ซม. จำนวน 6 แผ่น พบว่าประสิทธิภาพของปืนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 27.8% (ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ 30 – 50% อยู่เล็กน้อย) และประสิทธิภาพการพ่นติดผิวมีการแกว่งตัวค่อนข้างสูง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.8 อย่างไรก็ตามค่าประสิทธิภาพการพ่นติดผิวดังกล่าวแสดงถึงโอกาสในการพัฒนาปรับปรุงการพ่นสีโดยการเปลี่ยนมาใช้ปืนชนิด Air-assisted Airless ที่มีประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูงขึ้นได้ (40 – 70 %)

ตารางที่ 2.8 ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวของปืนแอร์สเปรย์บนชิ้นงานสี่เหลี่ยม

ขั้นตอน	ประสิทธิภาพการพ่นติดผิว (%)	
	ตัวอย่างแผ่นที่ 1 – 3 (ห้องพ่นเก้าอี้หมายเลข 1)	ตัวอย่างแผ่นที่ 4 – 6 (ห้องพ่นเก้าอี้หมายเลข 2)
พ่นเนื้อสี (Coloring)	-	30
พ่นเคลือบผิว (Top Coat)	40	13.3
ค่าเฉลี่ย	**27.8**	

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวเฉลี่ยบนชิ้นงานสี่เหลี่ยม	27.8	%
มูลค่าการใช้สีและตัวทำละลายผสมสี	5,580,000	บาท/ปี
ปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ในการผสมสี	20,320	กิโลกรัม/ปี

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

หากเปลี่ยนไปใช้ปืน Air-assisted Airless ที่มีประสิทธิภาพ	40	เปอร์เซ็นต์
สมมติปริมาณการใช้งานที่สามารถใช้ปืน Air-assisted Airless	25	เปอร์เซ็นต์

(คิดจาก 50% ของงานที่สามารถใช้กับปืน Air-assisted Airless ได้ และเนื่องจากมีปืน Air-assisted Airless เพียง 1 ชุด ทำให้รองรับปริมาณงานได้ครึ่งหนึ่งของงาน 50% นั้น)

$$\text{ร้อยละของสีและตัวทำละลายที่ประหยัดได้} = \frac{(\text{ประสิทธิภาพใหม่} - \text{ประสิทธิภาพเก่า})}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}} \times 100$$

ร้อยละของสีและตัวทำละลายที่ประหยัดได้จริง ((40-27.8)/40) x 100	30.5	เปอร์เซ็นต์
ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ 25% x (30.5 x 5,580,000)/100	425,475	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการซื้อปืน Air-assisted Airless 1 ชุด	130,000	บาท

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (130,000/425,475) 4 เดือน

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

ลดปริมาณตัวทำละลายที่ออกสู่สิ่งแวดล้อม (20,320 x 25% x 30.5%) 1,549 กก./ปี

หมายเหตุ

1. ราคาปืนแต่ละชนิดเป็นราคาในปี 2548 ส่วนของค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้อาจจะแตกต่างไปได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของโรงงาน
2. โรงงานควรให้ผู้จำหน่ายปืน ทำการทดสอบประสิทธิภาพปืนกับสีและชิ้นงานจริงของโรงงาน เพื่อทำการปรับแต่งให้ได้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวที่ดีที่สุด

กรณีศึกษา 5 การเปลี่ยนมาใช้ปืนชนิด High Volume Low Pressure (HVLP) (เอกสารอ้างอิง (42))

โรงงานแห่งหนึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกาต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นติดผิว โดยการเปลี่ยนปืนแอร์สเปรย์ที่ใช้ทั้งหมดจำนวน 25 ตัว จาก ซึ่งมีประสิทธิภาพการพ่นติดผิว โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 30% มาเป็นชนิด HVLP ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น อยู่ที่ระหว่าง 55 - 80% ผลการทดลองพ่นสีกับปริมาณชิ้นงานจำนวนเท่าเดิมพบว่า ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวเท่ากับ 60%

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวเฉลี่ยของชิ้นงานสี่เหลี่ยม	30	เปอร์เซ็นต์
หากเปลี่ยนไปใช้ปืนชนิด HVLP ที่มีประสิทธิภาพ	60	เปอร์เซ็นต์
ปริมาณการใช้สีและตัวทำละลาย	53,000	แกลลอน/ปี
ปริมาณสีและตัวทำละลายลดลงได้ (จากการใช้งานจริง)	39	เปอร์เซ็นต์

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ปริมาณสีและตัวทำละลายที่ลดลงได้ (39 % x 53,000)	20,670	แกลลอน/ปี
(หรือเทียบเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้	145,000	ดอลล่าร์/ปี)

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการซื้อปืนชนิด HVLP (25 ชุด x 325 ดอลล่าร์)	8,125	ดอลล่าร์

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (8,125/145,000)	0.06	ปี
หรือประมาณ	21	วัน

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

ลดปริมาณสีและตัวทำละลายที่ออกสู่สิ่งแวดล้อม (39/100 x 53,000) 20,670 แกลลอน/ปี

หมายเหตุ

ราคาปืนที่ระบุไว้ในกรณีศึกษานี้ เป็นราคาของประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 2536 แต่ในกรณีที่โรงงานต้องการคำนวณค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ จะต้องสอบถามราคาของปืนชนิดนี้กับทางบริษัทผู้จำหน่ายให้แน่นอนอีกครั้ง โดยประสิทธิภาพการพ่นติดผิวและการประหยัดอาจจะแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของแต่ละโรงงาน

กรณีศึกษา 6 การพ่นสีในบู๊ธพ่นสีร่วมกับการใช้ตัวกรองแบบแห้งแทนการพ่นกลางแจ้ง

โรงงานที่ทำการพ่นสีในพื้นที่โล่งแจ้ง มีแนวโน้มว่าจะใช้ปริมาณสีมากเกินกว่าความจำเป็น เนื่องจากปัจจัยภายนอก เช่น ลมธรรมชาติ และลมจากพัดลมระบายอากาศ และประสิทธิภาพการพ่นติดผิวในพื้นที่โล่งแจ้งจะต่ำกว่าการพ่นในบู๊ธ สามารถคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการติดตั้งบู๊ธพ่นสีได้ดังนี้

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้คำนวณได้จากค่าสีที่สามารถประหยัดได้ ลบออกด้วยค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรอง และค่าไฟฟ้าในการเดินมอเตอร์พัดลมดูดและอัดอากาศของบู๊ธพ่นสี

ค่าสีที่สามารถประหยัดได้

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวในพื้นที่โล่งแจ้งเท่ากับ	15	%
สมมติให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวในบู๊ธเท่ากับ	20	%
มีการใช้สี Two Components Epoxy จำนวน	10	กิโลกรัม/วัน
ราคาสี Two Components Epoxy (ราคาโดยประมาณ)	300	บาท/กก.
โรงงานทำงานปีละ	312	วัน
ชั่วโมงการทำงาน (การพ่นสี)	8	ชั่วโมง/วัน
อัตราค่าไฟฟ้า	3.13	บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ร้อยละของสีและตัวทำละลายที่ประหยัดได้ $= \frac{(\text{ประสิทธิภาพใหม่} - \text{ประสิทธิภาพเก่า})}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}} \times 100$

$= [(20 - 15)/20] \times 100 = 25\ \%$

ปริมาณสีที่ประหยัดได้ (10 x 25/100)	2.5	กก./วัน
ค่าสีที่สามารถประหยัดได้ (2.5 x 300 x 312)	234,000	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรอง

ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรองจะขึ้นอยู่กับความถี่ในการเปลี่ยนตัวกรอง สามารถคำนวณได้จาก ความสามารถในการกักเก็บเนื้อสีของตัวกรอง (Holding Capacity) และสัดส่วนปริมาณเนื้อสี (Resin)ของสีที่ใช้

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

สมมติให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวในบู๊ธเท่ากับ	20	%
มีการใช้สี Two Components Epoxy จำนวน (10 – 2.5)	7.5	กิโลกรัม/วัน
สีที่ติดบนชิ้นงาน (7.5 x 20/100)	1.5	กก./วัน
สีที่ไม่ติดบนชิ้นงาน (7.5 – 1.5)	6	กก./วัน

จากข้อมูลสัดส่วนปริมาณเนื้อสี (Resin) ของ Two Components Epoxy (ภาคผนวก ง ตารางที่ ง.4)		
น้ำหนักเนื้อสี Resin ของ Two Component Epoxy	33	%
ปริมาณเนื้อสีที่ไม่ติดบนชิ้นงาน (6 x 33/100)	1.98	กก./วัน
จากรายละเอียดด้านเทคนิคของตัวกรองชนิดหนึ่ง (ภาคผนวก ง ตารางที่ ง.5)		
ตัวกรอง (Filter) ขนาด 8.3 ตารางเมตร 1 ชุด มีน้ำหนัก	10.5	กก.
ราคาตัวกรอง	3,500	บาท/ชุด
ความสามารถในการกักเก็บเนื้อสี Two Components Epoxy	6.5	กก.เนื้อสี/กก.ตัวกรอง
ความสามารถในการกักละอองสีของตัวกรอง 1 ชุด (6.5 x 10.5)	68.25	กก.เนื้อสี
ประสิทธิภาพการกรองสี Two Components Epoxy ของตัวกรองนี้	92.25	%
คิดเป็นเนื้อสีที่ติดอยู่บนตัวกรอง (1.98 x 92.25/100)	1.83	กก.
อายุการใช้งานของตัวกรอง (68.25/1.83)	37.3	วัน
จำนวนตัวกรองที่ใช้ (312/37.3)	8.4	ชุด/ปี
มีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรอง (8.4 x 3,500)	29,400	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้าในการเดินมอเตอร์พัดลมดูดและอัดอากาศของบู๊ธพ่นสี		
มอเตอร์ของพัดลมดูดอากาศ และอัดอากาศขนาดรวม (5.5 x 2)	11	กิโลวัตต์
ใช้พลังงานไฟฟ้า (11 x 312 x 8)	27,456	กิโลวัตต์-ชม./ปี
ค่าไฟฟ้า (27,456 x 3.13)	85,937	บาท/ปี
รวมค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ [234,000 ─ (29,400 + 85,937)]	**118,663**	**บาท/ปี**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าใช้จ่ายสำหรับบู๊ธพ่นสีรวมติดตั้ง (ไม่รวมงานระบบไฟฟ้า)	560,000	บาท

(บู๊ธโลหะสังกะสี-Galvanize Steel Structure แบบกรอง 2 ชั้น ชั้นแรกเป็นแผ่นกั้นโลหะ ชั้นที่สองเป็นตัวกรองแบบแห้ง ขนาด สูง 2 เมตร ยาว 5 เมตร ลึก 1.2 เมตร พร้อมพัดลมดูดอากาศ 18,000 ลบ.ม./ชม และพัดลมอัดอากาศ เพื่อสร้างความดันในห้องพ่นสี. ข้อมูลจากบริษัท Dantherm Filtration CO., Ltd ราคา ณ ปี พ.ศ. 2548 เอกสารอ้างอิง (4))

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (560,000/118,663)	4 ปี 9 เดือน

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

ลดปริมาณสีและตัวทำละลายที่ออกสู่สิ่งแวดล้อม (2.5 x 312)	780	กก./ปี

หมายเหตุ

ระยะเวลาการคืนทุน คำนวณจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนทางตรง คือ การติดตั้งบู๊ธพ่นสี ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิคำนวณจากประสิทธิภาพการพ่นสีที่เพิ่มขึ้นหักลบจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการหลัก คือ ค่าไฟฟ้าและค่าตัวกรอง ยังไม่รวมถึงโอกาสในการประหยัดได้จากประโยชน์ทางอ้อมอื่นๆ ตัวอย่างเช่น ลดค่าไฟฟ้าจากพัดลมที่เดิมพนักงานต้องเปิดเพื่อระบายไอละอองสี ลดปริมาณการทำงานซ้ำด้านสี ลดค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพอนามัยของพนักงาน และผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเมื่อเทียบกับการพ่นสีในที่โล่ง เป็นต้น

กรณีศึกษา 7 การปรับแต่งอุปกรณ์พ่นสีและความดันที่ใช้ในการพ่นสี (พ่นในบู๊ธพ่นสี)

หากโรงงานมีบู๊ธพ่นสีอยู่แล้ว และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นติดผิวจากเดิม 20% เป็น 25% ได้ด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การปรับแต่งอุปกรณ์พ่นสีและความดันที่ใช้ในการพ่นสี การเพิ่มทักษะการพ่นของพนักงาน รวมถึงมีวิธีการพ่นสีที่ถูกต้อง จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้คำนวณได้จากค่าสีที่สามารถประหยัดได้ ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรองที่ลดลง และค่าไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่ลดลงจากการปรับลดความดันที่ใช้ในการพ่นสี

ค่าสีที่สามารถประหยัดได้

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

สมมติให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวในบู๊ธเดิม เท่ากับ	20	%
สมมติให้ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวในบู๊ธหลังปรุงปรุงเท่ากับ	25	%
มีการใช้สี Two Components Epoxy สำหรับการพ่นในบู๊ธจำนวน	7.5	กิโลกรัม/วัน
ราคาสี Two Components Epoxy (ราคาโดยประมาณ)	300	บาท/กก.
โรงงานทำงานปีละ	312	วัน

ร้อยละของสีและตัวทำละลายที่ประหยัดได้ $= \frac{(\text{ประสิทธิภาพใหม่} - \text{ประสิทธิภาพเก่า})}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}} \times 100$

$= [(25 - 20)/25] \times 100 = 20\ \%$

ปริมาณสีที่ประหยัดได้ (7.5 x 20/100)	1.5	กก./วัน
ค่าสีที่สามารถประหยัดได้ (1.5 x 300 x 312)	140,400	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรองที่ลดลง

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

สัดส่วนปริมาณเนื้อสี Resin ของ Two Component Epoxy (ภาคผนวก ง ตารางที่ ง.4)	33	%
ความสามารถในการกักละอองสีของตัวกรอง 1 ชุด (กรณีศึกษา 6)	68.25	กก.เนื้อสี
ค่าตัวกรอง (Filter) 1 ชุด ขนาด 8.3 ตารางเมตร	3,500	บาท
โรงงานใช้สีสำหรับงานพ่นลดลงเหลือ (7.5 ─ 1.5)	6	กก./วัน
สีที่ติดบนชิ้นงาน (6 x 25/100)	1.5	กก./วัน
สีที่ไม่ติดบนชิ้นงาน (6 – 1.5)	4.5	กก./วัน
ปริมาณเนื้อสีที่ไม่ติดบนชิ้นงาน (4.5 x 33/100)	1.485	กก./วัน
ประสิทธิภาพการกรองสี Two Components Epoxy ของตัวกรองนี้	92.25	%
คิดเป็นเนื้อสีที่ติดอยู่บนตัวกรอง (1.485 x 92.25/100)	1.37	กก.
สามารถยืดอายุการใช้งานของตัวกรองได้เป็น (68.25/1.37)	50	วัน
จำนวนตัวกรองที่ใช้ (312/50)	6.24	ชุด/ปี

ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรองได้ [8.4 ─ 6.24) x 3500]	7,560	บาท/ปี

ค่าไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่ลดลงจากการปรับลดความดันที่ใช้พ่น

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

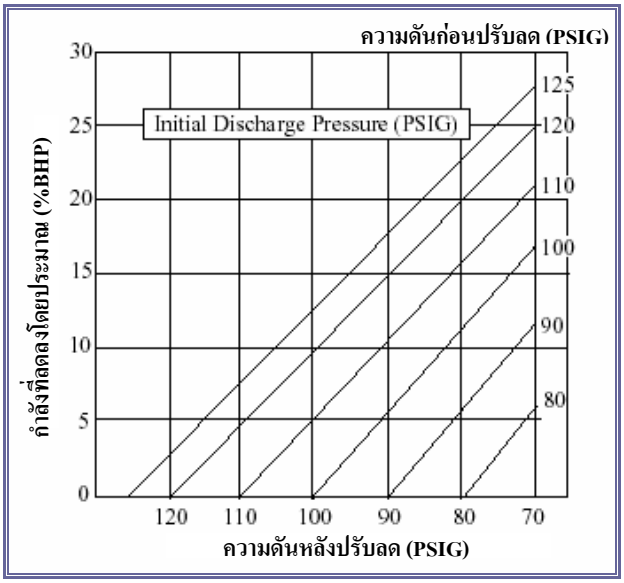
เครื่องอัดอากาศมีกำลัง	10	hp
% การทำงาน (ประมาณ)	60	%
ชม.การทำงาน (312 วัน x 8 ชม./วัน)	2,496	ชม./ปี
อัตราค่าไฟฟ้า	3.13	บาท/kWh
ความดันที่เครื่องอัดอากาศก่อนการปรับลด 9 bar	132	psi
ปรับลดความดันที่เครื่องอัดอากาศเหลือ 7 bar	103	psi

(เพื่อให้ความดันที่ปืนพ่นสีไม่น้อยกว่า 45 psi โดยเผื่อความดันลดในสายต่อปืนพ่นสีที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ความยาว 15 เมตร และมีการใช้งานปืน 2 ชุด พร้อมกัน)

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้คำนวณได้จาก % กำลังของเครื่องอัดอากาศที่ลดลงจากการลดความดัน (เอกสารอ้างอิง (23))

$$\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้} = \frac{\text{กำลังเครื่องอัดอากาศ (HP) x \% การทำงาน x ชม.การทำงาน x S x 0.746 x อัตราค่าไฟฟ้า}}{\text{ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ}}$$

S (% กำลังของเครื่องอัดอากาศที่ลดลงจากการลดความดัน จากรูป 2.3) ไม่น้อยกว่า 13 %



รูปที่ 2.3 กำลังของเครื่องอัดอากาศที่ลดลงจากการลดความดัน

ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ (ประมาณ)	80	%
ดังนั้นสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	5,682	บาท/ปี
(10 x 0.6 x 2,496 x 0.13 x 0.746 x 3.13/0.8)		
รวมค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ (140,400 + 7,560 + 5,682)	**153,642**	**บาท/ปี**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ไม่มี

ระยะเวลาคืนทุน

ทันที

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

ลดปริมาณสีและตัวทำละลายที่ออกสู่สิ่งแวดล้อม (1.5 x 312)	468	กก./ปี

2.3 การลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน

ฝุ่นเป็นประเด็นเป้าหมายอีกประการหนึ่งในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ ที่สามารถนำหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ในการบรรเทาปัญหาลงได้ โดยยึดหลักว่า ต้องทำการรวบรวมฝุ่นที่แหล่งกำเนิดให้ได้มากที่สุด เพื่อไม่ให้มีฝุ่นฟุ้งกระจายในบรรยากาศ เพราะการรวบรวมฝุ่นในบริเวณกว้างมีค่าใช้จ่ายที่เป็นภาระกับผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก นอกจากฝุ่นเหล่านี้จะสร้างปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยกับผู้ปฏิบัติงานโดยตรงแล้ว หากฟุ้งกระจายไปยังส่วนอื่นๆ จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ก่อให้เกิดการทำงานซ้ำ และสะสมตามผนัง เพดาน โคมไฟ และแขวนลอยในบรรยากาศ สร้างความเดือดร้อนรำคาญ บดบังทัศนวิสัย และใช้ประโยชน์จากแสงสว่างได้ไม่เต็มที่อีกด้วย

ผู้ประกอบการและพนักงานควรให้ความสนใจและตระหนักถึงปัญหาฝุ่นที่เกิดขึ้น ถึงแม้ว่าผลตอบแทนที่ได้รับหลังจากรวบรวมฝุ่นที่ดีขึ้นจะไม่ได้เกิดขึ้นทันทีและชัดเจน แต่แท้จริงแล้วการบรรเทาปัญหาฝุ่นในพื้นที่ทำงานเป็นการลงทุนในระยะยาว ผู้อ่านสามารถศึกษาประโยชน์ทางอ้อมหลายประการได้ในภาคผนวก จ โดยมีประโยชน์ที่สำคัญ ได้แก่ สุขภาพอนามัยของพนักงานในโรงงาน ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล ประสิทธิภาพในการทำงาน ภาพพจน์ของโรงงาน เบี้ยประกันด้านอัคคีภัย เป็นต้น

โดยทั่วไปโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้มักมีระบบบำบัดมลพิษอากาศติดตั้งใช้งานอยู่ แต่สิ่งที่ยังขาดคือ ผู้ใช้งานขาดความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของการทำงานของระบบ ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนี้ได้นำเสนอหลักการพื้นฐานของการระบายอากาศสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อบรรเทาปัญหาฝุ่นที่เกิดขึ้นที่แหล่งกำเนิด และมีการใช้งานระบบบำบัดมลพิษอากาศได้เต็มประสิทธิภาพ

การบรรเทาปัญหาฝุ่น ควรเริ่มต้นจากการออกแบบ และการจัดทำรายการวัสดุทั้งการใช้วัตถุดิบใหม่และวัสดุที่เหลือใช้ ขั้นตอน กระบวนการผลิต รวมทั้งรวบรวมสถิติการผลิต และการใช้งานเครื่องจักรสำหรับการผลิตเฟอร์นิเจอร์รูปแบบต่างๆ ของโรงงาน เพื่อทำการจัดวางผังเครื่องจักร (Layout) ให้มีความสอดคล้องกับการผลิต และวางกลุ่มเครื่องจักรและกระบวนการที่ก่อให้เกิดฝุ่นไว้ในบริเวณเดียวกันและแยกออกจากส่วนอื่น เพื่อความสะดวกในการป้องกันฝุ่นฟุ้งกระจายเป็นบริเวณกว้าง นอกจากนี้ไม่ควรวางอุปกรณ์เก็บฝุ่นไว้ในพื้นที่ทำงาน เพราะนอกจากจะเสียพื้นที่สำหรับการผลิตแล้ว ยังจะเกิดฝุ่นฟุ้งกระจายเมื่อทำการขนย้ายหรือหากอุปกรณ์เก็บฝุ่นรั่ว จากนั้น จึงพิจารณาในส่วนของการใช้งานเครื่องจักรให้ถูกต้องกับงาน และการบำรุงรักษาต่างๆ เช่น การลับคมใบเลื่อย ใบมีดตัด ซึ่งรายละเอียดปลีกย่อยในเรื่องนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนด/คู่มือของแต่ละอุปกรณ์ ซึ่งควรมีการดำเนินการบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ (รายละเอียดเพิ่มเติมอธิบายในภาคผนวก ช)

ลำดับถัดมา จึงเป็นการนำหลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มาใช้ในการลดปริมาณฝุ่นและป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจายในพื้นที่ทำงาน ซึ่งจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับพื้นฐานของการระบายอากาศ อันประกอบด้วย

- ความเร็วลมดูด

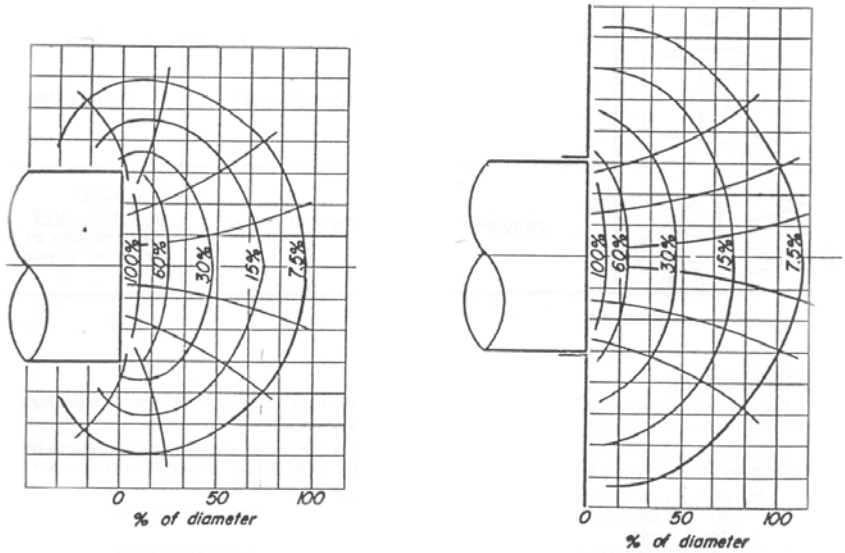
- การระบายอากาศ
- การออกแบบติดตั้งฮูด และท่อดูด
- การบำรุงรักษาและการใช้งานที่ถูกต้อง

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ความเร็วลมดูด

ในการดูดฝุ่นแต่ละขนาด ต้องการความเร็วลมดูดที่แตกต่างกัน (ไม่ว่าปริมาณฝุ่นจะมากหรือน้อย) ฝุ่นขนาดใหญ่ต้องการความเร็วในการดูดมากกว่าฝุ่นขนาดเล็กหรือไอสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งความเร็วที่มากขึ้น หมายถึง ปริมาณลมที่ต้องดูดมากขึ้นและต้องการกำลังไฟฟ้ามากขึ้น ความเร็วในการพา (Capture Velocity) ที่ต้องใช้ในการดูดฝุ่นที่มีความเร็วเริ่มต้นสูง และมีการเคลื่อนไหวของอากาศโดยรอบมาก จะอยู่ระหว่าง 2.5 ─ 10 เมตรต่อวินาที (เอกสารอ้างอิง (2))

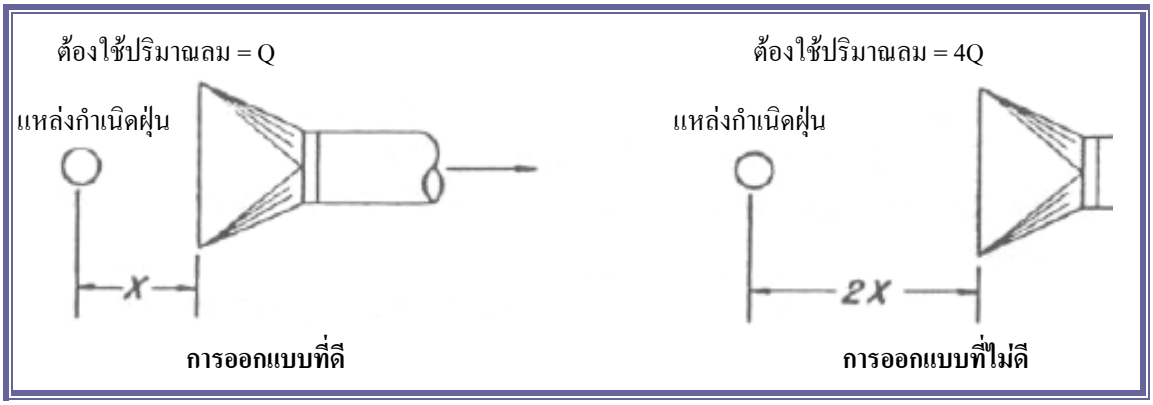
นอกจากขนาดของฝุ่นที่แตกต่างกันแล้ว ระยะห่างระหว่างปากท่อดูดหรือฮูด กับจุดที่เกิดฝุ่นมีผลอย่างยิ่งกับปริมาณลมที่ต้องใช้ดูด เพราะที่ระยะห่างออกไป ความเร็วของลมดูดจะมีค่าลดลงดังแสดงในรูปที่ 2.4 ยกตัวอย่างเช่น หากจุดเกิดฝุ่นอยู่ห่างจากปากท่อเท่ากับครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ จะต้องใช้ความเร็วที่ปากท่อมากถึงกว่า 3 เท่าของความเร็วในการพาที่ต้องการ หรือถ้าต้องการความเร็วลมดูดที่จุดเกิดฝุ่นเท่าเดิม จะต้องเพิ่มปริมาณลมดูดมากขึ้นอย่างน้อยตามสัดส่วนกำลังสองของระยะทาง เนื่องจากลมดูดที่เกิดขึ้นคำนวณจาก Q = VA โดยที่ V = ความเร็วที่ต้องการ A = พื้นที่ผิวทรงกลมรัศมีเท่ากับระยะจากปากท่อถึงจุดเกิดฝุ่น ดังแสดงในรูปที่ 2.5



แบบไม่มีหน้าจาน **แบบมีหน้าจาน**

ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ 2.4 ความเร็วที่ลดลงเมื่อระยะห่างจากปากท่อเพิ่มขึ้น



ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ 2.5 ปริมาณลมที่ต้องการเมื่อระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดและฮูดเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการลดระยะห่างระหว่างปากท่อและจุดที่เกิดฝุ่นให้เหลือน้อยที่สุด จะช่วยลดปริมาณลมที่ต้องดูดให้น้อยลง หรือได้ความเร็วในการพาที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการออกแบบท่อดูดที่ดี อีกวิธีหนึ่ง คือ พยายามสร้างฮูดคลุมชิ้นงานซึ่งจะไม่ต้องดูดลมมาก และควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นได้ดี

ปัจจัยอีกตัวหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณลมที่ดูดได้ คือ ค่าความดันลดของระบบ (Pressure Drop) เพราะว่าในระบบที่ใช้พัดลมขนาดเท่ากัน ระบบที่มีความดันลดมากจะดูดลมได้ในปริมาณที่น้อยกว่าระบบที่มีความดันลดน้อย ความดันลดของระบบดูดฝุ่นโดยทั่วไปจะประกอบด้วยความดันลดที่ปากท่อหรือฮูด (Entry or Hood Loss) ความดันลดจากแรงเฉื่อย (Inertia Loss) ความดันลดในท่อ (Duct Loss) ความดันลดจากพัดลม (Fan Loss) ความดันลดจากระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ (Pollution Control Equipment Loss) และความดันลดจากปล่องระบาย (Stack Loss) ตัวอย่างความดันลดของท่อขนาดต่างๆ และวิธีปฏิบัติที่ดีของการเดินท่อระบายอากาศแสดงไว้ในภาคผนวก จ

การระบายอากาศ

ในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่ใช้ระบบบำบัดอากาศรวม และมีปลายปล่องระบายอยู่ภายนอกโรงงานนั้น เสมือนกับโรงงานมีระบบระบายอากาศซึ่งโรงงานสามารถใช้ประโยชน์จากปริมาณลมที่ถูกดูดออกไปนี้ได้ โดยอาศัยหลักการที่ว่าเมื่อมีอากาศออกจากอาคาร จะมีอากาศปริมาณเท่ากันเข้าสู่อาคาร โรงงานจึงควรบังคับทิศทางลมที่เข้าสู่อาคารให้เข้าสู่อาคารจากด้านที่เกิดฝุ่นน้อยไปยังด้านที่เกิดฝุ่นมากกว่า และจากด้านที่มีอากาศเย็นไปยังด้านที่มีอากาศร้อนกว่า (ตัวอย่างการระบายอากาศที่ดีแสดงไว้ในภาคผนวก จ) การจัดให้มีการระบายอากาศในโรงงานโดยอาศัยประโยชน์จากปริมาณลมที่ดูดออกไปนี้ จะเกิดผลในการถ่ายเทความร้อนออกจากบริเวณทำงานพร้อมกับอากาศที่ดูดออกไปด้วย พร้อมกันนี้อาจทำการติดตั้งฉนวนเพิ่มเติม เพื่อเป็นการลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารผ่านการแผ่รังสีจากหลังคา ข้อควรระวังอีกประการหนึ่ง คือ การใช้พัดลมติดเพดานหรือพัดลมตั้งพื้นแบบส่ายได้ เพราะมีผลต่อการระบายอากาศน้อยมาก และควบคุมทิศทางการไหลของอากาศได้ยาก ทั้งยังสิ้นเปลือง

พลังงานและเพิ่มแหล่งความร้อนในอาคารอีกด้วย หากจำเป็นต้องใช้พัดลมช่วยในการระบายอากาศควรใช้พัดลมที่มีทิศทางการไหลของอากาศที่แน่นอน

สำหรับระบบดูดฝุ่นที่เป็นถุงกรองเดี่ยวแบบเคลื่อนที่ได้ตั้งอยู่ภายในบริเวณทำงาน และไม่ได้มีการนำอากาศที่ผ่านถุงกรองออกสู่ภายนอกอาคารจะไม่ได้รับประโยชน์จากการระบายอากาศนี้ กล่าวคืออากาศที่ถูกดูดออกไป จะถูกปล่อยผ่านถุงกรองภายในบริเวณเดียวกันนั่นเอง ยิ่งหากถุงกรองนั้นมีลมรั่วออกมา จะทำให้ถุงกรองฝุ่นนั้นทำหน้าที่กระจายฝุ่นให้เป็นบริเวณกว้างมากขึ้น อย่างไรก็ตามถุงกรองฝุ่นขนาดเล็กนี้ยังมีการใช้อยู่โดยเฉพาะในโรงงานขนาดเล็กและกลาง ซึ่งการใช้ถุงกรองอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษา และการทำความสะอาดถุงกรองอย่างสม่ำเสมอ

การออกแบบติดตั้งฮูด และท่อดูด

ฮูดถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างแรกในการป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจายออกเป็นบริเวณกว้าง และส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรวบรวมฝุ่น โดยการออกแบบฮูดและท่อดูดฝุ่นที่ดีมีแนวทางดังต่อไปนี้

- ฮูดควรอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดฝุ่นให้มากที่สุด การติดตั้งฮูดที่ปากท่อดูดนอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการรวบรวมฝุ่นให้ดีขึ้นได้แล้ว ยังทำให้เกิดความดันลดที่ปากท่อน้อยกว่าท่อดูดเปลือย
- ขนาดของฮูดควรครอบคลุมวิถีของฝุ่นที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรทั้งหมดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดผลกระทบจากลมภายนอก ตัวอย่างของฮูด แสดงไว้ในภาคผนวก จ
- ตำแหน่งของฮูดและท่อดูดควรจะสอดคล้องกับทิศทางของฝุ่นที่เกิด เพื่อลดความปั่นป่วนในเส้นท่อซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเสียงดัง และความดันลดที่มากขึ้น ตัวอย่างการติดตั้งฮูดที่ดีและไม่ดีของเครื่องจักรแต่ละชนิด แสดงไว้ในภาคผนวก จ

ขั้นตอนการคำนวณขนาดท่อของระบบรวบรวมฝุ่นที่แนะนำโดย Air Handling Systems (เอกสารอ้างอิง (1)) ที่สะดวกต่อการทำความเข้าใจของโรงงาน เพื่อใช้ในการประมาณการเบื้องต้น แสดงไว้ในภาคผนวก จ ก่อนทำการออกแบบโดยละเอียดต่อไป

การบำรุงรักษาและการใช้งานที่ถูกต้อง

ในกรณีของระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ซึ่งการปรับเปลี่ยนหรือดัดแปลงอุปกรณ์บำบัดมลพิษที่มีอยู่สามารถกระทำได้ยาก และการสร้างระบบใหม่ต้องอาศัยค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง ดังนั้นการบำรุงรักษา และการใช้งานที่ถูกต้องเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ระบบที่ติดตั้งไว้แล้วสามารถทำงานได้ตามที่ควรจะเป็น ซึ่งพื้นฐานสำคัญของการบำรุงรักษา และการใช้งานระบบรวบรวมฝุ่นได้แก่

- การรักษาความสะอาดหน้าฮูดดูดฝุ่น มอเตอร์ และพื้นที่โดยรอบถุงกรอง
- การระวังไม่ให้มีสิ่งกีดขวางฮูด
- การตรวจสอบการรั่วไหล ฉีกขาด ของระบบท่อ เนื่องจากสนิม และการสั่นสะเทือน

- การปิดท่อดูดที่ไม่ได้ใช้งาน แต่ต้องระวังไม่ให้ปิดท่อดูดของเครื่องจักรหลักที่ได้ออกแบบไว้ในตอนแรก จากการตรวจวัดปริมาณลมที่ดูดได้เมื่อปิดท่อที่ไม่ใช้งานไปจะทำให้ความเร็วลมในจุดอื่นที่ใช้งานอยู่เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 5 - 10% แต่การปิดแดมเปอร์ต้องระวังปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากความดันลดในระบบท่อสูงเกินไป และความเร็วในท่อบางจุดต่ำเกินไป ทำให้เกิดฝุ่นสะสมในท่อ โดยปกติแล้วจำนวนแดมเปอร์ที่ปิด ไม่ควรเกิน 60% ของจำนวนแดมเปอร์ทั้งหมดของระบบดูดฝุ่น (เอกสารอ้างอิง (5))
- ถ่ายฝุ่นออกจากถุงกรองอย่างสม่ำเสมอ (ขี้เลื่อย ขี้กบ และฝุ่นหยาบ สามารถนำไปใช้ในการผลิตไฟเบอร์บอร์ด และฝุ่นละเอียดนำไปผลิตธูป)
- ตรวจสอบการรั่วของถุงกรอง
- เปิดเดินระบบดูดฝุ่นก่อนเริ่มงานเล็กน้อยเพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาพคงที่ก่อนการใช้งาน และปิดระบบหลังจากหยุดเครื่องจักรและดูดฝุ่นทั้งหมดแล้วเล็กน้อย เพื่อป้องกันฝุ่นตกค้างอยู่ภายในท่อ

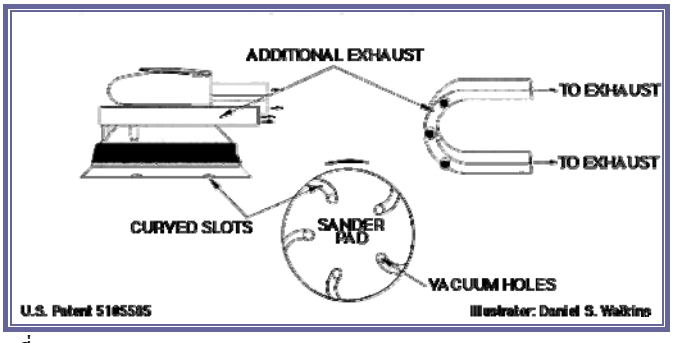
ผู้อ่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบบำบัดมลพิษทางอากาศได้จากภาคผนวก จ และเอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่ระบุไว้ในภาคผนวก ฌ

2.3.1 วิธีการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน

วิธีการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน	หมายเหตุ
1 ปรับตำแหน่งของฮูดหรือท่อดูดฝุ่น ให้สอดคล้องกับทิศทางการเกิดฝุ่นครอบคลุม และอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดฝุ่นมากที่สุด ● ฮูดหรือท่อดูดฝุ่นที่ติดตั้งต้องไม่กีดขวางการทำงานของพนักงาน และสามารถปรับเลื่อนตำแหน่งให้สอดคล้องกับทิศทางการเกิดฝุ่นระหว่างการทำงานที่ชิ้นงานขนาดต่างๆ ได้ ● ฮูดหรือท่อดูดฝุ่น ควรครอบคลุมและอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดของฝุ่นให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ประสิทธิภาพการดูดฝุ่นดียิ่งขึ้น	
2 ใช้ประโยชน์จากฮูดหรือท่อดูดฝุ่นให้ครบทุกท่อ โรงงานสามารถต่อท่อดูดเพิ่มเติมกับเครื่องจักรที่กำเนิดฝุ่น เพื่อใช้ประโยชน์จากท่อดูดของถุงกรองให้ครบ	
3 ตรวจสอบความเรียบร้อยของ ฮูด ท่อดูด และแดมเปอร์ ปิดแดมเปอร์ที่ปลายท่อเมื่อไม่ได้ใช้งาน ● เครื่องจักรที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นมักจะไม่ได้มีการใช้งานพร้อมกัน โรงงานควรทำการปิดแดมเปอร์ที่ปลายท่อในจุดที่ไม่ได้ใช้งาน จะทำให้ประสิทธิภาพลมดูดในท่ออื่นๆ ที่มีการใช้งานสูงขึ้น และสามารถดูดฝุ่นได้ดียิ่งขึ้น ● ในกรณีที่ปลายท่อไม่มีแดมเปอร์ ควรทำการติดตั้งแดมเปอร์ไว้ที่ปากท่อดูด เพื่อให้สามารถปิดท่อเมื่อไม่ใช้งาน	หากมีการปิดท่อดูดที่ไม่ใช้งาน ความเร็วลมในท่อของทั้งระบบจะเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นต้องระวังไม่ให้ฝุ่นหรือขี้เลื่อยขนาดใหญ่ตกค้างอยู่ภายในระบบท่อ เนื่องจากความเร็วลมที่น้อยเกินไป โดยปกติถ้าความเร็วลมในท่อสูงกว่า 4,000 ฟุตต่อนาที (หรือ 20 เมตร/วินาที) จะไม่มีฝุ่นหรือขี้เลื่อยสะสม (เอกสารอ้างอิง (5))

วิธีการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน	หมายเหตุ
4 ทำความสะอาดบริเวณโดยรอบเครื่องจักรไม่ให้เกิดฝุ่นสะสม	
• ความเป็นระเบียบ และความสะอาดเรียบร้อยเป็นพื้นฐานของการจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล สภาพเครื่องจักรที่สะอาดทำให้เห็นสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ง่าย และสามารถตรวจสอบปรับปรุงได้ทันท่วงที โรงงานควรพิจารณาทำความสะอาดพื้นที่โดยรอบเครื่องจักรอย่างน้อยวันละสองครั้ง คือ ช่วงก่อนพักเที่ยงและก่อนเลิกงาน เพื่อลดปริมาณฝุ่นและขี้เลื่อยสะสม	
5 เปลี่ยนถ่ายฝุ่นในถุงกรองอย่างสม่ำเสมอทุกวัน และทำการซ่อมแซม/เปลี่ยนถุงกรองที่ขาด	
• ถุงกรองที่มีชั้นเค้กของฝุ่นสะสมมากขึ้น จะทำให้ปริมาณลมที่ดูดได้น้อยลงไปเรื่อยๆ ขณะที่ความดันลดของระบบจะสูงขึ้น (เอกสารอ้างอิง (2)) เมื่อความเร็วที่ปากท่อดูดลดลง จะไม่สามารถรวบรวมฝุ่นได้ดังเดิม ทำให้ประสิทธิภาพดูดฝุ่นโดยรวมของระบบต่ำลง โรงงานควรทำการเปลี่ยนถ่ายฝุ่นในถุงกรองอย่างสม่ำเสมอทุกวันไม่ว่าฝุ่นจะเต็มถุงหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสที่ถุงกรองจะเต็มในขณะที่ทำการผลิต ซึ่งจะทำให้การทำงานต้องหยุดชะงัก เสียเวลาและเกิดความยุ่งยากในการทำงาน โรงงานอาจพิจารณาให้พนักงานประจำเครื่องจักร ใช้เวลาส่วนหนึ่งก่อนเลิกงานของทุกวันถ่ายฝุ่นออกจากถุงกรอง	ขณะที่เริ่มใช้งาน ถุงกรองจะยังไม่สามารถกรองฝุ่นได้ดีนัก เมื่อเริ่มใช้งานจะมีชั้นเค้กสะสมบนผิวผ้ากรองทำหน้าที่ช่วยกรองฝุ่นอีกชั้นหนึ่ง (แต่ชั้นเค้กที่หนาขึ้นนี้จะทำให้ค่าความดันลดของระบบเพิ่มขึ้น และทำให้ดูดลมได้น้อยลงด้วย)
• ถุงกรองที่มีรอยรั่ว จะเป็นตัวกระจายฝุ่นให้เป็นบริเวณกว้างมากขึ้น จึงควรเปลี่ยน หรือซ่อมแซมทันทีที่พบเห็น	
6 จัดวางผังเครื่องจักรให้กลุ่มเครื่องจักรที่เกิดฝุ่นอยู่ในบริเวณเดียวกัน และแยกส่วนจากบริเวณอื่น	
• โรงงานที่มีแผนขยายกำลังการผลิต หรือจัดวางผังโรงงานใหม่ ควรพิจารณาถึงการจัดวางตำแหน่งเครื่องจักรด้วย เครื่องจักรของกระบวนการตัด ไส หรืออื่นๆ ที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่น ควรอยู่ห่างจากตำแหน่งที่มีกระบวนการทำสีมากที่สุด	

วิธีการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน	หมายเหตุ
7 ปรับปรุงการรวบรวมฝุ่นของเครื่องจักรที่เกิดฝุ่นหยาบ (ฝุ่นขนาดใหญ่)	
• ควรแยกจัดการฝุ่นขนาดใหญ่ (ฝุ่นหยาบ) ออกจากฝุ่นขนาดเล็ก (ฝุ่นละเอียด)	
• เครื่องจักรที่เป็นแหล่งกำเนิดของฝุ่นขนาดใหญ่ ควรมีการกั้นเป็นพาร์ติชั่น ทำฉากรวบรวม หรือใช้ม่านพลาสติกกั้น เพื่อให้ขี้เลื่อยและฝุ่นขนาดใหญ่ตกอยู่ในบริเวณเดียว ไม่ฟุ้งกระจาย และสะดวกต่อการรวบรวมหลังจากทำงานเสร็จ	
• ใช้วิธีเก็บกวาดฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีปริมาณไม่มากและไม่ฟุ้งกระจายแทนการดูดฝุ่นหากมีอุปกรณ์ดูดฝุ่นไม่เพียงพอ เช่น บริเวณที่เป็นขี้กบ ขี้เลื่อย เป็นต้น	
• จัดทำห้องดักฝุ่นหรือไซโคลนแยกฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ออกจากกระแสลมในท่อดูดก่อน รายละเอียดเพิ่มเติมของไซโคลนแสดงไว้ในภาคผนวก จ	
8 ปรับปรุงสภาพการทำงานสำหรับงานขัดมือ ให้สามารถรวบรวมฝุ่นขนาดเล็กที่เกิดขึ้นออกจากบริเวณทำงานได้ดีที่สุด	
• งานขัดละเอียดที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็ก ควรจัดให้อยู่ในห้องเฉพาะและมีโต๊ะขัดที่มีระบบดูดฝุ่นติดตั้ง เพื่อจำกัดการฟุ้งกระจายของฝุ่นเป็นบริเวณกว้าง และทำให้ระบบดูดฝุ่นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น	ข้อแนะนำเกี่ยวกับการดูดฝุ่นจากโต๊ะขัด แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก จ
• การใช้ระบบการดูดฝุ่นจากเครื่องขัดโดยตรง ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.6	



ที่มา: Control of Wood Dust From Random Orbital Hand Sanders (NIOSH)
(เอกสารอ้างอิง (27))

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างระบบการดูดฝุ่นจากเครื่องขัดโดยตรง

วิธีการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน	หมายเหตุ
9 ตรวจสอบการเดินท่อต่างๆ ให้เป็นไปตามข้อปฏิบัติที่ดี เพื่อให้ระบบท่อดูดมีความดันลดต่ำที่สุด ตัวอย่างความดันลดของท่อขนาดต่างๆ และวิธีปฏิบัติที่ดีของการเดินท่อระบายอากาศแสดงไว้ในภาคผนวก จ	
10 เพิ่มถุงกรองดักฝุ่นเพื่อรองรับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เพิ่มมากขึ้น ไม่ควรใช้การย้ายท่อลมจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง การย้ายท่อดูดฝุ่นที่ติดตั้งอยู่กับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรหนึ่งไปต่อกับอีกอุปกรณ์หรือเครื่องจักรหนึ่งเมื่อต้องการใช้งานนั้นเป็นวิธีการที่ไม่ถูกต้อง หลักปฏิบัติที่ดีนั้นท่อดูดฝุ่นควรยึดติดกับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เกิดฝุ่นให้แน่นหนา และไม่ควรใช้เป็นท่ออ่อนสวมไว้ชั่วคราว การใช้ท่ออ่อนที่สามารถถอดไปใช้ได้หลายจุด ทำให้ต้องเผื่อความยาวของท่ออ่อนไว้มากกว่าปกติ ซึ่งทำให้เกิดความดันลดในท่อมาก รวมถึงกีดขวางการทำงานของพนักงานด้วย หากมีอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ต้องการใช้ถุงกรองดูดฝุ่นมากกว่าถุงกรองที่มีอยู่ ควรเพิ่มจำนวนถุงกรองให้เพียงพอกับความต้องการ รวมถึง วางแผนการผลิตเพื่อลดการทำงานของถุงกรอง	
11 ติดตั้งระบบตรวจจับประกายไฟ (Spark Detection) เข้ากับระบบดูดฝุ่นของโรงงาน ● การติดตั้งระบบตรวจจับประกายไฟเข้ากับระบบดูดฝุ่นที่มีอยู่ของโรงงานให้ผลดีหลายประการ ได้แก่ ลดความเสี่ยงในการเกิดไฟไหม้และการระเบิด โรงงานมีมาตรฐานด้านความปลอดภัยสูงขึ้น ได้รับเบี้ยประกันอัคคีภัยที่ต่ำลง รวมถึงเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับทั้งผู้ประกอบการและพนักงาน ราคาของระบบตรวจจับประกายไฟ 1 โซน ประกอบด้วย ตู้ควบคุม 1 ชุด เซ็นเซอร์ (อุปกรณ์ตรวจจับประกายไฟ) 1 โซน อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบระบบ 1 ชุด (ไม่รวมค่าแรงในการติดตั้ง) ประมาณ 600,000 บาท (เอกสารอ้างอิง (6))	ในกรณีที่โรงงานมีแรงดันน้ำต่ำกว่า 6 บาร์ จะต้องทำการติดตั้งปั๊มเพิ่มแรงดันเพื่อช่วยเพิ่มแรงดันน้ำให้เพียงพอกับการทำงานของหัวฉีดน้ำ (Sprinkle)

หมายเหตุ

1. การพิจารณาเลือกใช้ระบบดูดฝุ่นแบบรวมศูนย์จะเหมาะกับโรงงานที่มีกระบวนการผลิตขนาดใหญ่ มีการผลิตสม่ำเสมอ กระบวนการผลิตค่อนข้างคงที่ สำหรับระบบดูดฝุ่นขนาดเล็กจะมีความคล่องตัวสูง เหมาะกับโรงงานขนาดเล็ก มีการผลิตแบบเวิร์คช๊อปที่มีการผลิตไม่ต่อเนื่อง ซึ่งการออกแบบระบบดูดฝุ่นที่ดีจะช่วยลดปริมาณฝุ่นและประหยัดพลังงานที่ต้องใช้

2. หลังจากทำการปรับปรุงตามวิธีการต่างๆ ในตารางแล้ว เช่น ปิดแดมเปอร์ เพิ่มจำนวนถุงกรอง แต่ปริมาณลมดูดฝุ่นยังไม่เพียงพอ จึงทำการปรับปรุงเพิ่มจำนวน และ/หรือ เพิ่มขนาดของพัดลมและมอเตอร์ต่อไป
3. การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบดูดฝุ่นนี้ โดยทั่วไปไม่สามารถคิดค่าใช้จ่ายที่ประหยัดกลับคืนมาได้โดยตรง เพราะค่าไฟฟ้าของพัดลมเกิดขึ้นตลอดเวลาไม่ว่าจะดูดฝุ่นได้เต็มประสิทธิภาพหรือไม่ แต่ประโยชน์ที่ได้รับส่วนใหญ่จะเป็นประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ สภาพแวดล้อมในการทำงาน สุขภาพอนามัยของพนักงาน เป็นต้น

2.3.2 กรณีศึกษาเพื่อลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน

กรณีศึกษา 1 การใช้ประโยชน์จากท่อดูดของถุงกรองให้ครบทุกท่อ

โรงงานควรต่อสูดเข้ากับท่อดูดของถุงกรองที่ว่างอยู่ เพื่อทำการดูดฝุ่นที่เครื่องจักรที่กำเนิดฝุ่นและใช้ประโยชน์จากท่อดูดของถุงกรองให้ครบ ทำให้ระบบดูดฝุ่นทำงานได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถประมาณการค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปจากการไม่ได้ใช้ประโยชน์ท่อดูดของถุงกรองครบทุกท่อดังนี้

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ถุงกรอง 1 ชุด (7.5 แรงม้า, 8 ท่อดูด) ใช้กำลังไฟฟ้า	5.6	กิโลวัตต์
โรงงานทำงาน	312	วัน
ถุงกรองทำงานเฉลี่ยวันละ	10	ชั่วโมง
ค่าพลังงานไฟฟ้า	3.13	บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (3.13 x 5.6 x 10)	175	บาท/วัน
หรือคิดเป็น (175 x 312)	54,600	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ (54,600/8)	6,825	บาท/จุด
(ถือเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้จากการใช้ประโยชน์ท่อดูด)		

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

การจัดทำสูด (รวมค่าแรง)	200	บาท/จุด

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (200/6,825)	11	วัน

ประโยชน์อื่นๆ ที่จะได้รับ

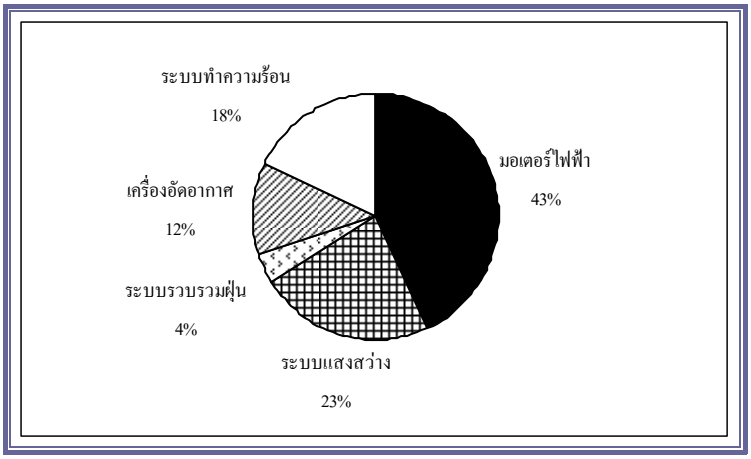
ลดปัญหาสุขภาพอนามัยของพนักงาน รวมถึงทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น

2.4 การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

พลังงานเป็นต้นทุนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ จากข้อมูลของสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม แสดงให้เห็นว่าต้นทุนพลังงานต่อมูลค่าผลิตภัณฑ์ของกลุ่มโรงงานเฟอร์นิเจอร์ที่สำรวจ เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.27 ในปี 2543 เป็นร้อยละ 3.35 ในปี 2546 หรือเพิ่มขึ้นกว่า 47% และเมื่อพิจารณาถึง ปริมาณการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้และปริมาณการใช้พลังงานจากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และรายงานไฟฟ้าของไทย 2547 พบว่าถึงแม้ปริมาณการผลิตจะมีการขยายตัวและหดตัวตามสภาวะตลาดและสภาพของอุตสาหกรรม แต่ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเพิ่มขึ้นจาก 1.014 พันล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี 2543 เป็น 1.425 พันล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี 2547 หรือเพิ่มขึ้นกว่า 40%

ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ที่ผู้ประกอบการไม่สามารถจะละเลยได้ สำหรับพลังงานที่ใช้ในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้เป็นพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ซึ่งจากข้อมูลที่ศึกษาในโครงการฯ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าอยู่ในช่วง 5.8 – 27.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลบ.ฟุต โดยมีค่ามัธยฐานอยู่ที่ 9.0 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลบ.ฟุต โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปถูกใช้ไปกับมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรในการผลิตเป็นหลัก (จากการศึกษาของ ภาษิต ทินนาม, 2545 ในวิทยานิพนธ์เรื่อง การใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตเครื่องเรือนไม้ยางพารา ได้ดัชนีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 11.73 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลบ.ฟุต)

Mississippi State University ได้เคยศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.7



ที่มา: Energy Conservation in the Wood-Furniture Industry, Mississippi State University, Industrial Assessment Center

รูปที่ 2.7 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในประเทศสหรัฐอเมริกา

เมื่อตัดส่วนของการใช้พลังงานกับระบบทำความร้อนในพื้นที่โรงงานซึ่งไม่มีการใช้งานในประเทศไทย สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าจะเป็น มอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องจักรการผลิต (52%) ระบบแสงสว่าง (28%) เครื่องอัดอากาศ (15%) ระบบรวบรวมฝุ่น (5%) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานผลิตเครื่องเรือนไม้ยางพารา ของ ภาษิต (2545) พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงาน

ของโรงงานกรณีศึกษา เป็น มอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องจักรการผลิต (70.5%) ระบบรวบรวมฝุ่น (12.9%) เครื่องอัดอากาศ (6.5%) และระบบแสงสว่าง (5.6%) เครื่องปรับอากาศและอื่นๆ (4.5%)

ถึงแม้ว่าการศึกษาทั้งสองจะมีความแตกต่างกันในส่วนของสัดส่วนการใช้งานแต่ละประเภท แต่จากผลที่ได้รับจากการศึกษาแสดงว่า พลังงานไฟฟ้าถูกใช้ไปกับมอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องจักรมากที่สุด พลังงานส่วนที่เหลือถูกใช้ไปกับระบบแสงสว่าง เครื่องอัดอากาศ และระบบรวบรวมฝุ่นในสัดส่วนที่แตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน ในหลักปฏิบัตินี้จะได้นำเสนอวิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานทั้งสี่ประเภทนี้เป็นหลัก

การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพภายในโรงงานจะเกิดผลมากน้อยเพียงใด ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ผู้ใช้พลังงาน ซึ่งหมายถึง บุคลากรทุกคนที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ทุกฝ่ายต้องร่วมมือกันโดยตระหนักถึงความสำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน สร้างจิตสำนึกให้มีหน้าที่และความรับผิดชอบต่อการใช้พลังงาน ขจัดความคิดที่ว่าไม่ใช่หน้าที่ของตนออกเสีย ตลอดจนให้ทุกคนทราบถึงแผนการดำเนินงาน เป้าหมาย และแนวทางการปฏิบัติที่ถูกต้องในการใช้งานเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ

2.4.1 วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
1 การลดการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการปรับปรุงตัวประกอบโหลด (Load Factor) จัดรูปแบบการใช้ไฟฟ้าให้มีค่าสม่ำเสมอขึ้นให้ใกล้เคียงกับค่าตัวประกอบโหลดเฉลี่ยของทั้งเดือน โดยการติดตั้งเครื่องควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดอัตโนมัติ ไม่ให้มีการใช้กำลังไฟฟ้าเกินค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งช่วยให้มีค่าธรรมเนียมความต้องการไฟฟ้าลดลง ตัวประกอบโหลดในแต่ละเดือน คำนวณได้จาก $\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเดือนนั้น (kWh) x 100}}{\text{24 x วันในแต่ละเดือน x ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในเดือนนั้น (kW)}}$	วิธีการลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลงอย่างหนึ่งคือการจัดตารางการเดินเครื่องจักรขนาดใหญ่เมื่อเริ่มทำงานแต่ละช่วง โดยทิ้งระยะการเดินเครื่องจักรห่างกัน 2-3 นาที (หากทิ้งระยะมากเกินไปจะทำให้เปลืองพลังงานที่ต้องเดินเครื่องจักรเร็วขึ้น) โดยลำดับการเดินเครื่องจักรควรเริ่มจาก เครื่องอัดอากาศ (ขนาดใหญ่ไล่ไปยังขนาดเล็ก) พัดลมในระบบรวบรวมฝุ่น (ขนาดใหญ่ไล่ไปยังขนาดเล็ก) แล้วจึงเดินเครื่องจักรที่มีการใช้งานจากขนาดใหญ่ไปขนาดเล็กตามลำดับ

วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
2 *การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor, PF)*	
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF) เป็นพารามิเตอร์ที่บอกว่าโรงงานใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด สามารถวัดได้โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัด โดยค่า PF ที่ดีที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าค่า PF มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ คือ 0.85 ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องเสียค่าธรรมเนียม PF ซึ่งคิดจากส่วนของกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟที่มากกว่า ผลคูณของความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยใน 15 นาที (ภายในแต่ละเดือน) กับ ค่า 0.6197 ในอัตรา 14.02 บาท/กิโลวาร์ ดังสูตร **ค่าธรรมเนียม PF = 14.02 x [กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (kVAR) - ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยใน 15 นาที ภายในเดือน (kW) x 0.6197]** นอกเหนือจากค่าธรรมเนียม PF แล้วยังลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย ดังตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 2	กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ และความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยใน 15 นาที (ภายในเดือน) สามารถดูได้จากบิลค่าไฟฟ้าประจำเดือน ดังตัวอย่าง กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ 720.00 kVAR ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยใน 15 นาที = 769.60 kW จากสูตรจะได้ 720.00 > 769.60 x 0.6197 **720.00 > 476.92** *(ต้องเสียค่าธรรมเนียม PF)* ส่วนต่าง 720.00 – 476.92 = 243 kVAR ค่าธรรมเนียม PF 14.02 บาท/ kVAR ต้องจ่ายค่าธรรมเนียม (243.08 x 14.02) = 3,406.86 บาท
3 *การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระของมอเตอร์ (Motor Load Control)*	
อุปกรณ์ควบคุมภาระของมอเตอร์จะช่วยควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ให้มีความสัมพันธ์กับลักษณะของภาระที่เข้า ทำให้การทำงานในช่วงที่มีประสิทธิภาพและตัวประกอบกำลังต่ำ มีประสิทธิภาพและค่าตัวประกอบกำลังสูงขึ้น	ตัวอย่างเครื่องจักรที่มีโอกาสในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระของมอเตอร์ในอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ ได้แก่ เครื่องเจาะ และ เครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งความคุ้มค่าในการลงทุน ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานว่ามีการทำงานในช่วงที่มีประสิทธิภาพต่ำมากน้อยเพียงใด
4 *การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor)*	
มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดา 4-7% สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่า 5.5 กิโลวัตต์ และ 2-4% สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่	การใช้อุปกรณ์ควบคุมโหลดของมอเตอร์ และการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง จะมีค่าใช้จ่ายในการ

วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
โดยมอเตอร์ที่มีความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงคือมอเตอร์ที่มีพิกัดการใช้งานสูงกว่า 75% (เนื่องจากประสิทธิภาพของมอเตอร์จะมีค่าสูงที่สุดที่ 75% ของพิกัดมอเตอร์ขึ้นไป)	ลงทุนสูงและมักจะมีระยะเวลาคืนทุนนานกว่า 5 ปี (นอกจากเป็นการเปลี่ยนแทนมอเตอร์เดิมที่หมดอายุการใช้งาน) และระยะเวลาคืนทุนจะยิ่งนานขึ้นหากเป็นโรงงานที่มีการใช้อุปกรณ์ไม่เต็มที่
5 การเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน	
ควรพิจารณาเลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงกับเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ใช้งานเป็นประจำ รวมถึงเลือกใช้มอเตอร์ชนิดที่สามารถปรับความเร็วรอบการทำงานกับเครื่องจักรที่มีภาระการใช้งานไม่สม่ำเสมอในแต่ละวัน ส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มาก	การประหยัดพลังงานที่ดีที่สุด คือการใช้งานอย่างต่อเนื่อง หลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ตัวเปล่า และเลือกใช้มอเตอร์ให้มีพิกัดที่เหมาะสมกับโหลด
6 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องอัดอากาศ	
• ลดอุณหภูมิโดยรอบบริเวณเครื่องอัดอากาศให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยระบายอากาศร้อนออกนอกห้องเครื่องให้มากที่สุด เครื่องอัดอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศให้ต่อท่อหรือหันด้านเป่าลมร้อนออกนอกห้องเครื่องให้ได้ และห้ามตั้งเครื่องอัดอากาศไว้ในห้องหม้อไอน้ำ (หากมีหม้อไอน้ำ)	ตารางแสดงการประหยัดพลังงานเมื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ดูได้ในภาคผนวก ฉ
• หมั่นเป่าฝุ่นที่เกาะในร่องครีบระบายความร้อนของรังผึ้ง	
• หลีกเลี่ยงการอัดอากาศที่มีความชื้นสูง เพราะเมื่ออัดเสร็จจะเป็นความชื้นแรงดันสูง เมื่อผ่านไปยังชุดระบายความร้อนหลังเครื่องอัดอากาศจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ทำให้ปริมาตรอากาศอัดหายไป	ทุกๆ 1 ลิตรของน้ำที่กลั่นตัวออกมาเทียบเท่ากับปริมาณอากาศอัด 1 ลูกบาศก์เมตร
• ตรวจสอบไส้กรองอากาศอย่างสม่ำเสมอ หมั่นเป่าฝุ่นที่ติดบนไส้กรองออก เนื่องจากเมื่อมีฝุ่นเกาะไส้กรองจะทำให้อากาศผ่านได้ลำบาก โดยทั่วไป อากาศความดันปกติ 1,013 mbarA เมื่อผ่านไส้กรองแล้วความดันจะลดลงไป 10 mbarA เหลือ 1003 mbarA มีผลทำให้	ทุกๆ 10 mbarA ที่ไส้กรองอุดตัน จะทำให้ปริมาตรอากาศเข้าเครื่องลดลง 1% ห้ามถอดไส้กรองออกและเปลี่ยนไส้กรองที่เสียหายทันทีที่พบ

วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
ปริมาตรอากาศโตขึ้นประมาณ 1% แต่ขนาดบรรจุของช่องอัดคงที่ จึงเหมือนมีอากาศเข้าเครื่องลดลง 1%	
• สำรวจเครื่องใช้อากาศอัดทั้งโรงงานว่าสามารถลดความดันใช้งานลงได้หรือไม่ และลดความดันของอากาศอัดลง	ตารางแสดงการประหยัดพลังงานจากการลดความดันเครื่องอัดอากาศ ดูได้ในภาคผนวก ฉ
• ใช้ท่อส่งอากาศอัดที่มีขนาดเหมาะสมและเกิดความดันสูญเสียต่ำ การปรับตั้งเครื่องอัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้นเพื่อชดเชยความดันที่เสียไปเป็นการทำให้เครื่องอัดอากาศร้อนขึ้น อายุการใช้งานสั้นลง และเป็นการสิ้นเปลืองโดยใช่เหตุ เช่นการอัดอากาศให้ได้ความดัน 7 บาร์ ถ้าความดันสูญเสียไป 1 บาร์ พลังงานที่ใช้ไปในการอัดอากาศจะสูญเสียไป 1 ใน 7 โดยเปล่าประโยชน์	กราฟและตารางสำหรับหาความดันสูญเสียของระบบ ดูได้ในภาคผนวก ฉ
• ตรวจสอบรูรั่วซึมของอุปกรณ์ในระบบลมโดยสังเกตจากรอยน้ำมัน ขี้ฝุ่น คราบน้ำหรือใช้น้ำสบู่ทดสอบในจุดที่สงสัยว่ามีการรั่วซึมจะเห็นเป็นฟองขึ้น ให้รีบทำการซ่อมแซมทันที โดยทำความสะอาดรอยรั่วและใช้กาวอีพอกซีอุดให้เรียบร้อย	ตารางแสดงปริมาณอากาศรั่วและพลังงานที่สูญเสีย ดูได้ในภาคผนวก ฉ การประเมินปริมาณลมรั่วอาจทำได้โดยทดลองเดินเครื่องอัดอากาศในวันที่ไม่ได้ทำงาน เมื่อได้ความดันที่ต้องการให้จับเวลาที่เครื่องรับภาระและปลดภาระ เช่น รับภาระ 3 นาที ปลดภาระ 3 นาทีสลับกันไปแสดงว่าเกิดความสูญเสีย 50% ของพลังงานที่ใช้ โดยทั่วไป หากตรวจสอบและแก้ไขจุดที่เกิดรอยรั่วอย่างดี จะสามารถลดปริมาณลมรั่วลงได้ถึง 90%
• ความร้อนที่ระบายออกจากเครื่องอัดอากาศ สามารถนำกลับมาใช้เพื่อประโยชน์อื่นๆ ภายในกระบวนการต่างๆ ของโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การอบไม้ การอบสี หรือกระบวนการอื่นๆ โดยการติดตั้งท่อและพัดลมในการนำลมร้อนไปยังจุดใช้งาน และป้องกันลมร้อนย้อนกลับมายังเครื่องอัดอากาศ จากผล	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการนำกลับพลังงานความร้อนสูญเสียที่ระบายออกจากเครื่องอัดอากาศมาใช้งาน คำนวณได้จาก

วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
การศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าสามารถนำความร้อนสูญเสียกลับมาใช้ใหม่ได้ถึง 80-90 %[4]	[0.85 x 0.80 x กำลังของเครื่องอัดอากาศ (kW) x ชั่วโมงการทำงานต่อปี] x ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย โดย 0.85 เป็นประสิทธิภาพในการนำกลับความร้อนสูญเสียมาใช้งาน 0.80 เป็นสัดส่วนความร้อนสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องอัดอากาศ ทั้งนี้ยังไม่ได้นำค่าไฟฟ้าในการเดินพัดลมนำความร้อนมาคิดร่วม
● โรงงานที่มีการใช้เครื่องอัดอากาศหลายๆ เครื่อง บางครั้งจะเกิดสถานการณ์ที่เครื่องเดินตัวเปล่าโดยไม่อัดอากาศ ให้หยุดเครื่องอัดอากาศบางเครื่อง เพื่อประหยัดพลังงาน โดยตั้งความดันหยุดเครื่องให้เครื่องที่เก่าและมีประสิทธิภาพต่ำสุดหยุดก่อน และหยุดเป็นลำดับไปแต่ละตัว โดยความดันติดเครื่องตั้งไว้ให้สูงกว่าความดันต่ำสุด (ใช้งาน) ประมาณ 0.1 บาร์	การตั้งความดันของแต่ละเครื่อง ห้ามตั้งโดยยึดค่าที่อ่านได้จากเกจวัดความดันที่เครื่องอัดอากาศ เพราะเกจวัดความดันที่ติดมากับเครื่องมีความแม่นยำต่ำมาก โดยทั่วไปจะถือเอาเกจวัดความดันที่ติดตั้งที่ถังเก็บอากาศเป็นเกณฑ์
7 การประหยัดพลังงานสำหรับระบบรวบรวมฝุ่น	
● ใช้ระบบไซโคลนกับขี้เลื่อย และฝุ่นที่เกิดจากเลื่อยฟันห่าง เนื่องจากประหยัดกว่า การใช้ถุงกรอง แต่ถ้าเลื่อยฟันถี่ จะเกิดฝุ่นขนาดเล็กจำเป็นต้องใช้ถุงกรอง	ไซโคลนใช้ได้กับฝุ่นที่มีขนาดโตกว่า 30 ไมครอน (1 ไมครอน = 1/1000 มิลลิเมตร)
● ในถุงกรองที่ใช้ระบบ Reverse air pulse jet Bag Filter สามารถประหยัดพลังงานได้โดย	
● ตั้งระยะเวลาเป่าลมแต่ละครั้ง (Duration time) ให้สั้นลง เช่นจาก 0.2 เป็น 0.1 วินาที	
● ตั้งช่วงระยะเวลาการเป่าลมแต่ละครั้ง (Pulse interval) ให้ห่างออกไปเช่นจาก 30 วินาที เป็น 45	

[4] Heat Recovery with Compressed Air Systems, Compressed Air Systems Fact Sheet #10, Improving Compressed Air System Performance A Sourcebook for Industry, Office of Industrial Technologies

วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
วินาที • ปรับลดความดันที่ใช้ในการเป่าลมลง การปรับลดทั้งสามส่วนสามารถลดต่ำลงได้จนถึงระดับที่ทำความสะอาดผ้ากรองได้โดยไม่เกิดการอุดตัน • ซ่อมแซมรูรั่วและฮูดที่ชำรุด เพราะจะทำให้ฮูดไม่สามารถดูดฝุ่นได้ อากาศจะไหลเข้าท่อ ณ จุดที่รั่วแทนที่จะไหลเข้าทางฮูดและดูดฝุ่นออกไป แต่พลังงานต้องใช้เหมือนเดิมหรือมากขึ้นหากรั่วมาก	

8 *การติดตั้งระบบควบคุมแดมเปอร์แบบอัตโนมัติ (Automatic Damper Control) ให้กับฮูดหรือท่อดูดฝุ่น*

ในกรณีที่โรงงานมีระบบดูดฝุ่นขนาดใหญ่ มีท่อดูดฝุ่นเป็นจำนวนมาก พนักงานอาจไม่สามารถทำการปิดแดมเปอร์ในท่อที่ไม่ได้ใช้งานได้ตลอดเวลา หากติดตั้งระบบควบคุมแดมเปอร์แบบอัตโนมัติ (Automatic Damper Control) ให้กับฮูดหรือท่อดูดฝุ่น ที่ทำงานร่วมกับอินเวอร์ทเตอร์ จะทำให้สามารถปรับลดการใช้กำลังไฟฟ้าให้สอดคล้องกับกำลังไฟฟ้าที่ต้องการได้

ระบบปิดแดมเปอร์แบบอัตโนมัติประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์ (อุปกรณ์ตรวจจับ) ที่เครื่องจักร แดมเปอร์ สวิทซ์ควบคุมและกล่องควบคุม มีหลักการทำงานคร่าวๆ คือ เมื่อเครื่องจักรที่กำเนิดฝุ่นมีการทำงาน เซ็นเซอร์จะทำงานและส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม เพื่อเปิดแดมเปอร์ของท่อต่างๆ ที่จำเป็นในการดูดฝุ่น เมื่อเครื่องจักรที่กำเนิดฝุ่นหยุดทำงาน ก็จะมีการส่งสัญญาณให้ปิดแดมเปอร์ที่ไม่จำเป็น ทำให้มอเตอร์พัดลมของระบบดูดฝุ่นมีภาระในการทำงานลดลง เสียงรบกวนน้อยลง อายุการใช้งานของมอเตอร์สูงขึ้น ช่วยลดการกระชากไฟในช่วงที่มอเตอร์พัดลมเริ่มทำงาน มีโอกาสในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงจากเดิมได้สูงสุดถึง 80% รวมถึงตัวกรองของระบบดูดฝุ่นมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น (เอกสารอ้างอิง (9))

ระบบปิดแดมเปอร์แบบอัตโนมัติเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับโรงงานขนาดกลางค่อนข้างใหญ่ และขนาดใหญ่ ที่มีระบบบำบัดมลพิษอากาศขนาดใหญ่ระบบเดียว และมีการผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ

สำหรับการเปิด/ปิด แดมเปอร์ในจุดที่ไม่ใช้งานต้องมั่นใจว่าความเร็วในท่อต้องไม่ต่ำกว่า 20 เมตร/วินาที เพื่อไม่ให้เกิดฝุ่นตกค้างในท่อ ซึ่งจะทำให้พื้นที่หน้าตัดของท่อลดลง ท่ออุดตัน และระบบรวบรวมฝุ่นล้มเหลว

วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
9 การปรับปรุงระบบแสงสว่าง	
• วัดความเข้มของการส่องสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงานแต่ละพื้นที่ว่าเพียงพอหรือไม่ (มากไป/น้อยไป/หรือเหมาะสม) เพราะการปรับปรุงการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง เป็นการลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างส่วนที่มากเกินความจำเป็น โดยไม่เป็นอันตรายหรือเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ลักษณะงานที่ไม่เหมือนกันต้องการความเข้มของการส่องสว่างไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงควรควบคุมค่าความส่องสว่างของแต่ละพื้นที่ให้เพียงพอต่อการปฏิบัติงานประเภทนั้นๆ	โรงงานควรให้ความสำคัญกับการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้ได้มากที่สุดเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นลง ข้อแนะนำความเข้มของการส่องสว่างในกิจกรรมเกี่ยวกับงานไม้ ที่แนะนำโดย The International Commission on Illumination แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ฉ
• ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) เข้ากับโคมเพื่อช่วยเพิ่มความเข้มของการส่องสว่าง จะสามารถลดจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ลงได้ประมาณ 30% โดยความเข้มของการส่องสว่างไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ	หลีกเลี่ยงการใช้ผนัง เพดาน ที่มีความทึบแสง ควรใช้สีสว่างเพื่อช่วยในการสะท้อนแสง
• จัดตารางดูแลทำความสะอาดโคมไฟและหลอดไฟอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 3 – 6 เดือน ตามสภาพของฝุ่นและความสกปรกในแต่ละพื้นที่ทำงาน	ผลของการทำความสะอาดและการบำรุงรักษาระบบแสงสว่าง ที่มีต่อความเข้มของการส่องสว่าง แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ
• ใช้บัลลาสต์แบบประหยัดพลังงาน (Low Loss Ballast) หรือบัลลาสต์อิเลคโทรนิคส์แทนบัลลาสต์แบบแกนเหล็ก จะช่วยประหยัดการใช้กำลังไฟฟ้าได้ 4.5 วัตต์ และ 6 วัตต์ ตามลำดับ	หากเป็นการเปลี่ยนแทนบัลลาสต์เดิมที่ยังใช้งานได้ จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุน และมีระยะเวลาคืนทุนนาน แต่หากเป็นการเปลี่ยนบัลลาสต์เมื่ออุปกรณ์เดิมหมดอายุการใช้งาน หรือเป็นการติดตั้งใหม่จะมีระยะเวลาคืนทุนที่สั้นลง
• เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าชนิด Mercury Vapour เป็นชนิด Metal Halide ที่มีค่าความส่องสว่างต่อวัตต์ (ลูเมน/วัตต์) สูงกว่า หมายความว่าหลอด Metal Halide ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าที่ค่าความเข้มของการส่องสว่างเท่ากัน ตัวอย่างของหลอดไฟฟ้าชนิด Metal Halide	คุณสมบัติที่สำคัญของหลอดทั้งสองประเภทแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ

วิธีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	หมายเหตุ

แสดงดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างหลอด Metal Halide

- ติดตั้งสวิทซ์เปิดปิดตามเวลา หรือโฟโต้สวิทซ์ในการควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าแสงสว่าง
- แยกสวิทซ์หรือใช้สวิทซ์แบบกระตุกกับหลอดไฟที่มีการใช้งานไม่บ่อย และติดตั้งอยู่ในบริเวณกว้าง

10 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

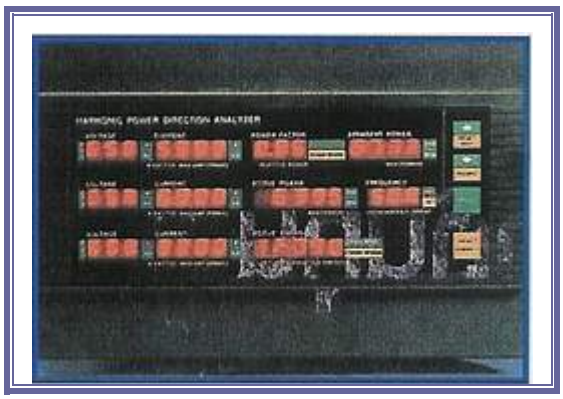
การบำรุงรักษาเครื่องจักรตามเวลาที่กำหนด จะทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์มีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น ช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าลงได้

แนวทางการจัดการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิผลแสดงไว้ในภาคผนวก ช

2.4.2 กรณีศึกษาเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

กรณีศึกษา 1 การลดการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการปรับปรุงตัวประกอบโหลด (Load Factor)

โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราแห่งหนึ่ง มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 1,481,240 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี (พ.ศ. 2547) คิดเป็นมูลค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 4,976,614 บาทต่อปี สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ในการปรับปรุงตัวประกอบโหลดในเดือนที่มีตัวประกอบโหลดต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand Controller) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.9 ซึ่งสามารถจัดลำดับและจัดกลุ่มของโหลดตามความสำคัญก่อนหลังทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงตัวประกอบโหลดแสดงในตารางที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างอุปกรณ์ควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 2.9 รายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงตัวประกอบโหลด

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
เดือน	**ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)**	**พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)**	**โหลดแฟคเตอร์ (%)**	**ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/kWh)**	**ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)**	
					หลังปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์เป็น 34.71 %	**ที่คาดว่า จะลดลง**
ม.ค. 47	500.0	133,620	35.92	3.17	500	-
ก.พ. 47	520.0	139,380	39.89	3.33	520	-
มี.ค. 47	532.0	157,480	39.79	3.27	532	-
เม.ย. 47	514.0	113,360	30.63	3.38	439	75
พ.ค. 47	496.0	129,020	34.96	3.27	496	-
มิ.ย. 47	496.0	122,580	34.32	3.37	475	21
ก.ค. 47	480.0	114,880	32.17	3.47	445	35
ส.ค. 47	478.0	125,860	35.39	3.35	478	-
ก.ย. 47	472.0	113,960	33.53	3.45	441	31
ต.ค. 47	468.0	100,060	28.74	3.57	387	81
พ.ย. 47	444.0	121,900	38.13	3.39	444	-
ธ.ค. 47	444.0	109,140	33.04	3.40	423	21
รวม	-	**1,481,240**	-	-	**5,580**	**264**
เฉลี่ย	**487.0**	**123,437**	**34.71**	**3.37**	**465.0**	-

หมายเหตุ : **(1) (2) (4)** จากบิลค่าไฟฟ้าเก่า

(3) จากการคำนวณตามสูตรการคำนวณตัวประกอบโหลด

(5) จากเดือนที่มีตัวประกอบโหลดต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยคิดความต้องการกำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง โดยแทนค่าตัวประกอบโหลดด้วยค่าตัวประกอบโหลดเฉลี่ย ส่วนเดือนที่มีตัวประกอบโหลดสูงกว่าค่าเฉลี่ย คิดความต้องการไฟฟ้าตามเดิม

(6) จาก **(1) - (5)**

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากรายละเอียดการคำนวณในตารางที่ 2.9

ตัวประกอบโหลดเฉลี่ย	34.71	%
ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่คาดว่าจะลดลงในแต่ละเดือนรวม	264.0	กิโลวัตต์/ปี
ค่าความต้องการไฟฟ้า	132.93	บาท/กิโลวัตต์
ค่าความต้องการไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (264.0 x 132.93)	35,094	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด	50,000	บาท

ระยะเวลาคืนทุน

มีระยะเวลาคืนทุน (50,000/35,094) 1 ปี 5 เดือน

กรณีศึกษา 2 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor)

โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราแห่งหนึ่ง ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 1 ลูก ขนาด 1,500 kVA จากการตรวจวัดขณะใช้งานจริงมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.79 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (0.85) ส่งผลให้โรงงานต้องเสียค่าธรรมเนียมตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ดังนั้นโรงงานจึงควรพิจารณาติดตั้งและใช้งานตัวเก็บประจุ (Capacitor Bank) ตามเกณฑ์การคำนวณหาขนาดของตัวเก็บประจุในภาคผนวก ฉ ซึ่งการติดตั้งตัวเก็บประจุขนาด 50 กิโลวาร์ 6 step นี้จะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 0.95 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน เป็นจุดที่ทำให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด (มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำสุด ขณะที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สูงสุด) ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากรายละเอียดการคำนวณในตารางที่ 2.10

พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	17,810	กิโลวัตต์-ชม./ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	54,677	บาท/ปี
ค่าธรรมเนียมเนื่องจากค่า PF ต่ำกว่า 0.85	37,433	บาท/ปี
รวมเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ (54,677 + 37,433)	92,110	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ตัวเก็บประจุของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดรวม 300 kVA	110,400	บาท
50 กิโลวาร์ 6 step แบบ Manual (ขนาดทั่วไปของตัวเก็บประจุคือ 50, 25 และ 12 กิโลวาร์)		
อายุการใช้งานของตัวเก็บประจุ	10	ปี

ระยะเวลาคืนทุน

มีระยะเวลาคืนทุน (110,400/92,110) 1 ปี 2 เดือน

ตารางที่ 2.10 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
ข้อมูลที่ต้องทราบ			
1. โหลดที่วัดได้ที่หม้อแปลง, L_{ac}	641.0	กิโลวัตต์	
2. แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้, V_{ac}	390	โวลล์	
3. ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่วัดได้, $\cos\theta_1$	0.79		
4. ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า, kVA_{tr}	1,500	กิโลโวลล์-แอมป์	
5. พิกัดแรงดันของหม้อแปลงไฟฟ้า	416	โวลล์	
6. พิกัดกระแสของหม้อแปลงไฟฟ้า	2,082	แอมป์	
7. Copper Loss ที่โหลดเต็มพิกัด	19.80	กิโลวัตต์	
8. ชั่วโมงการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า, H	24	ชม./วัน	
9. จำนวนวันดำเนินการ, D	365	วัน/ปี	
10. ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย, Pr_e	3.07	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	
การคำนวณ			
สภาพก่อนปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
11. พลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ$_1$ (1.) x {[$\sqrt{(1-(3.)^2)}$] / (3.)}	497.47	กิโลวาร์	
12. พลังไฟฟ้าปรากฏ$_1$ $\sqrt{(1.)^2+(11.)^2}$	811.39	กิโลโวลล์-แอมป์	
13. กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน$_1$ [(1.) x 1000] / ($\sqrt{3}$ x (2.) x (3.)	1,201.21	แอมป์	
สภาพหลังปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			
14. ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง, $\cos\theta_2$	0.95		
15. พลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ$_2$ (1.) x {[$\sqrt{(1-(14.)^2)}$] / (14.)}	210.69	กิโลวาร์	
16. พลังไฟฟ้าปรากฏ$_2$ $\sqrt{(1.)^2+(15.)^2}$	674.74	กิโลโวลล์-แอมป์	
17. กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน$_2$ [(1.) x 1000] / ($\sqrt{3}$ x (2.) x (14.)	998.90	แอมป์	
สรุปผลการวิเคราะห์			
18. ขนาดตัวเก็บประจุที่ใช้ (11.) – (15.)	286.78	กิโลวาร์	
(ปัดเป็นจำนวนเต็มในหน่วยหลักสิบ)	290	กิโลวาร์	
19. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	17,810	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	
(7.) x {[(13.)/ (6.)]^2 – [(17.)/ (6.)]^2} x (8.) x (9.)			
20. ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (19.) x (10.)	54,677	บาท/ปี	
21. ค่า PF ต่ำกว่า 0.85 (จากข้อมูลบิลค่าไฟเดิม)	37,433	บาท/ปี	
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน			
22. ขนาดตัวเก็บประจุ	290	กิโลวาร์	
23. ราคาของ Capacitor แบบ Manual ขนาด 50 kVAR 6 Step	110,400	บาท	ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2548
24. ระยะเวลาคืนทุน (23./(20.+21.)	**1 ปี 2 เดือน**		

กรณีศึกษา 3 การติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงที่หลอดฟลูออเรสเซนต์

โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราแห่งหนึ่ง ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ยังไม่ได้ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง เมื่อติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) เข้ากับโคมเดิม คาดว่าสามารถลดจำนวนหลอดไฟลงจาก 1,182 หลอด เหลือ 828 หลอด (ลดได้ 30%) จะทำให้โรงงานสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ขณะที่ได้ความเข้มของการส่องสว่างเท่าเดิม รายละเอียดการคำนวนแสดงในตารางที่ 2.11

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากรายละเอียดการคำนวณในตารางที่ 2.11		
โรงงานทำงาน	300	วัน/ปี
จำนวนชั่วโมงทำงาน	12	ชั่วโมง/วัน
การติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงจะประหยัดหลอดฟลูออเรสเซนท์ได้	354	หลอด
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	46,944	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	158,201	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าแผ่นสะท้อนแสง 591 จุด (รวมค่าติดตั้ง)	330,960	บาท

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (330,960/158,201)	2 ปี 1 เดือน

ตารางที่ 2.11 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงที่หลอดไฟ

ตารางแสดงจำนวนหลอดไฟในโรงงาน					
ชนิดหลอด	**ลักษณะการติดตั้ง**	**ชนิดฝาครอบ**	**จำนวนโคม (ชุด)**	**จำนวนหลอดที่ใช้อยู่เดิม (หลอด)**	**ชั่วโมงการใช้งาน (ชม./วัน)**
FL 2x36 W	*แขวน*	*เปิดโล่ง*	*591*	*1182*	*12*
รวม			***591***	***1,182***	***12***
การปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยการติดแผ่นสะท้อนแสง					
จำนวนหลอด/โคม					
1. ก่อนการปรับปรุง			*2*	หลอด/โคม	
กำลังไฟฟ้า					
2. กำลังไฟฟ้าของหลอด			*36*	วัตต์	
3. กำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์			*10*	วัตต์	
4. รวมกำลังไฟฟ้า (2.+3.)			*46*	วัตต์	
5. จำนวนโคมทั้งหมด			*591*	โคม	
6. จำนวนหลอดทั้งหมด (1.X5.)			*1,182*	หลอด	
7. หลอดที่ลดลงได้ (6.X30%)			*354*	หลอด	(ลดลงได้ 30%)
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง					
8. รวม (7.X4.)			*16,284*	วัตต์	
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้					
9. รวม (8./1000)			*16.3*	กิโลวัตต์	
10. เวลาทำงาน			*12*	ชั่วโมง/วัน	
11. รวมเวลาทำงาน			*300*	วัน/ปี	
12. การเปิดใช้งาน			*80*	%	
13. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (9.X10.X11.X12.) / 100			*46,944*	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน					
14. ราคาแผ่นสะท้อนแสง (โคมคู่)			*560*	บาท	*ราคา ณ ปีพ.ศ. 2548*
15. จำนวนโคมที่ติดตั้ง (5.)			*591*	จุด	
16. รวมค่าแผ่นสะท้อนแสงและค่าติดตั้ง (14. X 15.)			*330,960*	บาท	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้					
17. ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย			*3.37*	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	
18. รวมค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (13.X17.)			*158,201*	บาท/ปี	
19. ระยะเวลาคืนทุน (16./18.)			***2 ปี 1 เดือน***		

กรณีศึกษา 4 การใช้บัลลาสต์แบบประหยัดพลังงานแทนบัลลาสต์แบบแกนเหล็ก

โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราแห่งหนึ่ง มีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์แบบแกนเหล็กธรรมดา ซึ่งสามารถพิจารณาเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์แบบโลว์ลอสแทน โดยดำเนินการปรับปรุงหลังจากได้ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) แล้ว รายละเอียดการคำนวณแสดงในตารางที่ 2.12

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากรายละเอียดการคำนวณในตารางที่ 2.12

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	10,714	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	36,106	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าบัลลาสต์โลว์ลอสรวมค่าติดตั้ง (827 จุด)	130,666	บาท

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (130,666/36,106)	3 ปี 7 เดือน

ตารางที่ 2.12 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการเปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดโลว์ลอส

การเปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดโลว์ลอส			
ชนิดบัลลาสต์ (เดิม)	บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก		
1. กำลังไฟฟ้าที่ใช้	*10*	วัตต์	
ชนิดบัลลาสต์ (หลังปรับปรุง)	บัลลาสต์ชนิดโลว์ลอส		
2. กำลังไฟฟ้าที่ใช้	*5.5*	วัตต์	
3. จำนวนบัลลาสต์โลว์ลอส	*827*	ชุด	*(จำนวนหลอดลดลง 30%)*
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง			
4. รวม (1.-2.)	*4.5*	วัตต์	
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้			
5. กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (4.) x (3.) / 1000	*3.72*	กิโลวัตต์	
6. เวลาทำงาน	*12*	ชั่วโมง/วัน	
7. รวมเวลาทำงาน	*300*	วัน/ปี	
8. การเปิดใช้งาน	*80*	%	
9. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	*10,714*	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	
(5.X6.X7.X8.) / 100			
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน			
10. ราคาบัลลาสต์ โลว์ลอส	*128*	บาท	
11. ค่าติดตั้ง	*30*	บาท	
12. รวมเงินลงทุน (10.+ 11.) X 3.	*130,666*	บาท	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้			
13. ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	*3.37*	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	
14. รวมค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (9.X13.)	*36,106*	บาท/ปี	
15. ระยะเวลาคืนทุน (12./14.)	***3 ปี 7 เดือน***		

กรณีศึกษา 5 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าชนิด Mercury Vapour เป็นชนิด Metal Halide

โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราแห่งหนึ่ง มีการใช้หลอดไฟฟ้าชนิด Mercury Vapour ขนาด 400 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปใช้หลอดชนิด Metal Halide ขนาด 250 วัตต์ โดยที่มีค่าความสว่างเท่ากัน โดยโรงงานสามารถดำเนินเปลี่ยนได้ทันที หรือเปลี่ยนเมื่อหลอดเก่าหมดอายุการใช้งาน รายละเอียดการคำนวนแสดงในตารางที่ 2.13

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากรายละเอียดการคำนวณในตารางที่ 2.13

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,144.8	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	3,858	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าหลอดไฟฟ้าชนิด Metal Halide จำนวน 2 หลอด	4,500	บาท

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (4,500/3,858)	1 ปี 2 เดือน

ตารางที่ 2.13 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าชนิด Mercury Vapour เป็นชนิด Metal Halide

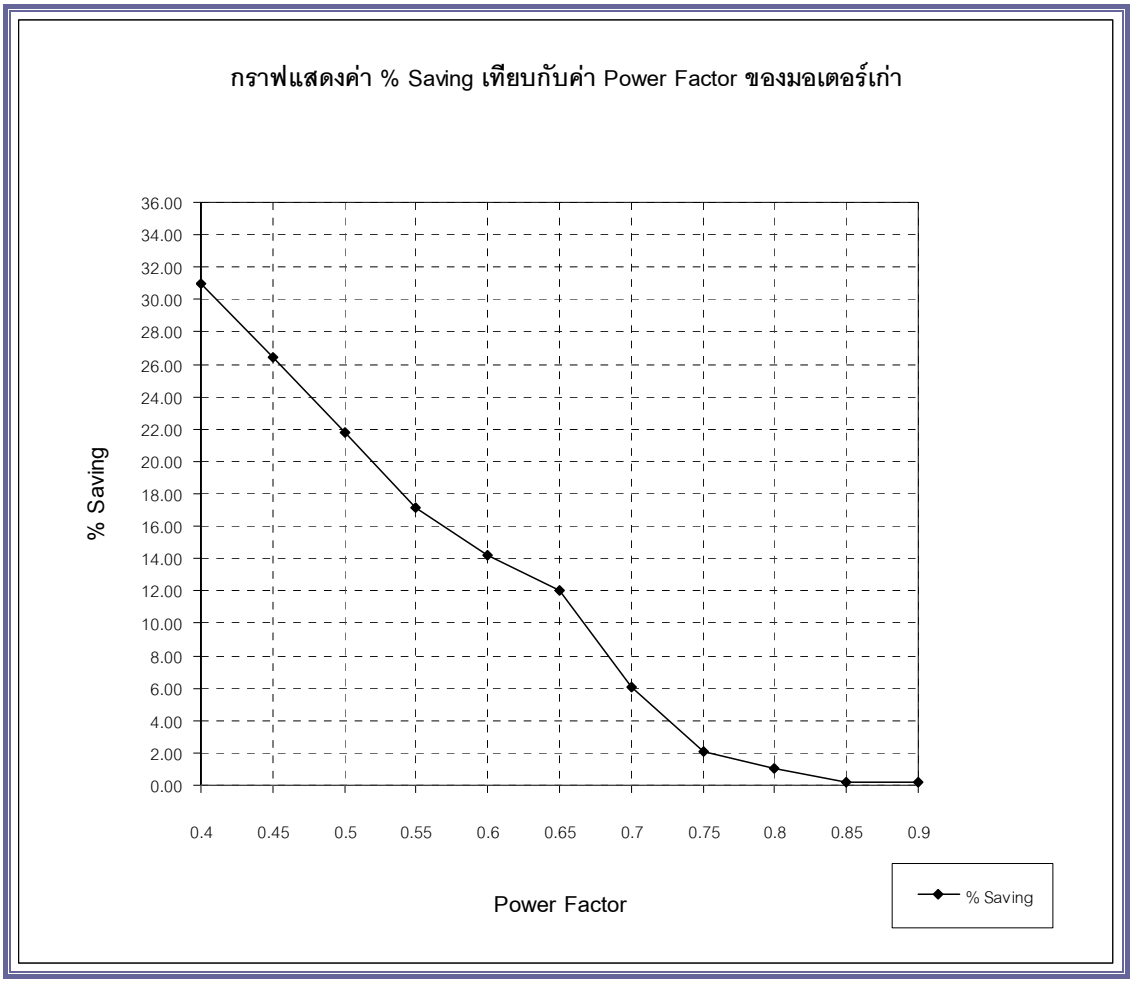
การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า			
ชนิดหลอด (แบบเดิม)	Mercury Vapour		
1. กำลังไฟของหลอด	*400*	วัตต์	
2. กำลังไฟของบัลลาสต์	*28*	วัตต์	
3. รวม (1.+2.)	*428*	วัตต์	
ชนิดหลอด (แบบใหม่)	Metal Halide		
4. กำลังไฟของหลอด	*250*	วัตต์	
5. กำลังไฟของบัลลาสต์	*19*	วัตต์	
6. รวม (4.+5.)	*269*	วัตต์	
7. จำนวนหลอดไฟทั้งหมด	*2*	หลอด	
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง			
8. รวม [(3.-6.) X 7.]	*318*	วัตต์	
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้			
9. รวม (8./1000)	*0.318*	กิโลวัตต์	
10. เวลาทำงาน	*12*	ชั่วโมง/วัน	
11. รวมเวลาทำงาน	*300*	วัน/ปี	
12. การเปิดใช้งาน	*100*	%	
13. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (9.X10.X11.X12.) / 100	*1,144.8*	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน			
14. ราคาหลอดไฟฟ้า (ทั้งชุด)	*2,250*	บาท	*ราคา ณ ปีพ.ศ. 2548*
15. จำนวน	*2*	หลอด	
16. รวมค่าหลอดไฟฟ้า (14.X15.)	*4,500*	บาท	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้			
17. ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	*3.37*	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	
18. รวมค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (13.X17.)	*3,858*	บาท/ปี	
19. ระยะเวลาคืนทุน (16./18.)	***1 ปี 2 เดือน***		

กรณีศึกษา 6 การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์

โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราแห่งหนึ่ง มีมอเตอร์ที่มีศักยภาพในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์ได้ 3 เครื่อง คือ มอเตอร์เครื่องขัดหน้า และเครื่องต่อไม้ 2 เครื่อง ที่มีสภาวะการทำงานที่ไม่คงที่ ซึ่งจากการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังของมอเตอร์เหล่านี้ พบว่าหากมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์ (Motor Load Control) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10 จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลงได้

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

เมื่อทราบค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ สามารถอ่านร้อยละของกำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิมก่อนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์ (เอกสารอ้างอิง (34))ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงร้อยละของกำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิมก่อนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์ (เอกสารอ้างอิง (34))

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากรายละเอียดการคำนวณในตารางที่ 2.14

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	7,430	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	25,039	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์รวมค่าติดตั้ง	128,700	บาท

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (128,700/25,039)	5 ปี 2 เดือน

ตารางที่ 2.14 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภาระการใช้งานของมอเตอร์

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
ลำดับที่	รายการ	พลังไฟฟ้า (kW)		PF เฉลี่ย (%)	เวลาทำงาน			ผลประหยัดเทียบจาก P.F. เฉลี่ย (%)	ผลประหยัดไฟฟ้า		คิดเป็นเงินประหยัดได้ (บาท/ปี)	ขนาดอุปกรณ์ (kW)	เงินลงทุน (บาท/ชุด)			คืนทุน (ปี)
		พิกัด	ตรวจวัด		ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	% การทำงาน		พลังไฟฟ้า (kW)	พลังงาน (kWh/ปี)			ค่าอุปกรณ์	ค่าติดตั้ง	รวม	
1	เครื่องขัดหน้า 1100	20	8.86	0.58	7	300	90	15.364	1.36	2,570	8,661	20.0	43,000	4,300	47,300	5ปี 6เดือน
2	เครื่องตีฟัน	15	4.21	0.44	8	300	90	27.316	1.15	2,484	8,371	15.0	37,000	3,700	40,700	4ปี 10เดือน
3	เครื่องตีฟัน	15	4.03	0.44	8	300	90	27.316	1.1	2,376	8,007	15.0	37,000	3,700	40,700	5ปี 1เดือน
รวม		-	-	-	-	-	-	-	3.61	7,430	25,039	-	117,000	11,700	128,700	5ปี 2เดือน

หมายเหตุ : ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.37 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

โดยที่

(1)	จาก	เนมเพลทของมอเตอร์	(10)	จาก	3.37 x (9)
(2) – (6)	จาก	การตรวจวัด/การจดบันทึก	(11)	เท่ากับ	(1)
(7)	จาก	การอ่านกราฟของอุปกรณ์ควบคุมโหลด (รูปที่ 2.8)	(12) – (13)	จาก	ราคาจากผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย แปรผันตามขนาดของมอเตอร์
(8)	จาก	(2) x (7)	(15)	จาก	(14) / (10)
(9)	จาก	(8) x (4) x (5) x (6) /100			

2.5 การลดการทำงานซ้ำ

การทำงานซ้ำเป็นการสูญเสียที่ยากจะประมาณค่าได้ เพราะผลจากปัญหาอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วจะมาปรากฏอีกครั้งในส่วนของการทำงานซ้ำ แต่โรงงานส่วนใหญ่มักไม่ทราบมูลค่าของความสูญเสียในส่วนนี้ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ สารเคมี สาธารณูปโภคต่างๆ ที่ถูกใช้ไปกับการทำงานซ้ำ

จากผลการศึกษาพบว่า โรงงานเฟอร์นิเจอร์เกือบทั้งหมดมีการทำงานซ้ำเกิดขึ้นตลอดเวลา ส่วนใหญ่เป็นงานพ่นสีคิดเป็นร้อยละ 30 - 40% ของงานทั้งหมด เพียงแต่โรงงานส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลของการทำงานซ้ำ หรือมีการเก็บข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ดังนั้นการเริ่มต้นลดการทำงานซ้ำควรเริ่มต้นจากการสร้างกระบวนการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เพื่อประกอบการวิเคราะห์โอกาสในการลดการทำงานซ้ำ และแสดงถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการทำงานซ้ำ

เนื่องจากในปัจจุบันมุมมองของผู้ที่เกี่ยวข้องต่อปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยังเกี่ยวข้องกับการบำบัดที่ปลายทางค่อนข้างมาก หากสามารถเชื่อมโยงการป้องกัน/แก้ไขปัญหามลพิษเข้ากับประเด็นเรื่องการทำงานซ้ำแล้ว จะสามารถชักจูงให้ทุกฝ่ายในโรงงานเห็นประโยชน์ของการป้องกัน/แก้ไขปัญหามลพิษได้มากขึ้น

สาเหตุของการทำงานซ้ำด้านสีซึ่งเป็นการทำงานซ้ำส่วนใหญ่มีหลายสาเหตุ จากการตรวจประเมินและการสัมภาษณ์พนักงาน พบว่าเกิดจาก

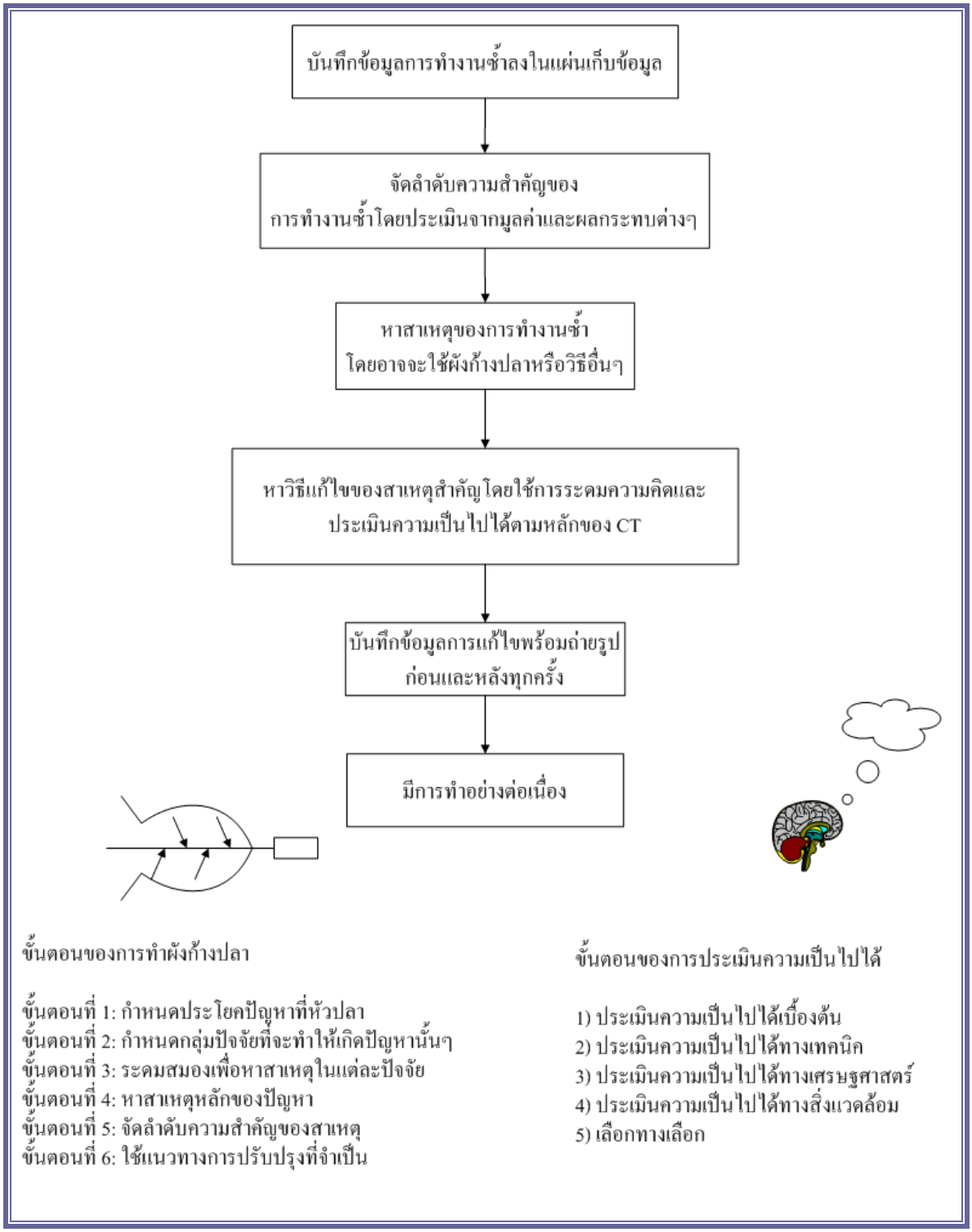
- การซ่อมสีบนชิ้นงาน ที่เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น สีไม่สม่ำเสมอ สีย้อย เป็นต้น
- การเคลื่อนย้ายที่ไม่ถูกวิธีทำให้เกิดรอยบนชิ้นงาน
- ฝุ่นจากการเตรียมไม้มาติดชิ้นงานที่ยังไม่แห้ง
- ชั้นวางชิ้นงานไม่สมบูรณ์เนื่องจากเทปที่พันชั้นวางเสียหาย ทำให้มีเศษเทปบางส่วนหลุดไปติดบนชิ้นงานที่ยังไม่แห้ง
- ห้องพ่นสีและชั้นวางไม่ได้อยู่ในห้องปิด ทำให้ฝุ่นจากการเตรียมไม้สามารถลอยมาติดบนชิ้นงาน

2.5.1 วิธีการลดการทำงานซ้ำ

วิธีการเพื่อลดการทำงานซ้ำมีความหลากหลายแตกต่างกันไป ขึ้นกับการหาสาเหตุของการทำงานซ้ำ หากไม่ทราบสาเหตุของการทำงานซ้ำจะไม่สามารถป้องกันและแก้ไขปัญหานั้นๆ ได้ วิธีการลดการทำงานซ้ำจึงมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันไปตามลักษณะของปัญหา

วิธีการลดการทำงานซ้ำ	หมายเหตุ
*1 **บันทึกข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของการทำงานซ้ำ (โดยใช้แผ่นเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์)*** กระบวนการหาสาเหตุของการทำงานซ้ำ (รูปที่ 2.12) เริ่มต้นจากการใช้แผ่นเก็บข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลโดยละเอียด เพื่อหาสาเหตุหลักของการทำงานซ้ำในแต่ละกรณีควบคู่ไปกับการหาวิธีการป้องกัน ซึ่งต้องมีการบันทึกรายละเอียดข้อบกพร่อง วันที่ เวลา กระบวนการที่เกิด ประเภทของงาน และรายละเอียดข้อบกพร่องด้วย (ตัวอย่างของแบบบันทึกข้อมูลและแบบรายการคำนวณต่างๆแสดงในภาคผนวก ค) และ/หรือใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวางแผนและควบคุมกระบวนการผลิต จากข้อมูลที่ได้จึงนำมาจัดลำดับความสำคัญ โดยประเมินจากค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปและผลกระทบต่างๆ จากการทำงานซ้ำในแต่ละกรณี หลังจากนั้นจึงนำหลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในแต่ละประเด็นที่เกี่ยวข้อง มาประยุกต์ใช้เพื่อลดการทำงานซ้ำ ยกตัวอย่างเช่น • ลดการทำงานซ้ำเนื่องจากสีที่ติดชิ้นงานไม่มีคุณภาพ ซึ่งสีที่ใช้งานต้องมีการผสมกับตัวทำละลายตามสูตรก่อนใช้ ความถูกต้องของสัดส่วนที่ผสมมีความสำคัญกับคุณภาพชิ้นงานเป็นอย่างมาก ถ้าโรงงานมีการผสมที่ไม่ได้สัดส่วนจะทำให้สีที่ติดชิ้นงานไม่มีคุณภาพทำให้ต้องมีการขัดและทำสีใหม่ ดังนั้นวิธีหลีกเลี่ยงการทำงานซ้ำควรเริ่มจากการฝึกอบรมให้พนักงานผสมสีได้ตามมาตรฐานการผสมสีที่ผู้ผลิตกำหนด • ลดการทำงานซ้ำเนื่องจากมีรอยบนชิ้นงานจากการเคลื่อนย้าย โดยการเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่พ่นสีเสร็จแล้วออกมาวางที่ชั้นวางภายนอกโดยพนักงานพ่นสี รวมถึงทางเดินที่มีสิ่งกีดขวาง ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย ทำให้มีโอกาสที่ชิ้นงานจะกระทบถูกสิ่งของและเกิดรอยได้ ดังนั้นควรจัดเส้นทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานให้โล่งสะดวก มีอุปกรณ์ที่ช่วยในการเคลื่อนย้าย รวมถึงฝึกอบรมให้พนักงานมี	

วิธีการลดการทำงานซ้ำ	หมายเหตุ
ความระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน	
• ลดการทำงานซ้ำเนื่องจากปัญหาฝุ่นมาเกาะชิ้นงานที่พ่นสีแล้ว ซึ่งสาเหตุของการทำงานซ้ำที่สำคัญ คือ ปัญหาฝุ่นที่มาตกบนชิ้นงานที่พ่นสีแล้ว และวางไว้ในพื้นที่ด้านนอกห้องพ่นสี ทำให้มีโอกาสที่ฝุ่นจะมาตกบนชิ้นงานที่สียังไม่แห้งได้ ดังนั้นโรงงานควรจัดสรรพื้นที่เฉพาะ หรือห้องสำหรับวางชิ้นงานที่พ่นสีแล้ว แยกส่วนออกจากส่วนการเตรียมไม้อย่างชัดเจน และโรงงานควรปรับปรุงห้องพ่นสีให้เป็นห้องปิด มีการควบคุมที่ประตูเข้าออกให้มีความดันเป็นบวกเล็กน้อย เพื่อลดปัญหาอากาศจากภายนอกพัดฝุ่นจากการเตรียมไม้ปลิวมาติดชิ้นงานในห้องพ่นสีได้	ดูเพิ่มเติมที่วิธีการลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย หัวข้อที่ 3
• ลดการทำงานซ้ำเนื่องจากรอยที่เกิดจากเศษเทปและการกระทบกันของชิ้นงานกับชั้นวาง ซึ่งชิ้นงานอาจเกิดรอยเนื่องจากเศษเทปที่พันรอบท่อเหล็กหลุดลุ่ยมาโดนได้ โรงงานอาจพิจารณาเปลี่ยนเทปกาวที่ใช้พันท่อเป็นการใช้ยางสวมท่อแทน เพื่อป้องกันการเกิดรอย และการจัดทำชั้นวางชิ้นงานให้มีช่องว่างระหว่างท่อเหล็กที่ใช้วางชิ้นงานที่กว้างพอ ลดการเกิดรอยจากการกระทบกันของชิ้นงานที่มีการทำสีทั้งด้านหน้าและด้านหลัง หรือการเปลี่ยนชั้นวางเป็นแบบพับได้ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการกระทบระหว่างชิ้นงานกับชั้นวาง แต่ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงในการรองรับน้ำหนักชิ้นงานด้วย	



รูปที่ 2.12 กระบวนการหาสาเหตุการทำงานซ้ำ

ในการนำแนวทางเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ จะต้องจัดการกับปัญหาที่แหล่งกำเนิด โดยกำหนดทางเลือกที่ถูกต้อง ไม่ส่งผลกระทบกับคุณภาพของชิ้นงานและมาตรฐานของบริษัท ถึงแม้ว่าการปรับปรุงในแต่ละส่วนจะประเมินเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ลำบาก เนื่องจากการทำงานซ้ำมีหลายสาเหตุ โรงงานควรแก้ไขปัญหาโดยการประยุกต์ใช้หลายๆ แนวทางผสมผสานกันไป

2.5.2 กรณีศึกษาเพื่อลดการทำงานซ้ำ

กรณีศึกษา 1 การปรับปรุงห้องพ่นสีให้เป็นห้องปิดและมีความดันเป็นบวกเล็กน้อย

จากผลการศึกษา พบว่าสาเหตุของการทำงานซ้ำของโรงงานแห่งหนึ่ง ส่วนใหญ่เป็นการซ่อมสีของชิ้นงาน เนื่องมาจากฝุ่น ผง และสิ่งสกปรกปลิวมาตกบนชิ้นงานขณะที่สียังไม่แห้งเป็นหลัก ดังนั้นหากมีการปรับปรุงห้องพ่นสีให้เป็นห้องปิด และมีความดันเป็นบวกไม่น้อยกว่า 5% จะช่วยลดปัญหาการทำงานซ้ำ และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายสีและค่าแรงงานได้

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ราคาแลกเกอร์เงา	75	บาท/กิโลกรัม
ราคาแลกเกอร์ด้าน	75	บาท/กิโลกรัม
ทินเนอร์สำหรับผสมแลกเกอร์	51	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณสีที่ใช้ในการทับหน้า	0.2	กิโลกรัม/ชิ้นงาน
(สีที่ใช้ในการทับหน้าเป็นแลกเกอร์เงา และแลกเกอร์ด้านอย่างละ 50%)		
ปริมาณทินเนอร์ที่ใช้ผสมสีทับหน้า	0.2	กิโลกรัม/ชิ้นงาน
(สัดส่วนทินเนอร์:สีทับหน้า เท่ากับ 1:1)		
ค่าแรงพนักงานพ่นสี	190	บาท/คน/วัน
พนักงานในส่วนการพ่นสีที่ทำการแก้ไขงาน	2	คน
ในวันที่ทำการตรวจประเมินเป็นการทำงานซ้ำทั้งหมด	6	ชิ้นงาน/วัน
(บางวันมีการแก้ไข หรือซ่อมงานมากหรือน้อยกว่านี้)		
ชิ้นงานมีพื้นที่	1.58	ตารางเมตร

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายจากการพ่นสีทับหน้าต่อ 1 ชิ้นงาน

ค่าใช้จ่ายสำหรับสีทับหน้า (0.2 x 75)	15	บาท/ชิ้นงาน
ค่าใช้จ่ายสำหรับทินเนอร์ผสมสีทับหน้า (0.2 x 51)	10	บาท/ชิ้นงาน
ค่าแรงงาน (2 x 190/6)	63	บาท/ชิ้นงาน
รวมค่าใช้จ่าย	88	บาท/ชิ้นงาน

ประโยชน์ที่ได้รับของการไม่ต้องทำงานซ้ำ (โดยประมาณ) กรณีพ่นสีทับหน้า

ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ (6 x 88 x 312)	164,736	บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ราคาพัดลมและมอเตอร์ ขนาด 15,885 cfm (450 CMM)	90,843	บาท
ราคาฟิลเตอร์เพื่อดักฝุ่นโดยประมาณ	6,000	บาท
ค่าติดตั้งพัดลมและเดินท่อลมโดยประมาณ	200,000	บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน	296,843	บาท

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (296,843/164,736) 1ปี 10 เดือน

2.6 การพัฒนาบุคลากร

ถึงแม้ว่าอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ในประเทศไทย มีการใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตมากขึ้น แต่ทักษะของพนักงานยังคงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และต้นทุนการผลิตทั้งทรัพยากรที่ใช้และของเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจ โรงงานต้องเร่งให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างทักษะและศักยภาพของพนักงาน

การลดอัตราการหมุนเวียนของพนักงาน (Turnover) ให้ต่ำลง จะส่งผลดีถึงประสิทธิภาพในการทำงานโดยรวมของโรงงานที่ดีขึ้นได้ ดังนั้นฝ่ายบริหารของโรงงานจะต้องเข้าใจสาเหตุและรู้วิธีที่จะทำให้เกิดแรงจูงใจในการทำงานสำหรับพนักงานแต่ละคน เพื่อพนักงานจะได้ทำงานอย่างทุ่มเทเต็มกำลังความสามารถให้กับโรงงาน โดยต้องตอบสนองความต้องการของตนด้วย

โดยหากปัจจัยที่มีผลต่อการลาออกของพนักงาน ได้รับการตอบสนองในด้านบวก ก็จะทำให้พนักงานเกิดความพึงพอใจในการทำงาน ประกอบไปด้วย

- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพนักงานโดยตรง เป็นปัจจัยที่สามารถจูงใจพนักงานให้อยากทำงาน ได้แก่
  - ความสำเร็จ (Achievement)
  - การได้รับความสำคัญ (Recognition)
  - ความรับผิดชอบ (Responsibility)
  - ความน่าสนใจของงาน (Task Interest)
  - การก้าวหน้าในการทำงาน (Growth)
- ปัจจัยภายนอก เป็นปัจจัยที่ต้องมีในการทำงาน และหากได้รับการตอบสนองทางด้านบวก พนักงานจะลดความรู้สึกไม่พึงพอใจลง ประกอบไปด้วย
  - เงินเดือนและสวัสดิการ (Salary and Benefits)
  - การบังคับบัญชา (Supervision)
  - สภาพการทำงาน (Work Condition)
  - สถานภาพในการทำงาน (Status)
  - ความมั่นคงในการทำงาน (Security)
  - ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน (Relations)
  - นโยบายต่างๆ ในการทำงาน (Policy)

2.6.1 แนวทางจูงใจพนักงาน

แนวทางจูงใจพนักงานเพื่อลดปัญหามีอยู่หลายวิธี ฝ่ายบริหารควรตระหนักว่า ระดับของการจูงใจจะมีผลแตกต่างไปตามบุคคลและเวลา สิ่งที่สามารถจูงใจพนักงานคนหนึ่งอาจจะไม่มีผลเลยกับพนักงานคนอื่นๆ เนื่องจากพนักงานแต่ละคนมีความแตกต่างกัน รวมทั้งมีความต้องการและความพึงพอใจที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ พนักงานควรที่จะได้รับแรงจูงใจทั้งด้านปัจจัยโดยตรงและปัจจัยภายนอก ตัวอย่างวิธีการจูงใจมีดังนี้

- กำหนดเป้าหมายในการทำงานของพนักงานแต่ละคนให้ชัดเจนและมีการทบทวนอยู่เป็นระยะๆ เพื่อให้งานก้าวหน้า
- ให้พนักงานมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายขององค์กรด้วย
- เข้าใจถึงความแตกต่างของพนักงานแต่ละคนและจัดสรรคนให้เหมาะกับงาน
- หาทางที่จะเพิ่มความน่าสนใจในงาน วิธีหนึ่งได้แก่ การขยายขอบเขตของงาน ให้งานในความรับผิดชอบประกอบด้วยภาระงานหลายงานมากขึ้น
- ทำให้พนักงานเกิดความเชื่อมั่นว่าหากทำสำเร็จตามเป้าหมายก็จะได้รับรางวัล
- ผลตอบแทนควรมีความสอดคล้องกับผลการทำงานของแต่ละคน

การลดอัตราการหมุนเวียนของพนักงาน และการลดชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยลง เป็นเรื่องละเอียดอ่อนและมีแนวทางที่แตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน แต่อย่างน้อยสภาพแวดล้อมการทำงานที่ดีขึ้นจากการนำหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้ในแง่มุมต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว และการได้รับการปฏิบัติอย่างเท่าเทียมกันย่อมส่งผลในทางบวกต่อบุคลากรของโรงงานได้

บทที่ 3
การเริ่มต้นกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ในการเริ่มต้นนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาลงมือปฏิบัติของโรงงานอุตสาหกรรม มักจะพบกับปัญหาและอุปสรรคจาก 2 สาเหตุหลัก คือ

- โรงงานไม่แน่ใจว่าแนวคิดด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด จะสามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพได้อย่างไร ตลอดจนยังไม่แน่ใจว่าโรงงานของตนเองมีความจำเป็นมากน้อยแค่ไหนกับการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
- โรงงานที่มีความสนใจในแนวคิดด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และเห็นว่ามีประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต มักจะประสบปัญหาในการเริ่มดำเนินการ เนื่องจากไม่แน่ใจว่าควรจะเริ่มที่จุดใดก่อน ตลอดจนขาดแหล่งค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม

ดังนั้น ในบทนี้จะให้ข้อมูลเพื่อช่วยให้โรงงานสามารถตอบคำถามทั้งสองข้อได้ เมื่อโรงงานมีความพร้อมที่จะลงมือปฏิบัติ สามารถดำเนินการตามขั้นตอนที่เสนอแนะไว้ สามารถติดต่อกับหน่วยงานที่สามารถให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคหรือค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง ตลอดจนสามารถหาแหล่งสนับสนุนด้านเงินทุน

องค์ประกอบในการเริ่มต้นกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนั้นแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ

1. รายการคำถามเบื้องต้นสำหรับผู้บริหาร เพื่อให้ผู้บริหารมีโอกาสประเมินประสิทธิภาพของโรงงานอย่างคร่าวๆ เนื่องจากอำนาจในการตัดสินใจย่อมขึ้นอยู่กับผู้บริหาร ดังนั้นถ้าหากผู้บริหารเห็นความสำคัญแล้วผู้ปฏิบัติการด้านเทคนิคจึงจะสามารถลงมือปฏิบัติในขั้นต่อไปได้
2. ขั้นตอนและกลยุทธ์ในการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ในส่วนนี้เป็นการสร้างระบบของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดให้เกิดขึ้นภายในโรงงาน ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนและประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานภายในโรงงานให้เหมาะสมสำหรับโรงงานแต่ละแห่ง
3. แหล่งข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถค้นคว้าและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้
4. แหล่งสนับสนุนด้านการเงิน เพื่อให้ผู้ประกอบการที่สนใจในการดำเนินงานภายใต้ขอบเขตของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สามารถติดต่อเพื่อหาแหล่งสนับสนุนที่สอดคล้องกับความต้องการได้

3.1 รายการคำถามเบื้องต้นสำหรับผู้บริหาร

วัตถุประสงค์ของรายการคำถามนี้เพื่อประเมินทัศนคติของผู้บริหารที่มีต่อโรงงานตนเอง เป็นคำถามปลายปิดที่ผู้ตอบอาจจะตอบว่า ใช่ ไม่ใช่ หรือไม่มีข้อมูลก็ได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 หากท่านตอบว่าใช่ หรือ ไม่มีข้อมูลเพียงแค่หนึ่งข้อ แสดงว่าแนวคิดด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมีประโยชน์ต่อองค์กรของท่าน

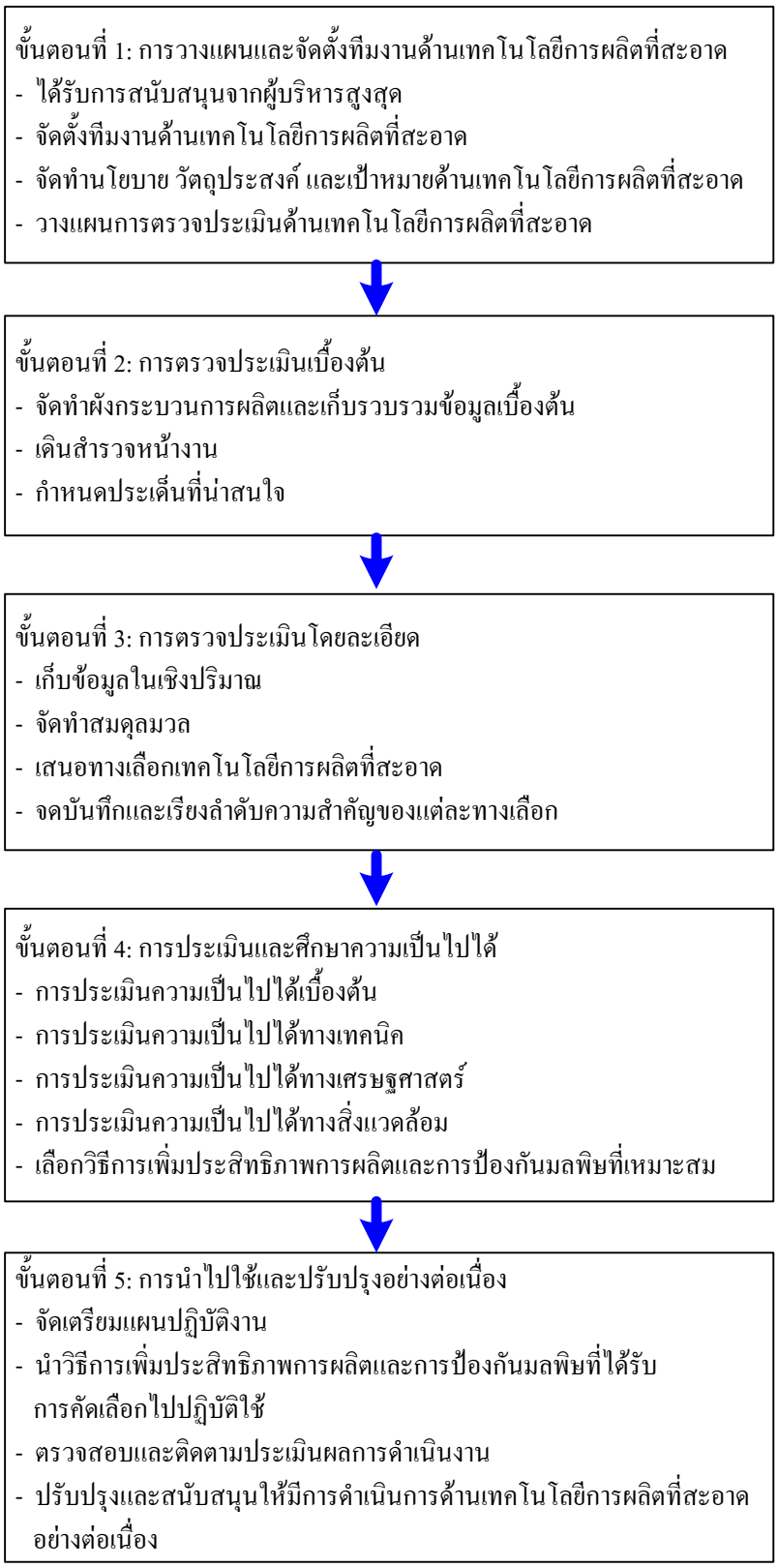
ตารางที่ 3.1 ตารางประเมินทัศนคติของผู้บริหาร

รายละเอียด	ใช่	ไม่ใช่	ไม่มีข้อมูล
1. มีค่าใช้จ่ายสำหรับวัตถุดิบมากเกินไป			
2. มีค่าใช้จ่ายสำหรับเชื้อเพลิงมากเกินไป			
3. มีค่าใช้จ่ายสำหรับไฟฟ้ามากเกินไป			
4. มีค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำใช้มากเกินไป			
5. มีปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำเสีย กลิ่น ฝุ่น			
6. มีความจำเป็นต้องรักษาภาพพจน์ที่ดีต่อชุมชน			
7. มีค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นมากเกินความจำเป็น			
8. มีปัญหาเรื่องการหยุดฉุกเฉินหน้างาน (Breakdown) ของเครื่องจักร ในสัดส่วนที่สูงกว่าการบำรุงรักษาตามแผน			
9. ต้องการพัฒนาโรงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น			

3.2 ขั้นตอนและกลยุทธ์ในการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

การตรวจประเมินด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เป็นวิธีที่ใช้ตรวจสอบเพื่อหาประเด็นที่น่าสนใจสำหรับบริเวณที่มีการใช้ทรัพยากรอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ และมีการจัดการของเสียที่ยังไม่ดีพอ โดยมุ่งให้ความสำคัญกับของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตและผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งขั้นตอนในการตรวจประเมินด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดประกอบด้วย 5 ขั้นตอน[1] ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1

[1] คู่มือการตรวจประเมินของ United Nations Environment Programme (UNEP), 1996



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการตรวจประเมินด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ขั้นตอนที่ 1: การวางแผนและจัดตั้งทีมงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

วัตถุประสงค์ในขั้นตอนนี้ คือ การเตรียมงานทั้งด้านบุคลากรและทรัพยากรอื่นๆ และวางแผนการทำงาน เพื่อให้การตรวจประเมินด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการ รวมทั้งเพื่อให้ฝ่ายบริหารระดับสูงของโรงงานให้ความสำคัญและให้การสนับสนุนโดย

- กำหนดนโยบายอย่างชัดเจนและเป็นลายลักษณ์อักษร โดยแจ้งไปยังทุกแผนกเพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วม และทำการชี้แจงนโยบายเป็นระยะๆ เพื่อให้เกิดการปฏิบัติตามอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมต้องประกอบด้วยวิสัยทัศน์และภารกิจขององค์กร โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรในการผลิต รวมทั้งการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น โดยมีการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน วัดผลได้ และมีการกำหนดกรอบเวลา เช่น โรงงานจะเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นติดผิวเฉลี่ยขึ้น 3% ภายใน 6 เดือน นับจากเริ่มโครงการ
- จัดตั้งทีมงานที่ประกอบด้วยผู้แทนจากฝ่ายต่างๆ ของโรงงาน ได้แก่ ฝ่ายบริหาร ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม ฝ่ายซ่อมบำรุง ฝ่ายจัดซื้อ/จำหน่าย โดยตัวแทนจากทุกฝ่ายเข้าร่วมประชุมเพื่อปรึกษาหารือและเสนอแนวทางข้อคิดเห็นต่างๆ เพื่อค้นหาของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต แล้วหาทางแก้ไขเพื่อให้การสูญเสียนั้นเป็นศูนย์ เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงเพิ่มคุณภาพและกำลังการผลิต

ขั้นตอนที่ 2: การตรวจประเมินเบื้องต้น

ในการตรวจประเมินเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตของโรงงานและประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง โดยทีมงานสามารถใช้เครื่องมือที่สำคัญ คือ ผังกระบวนการในการอธิบายกระบวนการผลิต ซึ่งผังกระบวนการนี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำสมดุลมวลเมื่อทำการตรวจประเมินโดยละเอียดในขั้นต่อไป การตรวจประเมินเบื้องต้นประกอบด้วย

- *จัดทำผังกระบวนการผลิตและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น:* โดยให้ความสนใจกับกิจกรรมที่มักไม่อยู่ในแผนผังกระบวนการทั่วไป เช่น
  - การทำความสะอาด
  - การเตรียมสี และสารเคลือบผิว
  - การขนส่งและเก็บรักษาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์
  - การควบคุมคุณภาพ
  - การซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์

ในการจัดทำผังกระบวนการผลิต ทีมงานสามารถบันทึกรายละเอียดของแต่ละกระบวนการโดยอาจใช้แผ่นงานแสดงมวลเข้าและมวลออกของแต่ละหน่วยกระบวนการ เพื่อให้การทำงานสะดวกขึ้น

- *การเดินสำรวจเบื้องต้น:* ข้อมูลบางส่วนที่ต้องบันทึกลงในแผ่นงานแสดงมวลเข้าและมวลออกของแต่ละหน่วยกระบวนการจะได้จากการเดินสำรวจเบื้องต้น ซึ่งการเดินสำรวจที่ดีควร

จะเดินเรียงตามหน่วยกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ โดยให้ความสนใจในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การใช้ทรัพยากร และของเสียที่เกิดขึ้น ในระหว่างการเดินสำรวจทีมงานควรพูดคุยกับพนักงานประจำเครื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลของลักษณะการทำงานจริง ลักษณะ/ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งมักนำมาสู่โอกาสในการลดของเสียหรือโอกาสในการใช้ทรัพยากรให้น้อยลง นอกจากนี้ทางทีมงานควรจดบันทึกปัญหาที่พบเห็นและแนวทางแก้ไข (ถ้าเป็นไปได้)

- *กำหนดประเด็นที่น่าสนใจ:* เนื่องจากเวลาและบุคลากรที่มีจำกัด ทำให้บางครั้งการตรวจประเมินโดยละเอียดไม่สามารถทำได้ในทุกกระบวนการ ทีมงานจึงควรกำหนดกรอบของการตรวจประเมินในประเด็นที่น่าสนใจบางประเด็นก่อน โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาว่าเป็นหน่วยกระบวนการที่
  - สามารถปรับปรุงได้โดยง่าย ทำได้ทันที
  - ก่อให้เกิดของเสียในปริมาณมาก
  - ใช้หรือทำให้เกิดสารเคมีหรือวัตถุอันตราย
  - คิดเป็นจำนวนเงินที่สูญเสียไปสูง
  - มีประโยชน์จากการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้อย่างเห็นได้ชัด

ขั้นตอนที่ 3: การตรวจประเมินโดยละเอียด

ทีมงานทำการเก็บข้อมูลในเชิงปริมาณสำหรับประเด็นที่น่าสนใจ ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการตรวจประเมินเบื้องต้น เพื่อนำมาทำสมดุลมวล

- *เก็บข้อมูลในเชิงปริมาณ:* ในการพิจารณาว่าควรเก็บข้อมูลใดบ้าง ทีมงานสามารถใช้แผ่นงานแสดงมวลเข้าและมวลออกของแต่ละหน่วยกระบวนการมาประกอบการพิจารณา โดยข้อมูลที่ทำการเก็บบันทึกควรเป็นปริมาณต่อหน่วยการผลิต เช่น ปริมาณการใช้สีต่อพื้นที่ผิวชิ้นงานเป็นต้น ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะช่วยในการวิเคราะห์จุดที่มีการสูญเสีย เช่น ปริมาณการใช้ตัวทำละลายเทียบต่อปริมาณงานที่ได้ เพิ่มสูงขึ้นมากในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา อาจมีสาเหตุมาจากการระเหย หรือการผสมสีไม่ถูกต้องตามสูตร เป็นต้น
- *การทำสมดุลมวล:* เพื่อต้องการทราบปริมาณวัตถุดิบ น้ำใช้ และพลังงานทั้งหมดที่เข้าและออกจากระบบ โดยตามทฤษฎีแล้วมวลเข้า (Input) ต้องเท่ากับมวลออก (Output) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะได้ข้อมูลปริมาณมวลเข้าและมวลออกทั้งหมด โดยเฉพาะข้อมูลในส่วนของของเสียและผลพลอยได้ ซึ่งในส่วนนี้เป็นสิ่งที่ค่อนข้างกระทำได้ลำบากสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่มีลักษณะเป็นการทำงานกึ่งเวิร์คช็อป ดังนั้นประโยชน์ของสมดุลมวลจะอยู่ที่การนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยการผลิตย่อยๆ มากกว่า เช่น การทำสมดุลมวลเพื่อหาปริมาณตัวทำละลายที่สูญเสียไปจากการเตรียมสี เป็นต้น
- *เสนอทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด:* ทางเลือกของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่ได้จากการตรวจประเมิน ส่วนมากแล้วมักจะขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของทีมงาน

ประกอบกับการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้สมดุลมวล จะช่วยให้ทีมงานมองเห็นทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดด้วยเช่นกัน สำหรับแหล่งข้อมูลอื่นๆ นอกองค์กรที่ช่วยในการหาทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ประกอบด้วย

- บริษัทที่ปรึกษา/บริษัทผู้จำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์
- สมาคมการค้า สมาคมอุตสาหกรรม
- มหาวิทยาลัย สถาบันวิจัย และหน่วยงานราชการ
- บทความและข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต

โดยทั่วไปแล้วทางเลือกของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสามารถแบ่งออกเป็นประเภทหลักๆ ได้ดังนี้

- การจัดการที่ดีภายในโรงงานและวิธีการทำงานที่ถูกต้อง (Good Housekeeping) คือ การบริหารกระบวนการผลิตและการปฏิบัติงานให้มีศักยภาพ
- การปรับปรุงเทคโนโลยี
- การนำกลับมาใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่

- *จดบันทึกและเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก:* เมื่อทีมงานได้คัดเลือกแนวทางเลือกในการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดได้แล้ว ต้องมีการเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก และความยากง่ายในการปฏิบัติ (นำไปปฏิบัติได้ทันที หรือต้องศึกษาเพิ่มเติม)

ขั้นตอนที่ 4: การประเมินและศึกษาความเป็นไปได้

เมื่อทางทีมงานเลือกแนวทางในการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดได้แล้ว ต้องมีการประเมินและศึกษาความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเลือกเฉพาะแนวทางที่มีความเหมาะสมมาใช้

- *การประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้น:* โดยการประเมินร่วมกันระหว่างทีมงานและผู้บริหารเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้เบื้องต้นของแต่ละแนวทาง ซึ่งผลของการประเมินเบื้องต้นจะบอกได้ว่าแนวทางไหนมีความเป็นไปได้และแนวทางไหนต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม
- *การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค:* ต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้กับผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และความปลอดภัยที่จะเกิดจากการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีหรือวิธีการทำงาน นอกจากนี้ต้องพิจารณาด้วยว่าจำเป็นต้องมีการฝึกอบรมพนักงานเพิ่มเติมหรือการบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นหรือไม่
- *การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์:* โดยการเปรียบเทียบต้นทุนในการเปลี่ยนแปลงกับมูลค่าที่จะประหยัดได้ โดยต้นทุนแบ่งได้เป็นเงินลงทุนและค่าดำเนินการ โดยปกติการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์จะใช้การคิดระยะเวลาคืนทุนของโครงการ

(Payback Period) เป็นหลัก แต่ทั้งนี้บ่อยครั้งบางทางเลือกมีความคุ้มค่าอย่างชัดเจน โดยเฉพาะส่วนที่เป็นการจัดการที่ดีและวิธีการทำงานที่ถูกต้อง จึงควรลงมือปฏิบัติทันที

- *การประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม:* ในบางกรณีประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้จากทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดค่อนข้างชัดเจน แต่ในบางกรณีการประเมินประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกระทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้น การประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อมโดยอิงกับกฎหมายและข้อกำหนดต่างๆ จะช่วยให้การประเมินทำได้สะดวกขึ้น

ขั้นตอนที่ 5: การนำไปใช้และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ถึงแม้ทีมงานจะเลือกแนวทางในการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่มีความเหมาะสมไว้แล้ว แต่หากไม่มีการนำไปปฏิบัติ ทางเลือกนั้นจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ใดเลยกับโรงงาน ดังนั้นจึงต้องจัดทำแผนปฏิบัติงานและตรวจติดตามเพื่อทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

- *จัดเตรียมแผนปฏิบัติงาน:* รายละเอียดของแผนปฏิบัติงานต้องประกอบด้วย
  - กิจกรรมที่ต้องกระทำ
  - วิธีการที่ต้องปฏิบัติในกิจกรรมนั้นๆ
  - ทรัพยากรที่ต้องการในการปฏิบัติงาน (งบประมาณและบุคลากร)
  - บุคคลที่จะรับผิดชอบกิจกรรมนั้นๆ
  - กรอบเวลาในการทำงาน
- *นำทางเลือกด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่ได้รับการคัดเลือกไปปฏิบัติ:* ในบางครั้งการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานหรือติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ใหม่ ตามแนวทางในการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่นำมาใช้ อาจต้องมีการฝึกอบรมพนักงานเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบถึงวิธีปฏิบัติงานใหม่หรือวิธีการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ใหม่
- *ตรวจสอบและติดตามผลการดำเนินงาน:* การตรวจสอบและติดตามผลการดำเนินงานเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการประเมินผลที่ได้รับจากการนำแนวทางด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติ ซึ่งสามารถใช้ค่าปัจจัยหลักฯ ต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในการประเมินผลเปรียบเทียบ
- *ปรับปรุงและดำเนินกิจกรรมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอย่างต่อเนื่อง:* เพื่อให้มีการดำเนินกิจกรรมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอย่างต่อเนื่อง ทีมงานต้องนำผลที่ได้รับจากการตรวจสอบติดตามผลมาปรับปรุงแนวทางเลือกในการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในโรงงาน ทีมงานต้องเผยแพร่แนวคิดด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปยังพนักงานทุกระดับ นอกจากนี้โรงงานยังสามารถนำแนวคิดด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้ร่วมกับระบบคุณภาพต่างๆ ที่โรงงานใช้อยู่ หรือที่จะใช้ในอนาคตได้

3.3 แหล่งข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้

แหล่งข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ได้แก่ รายชื่อหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และรายชื่อเว็บไซต์ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้ ได้ถูกรวบรวมไว้เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถค้นคว้าศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้ ดังตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.2 รายชื่อหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

หน่วยงาน	การบริการ	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
1. สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม http://www2.diw.go.th/ctu E-mail: ctu@diw.go.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - การฝึกอบรม สัมมนา - นโยบายและแผน - จัดทำหลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา	75/6 ถ.พระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์ 0 2202 4154 โทรสาร 0 2202 4170
2. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย http://www.tei.or.th E-mail: info@tei.or.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - การฝึกอบรม สัมมนา - การตรวจประเมิน CT - โครงการสาธิต	16/151 เมืองทองธานี ถนนบอนด์สตรีท ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120	โทรศัพท์ 0 2503 3333 โทรสาร 0 2504 4826-8
3. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย http://www.fti.or.th E-mail: information@off.fti.or.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - การฝึกอบรม สัมมนา จัดหาทุน - การตรวจประเมิน CT - ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ โซน C ชั้น 4 60 ถ.รัชดาภิเษกตัดใหม่ เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110	โทรศัพท์ 0 2345 1000 โทรสาร 0 2345 1296-99
4. กรมควบคุมมลพิษ http://www.pcd.go.th	- ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม - ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม	92 ซอยพหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์ 0 2298 2271 , 0 2298 2000 โทรสาร 0 2298 2002

ตารางที่ 3.2 รายชื่อหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (ต่อ)

หน่วยงาน	การบริการ	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
5. กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค), สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) http://www.mtec.or.th/th/index.asp	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - การฝึกอบรม - โครงการสาธิต	114 ถ.พหลโยธิน กม.42 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120	โทรศัพท์ 0 2564 6500 โทรสาร 0 2564 6501-5
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน http://www.dede.go.th	- ข้อมูลด้านการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานทดแทน และข้อมูลทั่วไป - สนับสนุนทุนในการอนุรักษ์พลังงาน - การฝึกอบรม ให้คำปรึกษา	17 ถ.พระรามที่1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330	โทรศัพท์ 0 2223 0021- 9 โทรสาร 0 2226 1416
7. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน http://www.eppo.go.th	- ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการอนุรักษ์น้ำและพลังงาน - กรณีศึกษา ให้ทุน และส่งเสริมการอนุรักษ์น้ำและพลังงาน	121/1-2 ถ.เพชรบุรี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์ 0 2612 1555 โทรสาร 0 2612 1358
8. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ http://www.forest.ku.ac.th/Products/Main.html	- ให้บริการด้านวิชาการเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ - การฝึกอบรม	50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	โทรศัพท์ 0 2942 8109 โทรสาร 0 2942 8371
9. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ http://www.forest.go.th/Forprod/service/	- ให้บริการตรวจพิสูจน์ชนิดและคุณภาพไม้ - การออกหนังสือรับรองผลิตภัณฑ์ไม้เพื่อส่งออก - ตรวจสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์กาวติดไม้ - บริการข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับไม้	61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	โทรศัพท์ 0 2561 4292-3 ต่อ 474

ตารางที่ 3.2 รายชื่อหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (ต่อ)

หน่วยงาน	การบริการ	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
10. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม http://www.tisi.go.th/index_t.html	- ข้อมูลมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาห-กรรม - การขอใบอนุญาตต่างๆ - การออกใบรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานต่างประเทศเพื่อการส่งออก - โครงการฝึกอบรมและสัมมนา	ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์ 0 2202 3301-4 โทรสาร 0 2202 3415
11. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ http://www.ftpi.or.th/	- บริการให้คำปรึกษา แนะ นำและฝึกอบรมในด้านต่างๆ เช่น ระบบมาตรฐานสากล การผลิต ทรัพยากร บุคคล การจัดการ - เผยแพร่และจำหน่ายสื่อวิชาการด้านการเพิ่มผลผลิต	ชั้น 12 -15 อาคารยาคูลท์ 1025 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพ 10400	โทรศัพท์ 0 2619 5500 โทรสาร 0 2619 8100
12. ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม http://bisd.dip.go.th/furniture	- ส่งเสริม สนับสนุนพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการของอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อสามารถแข่งขันในตลาดภายในและต่างประเทศได้	ซอยตรีมิตร ถนนพระรามที่ 4 กล้วยน้ำไท เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110	โทรศัพท์ 0 2367 8249 โทรสาร 0 2381 1603
12. สมาคมอุตสาหกรรมเครื่องเรือน http://www.tfa.or.th	- ส่งเสริม สนับสนุนการดำเนินงานของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้	1267/3 ซอยลาดพร้าว35 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	โทรศัพท์ 0 2513 6263 โทรสาร 0 2513 1082

ตารางที่ 3.3 รายชื่อเว็บไซต์ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้

	ที่อยู่	เนื้อหา
1	http://www.envirowise.gov.uk	บทความ และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เช่น ข้อมูลเปรียบเทียบการใช้ตัวทำละลายในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ กรณีศึกษาในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ที่น่าสนใจในต่างประเทศ บทความแนะนำการลดปริมาณของเสียในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดหรือเลือกให้ส่งบทความกลับมาให้ทางอีเมล์ก็ได้ ต้องมีการลงทะเบียนก่อนใช้งานโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ
2	http://www.epa.gov	บทความ และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เช่น มาตรฐานการปล่อยอากาศที่มีการปนเปื้อนของสารพิษจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ กรณีศึกษาการลดของเสีย ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ในต่างประเทศ เป็นต้น
3	http://wrrc.p2pays.org/	บทความ และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เช่น กรณีศึกษาการปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้ตัวทำละลาย โอกาสในการลดของเสียในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เป็นต้น
4	http://cleanerproduction.com	เป็นเว็บท่า (Portal site) สู่เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับ CT
5	http://www.bfmenvironment.co.uk/	รายงานการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ เช่น 1. Benchmarking wood waste combustion 2. Benchmarking solvent use
6	http://benchmark.20m.com/index.html	บทความต่างๆ เกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้
7	http://www.osha.gov/SLTC/etools/woodworking/finish_equip.html	บทความ และเครื่องมือการเรียนรู้ (e-tools) เกี่ยวกับการปรับปรุงการทำงานในโรงงานเฟอร์นิเจอร์
8	http://www.hse.gov.uk/pubns/woodindx.html	รวมข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานของการทำงานไม้
9	http://www.eere.energy.gov/EE/industry.html	ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3.3 รายชื่อเว็บไซต์ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้ (ต่อ)

	ที่อยู่	เนื้อหา
10	http://se-ed.net/srisuk/	ให้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบแสงสว่าง - การออกแบบ - ตารางมาตรฐานความส่องสว่าง
11	http://www.woodweb.com	บทความ จำหน่ายอุปกรณ์ แหล่งข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้
12	http://www.paintcenter.org	กระดานถาม-ตอบเกี่ยวกับปัญหาต่างๆ ในเรื่องการใช้สีและตัวทำละลายในโรงงานเฟอร์นิเจอร์
13	http://www.woodworkingtips.com/etips	ให้ข้อแนะนำ และเทคนิคเกี่ยวกับการทำงานไม้ง่ายๆ พร้อมภาพประกอบ
14	http://www.woodnet.net/tips/index	
15	http://www.forest.go.th	กรมป่าไม้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับตลาด ราคา กระดานซื้อขายไม้ รวมถึงข้อมูลต่างๆ จากหน่วยงานภายใน
16	http://www.tisi.go.th/index_t.html	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ให้ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การขอใบอนุญาตต่างๆ การออกใบรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานต่างประเทศเพื่อการส่งออก โครงการฝึกอบรมและสัมมนา
17	http://www.forest.ku.ac.th/Products/Main.html	ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีงานวิจัยและให้บริการวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ และผลิตผลป่าไม้ รวมถึงบริการทดสอบไม้ ทดสอบเก้าอี้
18	http://cit.kmitnb.ac.th/	ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มีงานวิจัยและให้บริการวิชาการทางด้านความสามารถในเชิงทักษะด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมไม้เพื่อนำไปพัฒนาหรือสร้างงานอุตสาหกรรม
19	http://www.arch.kmitl.ac.th/	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีงานวิจัยและให้บริการวิชาการทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้เพื่อรองรับทางอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3.3 รายชื่อเว็บไซต์ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้ (ต่อ)

	ที่อยู่	เนื้อหา
20	http://www.su.ac.th/html_academics/decorative.asp	คณะมัณฑศิลป์ ภาควิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร มีงานวิจัยและให้บริการวิชาการทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้เพื่อรองรับทางอุตสาหกรรม
21	http://www.arch.chula.ac.th/	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีงานวิจัยและให้บริการวิชาการทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้เพื่อรองรับทางอุตสาหกรรม

หมายเหตุ

ข้อมูลในอินเตอร์เน็ตที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และเฟอร์นิเจอร์ไม้มีมากมาย ที่นำเสนอมานี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งที่คณะผู้จัดทำเห็นว่ามีประโยชน์ต่อผู้อ่าน โปรดใช้วิจารณญาณในการค้นคว้าข้อมูล ผู้อ่านอาจค้นหาเพิ่มเติม โดยใช้คำสำคัญ (Key Words) ต่างๆ เช่น Cleaner Technology, Pollution Prevention, Cleaner Production, Waste Minimization, Transfer Efficiency, Energy Conservation, Dust Collection System, Local Exhaust Ventilation, Demand Controller, Electric Motor หรือ Solvent Reduction ร่วมกับคำว่า Wooden Furniture ก็ได้

3.4 แหล่งสนับสนุนด้านการเงิน

ปัจจุบันภาครัฐ ได้มีกองทุน/ความช่วยเหลือต่างๆ ที่ส่งเสริมและสนับสนุน ให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรม เทคโนโลยีการผลิตและการรักษาสิ่งแวดล้อมตามหลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งในรูปของเงินสนับสนุน เงินกู้ และอื่นๆ แต่ผู้ประกอบการบางส่วนอาจไม่ได้รับข่าวสารอย่างทั่วถึง ประกอบกับระเบียบ ขั้นตอนการขอรับความสนับสนุนต่างๆ เหล่านี้มักมีการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงอยู่เป็นระยะ จึงได้รวบรวมแหล่งความช่วยเหลือที่ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมสามารถติดต่อเพื่อหาแหล่งสนับสนุนที่สอดคล้องกับความต้องการ ไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รายชื่อกองทุน/โครงการ และข้อมูลในการติดต่อ

หน่วยงาน	รายละเอียด
1. ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย (SME Bank) เลขที่ 475 อาคารสิริภิญโญ ชั้น 9 ถนนศรีอยุธยา เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ 0 2201 3700-10 โทรสาร 0 2201 3723-4 http://www.smebank.co.th	1.1 สินเชื่อเพื่อช่วยเหลือผู้ส่งออก วงเงิน Packing Credit 1.2 สินเชื่อเพื่อร่วมจัดงานแสดงและจำหน่ายสินค้าและบริการเพื่อการส่งออก 1.3 โครงการสินเชื่อนวัตกรรม 1.4 สินเชื่อโครงการสร้างผู้ประกอบการพันธุ์ mai (mai : Market for Alternative Investment หรือ ตลาดหลักทรัพย์ใหม่)
2. โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย (ITAP), สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) 111 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0 2564 7000 โทรสาร: 0 2564 7001-5 http://www.nstda.or.th/itap/	2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีสินค้าที่ได้มาตรฐาน 2.2 สนับสนุนทุนการวิจัยและการพัฒนาอุตสาหกรรมงานไม้และการปรับปรุงกระบวนการผลิต 2.3 สนับสนุนทางด้านเทคโนโลยีเพื่อการผลิต การจัดการและสารสนเทศทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นผู้ประสานงานกับเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ 8 ประเทศ ได้แก่ เยอรมนี อังกฤษ เนเธอร์แลนด์ ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น แคนาดา สหรัฐอเมริกา และ ออสเตรีย ในการพัฒนาบุคลากรของสาขาวิชา

ตารางที่ 3.4 รายชื่อกองทุน/โครงการ และข้อมูลในการติดต่อ (ต่อ)

หน่วยงาน	รายละเอียด
3. ธนาคารกรุงเทพฯ จำกัด (มหาชน) โครงการสนับสนุนการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรมภาคเอกชน 333 ถนนสีลม เขตบางรัก กรุงเทพฯ 10500 โทรศัพท์ 0 2231 4333 โทรสาร 0 2231 4742 http://www.bangkokbank.co.th	เพื่อใช้ในโครงการที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือ เทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพหรือปรับปรุงขบวนการผลิตเดิม
4. ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ และสาขาทั่วประเทศ Call Center 1572 http://www.krungsri.com	4.1 สินเชื่อแก่ผู้ประกอบการธุรกิจการค้าขนาดกลางหรือขนาดย่อม ให้บริการแก่ผู้ประกอบการธุรกิจการค้าขนาดกลางหรือขนาดย่อมที่ต้องการเงินทุน 4.2 เงินกู้กรุงศรีอนุรักษ์พลังงาน เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีอาคารและโรงงานควบคุมภายใต้พระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 เป็นลูกค้าเป้าหมาย
5. ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) สถาบันพัฒนาสินเชื่อ SMEs เลขที่ 2 ถนนสุขุมวิท ชั้น 5 อาคารเพลินจิต-เซ็นเตอร์ โทรศัพท์ 0 2208 8364-8 โทรสาร 0 2256 8188 E-mail : tboonyak@ktb.co.th	โครงการสินเชื่อเพื่อการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยี สนับสนุนเงินกู้เพื่อการวิจัยและการพัฒนา การสร้างและปรับปรุงห้องทดลองพัฒนาระบบการผลิตและคุณภาพสินค้าเพื่อนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 17 ถนนพระรามที่ 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0 2223 0021-9 โทรสาร 0 2226 1416 http://www.dede.go.th	6.1 โครงการมาตรการภาษีเพื่อสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (กรณีโรงงาน) - เงื่อนไขการยกเว้นภาษีเงินได้สำหรับเงินได้ที่จ่ายเป็นค่าใช้จ่ายเพื่อการได้มาซึ่งทรัพย์สินประเภทอุปกรณ์ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน 6.2 โครงการขอรับสิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้สำหรับอุปกรณ์ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน (กรณีบุคคลธรรมดา)

ตารางที่ 3.4 รายชื่อกองทุน/โครงการ และข้อมูลในการติดต่อ (ต่อ)

หน่วยงาน	รายละเอียด
7. โครงการเงินสมทบจ้างที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงการผลิต การจัดการ และการตลาด (Consultancy Fund: CF) กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ถนน พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทร. 0-2246-0075 โทรสาร 0-2246-7763 http://www.dip.go.th	เพื่อส่งเสริมให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมได้มีโอกาสในการยกระดับปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยใช้บริการจากที่ปรึกษาที่มีความรู้ความชำนาญเฉพาะด้าน จากภายนอกองค์กรมาช่วยให้คำปรึกษาแนะนำ โดยที่กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมจะให้ความช่วยเหลือในการจัดหาที่ปรึกษาที่เหมาะสมกับความต้องการ และช่วยสมทบค่าใช้จ่ายในการจ้างที่ปรึกษาบางส่วน
8. โครงการเสริมสร้างผู้ประกอบการใหม่ (New Entrepreneurs Creation-NEC) กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ถนน พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ 0 2202 4571-3 http://www3.smethai.net/nec	8.1. มุ่งเน้นการสร้างผู้ประกอบการรุ่นใหม่ที่มีพื้นฐานการศึกษาดี ด้วยการเติมความรู้สำหรับการดำเนินธุรกิจในระบบเศรษฐกิจใหม่ให้แก่ผู้ประกอบการที่เพิ่งเริ่มกิจการ หรือทายาทผู้ประกอบการ เน้นการค้นหาศักยภาพ และสร้างจิตวิญญาณของการเป็นผู้ประกอบการ 8.2. กิจกรรมของโครงการฯ ได้แก่ • ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการระยะสั้น และระยะยาว • บ่มเพาะธุรกิจ และอนุบาลการลงทุน • ปรึกษาแนะนำ • ตลาดนัดการเงิน และการลงทุนเพื่อ SMEs • เปิดตัวธุรกิจสินค้า หรือบริการ โดยมีเครือข่ายหน่วยงานอื่นๆ ที่ร่วมดำเนินการ เช่น ธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน) สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย เป็นต้น
9. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) หรือ The Thailand Research Fund (TRF) ชั้น 14 SM Tower 979/17-21 ถ.พหลโยธิน สามเสนใน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ 0 2298 0455-75 โทรสาร 0 2298 0455 http://www.trf.or.th/	ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย เผยแพร่ผลงานวิจัย และนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชนอย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมงานไม้

ภาคผนวก ก
กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

ภาคผนวก ก
กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

เฟอร์นิเจอร์โดยทั่วไปแบ่งออกเป็นสองประเภทกว้างๆ คือ ประเภทที่หนึ่ง เฟอร์นิเจอร์ที่สร้างติดกับอาคาร (Built-in Furniture) ซึ่งเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่มีลักษณะพิเศษที่ถูกออกแบบ และสร้างให้เหมาะสมหรือเข้าชุดกับสถานที่ใช้งาน ไม่สามารถขยับเคลื่อนย้ายได้ กระบวนการผลิตส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่หน้างานในสถานที่ติดตั้ง และ ประเภทที่สอง เฟอร์นิเจอร์แบบลอยตัว (Free Standing Furniture) เป็นเฟอร์นิเจอร์สำเร็จรูป ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ตามอิสระ และนำไปใช้งานได้โดยไม่จำกัดสถานที่ ในที่นี้จะได้กล่าวถึงกระบวนการผลิตผลิตเฟอร์นิเจอร์แบบลอยตัวเป็นหลัก

การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้นี้สามารถแบ่งกว้างๆ ตามลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็น 3 ลักษณะ คือ การผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้จริง (เช่น ไม้ยางพารา หรือไม้เนื้อแข็งอื่นๆ) เฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบ และเฟอร์นิเจอร์ประเภทจักสานที่มีการใช้ทั้งไม้จริง และไม้ประกอบเป็นโครงสร้างหลัก และผสมผสานกับวัสดุจักสานต่างๆ ซึ่งในแต่ละประเภทจะแบ่งการอธิบายออกเป็น 3 หัวข้อ คือ 1) การสั่งซื้อและตรวจสอบคุณภาพไม้ 2) การเตรียมวัสดุไม้ และ 3) การผลิตเฟอร์นิเจอร์

กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้จริง : ไม้ยางพารา

(Wooden Furniture: Rubberwood)

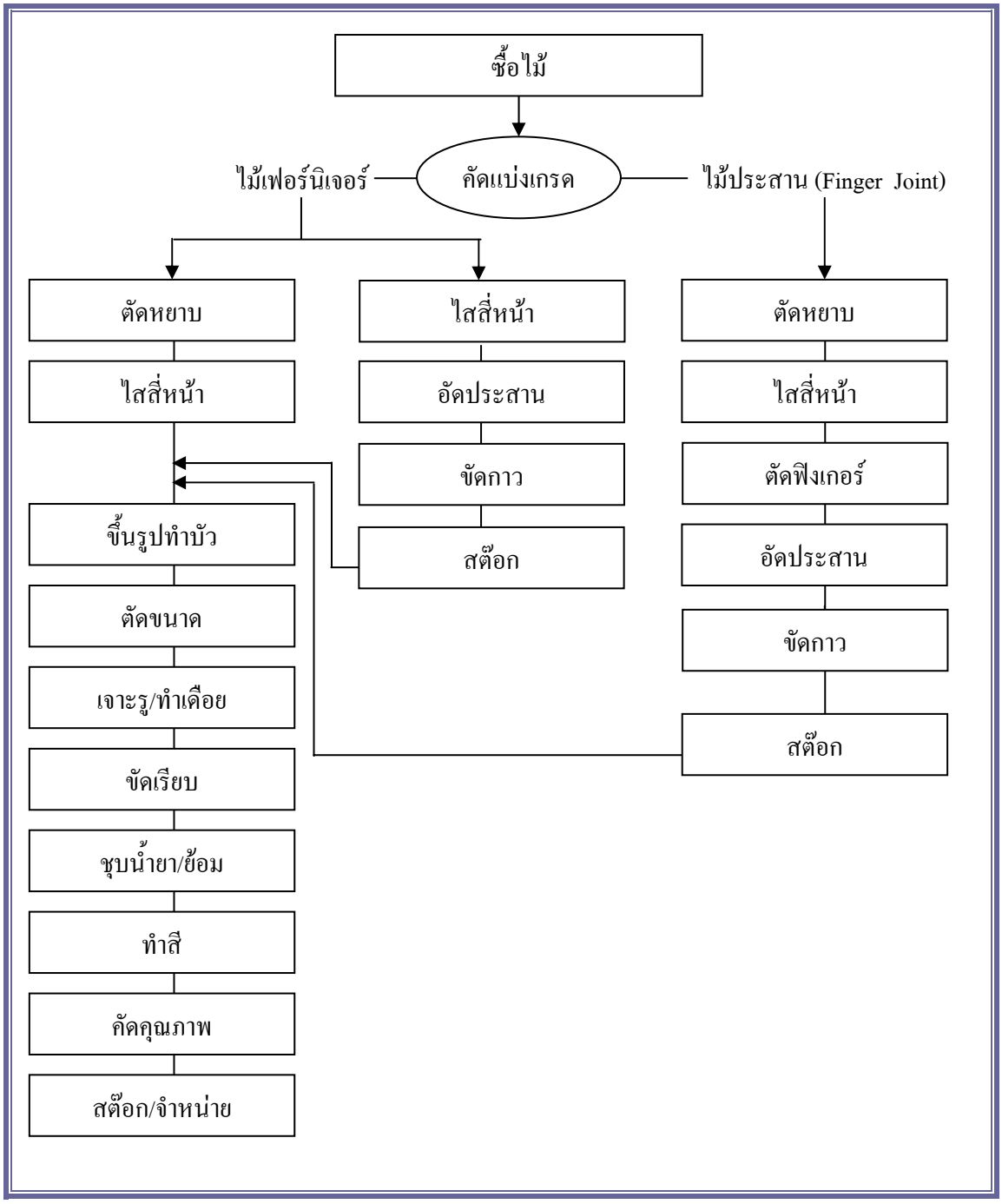
ปัจจุบันเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ไม้ยางพารามีลักษณะสีขาวหรือขาวออกชมพู เป็นไม้เนื้อแข็งปานกลาง มีค่าความถ่วงจำเพาะระหว่าง 0.6 ─ 0.7 ที่ความชื้น 12 % ข้อเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้ยางพารา และไม้จริงอื่นๆ ที่ใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ แสดงไว้ในตารางที่ ก.1

กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้เริ่มจากคำสั่งซื้อเฟอร์นิเจอร์จากลูกค้า ฝ่ายผลิตจะทำการวางแผนการผลิตตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในการผลิต ได้แก่ ไม้ วัสดุเคลือบผิว เชลแล็ก แลกเกอร์ สีย้อม สีพ่น ทินเนอร์ กาว ตะปู ผ้าสำหรับบุ ฟองน้ำ ยาง เศษผ้า กระดาษทราย อุปกรณ์จับยึดชิ้นส่วนต่างๆ มือจับ ตะขอ รางเลื่อน กุญแจ บานพับ ลูกล้อ เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และทำการสร้างแบบจำลองสำหรับทดสอบ (Prototype) เพื่อหาจุดบกพร่องของแบบและทำการแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์ก่อนที่จะทำการผลิตจริง โดยขั้นตอนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้จริงแสดงไว้ในรูปที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ข้อเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้ยางพารา และไม้ชนิดต่างๆ (เอกสารอ้างอิง (51))

ชนิดไม้	โทนสีไม้	ความหยาบของเนื้อไม้	การใช้งาน	ความยากในการเคลือบสี	ลักษณะพิเศษ
ยางพารา	ขาว ขาวออกชมพู	3	เฟอร์นิเจอร์ส่งออก	3	เนื้อแข็งปานกลาง ต้องจุ่มน้ำยาป้องกันมอด ปลวก
ตะแบก	เหลือง เหลืองดำ	3	วงกบ โครงสร้าง	2-3	เนื้อแข็งปานกลาง แตกง่าย
มะค่า	ส้ม ส้มดำ	4	วงกบ ปาร์เกต์ ราวบันได พื้นบันได	3-4	เนื้อแข็ง
ประดู่	แดง แดงดำ	4	โต๊ะ เก้าอี้ ผนัง เสา ปาร์เกต์ งานลงรัก	3	เนื้อแข็ง มีกลิ่นเฉพาะ
ชิงชัน	แดงดำ	4	โต๊ะ เก้าอี้ งานลงรัก	3	เนื้อแข็งมาก มีราคาสูง
สัก	เหลืองทอง น้ำตาล	3	โต๊ะ เก้าอี้ ปาร์เกต์ งานแกะสลัก ไม้อัดสัก กรอบรูป	2	แข็งปานกลาง ประกอบแปรรูปง่าย ลาดลายสวยงาม ยางไม้เป็นพิษต่อแมลงกินไม้
จำปา	เหลือง เหลืองเขียว	2	กรอบรูป เฟอร์นิเจอร์แกะสลัก	1-2	เนื้อแข็งปานกลาง ร้องย้อมสีช่วย ราคาต่ำ
จามจุรี	น้ำตาล น้ำตาลดำ	4-5	แกะสลัก อุปกรณ์ห้องครัว	4	เนื้อแข็งปานกลาง แตกง่าย
แดง	แดง แดงดำ	3-4	นำมาทำโครงสร้าง ปาร์เกต์ ไม้พื้น	2-3	เนื้อแข็งมาก มียาง ทนทานมาก
โอ๊กแดง โอ๊กขาว	ชมพู ขาวออกเทาหรือเขียว	5	หน้าโต๊ะ เก้าอี้ ปาร์เกต์ กรอบรูป ไม้อัดโอ๊ก	4-5	เนื้อแข็ง ตกแตกง่าย ไม่มียางไม้ ลวดลายไม่ชัดเจน
ไวท์แอช	ขาว ขาวออกเหลือง	4	ไม้พื้น กรอบรูป ไม้อัดตกแต่ง	4	เนื้อแข็งปานกลาง เส้นใยเหนียว ไม่มียาง ลายคล้ายโอ๊ก
ฮาร์ด-ซอฟท์เมเปิ้ล	ขาว ขาวออกชมพู	2	โต๊ะ เก้าอี้ ปิดผนัง กรอบรูป	2-3	เนื้อแข็งปานกลาง ตกแต่งง่าย ดูดซึมสีย้อมดี
เชอร์รี่	ชมพู ชมพูดำ	1-2	โต๊ะ เก้าอี้ ปิดผนัง ไม้อัดกรอบรูป	1	เนื้อแข็งปานกลางค่อนข้างอ่อน ลายสวยงาม
บีช	ขาวออกเหลือง เหลือง	1	โต๊ะ เก้าอี้ กรอบรูป ปิดผนัง	1	เนื้ออ่อน ลวดลายสวยงาม
ยางมาเลเซีย	แดง แดงดำ	5	โครงสร้าง ไม้อัด	4	ลวดลายไม่สวย นำมาทำสีทึบได้ดี ราคาถูก

หมายเหตุ ช่องความหยาบของเนื้อไม้และความยากในการเคลือบสี เลข 5 หมายถึงค่าสูงสุด



รูปที่ ก.1 ขั้นตอนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้จริง

การสั่งซื้อไม้และตรวจสอบคุณภาพไม้

การสั่งซื้อไม้

ต้องกำหนดเกรดของไม้ (เกรดไม้ A B และ AB) ขนาดความหนา ความกว้าง ความยาว ปริมาณความชื้นของไม้ การอัดน้ำยาว่าเต็มพื้นที่หน้าตัด ประเภทของน้ำยาที่ใช้ในการอัด เพื่อรักษาเนื้อไม้ให้ปราศจากการทำลายของแมลงจำพวกมอด ปลวก เห็ด และรา

ปัจจุบันการสั่งซื้อไม้ท่อนจากแปลงที่โค่นล้ม เพื่อส่งไปยังโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา ทำการซื้อขายในหน่วยน้ำหนักเป็นกิโลกรัม แต่เมื่อไม้ท่อนถูกแปรรูปเป็นขนาดต่างๆ พร้อมทั้งอัดน้ำยา และผ่านการอบให้ได้ปริมาณความชื้นที่ต้องการแล้ว โรงงานแปรรูปไม้ยางพาราจะทำการซื้อขายกับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในหน่วยปริมาตรเป็นลูกบาศก์ฟุต

สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ระยะเวลาการซื้อขาย ปริมาณในการซื้อขาย การส่งมอบไม้ และปริมาณไม้คงคลัง เพื่อให้มีปริมาณไม้เพียงพอสอดคล้องกับกำลังการผลิตของโรงงานโดยควบคุมไม่ให้มีไม้คงคลังมากจนเกินไป ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บ และค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการต่างๆ รวมทั้งอาจเกิดความเสียหายในระหว่างจัดเก็บได้

การแปรรูปไม้ยางพารามีหลายขนาด โดยทั่วไปมีความหนาตั้งแต่ ½ ¾ 1 1¼ 1½ 2 2½ 3 และ 4 นิ้ว ขนาดความกว้างตั้งแต่ 2 2½ 3 3½ และ 4 นิ้ว ส่วนขนาดความยาวมีตั้งแต่ 70 90 100 110 120 130 และ150 เซนติเมตร [1]

การตรวจสอบคุณภาพไม้

การตรวจรับไม้ที่สั่งซื้อมาต้องทำการตรวจสอบว่าตรงกับความต้องการและเป็นไปตามข้อตกลงที่สั่งซื้อหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบชนิดไม้ เกรดไม้ ขนาดไม้ จำนวนไม้ ปริมาณความชื้น[2] การอัดน้ำยาว่าเต็มเซลล์หรือไม่[3] และประเภทของน้ำยา ตัวอย่างของเครื่องอัดน้ำยาไม้และห้องอบไม้แสดงไว้ในรูปที่

---

[1] การบอกขนาดของไม้ นิยมบอกหน้าไม้เป็นนิ้ว ความยาวเป็นเซนติเมตร และปริมาตรเป็นลูกบาศก์ฟุต
1 ตารางนิ้ว เท่ากับ 0.00694 ตารางฟุต
1 เมตร เท่ากับ 3.28084 ฟุต
ตัวอย่างเช่น ไม้ขนาด ¾ x 2 x 100 คำนวณปริมาตรได้ดังนี้ ¾ x 2 x 100 x (0.00694 x 3.28084 / 100) หรือ ¾ x 2 x 100 x (2.277×10^{-4}) ได้ปริมาตรเท่ากับ 0.034 ลูกบาศก์ฟุต

[2] ปริมาณความชื้นไม่ควรเกิน 12% ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสถานที่ที่เฟอร์นิเจอร์ถูกนำไปใช้งานด้วย เช่น หากเฟอร์นิเจอร์ถูกนำไปใช้ในสหรัฐอเมริกาที่ในบ้านทั่วไปมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 40% ปริมาณความชื้นในไม้ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ประมาณ 7-8% เพื่อลดการหดตัวของไม้

[3] การอัดน้ำยาแบบเต็มเซลล์ เป็นการอัดน้ำยาให้น้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้มากที่สุดจนเต็มช่องว่างของเซลล์เนื้อไม้ และซึมเข้าไปตามผนังเซลล์เนื้อไม้ด้วย กรรมวิธีนี้เหมาะกับตัวยาประเภทเกลือเคมีละลายในน้ำ แต่ไม่เหมาะกับยาประเภทน้ำมัน เพราะน้ำมันจะเยิ้มอยู่เป็นเวลานาน ส่วนการอัดน้ำยาแบบไม่เต็มเซลล์ เป็นการอัดน้ำยาให้ซึมเข้าไปในผนังเซลล์ แต่ในช่องเซลล์ยังว่างอยู่เหมาะสำหรับตัวยาประเภทน้ำมัน

ก.2 และ ก.3 การตรวจเกรดไม้เป็นการตรวจสอบด้วยสายตา ส่วนการตรวจสอบปริมาณความชื้น และการอัดน้ำยาในไม้ต้องใช้เครื่องมือและสารเคมีตรวจสอบ โดยชนิดของสารเคมีที่ใช้ต้องตรวจสอบกับผู้จำหน่ายไม้ ตัวอย่างของเครื่องมือวัดปริมาณความชื้นของเนื้อไม้และสารเคมีสำหรับตรวจสอบน้ำยาในไม้แสดงไว้ในดูรูปที่ ก.4 และ ก.5 ตามลำดับ

รูปที่ ก.2 เครื่องอัดน้ำยาไม้

รูปที่ ก.3 ห้องอบไม้

รูปที่ ก.4 เครื่องมือวัดปริมาณความชื้นของเนื้อไม้

รูปที่ ก.5 สารเคมีตรวจวัดน้ำยาอัด-อาบไม้[4]

การเตรียมวัสดุไม้

หลังจากตรวจรับไม้ตามข้อตกลงในการซื้อขายแล้ว ก่อนนำไม้เข้าสู่การผลิตต้องทำการคัดเลือกไม้ด้วยสายตาอีกครั้ง โดยแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ ไม้ตรง และไม้โค้งมีตำหนิ[5] เช่น ไม้ที่โค้ง โก่ง งอ บิด มีตา ปริแตก เป็นต้น ดูรูปที่ ก.6 และ ก.7 ประกอบ

รูปที่ ก.6 ไม้ตรงไม่มีตำหนิ

[4] ตรวจสอบโดยทั่วไปใช้ Chrome Azurol S Powder 0.50 กรัม และ Anhydrous Sodium Acetate 0.50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ทาหัวไม้ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หากเป็นสีม่วงเข้มแสดงว่ามีการอัดน้ำยามาดี

[5] ตำหนิในเนื้อไม้ คือ ความผิดปกติในเนื้อไม้ ได้แก่ ตาไม้ (Knot) ซึ่งพบเห็นได้บ่อยที่สุด ตาไม้ทำให้ทิศทางและแนวเสี้ยนไม้สะดุดลง ทำให้ไม้เสียความแข็งแรง รอยร้าว (Shakes) เป็นรอยแตกตามเสี้ยนไม้ ทำให้ความแข็งแรงลดลง สังเกตได้จากรอยแตกที่หัวไม้ รอยปริ (Checks) เป็นรอยแตกตามเสี้ยน ที่เกิดจากการหดตัวที่ไม่สม่ำเสมอจากการผึ่งไม้ จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนเมื่อไสไม้แล้ว และ รอยผุ (Decay) ปกติเกิดจากรา ควรหลีกเลี่ยงไม่ใช้ไม้นั้นๆ

รูปที่ ก.7 ไม้มีตำหนิ โค้ง โก่ง งอ ปริแตก

การผลิตเฟอร์นิเจอร์

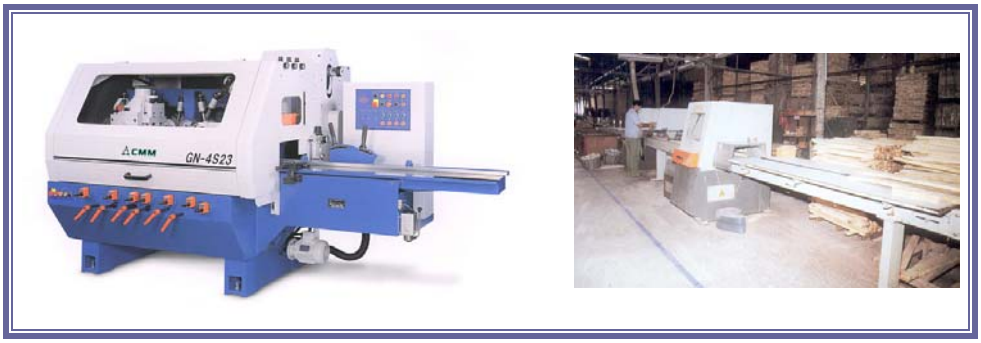
เนื่องจากลักษณะและรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตในอุตสาหกรรมนั้นมีความหลากหลาย ขั้นตอนในการผลิตจึงมีความแตกต่างกันไปด้วย ในที่นี้จึงจะขอกล่าวถึงขั้นตอนการผลิตหลักโดยทั่วไป ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

<u>การเตรียมไม้ – ประสานไม้</u>

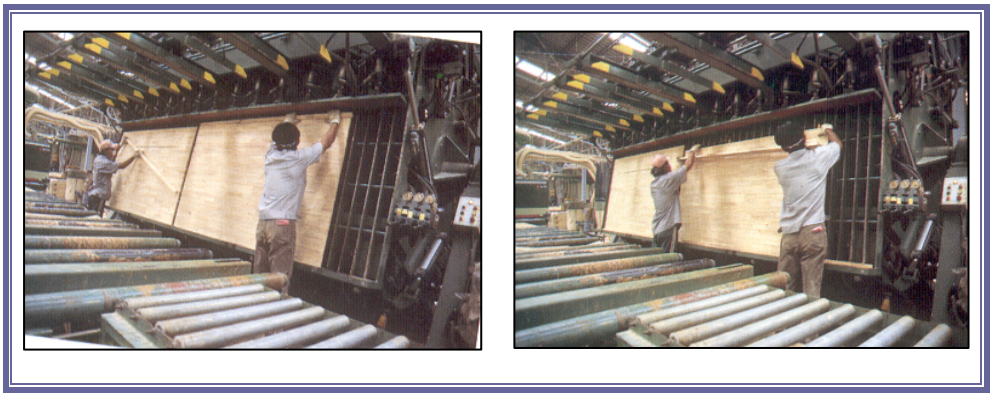
การเตรียมไม้โดยการตัดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) การตัดเพื่อการเตรียมไม้สำหรับนำไปผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ เช่น การตัดหัวไม้และตัดตามความยาวโดยใช้เครื่องเลื่อยรัศมี (Radial Arm Saw) การผ่าไม้ตามความกว้างก่อนการไสด้วยเครื่องเลื่อยผ่าไม้แนวตรง (Straight-line Rip Saw) เป็นต้น 2) การตัดเพื่อให้เป็นไปตามรูปแบบ เช่น การตัดหัวไม้ด้วยเครื่องเลื่อยไม้แผ่นแนวนอนแบบอัตโนมัติ (Automatic Panel Saw) การตัดไม้แผ่นด้วยเครื่องเลื่อยไม้แผ่นแนวตั้งแบบอัตโนมัติ (Vertical Panel Saw) และการตัดเส้นโค้งด้วยเครื่องเลื่อยสายพาน (Band Saw) เป็นต้น

ไม้ตรงที่ได้คัดแยกไว้สามารถนำไม้ไปเข้าเครื่องไสสี่หน้า (4-Side Planer) ให้ได้ขนาดความหนาและความกว้างพร้อมทั้งตัดหัวไม้ ปลายไม้ให้ได้ขนาดความยาวที่ต้องการ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.8 ขั้นตอนนี้เมื่อได้ไม้ชิ้นยาวที่มีขนาดตามที่ต้องการแล้วสามารถนำไปผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ได้โดยตรง หรือหากต้องการผลิตไม้เป็นแผ่นกว้างสามารถนำไปประสานยึดติดด้วยกาวด้านข้าง เพื่อให้ได้ความกว้างที่ต้องการ ด้วยเครื่องอัดประสาน (Hydraulic and Pneumatic Clamping Machines) ดังแสดงตัวอย่างในรูป

ที่ ก.9 หรือหากต้องการเพิ่มความหนาของไม้สามารถนำไม้มาทากาวแล้วอัดเรียงซ้อนกัน (Face-to-face Lamination) เพื่อให้ได้ความหนาที่ต้องการ จากนั้นนำไปเข้าเครื่องไส กลึงขึ้นรูป และขัดเพื่อให้ได้ขนาดของไม้พร้อมที่จะนำไปผลิตขึ้นรูปในขั้นต่อไป



รูปที่ ก.8 เครื่องไสสี่หน้า (4-Side Planer)



รูปที่ ก.9 เครื่องอัดประสานให้ได้ไม้เป็นแผ่นที่มีความกว้าง
(Hydraulic and Pneumatic Clamping Machines)

ในส่วนของไม้โค้งมีตำหนิ ต้องนำไม้เข้าเครื่องไสสองหน้าด้านบนและด้านล่าง (Double Side Planer) ให้ได้ขนาดความหนาที่สม่ำเสมอ แล้วจึงนำไปตัดซอยสองข้าง ตัดส่วนที่มีตำหนิทิ้งด้วยเครื่องเลื่อยวงเดือน (Tilting Arbor Saw หรือ Circular Saw) วิธีการตัดทอนเป็นท่อนพยายามตัดให้ได้ความยาวของไม้มากที่สุดเพื่อเป็นการประหยัดเนื้อไม้ ขั้นตอนนี้ให้แยกชิ้นไม้ที่มีขนาดยาวและสั้นออกจากกัน ตัวอย่างของเครื่องไสสองหน้า และเครื่องเลื่อยวงเดือนแสดงไว้ในรูปที่ ก.10

รูปที่ ก.10 เครื่องไสสองหน้า (Double Side Planer) และเครื่องเลื่อยวงเดือน (Circular Saw)

ไม้ชิ้นยาวที่มีขนาดตามที่ต้องการแล้วสามารถนำไปผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ได้เช่นเดียวกับไม้ตรง หรือหากต้องการไม้ที่มีความกว้าง หรือความหนามากขึ้น สามารถดำเนินการได้ในลักษณะเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น

สำหรับไม้ชิ้นสั้นจะนำเข้าเครื่องทำข้อต่อแบบนิ้วประสาน (Finger Joint) โดยผ่านเครื่องตีฟันหรือเครื่องทำรอยต่อแบบนิ้วประสาน (Finger Joint Shaper Machine) จากนั้นทากาวที่รอยต่อแล้วนำมาอัดเรียงติดกันโดยเครื่องอัดประสาน (Auto Finger Joint Assembler) เพื่อเพิ่มความยาวของชิ้นไม้ โดยหลังจากที่กาวแห้งดีแล้วก็นำเข้าเครื่องไสสี่หน้าพร้อมทั้งตัดให้ได้ขนาดความยาวตามที่ต้องการ ดูรูปที่ ก. 11 ประกอบ (สำหรับวิธีการติดกาวประสานไม้ ผู้อ่านที่สนใจสามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหน้าถัดไป) หากต้องการไม้ที่มีขนาดความกว้างหรือความหนามากขึ้น สามารถดำเนินการได้ในลักษณะเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

รูปที่ ก.11 เครื่องตีฟัน (Finger Joint Shaper Machine) และภาพตัวอย่างไม้สั้นรูปแบบต่างๆ ของข้อต่อแบบนิ้วประสานไม้ที่ผ่านการต่อ-อัดด้วยกาวแล้ว

การติดกาวประสานไม้ (เอกสารอ้างอิง (51))

คุณภาพของแผ่นไม้ประสานขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งมีอิทธิพลจากผู้ผลิตแผ่นไม้ประสานและผู้จำหน่ายกาว ที่จะต้องร่วมมือกันตลอดเวลาในระหว่างการผลิต เพื่อหาแนวทางหรือแก้ปัญหาที่จะทำให้ได้แผ่นไม้ประสานที่สวยและมีคุณภาพ ขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการผลิตที่ควรตระหนักมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการใช้กาวชนิดใดก็ตามในอุตสาหกรรมไม้ ได้แก่

1. ความชื้นของไม้ที่จะนำมาประสาน

เราสามารถหาปริมาณความชื้นของไม้ เป็นปริมาณร้อยละเทียบกับน้ำหนักแห้งของไม้ โดยใช้สูตร

$$\frac{\text{น้ำหนักไม้ก่อนอบแห้ง - น้ำหนักไม้หลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักไม้หลังอบแห้ง}} \times 100$$

วิธีการสามารถดูได้จากมาตรฐานที่เกี่ยวกับไม้ต่างๆ ทั้งในประเทศ คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และมาตรฐานต่างประเทศที่นิยม ได้แก่ American Standard ASTM D 2016 เป็นต้น

ไม้ก่อนที่จะทำการทากาวต้องทำการอบก่อน เพื่อให้ได้ความชื้นของไม้ระหว่าง 6 ถึง 15% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศรอบๆ บริเวณการผลิต แต่ระดับความชื้นที่เหมาะสมที่สุดควรอยู่ระหว่าง 10-12% ประเด็นสำคัญที่จะละเลยเสียมิได้ คือ พยายามทำให้ไม้ก่อนที่จะอัดประสานมีความชื้นของไม้ทุกชิ้นเท่ากันให้ได้มากที่สุด ซึ่งโดยปกติจะต้องมีความชื้นของไม้ชิ้นที่จะอัดประสานติดกันแตกต่างกันไม่เกิน 2% หากสามารถรักษาให้ความชื้นไม้ที่อัดติดกันมีความชื้นใกล้เคียงที่สุด ก็จะช่วยลดแรงดึงของไม้จากการพองตัวและหดตัวลงได้

การพองตัวและหดตัวของไม้มีสาเหตุจากความชื้นภายในไม้ที่ไม่คงที่ตามสภาวะอากาศต่างๆ โดยเฉพาะเมื่อถูกนำไปใช้ในที่มีสภาวะอากาศที่ต่างจากบริเวณโรงงานที่ผลิต ทำให้ไม้ต้องมีการปรับตัวให้มีความชื้นสมดุลกับสภาวะอากาศขณะนั้น จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดไปด้วย หากไม้แต่ละชิ้นที่นำมาประสานมีความชื้นที่แตกต่างกันมาก เมื่ออัดประสานกันแล้วความเค้นที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายความชื้นของไม้นี้จะสูง ดังนั้นต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในกรณีของการส่งผลิตภัณฑ์ไม้ประสานไปยังประเทศอื่น เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป และอเมริกา

นอกจากนี้ปริมาณความชื้นของไม้ยังมีผลต่อคุณสมบัติการติดกาวด้วย เนื่องจากกาวที่ใช้ในการผลิตไม้ประสาน ส่วนใหญ่แล้วเป็นกาวที่อาศัยการแพร่กระจายไปบนพื้นผิวของไม้ กลไกการติดกาวจะ

เกิดขึ้นจากการระเหยหรือสูญเสียตัวทำละลาย (โดยเฉพาะน้ำ) ออกจากแนวกาว ดังนั้นเมื่อไม้มีความชื้นสูงจึงต้องใช้ระยะเวลาในการอัดที่นานขึ้น เนื่องจากน้ำในแนวกาวจะถูกดูดเข้าสู่ไม้ได้ช้าลง ในทางกลับกันเนื้อกาวในแนวกาวกลับแทรกซึมลงสู่เนื้อไม้มากขึ้นด้วย ทำให้มีเนื้อกาวในแนวกาวน้อยลงจนทำให้เกิดรอยต่อไม่แน่น (Starved Joint) ในทำนองเดียวกันหากไม้แห้งหรือมีความชื้นต่ำเกินไป น้ำในแนวกาวจะแทรกซึมลงสู่เนื้อไม้อย่างรวดเร็ว จนเป็นผลให้แนวกาวแห้ง เป็นอุปสรรคต่อการเปียก (การแพร่ขยาย) ของกาวบนผิวหน้าไม้ เกิดเป็นรอยต่อกาวไม่ติด (Dried Joint)

2. การเตรียมชิ้นไม้ประสาน

ในขั้นตอนนี้ เป็นการเน้นที่คุณภาพของพื้นผิวไม้และขนาดที่มีความสม่ำเสมอและตัดฉากอย่างถูกต้อง เครื่องเลื่อยและเครื่องไสผิวหน้าต้องเที่ยงตรงและคม เพื่อให้ได้ผิวหน้าไม้ที่เรียบและขนาดที่ตรงสม่ำเสมอตลอดความยาวของไม้ จึงต้องทำการตรวจสอบชิ้นไม้ที่เลื่อยและไสก่อนทำการทากาวตลอดเวลา วิธีการง่ายๆในการตรวจสอบนอกจากจะเทียบระนาบกับแท่งมาตรฐานแล้ว ยังอาจจะนำมากองเรียงชิ้นไม้ให้ขนานกันแล้วยึดด้วยแท่นยึดเพื่อดูร่องรอยการประชิด ส่วนการวัดมุมฉากก็สามารถตรวจสอบจากการตั้งไม้ดูมุมฉากอีกครั้งหนึ่ง

เครื่องไสจะต้องมีความคมและสภาวะต่างๆของเครื่องจะต้องพร้อมดีก่อนทำการไส โดยการตรวจดูตั้งแต่ มุมมีด การตั้งใบมีด ความราบเรียบและเที่ยงตรงในการหมุนใบมีด แท่นป้อนและรับชิ้นไม้ต้องอยู่ในแนวระนาบตลอดทั้งแท่น เป็นต้น ใบมีดไสที่ที่อจะทำให้เกิดรอยไหม้บนผิวไม้ ส่งผลเสีย คือ รอยไหม้ดังกล่าวจะไปปิดรอยเสี้ยนของไม้ ซึ่งเป็นอุปสรรคขัดขวางการแทรกซึมของกาวบนพื้นผิวหน้าไม้ที่จะทำการติดกาว

3. ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทากาว

ตามหลักทฤษฎีแล้ว ระยะเวลาในการเตรียมไม้ซึ่งปกตินับตั้งแต่การไสไม้แล้วจนถึงทากาวจะต้องใช้เวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ได้ผลของการยึดติดกาวที่ดี โดยทั่วไปควรทากาวหลังจากไสแต่งหน้าไม้ ภายในระยะเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง

ระยะเวลาที่ใช้อาจจะสั้นหรือยาวได้ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของไม้แต่ละชนิด แต่การที่จะให้ได้คุณภาพการยึดติดกาวที่ดีนั้น การทากาวควรกระทำวันเดียวกันกับการเตรียมไม้จะดีที่สุด เนื่องจากมีการศึกษาวิจัยแล้วพบว่าระยะเวลาระหว่างการไสแต่งไม้จนถึงการทากาวเป็นช่วงวิกฤตที่สำคัญและต้องตระหนักไว้เสมอ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากทำการเตรียมไม้แล้ว ผิวหน้าไม้มีการกระทบกับแสงแดดจะโดยทางตรงหรือทางอ้อมก็ตาม) เนื่องจากว่าสารประกอบเคมีบนผิวหน้าไม้จะเกิดการออกซิเดชั่น ทำให้ความสามารถในการซึมซาบของกาวลดลงส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวกาว โดยความแข็งแรงที่ลดลงจะแปรผันโดยตรงกับระยะเวลาระหว่างการไสไม้กับการทากาวที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าหากให้ไม้ตากแดดอยู่นอกอาคารเป็นเวลานาน ราว 2 - 3 วัน แม้จะใช้เวลาการทากาวหลังไสไม้ภายใน 5 ชั่วโมงก็ตาม ยังมีผลทำให้ความแข็งแรงของรอยต่อกาวลดลงถึง 20% และหาก

ให้ไม้ตากแดดไว้ราว 3 เดือนจะยิ่งทำให้ความแข็งแรงลดลงถึง 65% เนื่องจากความสามารถในการแทรกซึมของกาวบนผิวหน้าไม้ลดลงจากสาเหตุการเกิด ออกซิเดชันของไม้

ไม่ซึม ซึม

ซึ่งความสามารถในการซึมซาบของกาวบนผิวหน้าไม้สามารถพิจารณาง่าย ๆ โดยการหยอดหยดน้ำหรือสารเคมีบางชนิดลงบนผิวหน้าไม้ และสังเกตการซึมซาบลงไปในไม้ว่ายากง่ายเพียงใด หรือหยดน้ำหรือสารเคมียังคงก่อตัวเป็นหยดอยู่บนผิวหน้าไม้ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารพิเศษบ่งชี้บางตัว สำหรับการติดกาวที่ผิดปกติหรือยากต่อการติด อีกทั้งยังสามารถใช้เทคนิคการขัดผิว (Sanding) เป็นตัวบ่งชี้การใช้กาวกับไม้ได้อีกด้วย

4. การเก็บและการผสมกาวกับตัวเร่งแข็ง

กาวและตัวเร่งต่างๆ ควรเก็บรักษาไว้ในที่เย็นเพื่อยืดอายุของกาวให้นานที่สุด โดยทั่วไปอุณหภูมิมีผลกระทบต่ออายุของกาวที่เป็นของเหลวอย่างมาก โดยพบว่าหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 7 องศาเซลเซียส จะมีผลคล้ายกับการบ่มกาว หรือตัวเร่งให้ปฏิกิริยาเคมีเร็วขึ้น 2 เท่า ดังนั้นการเก็บรักษากาวเหลวอย่างระมัดระวังและหลีกเลี่ยงให้ภาชนะบรรจุถูกแสงแดดเป็นสิ่งสำคัญมาก

ในการผลิตแผ่นไม้ประสานทั่วไป (ยกเว้นการใช้สำหรับงานโครงสร้าง) กาวที่นิยมใช้มากขึ้น คือ กาวชนิด 2 ส่วนผสม ได้แก่ ***กาวชนิดโพลีไวนิลแอลกอฮอล์*** ที่ใช้สารไอโซไซยาเนต เป็นตัวเร่งแข็ง หรือ ***กาวชนิดโพลีไวนิลอาซีเตต*** ที่ใช้เกลือโครเมียม หรืออลูมิเนียม เป็นตัวเร่งแข็ง การผสมให้ถูกสัดส่วน และเที่ยงตรงระหว่างกาวและตัวเร่งเป็นสิ่งสำคัญ การใช้เครื่องมือที่มีระบบการตวงวัดและปล่อยกาวหรือตัวเร่งออกจากถังเก็บให้ผสมกันแล้วใช้ได้ทันทีอย่างอัตโนมัติและเที่ยงตรง เป็นสิ่งที่ควรพิจารณานำมาพัฒนาประยุกต์ใช้ในโรงงาน เครื่องผสมกาวที่ดีจะต้องผสมกาวให้ได้กาวที่มีคุณภาพสม่ำเสมอที่สุด โดยใช้กาวที่ใหม่ และใช้สัดส่วนการผสมที่ถูกต้อง

นอกจากนี้จะต้องใช้เวลาในการผสมกาวและตัวเร่งที่สั้น เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตให้กับธุรกิจด้วย ความต่อเนื่องของเครื่องผสมกาวควรต่อเนื่องกับลูกกลิ้งทากาว เพื่อให้แน่ใจว่ากาวที่ใช้เป็นกาวที่ผสมขึ้นใหม่ นอกจากนี้การเก็บรักษากาวและตัวเร่ง ควรเก็บแยกห่างกัน และอยู่ในภาชนะที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งแวดล้อมที่ไม่พึงปรารถนาในโรงงาน เช่น ฝุ่นละออง และความชื้น เป็นต้น

การผสมกาวรุ่นใหม่ๆ ที่มีการค้นคว้าล่าสุด คือ การผสมตัวเร่งลงบนกาวที่ไหลอยู่บนลูกกลิ้ง ในบริเวณก่อนการทาส่วนผสมกาวลงบนไม้ เครื่องผสมกาวนี้จะต้องอาศัย เครื่องวัดปริมาณกาวและตัวเร่งที่เที่ยงตรงมาก และยังต้องสัมพันธ์กับการทำงานของลูกกลิ้ง เพื่อการใช้งานในลักษณะต่อเนื่องในการผลิตชิ้นงานปริมาณมาก (Mass Production) ด้วย

ในบางกรณีที่มีการใช้กาวในปริมาณไม่มากนัก มักจะทำการผสมกาวและตัวเร่งด้วยมือซึ่งก็ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษให้มีการผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างทั่วถึง โดยอาจจะพิจารณาจากสีของส่วนผสม หากกาวและตัวเร่งมีสีที่แตกต่างกัน แต่หากมีสีที่เหมือนกันการผสมต้องทำอย่างพิถีพิถันเป็นพิเศษ

กาวที่ผสมแล้วสามารถใช้ได้นานตราบเท่าที่ยังเป็นของเหลวที่ซึมแทรกหรือทำให้ไม้เปียกได้อย่างเพียงพอ ระยะเวลาที่ใช้เตรียมกาวจนกระทั่งถึงช่วงที่กาวเริ่มมีความหนืดสูงจนไม่สามารถใช้งานได้เรียกว่า อายุของกาว (Pot Life) อายุของกาวผสมส่วนใหญ่มักจะระบุไว้ในฉลากหรือใบกำกับการใช้งานสินค้าที่แนบมาจากผู้ผลิตกาว อายุของกาวผสมจะสั้นลงหากอยู่ในที่อุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกับอายุการเก็บกาว (Shelf Life) อายุของกาวผสมจะยาวนานขึ้นหากเก็บรักษาในที่เย็น

5. การทากาว

กาวจะต้องทาไปบนผิวหน้าไม้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องทากาว ในกรณีที่เป็นเครื่องทากาวแบบลูกกลิ้งจะต้องพิจารณาเลือกดูที่ร่องของลูกกลิ้งที่เหมาะสม ลูกกลิ้งมักจะทำจากวัสดุที่เป็นโลหะหุ้มด้วยปลอกยาง ในการเลือกใช้ลูกกลิ้งว่าจะทำจากวัสดุชนิดใด ต้องพิจารณาว่ากาวและตัวเร่งเป็นสารเคมีประเภทใด เพื่อหลีกเลี่ยงการทำให้ผิวของลูกกลิ้งและร่องเสียหายได้

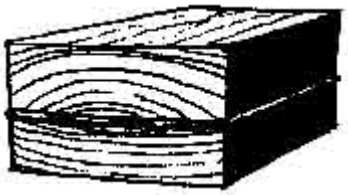
เมื่อใช้กาวประเภทอิมัลชั่น เช่น กาวโพลีไวนิลอาซีเตต หรือกาวลาเท็กซ์ มักจะไม่มีปัญหาต่อคุณภาพของวัสดุที่ใช้ทำลูกกลิ้งนัก ส่วนผสมของกาวประเภทนี้จะไม่กัดกร่อนในขณะใช้งาน แต่หากเป็นกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งใช้ตัวเร่งเป็นกรด จะมีฤทธิ์กัดกร่อนได้บ้างขึ้นอยู่กับความรุนแรงของกรด และจะเกิดความเสียหายมากขึ้นหากมีการใช้ตัวเร่งแยกกับกาว โดยปกติลูกกลิ้งที่มีวัสดุพื้นผิวเป็นยาง เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งก็จะสึกหรอจึงต้องทำการเปลี่ยนใหม่เป็นระยะ

การทากาวแบบให้เป็นสายคล้ายริบบิ้น เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทากาวที่ไม่ค่อยราบเรียบนัก ปริมาณของกาวที่ใช้เพื่อให้ได้การยึดติดที่ดี ขึ้นอยู่กับความเรียบและคุณสมบัติในการดูดซับของผิวหน้าไม้ รวมทั้งชนิดของกาวด้วย แต่ส่วนใหญ่จะใช้ปริมาณการทากาว 100-200 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับการใช้งานทั่วไปที่ไม่ใช่งานโครงสร้าง

โดยปกติสำหรับไม้ที่สามารถดูดซับกาวได้ การทากาวบนผิวหน้าด้านเดียวก็เพียงพอแล้ว แต่หากเป็นไม้เนื้อแข็งและมีผิวลื่นเป็นน้ำมัน (Oily) หรือไม้ที่ยากต่อการติดกาว ก็ควรทำการทากาวทั้งสองผิวหน้าไม้ ส่วนระยะเวลาในการประกบไม้ (Assembly Time) ควรให้เพียงพอต่อการที่จะให้กาวสามารถเปียกบนผิวหน้าไม้ได้ทั่ว และควรหลีกเลี่ยงกาวเยิ้มไหลในขณะอัดซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นมากเช่นกัน โดยแนวทางที่อาจจะนำไปพิจารณาใช้ คือ ให้ใช้กาวในปริมาณที่เพียงพอเหลือเป็นหยดกาวเล็กน้อย ปรากฏออกมาตามรอยต่อกาวเมื่อทำการอัด ดังรูป

6. ช่วงเวลาประกบเพื่อรออัด (Assembly Time)

ช่วงเวลาประกบเพื่อรออัดเป็นระยะเวลาที่เริ่มจากการทากาวจนกระทั่งทำการอัด สำหรับไม้เนื้อแข็งนั้นจะต้องใช้ช่วงเวลาประกบเพื่อรออัดที่นานขึ้นเพื่อให้กาวซึมลงในผิวหน้าไม้ก่อนทำการอัด ช่วงเวลาประกบเพื่อรออัดขึ้นอยู่กับปริมาณกาว อุณหภูมิ ความชื้นของไม้ ชนิดไม้ ฯลฯ



ช่วงเวลาประกบเพื่อรออัดมี 2 ประเภท คือ ช่วงเวลารอประกบ (Open Assembly Time) และ ช่วงเวลารออัด (Closed Assembly Time) ซึ่งบ่อยครั้งในเอกสารกำกับจากผู้ผลิตมักจะระบุไว้ ช่วงเวลารอประกบเป็นช่วงระยะเวลาที่ชิ้นไม้ที่ทากาวแล้วปล่อยเปิดทิ้งไว้ เพื่อรอการประกบกัน ส่วนช่วงเวลารออัดเป็นระยะเวลาที่หลังจากชิ้นไม้ที่ทากาวแล้วประกบปิดกันแต่ยังไม่ทำการอัด โดยหลักการแล้วช่วงเวลารออัดจะเป็น 2 เท่าของช่วงเวลารอประกบ

7. แรงดันที่ใช้ในการอัด

กำลังอัดควรสูงเพียงพอที่จะอัดชิ้นไม้ที่ทากาวแล้วเข้าด้วยกัน เพื่อรอให้กาวเกิดการแข็งตัว หากทำการอัดประสานไม้หลายๆ ชิ้น ควรคำนวณกำลังอัดให้เหมาะสม และเพียงพอสำหรับแนวกาวทุกๆ แนว สำหรับแต่ละแนวกาวที่ทาควรใช้กำลังอัด 5-8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (0.5-0.8 MPa) และใช้ระยะเวลาในการอัดที่เพียงพอ เพื่อให้มั่นใจว่ากาวเกิดการแข็งตัวเต็มที่เพียงพอแล้วก่อนที่จะทำการคายแรงดันออก

8. อุณหภูมิในการอัด

การใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการอัดสั้นลง สำหรับการใช้กาวประเภทอิมัลชั่น เวลาอัดจะใช้ต่างกันไประหว่างอุณหภูมิห้องถึง 70-90 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ในการอัดและชนิดของกาว เมื่ออัดไม้ด้วยกาวอิมัลชั่นจำเป็นต้องปล่อยระยะเวลาให้ไม้เย็นตัวให้เพียงพอก่อนทำการคายแรงดัน โดยเฉพาะการใช้วิธีการอัดแบบคลื่นความถี่สูง (High Frequency Heating) เหตุที่ต้องปล่อยให้เกิดการเย็นตัวหลังอัด

นั้นก็เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงในการเกิดการหย่อน (Creep) ในแนวกาวเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงและสมบัติของกาวประเภทเทอร์โมพลาสติกของตัวกาวเอง

9. ระยะเวลาในการอัด

ระยะเวลาในการอัดขึ้นอยู่กับปริมาณกาวที่ใช้ ชนิดของกาว อุณหภูมิในการอัด ชนิดของไม้ ฯลฯ การใช้อุณหภูมิในการอัดที่สูงจะส่งผลให้ระยะเวลาในการอัดสั้นลง โดยทั่วไประยะเวลาในการอัดมักจะมีกำหนดไว้ให้ในเอกสารกำกับของผู้ขาย/ผู้ผลิตกาว แต่แนะนำให้ทำการทดสอบดูก่อนการผลิตจริงเสมอ เนื่องจากสภาวะแวดล้อมในสถานที่ของผู้ใช้กาวจะแตกต่างกันและมีผลกระทบต่อระยะเวลาในการอัดด้วย

10. การทำความสะอาด

ในขณะที่กาวยังเปียกอยู่ สามารถเช็ดออกได้ทันทีจากผิวหนังและเสื้อผ้าโดยใช้สบู่และน้ำ สำหรับเครื่องมือเกี่ยวกับกาวสามารถทำความสะอาดได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของกาว กาวชนิดน้ำอิมัลชั่น เช่น กาวโพลีไวนิวอะซิเตต สามารถทำความสะอาดได้โดยใช้น้ำอุ่น กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดิไฮด์ที่ติดอยู่กับลูกกลิ้งสามารถล้างออกได้โดยใส่น้ำผสมโซดาเจือจางราว 10% จะทำให้กาวเจือจางลงและหมดสภาพความเหนียว หลังจากนั้น 2-3 นาที ลูกกลิ้งจะสามารถล้างได้ด้วยน้ำอุ่น กาวเรซอซินอล-ฟีนอล ฟอร์มัลดิไฮด์ สามารถล้างออกได้โดยใช้น้ำอุ่นผสมแอลกอฮอล์เล็กน้อย กาวโพลียูเรเทนและกาวชนิดอื่นที่คล้ายคลึงกัน สามารถล้างออกได้โดยใช้ตัวทำละลาย เช่น อาซิโตน (Acetone) หรือ โทลูอีน (Toluene) ขณะชำระล้างควรระวังอย่าสูดหรือให้ละอองของสารเหล่านี้กระทบโดยตรงต่อผิวหนังหรือร่างกาย

11. การตรวจสอบ

ขั้นตอนต่างๆ ข้างต้นจำเป็นต้องคอยหมั่นตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ควรทำการตรวจสอบชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่ติดกาวเรียบร้อยแล้วด้วยวิธีการง่ายๆ คือ การตรวจด้วยการแซะมีด (Knife Test) โดยการตอกสิ่วลงบนแนวรอยต่อกาวแล้วตรวจดูพื้นผิวไม้ที่แตกหักตรงรอยต่อนั้น วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายสำหรับดูคุณภาพการใช้กาว แม้ว่ากาวจะยังไม่แข็งตัวเต็มที่ซึ่งต้องใช้เวลาหลายวันก็ตาม ซึ่งในบางกรณีสำหรับกาวประเภทอิมัลชั่นที่ต้องการให้ต้านทานน้ำได้ดี อาจต้องรอให้เกิดการแข็งตัวที่จะใช้งานได้เต็มที่ ถึง 14 วัน โดยเฉพาะชิ้นงานที่ผลิตนำมาใช้เป็นหน้าโต๊ะและกรอบหน้าต่าง

ในปัจจุบันมีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม้อัดกาวในโรงงานใหญ่ๆ โดยเฉพาะโรงงานที่ผลิตเพื่อการส่งออก โดยการทดสอบตามมาตรฐานใหญ่ ๆ 2 มาตรฐาน คือ

1. JAS (Japanese Agricultural Standard) Testing Method for Tabletops and Windows Frames
2. EN 204/205 , European Standards for Classifying the Non-Structural Glued Laminated Wood Products

ประเภทของกาว

กาวสำหรับการผลิตไม้ประสานที่ไม่ใช่งานโครงสร้าง หรือเป็นไม้ประสานเพื่องานทั่วไป ใช้สำหรับผลิตเป็นเครื่องเรือนของตกแต่ง และใช้ในครัวเรือนเป็นส่วนใหญ่ ที่คำนึงถึงความสวยงามเป็นหลัก รองลงมาเป็นเรื่องของความทนทานของแผ่นไม้ ได้แก่

- กาวโพลีไวนิลอาซีเตต
- กาวอีลาสโตเมอร์ หรือ กาวยาง
- กาวร้อนเหลว หรือ กาวฮอทเมลท์
- กาวอิมัลชัน-โพลีเมอริค-ไอโซไซยาเนต
- กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์
- กาวยูเรีย-เมลามีน- ฟอร์มัลดีไฮด์
- กาวแอลฟา-ไซยาโนอะซิเลต

กาวเหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสามชนิดดังนี้

1. กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermo-setting Resins)

กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน	วัตถุประสงค์การใช้งาน	คุณสมบัติ
กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF, Urea Formaldehyde)	โดยทั่วไปใช้ในการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่น PB แผ่น MDF แผ่นไส้ไม้ระแนง และนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน	กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีจำหน่ายทั้งในสภาพของเหลว และเป็นผง ในกรณีที่เป็นผงจะมีทั้งถุงเดี่ยวและชนิด 2 ถุง โดยถุงเดี่ยวจะมีการผสมสารเร่งแข็งด้วย หากเป็นชนิด 2 ถุงจะแยกเป็น ถุงกาวผงยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 1 ถุง อีกถุงหนึ่งก็จะเป็นสารเร่งแข็งที่อาจจะผสมสารเพิ่มอื่นได้ด้วย การเตรียมกาวโดยนำกาวผงหลักหรือกาวน้ำ มาผสมกับน้ำ แล้วผสมกับสารช่วยให้กาวแข็งตัว (Hardener) เมื่อเข้ากันได้ดีแล้ว จึงนำไปทาบนผิวไม้ที่จะทำการยึดติด สารช่วยให้กาวแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะไปเริ่มทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีเชื่อมตัวทางขวาง ที่ถูกหยุดปฏิกิริยาไว้ในขณะทำการสังเคราะห์กาว ให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ขึ้น โดยมีการให้ความร้อนกับแนวกาวเป็นตัวเร่งให้แข็งตัวยิ่งขึ้น กาวชนิดนี้ทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ
กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (MF, Melamine Formaldehyde)	นิยมใช้ในการผลิตแผ่น PB ที่มีคุณสมบัติพิเศษโดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้นและสภาพฝนฟ้าอากาศร้อน กาวเมลามีน ยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย	กาว MF จะปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์น้อยกว่า UF ในการใช้งานใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวสูงกว่า UF แต่มีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิสูงได้ดีกว่า ข้อเสียคือราคาของ MF จะสูงกว่าราคา UF ถึง 4–5 เท่า จึงมีการนำมาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุนราคาลง เรียกว่า กาว MUF ซึ่งคุณสมบัติของกาว MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่าง MF และ UF

กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน	วัตถุประสงค์การใช้งาน	คุณสมบัติ
กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (PF, Phenol Formaldehyde)	1. มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่นไม้อัดชนิดใช้งานในทะเล (Marine Plywood) และ FB และ OSB สำหรับใช้งานในการก่อสร้าง 2. ใช้ในงานประดิษฐกรรมไม้เพื่อผลิตชิ้นงานที่พิเศษ ใช้ผลิต Wafer Board ชนิดพิเศษโดยใช้ Novolacs และใช้ในการผลิต Densified Wood* *Densified Wood ผลิตโดยการนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะทากาวบนไม้บางระหว่างชั้นไม้บาง ก็ใช้ไม้บางแช่อัด (Impregnate) กาวในสารละลายกาวแล้วปล่อยให้กาวไหลออก นำมาเรียงประกบกันตามความหนาที่ต้องการ แล้วอัดด้วยแรงดันสูงมาก เพื่อลดความหนาและได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหรอได้ดีมาก	กาว PF มี 2 ชนิด คือ รีโซล (Resoles) และโนโวแลค (Novolacs) ชนิด Resoles เป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ดเช่น ไม้อัด PB MDF กาว Resoles เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับ ฟีนอล ในสารละลายด่าง กาว Resoles ต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวที่สูงและได้แนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อนและเชื้อรา สำหรับกาว PF ชนิด Novolacs สังเคราะห์ขึ้นในสภาวะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของ F ที่ต่ำ หากจะต้องทำให้เป็นกาวอัดร้อนจะใช้ Hexamethylene Tetramine ผสม
กาวฟีนอล-เรซอซินอล ฟอร์มัลดีไฮด์ (P-RF, Phenol-Resorcinol Formaldehyde)	ใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (Laminated Beams)	ต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยาซึ่งหมายความว่าสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส และมักนิยมใช้ผงไม้ผสมในกาวเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป
กาวแทนนิน (Tannin Resins)	การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก แต่ก็มีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิต PB และ MDF ซึ่งจะทำให้มีความต้านทานความชื้นได้ดี	

กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน	วัตถุประสงค์การใช้งาน	คุณสมบัติ
กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins)	ใช้ในการผลิต PB MDF และ OSB เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง	กาวไอโซไซยาเนตจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับลิกนินและเซลลูโลสในไม้ มีราคาสูงแต่เมื่อเทียบปริมาณการใช้ในการผลิต PB แล้ว จะใช้ในปริมาณที่ต่ำกว่าและพิสูจน์ว่าคุ้มค่า เนื่องจากการยึดเหนี่ยวแบบธรรมชาตินี้จะช่วยลดการใช้ไม้วัตถุดิบได้ถึง 15% โดยจะให้ความแข็งแรงทางกลที่ระดับเดียวกัน
กาวเรซินอีพ๊อกซี (Epoxy Resins)	ใช้ในการต่อข้อต่อไม้ โดยที่ใช้กันมากแพร่หลายในขณะนี้คือ โพลีเอไมด์ อีพ๊อกซีเรซิน (จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย)	มีคุณสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี

2. กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Thermo-plastic resins)

กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน	วัตถุประสงค์การใช้งาน	คุณสมบัติ
กาวเรซินโพลีไวนิลอาซีเตต (PVAc Resin)	กาว PVAc ใช้กันแพร่หลายสำหรับการติดไม้บาง ติดกระดาษ และ PVC Foils กับ แผ่น PB Hardboard และ MDF และสำหรับการประกอบตู้โต๊ะ	PVAc นี้โดยปกติใช้อยู่ในรูปอิมัลชัน แม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็ยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงๆ สามารถปรับปรุงให้มีความหนืดสูงหรือต่ำ แข็งหรืออ่อนยืดหยุ่นได้ (Rigidify or Flexibility) และย้อมสีหรือใส่รงควัตถุ (Pigment) เพื่อให้เกิดสีอะไรก็ได้ ที่ใช้ในงานไม้มี 2 แบบ คือ 1) *แบบโฮโมโพลีเมอร์* ซึ่งจะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน 2) *แบบโคโพลีเมอร์* ซึ่งจะมีการใช้สารเร่ง (Catalyst) เพื่อการยึดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานน้ำและความร้อนดีขึ้น สามารถเติมแป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่นลงไปผสมเพื่อเพิ่มความหนืดและป้องกันกาวเยิ้มออกจากข้อต่อหรือผ่านทะลุช่องว่างของไม้บางออกมา สารเติมจำพวกแร่ธาตุ (Mineral Fillers) ก็อาจใช้กัน แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้โดนหรือใช้กับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งมันจะลดการแข็งตัวของกาวไป การผสมเกลือโลหะ (Metallic Salts) เช่น โครเมี่ยมหรืออลูมิเนียมไนเตรท จะปรับปรุงให้การต้านทานน้ำดีขึ้น แต่ก็จะทำให้อายุการใช้งานของกาว (Pot Life) สั้นลง การเติม UF และ MF และ ไอโซไซยาเนตเรซิน จะช่วยปรับปรุงสมบัติของกาวได้

3. กาวระบบร้อนเหลว (Hot melt system)

กาวระบบร้อนเหลว	วัตถุประสงค์การใช้งาน	คุณสมบัติ
กาวร้อนเหลวชนิด EVA (EVA Hot-Melts)	กาวร้อนเหลว EVA นี้ นิยมใช้กันมากถึง 80% ในการติดแถบขอบของแผ่นไม้ และก็มีการใช้กันบ้างในการประกบติดไม้ โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ร่วมกับกาว PVAc ในระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAc แข็งตัวและเป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก	กาว Ethylene Vinyl Acetate เป็นส่วนผสมของ Eva Resin ซึ่งเป็นตัวหลักในการเกิดการยึดติด (Adhesion) และการแตะติด (Tack) และตัวอุดพวกแร่ธาตุ (Mineral Filler) เพื่อเป็นตัวเสริมการยึดจับ (Cohesion) และอุดรูของกาวและยังช่วยลดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของขี้ผึ้งเล็กน้อย เพื่อควบคุมระยะเวลาการเปิดและอัตราเร่งการแข็งตัว
กาวโพลีเอไมด์ (Polyamide Resins)	มีการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่สำหรับการติดขอบที่ต้องการความต้านทานสูงต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น	กาวชนิดนี้คล้ายไนลอนและเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันโพลีเมอร์ (Fatty Acid Polymers) กับ ไดอะมีน (Diamine) ลำบากต่อการนำมาใช้งาน เนื่องจากจุดหลอมเหลวจะสูงมากและง่ายต่อการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่น ซึ่งสามารถทำให้สมบัติการยึดติดเสียไป ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการใช้เครื่องทากาวที่ปิดอยู่ในก๊าซไนโตรเจน กาวโพลีเอไมด์ มีการใช้ในสหรัฐอเมริการสำหรับการติดขอบ แต่จะไม่แพร่หลายในที่อื่น เนื่องจากมีราคาแพงกว่า EVA และ โพลียูรีเทน หลายเท่าตัว
กาวโพลีโอลีไฟน์ (Polyolefines)	ใช้กันไม่แพร่หลายนักในอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากคุณสมบัติการยึดติดยังไม่เด่น แต่สำหรับการติดแถบขอบแล้ว กาวโพลีโอลีไฟน์ มีการต้านทานความร้อนอยู่ในระดับปานกลางระหว่างการใช้ EVA และ กาวโพลีเอไมด์ และยังมีราคาที่พอรับได้	โพลีโอลีไฟน์มีความแข็งแรงในการยึดเหนี่ยวที่ดี และมีพิกัดของการหลอมเหลวแคบ ซึ่งช่วยให้การแข็งตัวเร็วขึ้น แต่คุณสมบัติการเป็นกาวด้อยลงเมื่อใช้กับพื้นผิวที่ราบเรียบอย่างเช่น PVC

กาวระบบร้อนเหลว	วัตถุประสงค์การใช้งาน	คุณสมบัติ
กาวเรซินโพลียูรีเทน (Polyurethane Resins)	ใช้ในการติดแถบขอบ มีลักษณะการใช้งานและลักษณะการใช้งานคล้ายกับกาวร้อนเหลวเดิม แต่จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศและวัสดุที่ต้องการติดเกิดเป็นแนวกาวที่มีสมบัติคล้ายกับการเกิดจากกาวชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermo-setting Resins)	การใช้งานจะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า EVA เรซิน คือประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บและระหว่างการใช้ ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดที่มีก๊าซไนโตรเจน การใช้กาวนี้จะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยึดเหนี่ยวสูง เนื่องจากมีราคาสูงกว่า EVA ประมาณ 6 เท่า เช่น เมื่อต้องการติดกาวตรงรอยแตกของประตูกันไฟ

การตัดไม้ให้ได้ขนาด รูปร่าง และการขึ้นรูปเฟอร์นิเจอร์

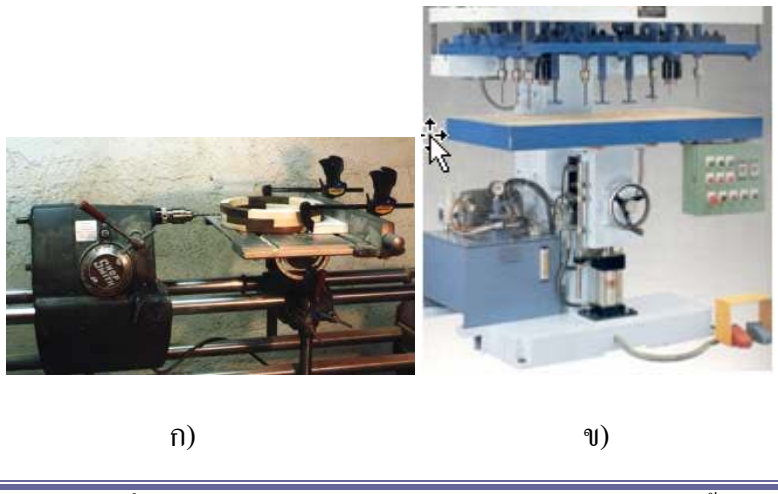
ในขั้นตอนนี้เป็นการตัดไม้เพื่อให้เป็นไปตามรูปแบบ โดยการนำไม้ที่ได้เตรียมไว้ในขั้นตอนของการเตรียมไม้-ประสานไม้ มาทำการตัดให้ได้ขนาดตรง โค้ง เว้าตามรูปแบบชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่ต้องการด้วยเครื่องเลื่อยสายพาน (Band Saw) หรือเป็นการตัดให้ได้ขนาดใกล้เคียงกับขนาดจริงแล้วนำไปเข้าเครื่องทำบัววงในโดยการกัดเซาะร่องด้วยเครื่องเซาะร่อง (Router Machine) หรือเป็นการตัดให้ได้ขนาดใกล้เคียงกับขนาดจริงแล้วนำไปเข้าเครื่องทำบัววงนอก และการทำส่วนโค้งให้เรียบด้วยเครื่องหมุนขึ้นรูป (Spindle Molder Machine) หรือเครื่องขึ้นรูปชนิดลอกแบบอัตโนมัติ (Automatic Copy Shaper) หรือเป็นการตัดให้ได้ขนาดเพื่อเตรียมนำไปทำไม้กลมในลักษณะต่างๆ ด้วยเครื่องกลึงไม้ (Turning Lathe) โดยตัวอย่างเครื่องจักรเหล่านี้แสดงไว้ใน รูปที่ ก.12

รูปที่ ก.12 เครื่องหมุนขึ้นรูป (Spindle Molder Machine) เครื่องกลึงไม้ (Turning Lathe) เครื่องเลื่อยสายพาน (Band Saw) และเครื่องลอกแบบอัตโนมัติ (Automatic Copy Shaper)

<u>การเจาะรู (Boring)</u>

การเจาะตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในแบบ เป็นการเตรียมงานสำหรับการประกอบชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์เข้าด้วยกัน ซึ่งการประกอบชิ้นงานนั้นมีข้อต่อให้เลือกใช้หลายรูปแบบโดยคำนึงถึงความสวยงาม ราคา และความแข็งแรงประกอบกัน ในวงการเฟอร์นิเจอร์นิยมใช้ข้อต่อเดือยกลม การเจาะเพื่อใส่เดือยกลมนี้ จะช่วยทำให้การประกอบทำได้ง่ายขึ้น รูที่เจาะ ขนาดของเดือย และความลึกของรูขึ้นอยู่กับแบบของงานแต่ละอย่าง หรือการเจาะเพื่อใส่อุปกรณ์การจับยึด (Fittings) ขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ เครื่องเจาะมีทั้งแบบแนวนอน (Horizontal Drilling Machine) และเครื่องเจาะแนวตั้ง

(Vertical Drilling Machine) สามารถปรับมุมและระยะต่างๆ ได้ตามแบบที่ต้องการ ดังแสดงตัวอย่างเครื่องจักรในรูปที่ ก.13



ก) ข)

รูปที่ ก.13 ก) เครื่องเจาะแนวนอน และ ข) เครื่องเจาะแนวตั้ง

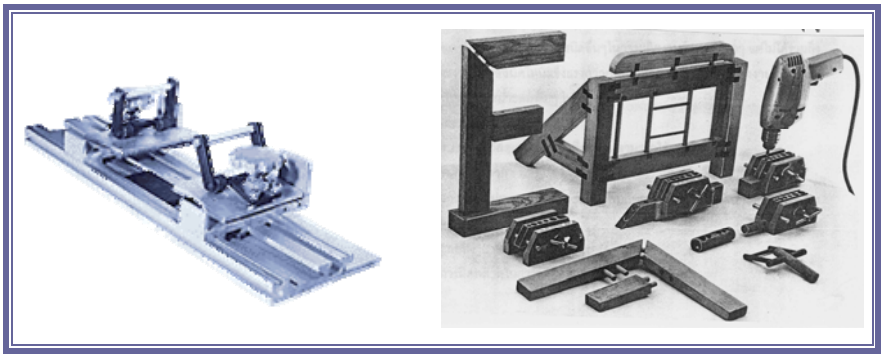
การขัด (Sanding)

การขัดเป็นงานตกแต่งผิวชิ้นงานให้เรียบ การขัดแต่งขอบมุมชิ้นงาน หรือเพื่อโชว์พื้นผิวไม้ เป็นการเตรียมชิ้นงานก่อนทำงานสี การขัดแผ่นไม้ด้วยเครื่องขัดแบบสายพาน (Belt Sander) ขัดส่วนโค้งและด้านข้างของไม้ด้วยเครื่องขัดหลายอย่าง (Universal Belt Sander) ขัดชิ้นงานที่เป็นด้านหัวไม้และมุมของหัวไม้ด้วยเครื่องขัดแบบจาน (Disk-belt Sander) ขัดส่วนโค้งที่เป็นมุมเล็กๆ ด้วยเครื่องหัวหมุน (Spindle Sander) ขัดผิวที่มีความหนาด้วยเครื่องขัดสองหัว (Double Head Sander) นอกจากนี้แล้วการขัดบางครั้งต้องใช้คนขัดในส่วนที่เครื่องมือขัดเข้าไปไม่ถึง หรืออาจเป็นการขัดละเอียด เพื่อลงสีเงาหรือการเคลือบสี ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.14

รูปที่ ก.14 เครื่องขัดสายพานแนวนอน เครื่องขัดมือไฟฟ้า

การประกอบ (Assembling)

ชิ้นส่วนต่างๆ ของเฟอร์นิเจอร์ที่ผ่านกระบวนการขัดเรียบร้อยแล้วจะถูกนำมาประกอบเข้าด้วยกันตามขั้นตอน อาจเป็นการอัดประกอบชิ้นส่วนลักษณะรูปกรอบ (Frame) โดยใช้เครื่องอัด (Table Press) หรืออัดชิ้นส่วนโค้งด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก (Hydraulic Press) บางกรณีอาจต้องใช้อุปกรณ์จับยึดต่างๆ (Jig and Fixture) และเครื่องอัดไฮโดรลิกสำหรับช่วยในการประกอบชิ้นงานด้วย ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.15



รูปที่ ก.15 อุปกรณ์จับยึดในงานประกอบ

การทำสี (Finishing)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยความละเอียด เพราะการเตรียมไม้ที่ดีหมายถึงคุณภาพของงานสีที่ได้ ลดการทำงานซ้ำ โดยขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานประกอบด้วย การอุดรูตามรอยต่อ ร่องเสี้ยน รอยแตกต่างๆ ด้วย ฟิลเลอร์ (Filler) หรือดินสอพอง การลงสารกันซึมหรือที่เรียกว่าซีลเลอร์ (Sealer) เพื่อเคลือบผิววัสดุที่มีรูพรุนสูง ทำให้ใช้สารเคลือบผิวน้อยลง บางครั้งมีการใช้น้ำยาฟอกสีไม้ (Bleaching) เพื่อฟอกไม้ให้ขาวด้วย และการขัด ปัด เช็ดฝุ่นให้สะอาด นอกจากนี้หากเป็นการแก้ไขสีที่ทำไปแล้วจะมีขั้นตอนของการลอกสี เพิ่มเติมขึ้นอีกขั้นหนึ่ง

สารเคลือบผิวที่ใช้อยู่โดยทั่วไป ได้แก่ แลคเกอร์ เชลแล็ก วาร์นิช ยูรีเธน ทีคออยล์ และสีพ่นอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งสารเคลือบผิวแต่ละชนิดของผู้ผลิตแต่ละรายจะมีวิธีการใช้งาน และการเตรียมแตกต่างกันไป โดยเฉพาะตัวทำละลายที่ใช้ในการลดความหนืดควรใช้ให้ถูกต้องตามชนิดของน้ำยาเคลือบผิว ตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ ทินเนอร์ แอลกอฮอลล์ น้ำมันสน เป็นต้น โรงงานบางแห่งยังเลือกใช้สารเคลือบผิวพร้อมใช้ที่ผู้ผลิตสีทำการเตรียมมาให้ล่วงหน้าก็จะสะดวก รวดเร็ว แต่มีข้อควรระวังคือ การปรับเปลี่ยนความหนืดให้ข้นขึ้นจะทำได้ยาก การทำสีอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

ทำสีแบบโชว์ลายไม้ คือ ทำการย้อมผิว ขัด และพ่นแลคเกอร์เคลือบผิวทับหน้าโดยจำนวนครั้งในการพ่นทับหน้าขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละโรงงาน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.16

รูปที่ ก.16 การทำสีแบบโชว์ลายไม้

ทำสีแบบไม่โชว์ลายไม้ คือ การย้อมสีทึบ หรือพ่นสีรองพื้น ขัด พ่นสีจริง ขัด และพ่นทับหน้าโดยจำนวนครั้ง ในการพ่นทับหน้าขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละโรงงาน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.17

รูปที่ ก.17 การทำสีแบบไม่โชว์ลายไม้

การบรรจุ (Packaging)

ขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต คือ การห่อหุ้มเฟอร์นิเจอร์ด้วยกระดาษลูกฟูก แผ่นโฟม หรือบับเบิ้ล เพื่อป้องกันสินค้าจากความเสียหายต่างๆ เช่น การกระแทก การเสียดสี อุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด แมลง รวมทั้งเพื่อความสะดวกในการเก็บเรียงซ้อนในคลังสินค้า และให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งต้องคำนึงถึงขนาดและจำนวนที่จะทำการขนส่ง และวิธีการขนส่งว่าเป็นทางรถยนต์ รถบรรทุก หรือตู้คอนเทนเนอร์ เป็นต้น นอกจากนี้แล้วบรรจุภัณฑ์ต้องแสดงรายละเอียดของสินค้าให้ครบถ้วน เช่น แหล่งผลิต ประเภทของวัตถุดิบ ข้อระวังต่างๆ น้ำหนัก ขนาดบรรจุ และวันเวลาการผลิต เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.18 และ ก.19 ตามลำดับ

รูปที่ ก.18 ภาพวัสดุต่างๆที่ใช้

รูปที่ ก.19 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ถูกหุ้มเพื่อป้องกันความเสียหายและตัวอย่างฉลากข้างบรรจุภัณฑ์

ข้อควรระวังเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องจักรสำหรับงานไม้

1. หมั่นตรวจตราใบเลื่อย ใบมีดต่างๆ ให้คมอยู่เสมอเพื่อลดภาระของมอเตอร์ และรักษาคุณภาพของงานที่ได้
2. หมั่นตรวจตราความตึงของสายพาน ความสั่นสะเทือน ความสะอาด การหล่อลื่น และสภาพโดยทั่วไปของเครื่องจักร
3. เครื่องจักรต่างๆ ต้องมีการต่อสายดิน เพื่อป้องกันไฟรั่ว
4. ไม่ใช้งานเครื่องจักรเกินกำลัง หากใบเลื่อย ใบมีด ไม่หมุนให้ปิดสวิทซ์ และทำการตรวจสอบแก้ไขทันที และไม่ใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท
5. การใช้งานใบเลื่อย ใบมีดต่างๆ ควรรอให้ใบเลื่อยหมุนก่อนประมาณ 1 นาทีจึงเริ่มลงมือทำงาน และค่อยๆ ป้อนชิ้นงานเข้าเครื่อง
6. การใช้เครื่องเพลาะไม้ควรไสตามเนื้อไม้ ควบคุมการส่งไม้ช้าๆ และควรยืนอยู่ทางด้านซ้ายของเครื่องเพื่อป้องกันไม้ตีกลับ
7. ควรเลือกใบเลื่อยของเลื่อยสายพานให้เหมาะกับงาน เช่น ใบเลื่อยขนาดเล็กเหมาะกับชิ้นงานบาง และการเลื่อยส่วนโค้ง ใบเลื่อยที่มีฟันละเอียดใช้สำหรับตัดไม้บางๆ และการเลื่อยโค้ง
8. ไม่นำไม้ที่สั้นเกินไป เช่น สั้นกว่า 30 ซม. มาไสเพราะอาจเกิดอันตรายได้ง่าย และไม้ที่หนาน้อยกว่า 1/3 นิ้ว ไม่ควรนำมาไส หากจำเป็นต้องไส ควรใช้ไม้รองให้มีความหนามากขึ้น
9. ควรใช้จิ๊กช่วยในการส่งไม้ หรือจับยึดชิ้นงานเสมอเพื่อความปลอดภัย และลดความผิดพลาดในการทำงาน

กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบ : ไม้อัด พาร์ทิเคิลบอร์ด และเอ็มดีเอฟบอร์ด

(Wood Composites: Plywood, Particleboard and MDF)

ไม้ประกอบในที่นี้หมายถึง วัสดุที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้ไม้ชิ้นหรือแผ่นไม้แปรรูปเล็กๆ มาประสานกัน เรียกว่า กลุ่มลามิเนท (Laminated Board) ได้แก่ กลุ่มที่ใช้ชิ้นไม้สับเป็นวัตถุดิบ เรียกว่า พาร์ทิเคิลบอร์ด (Particleboard ─ PB) เช่น แผ่นชานอ้อยอัด และกลุ่มที่ใช้เส้นใยจากพืชจำพวกไม้เป็นวัตถุดิบ เรียกว่า ไฟเบอร์บอร์ด (Fiberboard) ได้แก่ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือเอ็มดีเอฟบอร์ด (Medium Density Fiber board ─ MDF) เป็นต้น โดยที่แผ่นไม้ประเภทพาร์ทิเคิลบอร์ด และเอ็มดีเอฟบอร์ด ถูกนำมาใช้ในการผลิตส่วนประกอบต่างๆ ของเฟอร์นิเจอร์มากกว่าแผ่นไม้วิทยาศาสตร์อื่น ๆ ตารางที่ ก.2 แสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบของแผ่นไม้ทั้งสองประเภท

ตารางที่ ก.2 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของพาร์ทิเคิลบอร์ด และเอ็มดีเอฟบอร์ด

คุณสมบัติ	พาร์ทิเคิลบอร์ด	เอ็มดีเอฟบอร์ด
ความเบา	ปานกลาง	ปานกลาง
ความแข็งแรง	ปานกลาง	ดี
ความแข็ง	ปานกลาง	ปานกลาง
ความคงขนาด	ปานกลาง	ปานกลาง
ความคงทน	ปานกลาง	ปานกลาง
ความต้านทานไฟ	ปานกลาง	ปานกลาง
ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงดินฟ้าอากาศ	เลว	ปานกลาง
เป็นฉนวนกันเสียงและความร้อน	ปานกลาง	ปานกลาง

ด้วยลักษณะของพาร์ทิเคิลบอร์ดที่มีความพรุนมากกว่าและผิวหน้าทั้งสองด้านไม่เรียบเท่าเอ็มดีเอฟบอร์ด ในการใช้งานจึงมักนำไปปิดทับหน้าด้วยกระดาษพิมพ์ลายอาบกาวเมลามีนหรือไม้บางหรือวัสดุปิดผิวอื่นซึ่งมีลายหรือสีต่างกัน ทำให้มีความสวยงามและนำไปผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ชนิดต่าง ๆ เช่น ตู้ โต๊ะ เตียง ประเภทถอดได้ (Knock-down) เป็นต้น ข้อได้เปรียบที่ทำให้มีการนำพาร์ทิเคิลบอร์ดไปใช้ผลิตเฟอร์นิเจอร์ในสัดส่วนที่มากกว่าเอ็มดีเอฟบอร์ดนั่นก็คือ น้ำหนักที่เบากว่าและราคาที่ถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบในขนาดเดียวกัน

แต่เอ็มดีเอฟบอร์ดก็มีลักษณะประจำตัวที่ดีหลายประการเหนือพาร์ทิเคิลบอร์ด ได้แก่ ผิวที่เรียบแน่น เนื้อละเอียด มีความหนาแน่นเสมอกันทั้งแผ่น ไม่มีตำหนิ สามารถนำไปเคลือบผิว หรือปิดผิวได้ดีมาก และด้านสันของเอ็มดีเอฟบอร์ดแน่นเรียบ และไม่มีรูพรุน ทำให้สามารถใช้เครื่องจักรตัดแต่งให้เป็นรูปโค้งมนได้โดยไม่ต้องใช้แผ่นไม้บางหรือวัสดุปิดผิวอื่นๆ มีแรงยึดเหนี่ยวตะปูเกลียวทั้งด้านหน้า และด้านสันของแผ่นสูง นอกจากนี้เอ็มดีเอฟบอร์ดมีลักษณะใกล้เคียงกับไม้ธรรมชาติมากที่สุด

เช่นเดียวกับการผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้จริง หลังจากที่ได้รับคำสั่งซื้อเฟอร์นิเจอร์จากลูกค้าแล้ว ฝ่ายผลิตทำการวางแผนการผลิต ตั้งแต่การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในการผลิตไม่ว่าเป็นไม้อัด (Plywood) พาร์ทิเคิลบอร์ด และเอ็มดีเอฟบอร์ด วัสดุปิดผิวหน้า วัสดุเคลือบผิวพวกเชลแล็ก แลกเกอร์ สีย้อม สีพ่น ทินเนอร์ กาว ตะปู ผ้าสำหรับบุ ฟองน้ำ ยาง เศษผ้า กระดาษทราย อุปกรณ์จับยึดชิ้นส่วนต่างๆ มือจับ ตะขอ รางเลื่อน กุญแจ บานพับ ลูกล้อ เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต และการสร้างแบบจำลองสำหรับทดสอบ (Prototype) เพื่อหาจุดบกพร่องของแบบและทำการแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์ก่อนที่จะทำการผลิตจริง โดยขั้นตอนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบแสดงไว้ใน รูปที่ ก.20

รูปที่ ก.20 แผนผังกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบ

การสั่งซื้อไม้และตรวจสอบคุณภาพไม้

<u>การสั่งซื้อไม้ประกอบ</u>

การสั่งซื้อไม้ประกอบมีความสะดวกในการซื้อกว่าไม้จริง ไม่ต้องยุ่งยากเรื่องการกำหนดปริมาณความชื้น การอาบอัดน้ำยาไม้ และการอบไม้ เนื่องจากไม้ประกอบนั้นมีการผลิตที่มีมาตรฐาน ดังนั้นการสั่งซื้อและตรวจสอบคุณภาพไม้จะดูว่าตรงกับความต้องการในการสั่งซื้อหรือไม่ เช่น เป็นไม้อัดใช้สำหรับภายในหรือภายนอก ชนิดไม้ที่ผลิตไม้อัด ขนาดความหนาของไม้ ความกว้าง ความยาว และพื้นผิวหน้าของไม้อัด

ไม้อัดส่วนใหญ่มีขนาดกว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต ความหนาตั้งแต่ 4 - 20 มิลลิเมตร พาร์ทิเคิลบอร์ดมีขนาดกว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต ความหนาตั้งแต่ 3 ─ 28 มิลลิเมตร ขนาดที่นิยมผลิต คือ ขนาด 12 และ 16 มิลลิเมตร ส่วนเอ็มดีเอฟบอร์ดมีขนาดกว้าง และยาวเท่าไม้อัดและพาร์ทิเคิลบอร์ด ความหนามีหลายขนาดตั้งแต่ 3 ─ 28 มิลลิเมตร

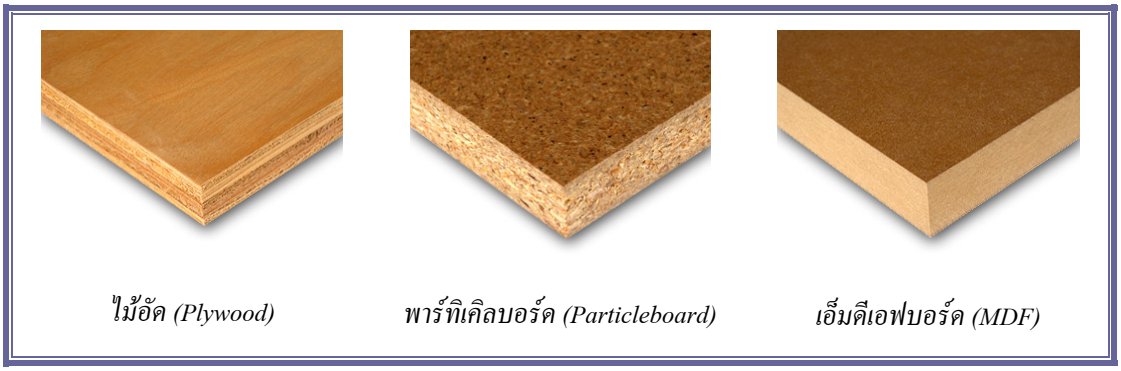
<u>การตรวจสอบคุณภาพไม้</u>

การตรวจรับวัสดุไม้ที่สั่งซื้อมาต้องทำการตรวจดูว่าตรงกับความต้องการ และเป็นไปตามข้อตกลงที่สั่งซื้อไปหรือไม่ โดยการตรวจสอบชนิดไม้อัดที่ใช้ภายในภายนอกจากสีของกาวทางด้านขอบไม้ ถ้าสีขาวเป็นไม้อัดภายใน สีแดงน้ำตาลเป็นไม้อัดภายนอก ชนิดไม้ที่ผลิตไม้อัด เกรดของไม้ ขนาดความกว้าง ความยาวของไม้ ขนาดความหนาของไม้ และพื้นผิวหน้าของไม้ จำนวนของไม้ ในการตรวจคุณภาพเกรดไม้ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบด้วยสายตา และใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์และตลับเมตรวัดขนาด ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.21

รูปที่ ก.21 เวอร์เนียแคลิเปอร์และตลับเมตร

การเตรียมวัสดุไม้

หลังจากทำการตรวจรับไม้เป็นที่ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อตกลงในการซื้อขายแล้ว ก่อนนำไม้ไปเข้าสายการผลิตต้องทำการคัดเลือกชนิดของไม้ แยกเกรดคุณภาพของไม้ และขนาดความหนาของไม้ด้วยสายตา ตัวอย่างไม้ชนิดต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ ก.22



รูปที่ ก.22 ไม้ประกอบชนิดต่างๆ

การผลิตเฟอร์นิเจอร์

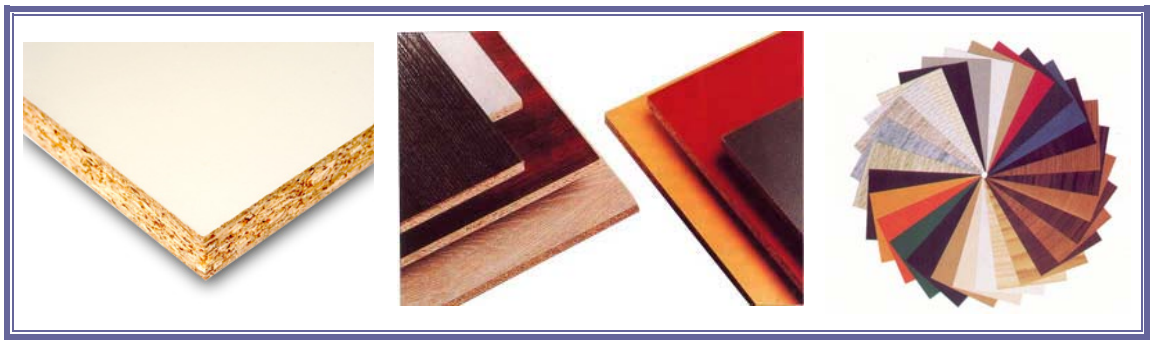
เนื่องจากลักษณะรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบที่ผลิตในอุตสาหกรรมนั้นมีรูปแบบและรูปทรงที่หลากหลาย ขั้นตอนในการผลิตจึงมีความแตกต่างกันไป ในที่นี้จะขอกล่าวถึงขั้นตอนการผลิตหลักๆ โดยทั่วไป ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

<u>การเตรียมไม้</u>

การเตรียมไม้ ต้องดูความถูกต้องของชนิดไม้ที่นำไปใช้ผลิตเฟอร์นิเจอร์ว่าเป็นไม้อัด พาร์ทิเคิลบอร์ด หรือเอ็มดีเอฟบอร์ด และตรวจสอบว่าความหนาตรงกับรูปแบบของการผลิตหรือไม่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.23 จากนั้นจึงนำไม้ไปเข้าเครื่องปิดผิวหน้า

รูปที่ ก.23 พาร์ทิเคิลบอร์ดที่ความหนาต่างๆ

ไม้แผ่นปิดผิวหน้า (Overlaid Composite Panels) คือ ไม้ประกอบที่ผ่านการปิดผิวด้วยแผ่นลามิเนตเพื่อโชว์ลวดลายต่างๆ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.24 ทำโดยโดยนำไม้แผ่นที่มีความหนาตามแบบที่ต้องการมาทำความสะอาดพื้นผิวโดยการปัดเศษฝุ่นที่ผิวออกและเข้าเครื่องทากาว (รูปที่ ก.25) เครื่องจะทากาวโดยใช้ลูกกลิ้งกลิ้งกาวทั่วแผ่นไม้ จากนั้นนำแผ่นลามิเนตที่มีลวดลายสีสันตามที่ต้องการมาปิดทับและเข้าเครื่องรีดร้อน (Hot Press) เพื่อให้ผิวหน้าชิ้นงานเรียบและให้กาวแข็งตัวเร็วขึ้น หากต้องการปิดผิวหน้าสองข้างสามารถนำไม้แผ่นกลับไปปิดผิวหน้า และใช้วิธีการเดียวกันกับการปิดผิวหน้าครั้งแรก หรืออาจทำการปิดผิวพร้อมกันสองหน้าก็ได้ ขั้นตอนนี้จะได้ไม้แผ่นที่ปิดผิวหน้าเรียบร้อยแล้ว จากจุดนี้สามารถนำแผ่นไม้ไปตัดเพื่อผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ได้โดยตรง

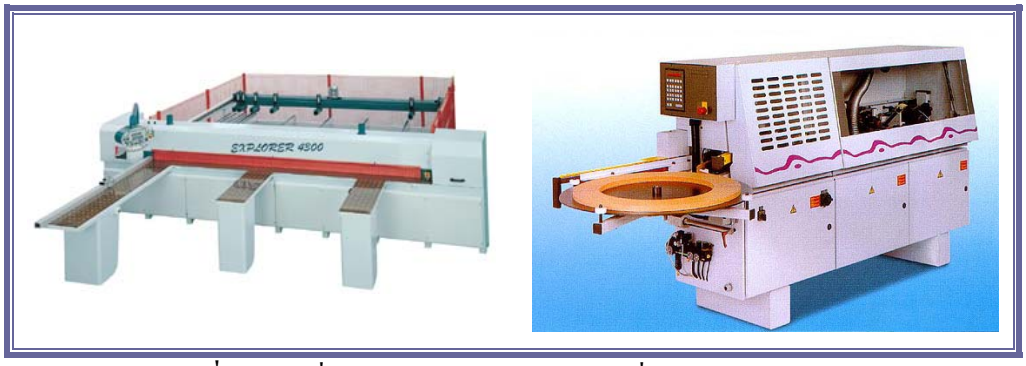


รูปที่ ก.24 ชิ้นงานที่ผ่านการปิดผิวเรียบร้อยแล้ว และแผ่นลามิเนตแบบต่างๆ

รูปที่ ก.25 เครื่องทากาว

<u>การตัดไม้ให้ได้ขนาดรูปร่างและการขึ้นรูป</u>

ในขั้นตอนนี้เป็นการตัดไม้เพื่อให้เป็นไปตามรูปแบบ โดยการนำไม้ที่ได้เตรียมไว้แล้วมาทำการตัดให้ได้ขนาดตรง โค้ง เว้าตามรูปแบบชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่ต้องการ หากเป็นชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่ตรงก็นำไปยังเครื่องติดขอบข้าง แต่หากชิ้นส่วนที่ต้องการทำให้โค้งมนก็นำแผ่นไม้ที่ปิดผิวเรียบร้อยแล้วไปเข้าเครื่องขึ้นรูป (Molding) ให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ออกแบบไว้แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องห่อโค้ง (Post-forming) หรือนำแผ่นไม้ที่ทำการขึ้นรูปแล้วมาปิดขอบ (Edging) พีวีซี ด้วยเครื่องติดขอบ (Edging Machine) ตัวอย่างของเครื่องตัดไม้และเครื่องติดขอบ แสดงไว้ในรูปที่ ก.26 และตัวอย่างของแถบพีวีซีสำหรับปิดขอบแสดงไว้ในรูปที่ ก.27



รูปที่ ก.26 เครื่องตัดไม้แผ่น (Sizing) และเครื่องปิดขอบ (Edging)

รูปที่ ก.27 ตัวอย่างของแถบพีวีซีสำหรับปิดขอบ

การเจาะรู (Boring)

วิธีการเจาะรูและผายรู/คว้านรู รวมถึงการใส่เดือยต่างๆ ของเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบนั้น ทำแบบเดียวกับวิธีการของการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้จริงทุกประการ โดยการเจาะรูหรือใส่เดือยในเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบนั้น มีจุดประสงค์เพื่อช่วยให้โครงสร้างเฟอร์นิเจอร์มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

การประกอบ (Assembling)

การประกอบในเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบนั้นมี 2 ลักษณะ คือ ประกอบเสร็จเป็นเฟอร์นิเจอร์ทั้งตัวจากโรงงาน ซึ่งจะมีขั้นตอนเหมือนกับการประกอบในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้จริง และการประกอบเป็นส่วนๆ หรือเฟอร์นิเจอร์แบบน็อคดาวน์ (Knock-down) ซึ่งจะไม่ประกอบเฟอร์นิเจอร์จนเสร็จเรียบร้อย แต่จะเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ ต่างๆ ที่จำเป็นในการประกอบ รวมทั้งวิธีประกอบให้ผู้ซื้อไปประกอบเอง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.28

รูปที่ ก.28 เฟอร์นิเจอร์ประเภทน็อคดาวน์

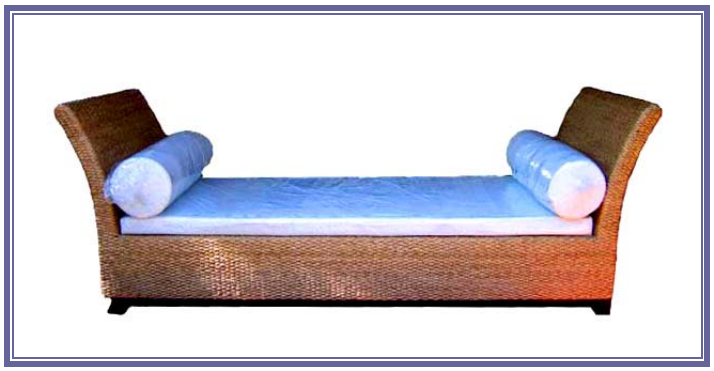
การบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

การบรรจุภัณฑ์ของเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบนั้น มีหลักการเดียวกับการบรรจุเฟอร์นิเจอร์ไม้จริง คือ ห่อหุ้มเฟอร์นิเจอร์ด้วยกระดาษลูกฟูก แผ่นโฟม หรือบับเบิ้ล เพื่อป้องกันสินค้าจากความเสียหายต่างๆ โดยใช้ปริมาณของบรรจุภัณฑ์ให้น้อยที่สุด รวมทั้งเพื่อสะดวกในการการขนส่ง และให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า

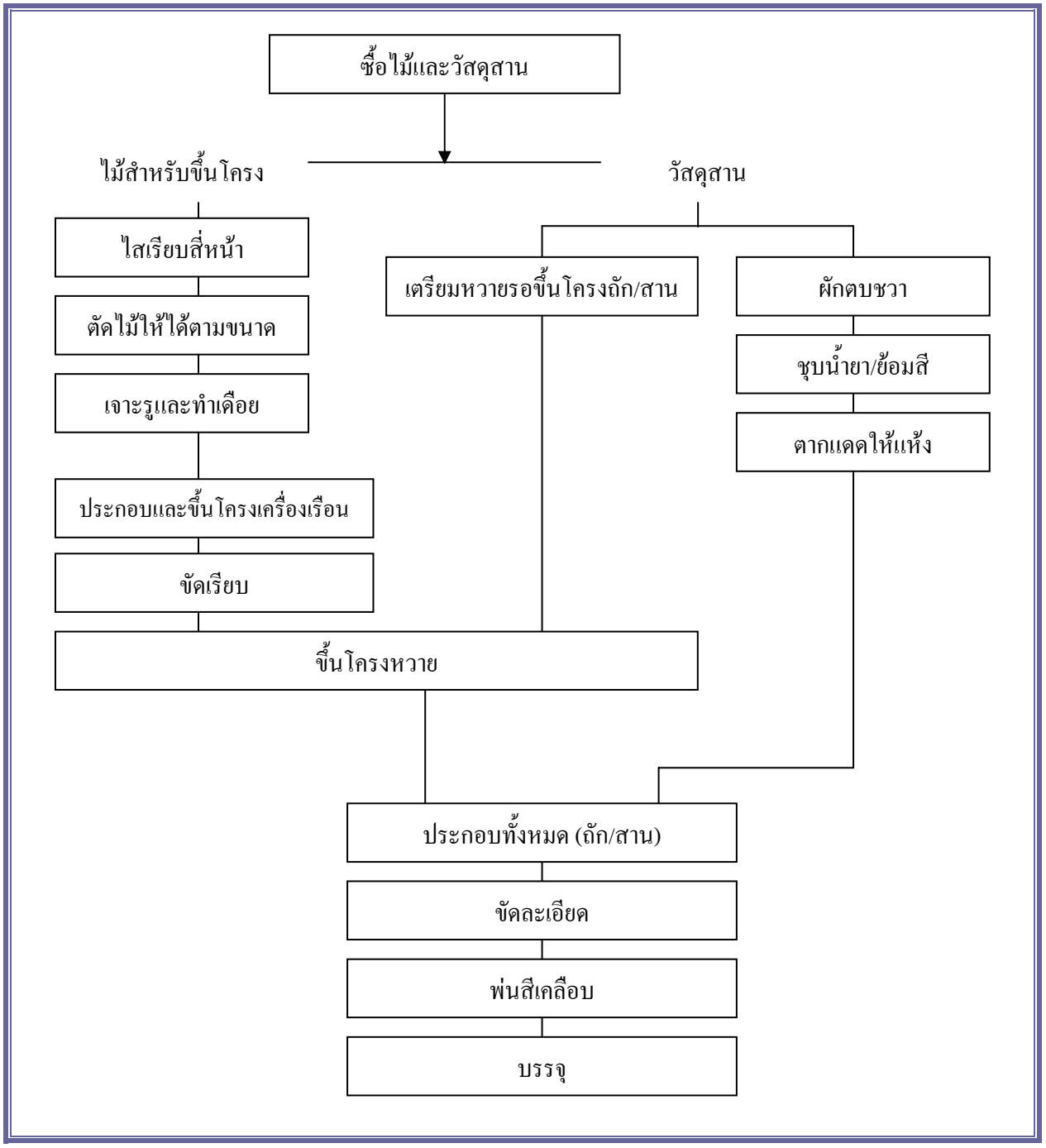
กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์จักสาน : หวาย และผักตบชวา

(Wooden Furniture: Ratten and Water Hyacinth)

เฟอร์นิเจอร์ไม้ประเภทจักสานและถักร้อยเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ไม้และไม้ประกอบเป็นโครงสร้างภายใน หรืออาจจะมีส่วนของไม้จริงแสดงให้เห็นเพื่อความสวยงามบางส่วน ซึ่งมีลักษณะคล้ายเฟอร์นิเจอร์ประเภทบุ แต่มีความแตกต่างกันที่วัสดุที่นำมาใช้ในการจักสานและถักร้อยให้เกิดประโยชน์ด้านการใช้สอยและความสวยงาม (รูปที่ ก.29) เฟอร์นิเจอร์จำพวกนี้อาจใช้วัสดุที่หลากหลายประกอบกันเพื่อให้เกิดลวดลายต่างๆ ซึ่งงานประเภทนี้ต้องอาศัยฝีมือและความชำนาญพิเศษโดยเฉพาะ และส่วนใหญ่จะเป็นฝีมือของแรงงานสตรี ยกเว้นส่วนของโครงสร้างหลักที่เป็นไม้ ไม้ประกอบและการดัดหวายให้ได้รูปทรงหลักจะเป็นงานฝีมือของแรงงานชาย โดยขั้นตอนการผลิตเฟอร์นิเจอร์จักสานแสดงไว้ในรูปที่ ก.30



รูปที่ ก.29 เฟอร์นิเจอร์จักสาน



รูปที่ ก.30 แผนผังกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้อื่นๆ (งานสานหรือถัก)

การสั่งซื้อไม้และตรวจสอบคุณภาพไม้ยางพารา และไม้สัก

การสั่งซื้อและตรวจสอบคุณภาพเหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา คือ ต้องมีการกำหนดเกรด และขนาดของไม้ที่จะใช้ รูปแบบของการอัดน้ำยา ปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ เป็นต้น

การสั่งซื้อและตรวจสอบคุณภาพไม้ประกอบ

ไม้ประกอบนี้ได้แก่ ไม้อัด (Plywood) พาร์ทิเคิลบอร์ด (Particle Board) และ เอ็มดีเอฟบอร์ด (Medium Density Fibreboard, MDF) เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกอบ

การสั่งซื้อและตรวจสอบคุณภาพหวาย

<u>การสั่งซื้อหวาย</u>

การสั่งซื้อหวายต้องกำหนดเกรดของหวายที่ต้องการใช้ ว่าเป็นหวายสำหรับงานขึ้นโครงสร้างเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นกลมตันขนาดใหญ่ (โดยทั่วไปจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1 นิ้วขึ้นไป) หรือหวายที่เลียดเป็นเส้นขนาดเล็กสำหรับการรัดยึดถักร้อยโครงสร้างให้แข็งแรง และเพื่อความสวยงาม (รูปที่ ก.31) รวมทั้งขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาว ประเภทของน้ำยาที่ใช้ในการแช่เพื่อรักษาเนื้อหวายให้ปราศจากการทำลายของแมลง จำพวก มอด ปลวกและเห็ดรา หวายเหล่านี้ทำการซื้อขายกันเป็นมัด แต่ในหนึ่งมัดจะมีจำนวนเส้นหวายเท่าไรขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

รูปที่ ก.31 หวายที่เลียดเป็นเส้นขนาดเล็ก

หวายมีหลายขนาดโดยทั่วไปมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1 1¼ 1½ และ 2 นิ้ว ส่วนขนาดความยาวมีตั้งแต่ 70 90 100 110 120 และ 130 เซนติเมตร หรืออาจจะขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างความต้องการของผู้ซื้อและผู้ขาย

การตรวจคุณภาพหวาย

การตรวจรับวัสดุที่สั่งซื้อมาต้องทำการตรวจดูว่าตรงกับความต้องการและเป็นไปตามข้อตกลงที่สั่งซื้อไปหรือไม่ โดยการตรวจสอบชนิดหวาย เกรดหวาย ขนาดหวาย จำนวนหวาย และการอัดน้ำยา

การสั่งซื้อและตรวจสอบคุณภาพผักตบชวา

การสั่งซื้อผักตบชวา

การสั่งซื้อผักตบชวาจะสั่งซื้อจากชาวบ้านหรือกลุ่มชาวบ้าน โดยกำหนดขนาดของเส้นใยที่ถักร้อยเป็นเส้นว่าใช้ลวดลายแบบไหน ต้องการขนาดเท่าใด ทำการซื้อขายกันเป็นความยาว จากนั้นต้องนำมาผึ่งแดดให้แห้งก่อนที่จะนำไปย้อมสี และตากแห้งก่อนนำไปใช้งาน

ผักตบชวาที่นำมาใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ประเภทนี้มีหลายแบบและหลายขนาด มี 2 ลักษณะ คือ 1) ผักตบชวาแบบธรรมชาติ 2) ผักตบชวาแบบถักแล้ว (ลายเปีย) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.32

รูปที่ ก.32 ผักตบชวาแบบธรรมชาติ (ซ้าย) และผักตบชวาแบบถักลายเปีย (ขวา)

การตรวจสอบคุณภาพผักตบชวา

การตรวจรับวัสดุที่สั่งซื้อมาต้องทำการตรวจดูว่าตรงกับความต้องการและเป็นไปตามข้อตกลงที่สั่งซื้อไปหรือไม่ โดยการตรวจสอบชนิดลายถัก เกรดของการถักร้อย ขนาด จำนวน การตรวจคุณภาพในขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบด้วยสายตา และใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์หรือตลับเมตรวัดขนาด

การเตรียมวัสดุ

การเตรียมไม้สำหรับใช้ขึ้นโครงนั้นจะมีการเตรียมเหมือนกับในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา คือ ทำการคัดเลือกแยกเกรดคุณภาพของไม้ด้วยสายตาออกเป็น 2 ประเภท คือ ไม้ตรงและไม้มีตำหนิ เช่น ไม้ที่โค้ง โก่ง งอ บิด มีตา ปริแตก เป็นต้น จากนั้นนำไม้ตรงส่งต่อไปยังเครื่องไสสี่หน้าเพื่อเปิดผิวไม้ ในกรณีที่พบตำหนิหลังจากไสเปิดหน้าให้ทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งเพื่อส่งต่อไปทำการตัดส่วนที่มีตำหนิทิ้ง ส่วนไม้ที่มีขนาดความยาวตามที่ต้องการพร้อมที่จะทำการผลิตชิ้นส่วน

เฟอร์นิเจอร์ก็แยกเตรียมไว้สำหรับการผลิตในขั้นต่อไป แต่จะแตกต่างกันเล็กน้อย คือ ไม้สัก และไม้ตาลนั้นไม่สามารถนำมาทำข้อต่อแบบนิ้วประสานได้

การเตรียมวัสดุจักสานนั้นไม่มีความยุ่งยากมากนัก เนื่องจากวัสดุจักสานที่ซื้อมาจากผู้ขาย ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานแล้ว นอกจากผักตบชวา (ทั้งแบบธรรมชาติ และแบบเปีย) ซึ่งต้องนำมาผึ่งแดดให้แห้งก่อน จากนั้นนำเข้าเครื่องรีดให้แบนและรวบรวมให้เป็นมัดพร้อมใช้งาน ถ้าไม่ต้องการสีธรรมชาติของผักตบชวาต้องนำไปย้อมสี โดยจะนำผักตบชวาที่ตากแห้งแล้วไปแช่ในถังสีที่เตรียมไว้ จากนั้นต้องนำขึ้นมาผึ่งแดดให้แห้งอีกครั้งจึงจะนำไปใช้งานได้ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ก.34

รูปที่ ก.34 การนำผักตบชวาสีธรรมชาติมาตากแดดก่อนใช้งาน (ซ้าย) และการย้อมสีผักตบชวา (ขวา)

การผลิตเฟอร์นิเจอร์

เนื่องจากลักษณะรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์จักสานที่ผลิตในอุตสาหกรรมนั้นมีรูปแบบและรูปทรงที่หลากหลาย ขั้นตอนในการผลิตจึงมีความแตกต่างกันไปตามรูปแบบ ในที่นี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการผลิตหลักๆโดยทั่วไปซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้ คือ

<u>การตัดไม้ให้ได้ขนาดและการขึ้นรูป (Cutting and Forming)</u>

การตัดไม้ให้ได้ขนาดและการขึ้นรูปจะเป็นขั้นตอนของการผลิตโครงของเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งไม้ที่จะใช้ในการผลิตโครงเฟอร์นิเจอร์ได้แก่ ไม้ยางพารา ไม้สัก ไม้ตาล ไม้ประกอบ (ไม้อัด พาร์ทิเคิลบอร์ด และ เอ็มดีเอฟบอร์ด) และหวาย โดยในไม้ยางพารา ไม้สัก ไม้ตาลจะมีขั้นตอนการตัดและขึ้นรูปเหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในการผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้จริง ส่วนไม้ประกอบ (ไม้อัด พาร์ทิเคิลบอร์ด และ เอ็มดีเอฟบอร์ด) ก็จะมีขั้นตอนการตัดและขึ้นรูปเหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในการผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ประกอบ แต่ในส่วนของหวายต้องนำหวายไปทำให้อ่อนตัวด้วยไอน้ำก่อน จึงจะทำการดัดขึ้นรูปพร้อมทั้งผูกยึดกันการคืนตัว

<u>การเจาะรู (Boring)</u>

การเจาะตำแหน่งตามแบบเป็นการเตรียมงานสำหรับการประกอบชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ โดยการประกอบชิ้นงานนั้นมีข้อต่อให้เลือกใช้หลายรูปแบบ โดยต้องคำนึงถึงความแข็งแรงและความสวยงาม ใน

วงการเฟอร์นิเจอร์นิยมใช้ข้อต่อเดือยกลม การเจาะเพื่อใส่เดือยกลมนี้ จะช่วยทำให้การประกอบทำได้ง่ายขึ้น รูที่เจาะ ขนาดของเดือย และความลึกของรูขึ้นอยู่กับแบบของงานแต่ละอย่าง หรือการเจาะเพื่อใส่อุปกรณ์การจับยึด (Fittings) ขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ

ในกระบวนการผลิตอาจใช้เครื่องเจาะแบบแนวนอน (Horizontal Drilling Machine) และ เครื่องเจาะแนวตั้ง (Vertical Drilling Machine) ที่สามารถปรับมุมและระยะต่างๆได้ตามแบบที่ต้องการ หรือใช้สว่านแบบมือถือ ช่วยเจาะรูในการสอดเส้นหวายสำหรับการจักสาน

<u>การขัด (Sanding)</u>

ในขั้นตอนจะเหมือนกับขั้นตอนการขัดของเฟอร์นิเจอร์ไม้จริง ยกเว้นในส่วนที่เป็นโครงภายในซึ่งไม่ต้องการความสวยงานมากนัก

<u>การประกอบ (Assembling)</u>

ขั้นตอนนี้เป็นการนำไม้ที่ขึ้นรูปและเจาะรูแล้วมาประกอบเข้าเป็นโครงของเฟอร์นิเจอร์ โดยการประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันนั้นอาจใช้เครื่องยิงตะปูยึดโครงสร้างให้แข็งแรง สำหรับหวายซึ่งปกติไม่มีความมั่นคงเหมือนไม้ ตรงส่วนหัวหวายที่ต่อกัน ระหว่างเส้นหนึ่งกับอีกเส้นหนึ่ง หรือตรงส่วนที่หวายประกบเข้าหากัน มักใช้ตะปูจมลงไปไม่ต่ำกว่า ½ ของเส้นผ่าศูนย์กลางของหวาย จึงจะทำให้เกิดความแข็งแรง ไม่เกิดการคลอนแคลนง่ายในภายหลัง หรืออาจใช้อุปกรณ์จับยึด จากนั้นนำหวายเส้นมาสอดประกอบเข้าในรูที่เจาะเตรียมไว้ล่วงหน้า เพื่อที่จะใช้เป็นโครงสำหรับเตรียมการถักด้วยวัสดุสาน โดยทากาวที่เส้นหวายแล้วเสียบอัดเข้าไปในรู จากนั้นรอให้กาวแห้ง

เมื่อกาวแห้งแล้วจึงนำวัสดุสานที่ต้องการ มาเริ่มทำการถักหรือสานเข้ากับโครงของเฟอร์นิเจอร์ตามลวดลายและรูปแบบที่ต้องการ โดยลวดลายและวิธีของการถักหรือสานนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของแต่ละโรงงาน ตัวอย่างการถักสานแสดงไว้ในรูปที่ ก.35

รูปที่ ก.35 การถักหรือสานผักตบชวาเข้ากับโครงของเฟอร์นิเจอร์

การทำสี (Finishing)

ขั้นตอนนี้เป็นการนำเฟอร์นิเจอร์ที่ผ่านการถักหรือสานเรียบร้อยแล้วมาเตรียมทำการพ่นสี ซึ่งจะต้องใช้กระดาษปิดส่วนของวัสดุสานให้หมด เพื่อไม่ให้ส่วนของวัสดุสานโดนสี การทำสีมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การทำสีแบบโชว์ลายไม้ คือ ทำการย้อมผิว ขัด และพ่นแลคเกอร์เคลือบผิวทับหน้า โดยจำนวนครั้งในการพ่นทับหน้าขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละโรงงาน และการทำสีแบบไม่โชว์ลายไม้ คือ การย้อมสีทึบหรือพ่นสีรองพื้น ขัด พ่นสีจริง ขัด และพ่นทับหน้า โดยจำนวนครั้งในการพ่นทับหน้าขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละโรงงาน

การบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

การบรรจุภัณฑ์ของเฟอร์นิเจอร์จักสานนั้น มีหลักการเดียวกับการบรรจุเฟอร์นิเจอร์ไม้จริง คือ ห่อหุ้มเฟอร์นิเจอร์ด้วยกระดาษลูกฟูก แผ่นโฟม หรือบับเบิ้ล เพื่อป้องกันสินค้าจากความเสียหายต่างๆ โดยใช้ปริมาณของบรรจุภัณฑ์ให้น้อยที่สุด รวมทั้งเพื่อความสะดวกในการขนส่ง และให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า

การจัดการที่ดีสำหรับโรงงานขนาดเล็ก

โรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ในประเทศไทยกว่า 80% เป็นโรงงานขนาดเล็ก (จำนวนคนงานต่ำกว่า 60 คน) ซึ่งมีศักยภาพสูงในการปรับปรุงตามแนวทางเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดด้วยการจัดการที่ดีและวิธีการทำงานถูกต้อง เช่น การใช้หลักการ Good House Keeping เป็นหลักการเบื้องต้นในการปรับปรุงห้องเตรียมและเบิกจ่ายสี จะทำให้โรงงานสามารถบันทึกปริมาณการใช้สีและควบคุมต้นทุนในการผลิตได้ดีขึ้น ซึ่งการจัดการที่ดีและวิธีการทำงานที่ถูกต้องเป็นทางเลือกที่ไม่ต้องอาศัยเงินลงทุนในการปรับปรุงมากแต่เห็นผลการประหยัดอย่างชัดเจน โดยหากโรงงานมีการจัดการที่ดีและวิธีการทำงานที่ถูกต้อง จะสามารถลดปริมาณของเสียลงได้มากกว่า 50%[6] ของปริมาณของเสียก่อนมีการปรับปรุง โรงงานที่ทำการปรับปรุงตามแนวทางเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด จะได้รับประโยชน์กลับมาในรูปของการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน และคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น เป็นพื้นฐานสำคัญในการยกระดับคุณภาพของโรงงานให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล

ตัวอย่างการจัดการที่ดี วิธีการทำงานที่ถูกต้อง และแนวทางการบำรุงรักษาสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ขนาดเล็กมีดังนี้

- คัดแยกและบันทึกปริมาณไม้ที่เหลือจากการใช้งาน เพื่อสามารถนำไม้เหลือกลับมาใช้ผลิตได้สะดวก
- บันทึกปริมาณการใช้สารเคลือบผิวเทียบกับปริมาณงานที่ได้ เพื่อควบคุมการใช้งานและลดความสูญเสียที่ไม่จำเป็น
- ฝึกอบรมพนักงานในการเก็บรักษาและใช้งานสารเคลือบผิวอย่างถูกวิธี
- ปิดฝาภาชนะสารที่ระเหยง่าย เช่น ทินเนอร์ ทุกครั้งที่ไม่ใช้งาน เพื่อลดการระเหยและป้องกันฝุ่นละออง และความชื้นปะปน
- ทำความสะอาดฝุ่นและขี้เลื่อยที่สะสมอยู่ตามเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันโอกาสในการเกิดอัคคีภัย
- ทำการหล่อลื่นและตั้งศูนย์เครื่องจักรอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ เพื่อการผลิตงานอย่างมีคุณภาพ
- หมั่นเปลี่ยนถ่ายฝุ่นในถุงกรองอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ระบบดูดฝุ่นทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ
- ปิดท่อดูดฝุ่นที่ไม่ใช้งาน เพื่อให้แรงลมดูดของท่ออื่นๆ ที่ใช้งานอยู่ทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ
- ใช้เศษหรือชิ้นไม้มาทำเป็นฮูด เพื่อช่วยให้การดูดฝุ่นมีประสิทธิภาพดีขึ้น
- ทดลองปรับลดความดันลมที่ใช้ในการพ่นสารเคลือบผิวให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

[6] ข้อมูลจากหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมของสหประชาชาติ (United Nations, UN)

ภาคผนวก ข
สภาพและลักษณะการใช้ทรัพยากร
ของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ

ภาคผนวก ข

สภาพและลักษณะการใช้ทรัพยากรของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโดยสรุปที่สำคัญของโรงงานทั้ง 10 แห่ง

โรงงาน	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	จำนวนพนักงาน[1]	ลักษณะการผลิต	ปริมาณวัตถุดิบไม้ที่ใช้ต่อปี[6]	การทำข้อต่อนิ้วประสาน	การจัดการสีและตัวทำละลาย				การจัดการคุณภาพภายในโรงงาน
							ก	ข	ค	ง	
A	โต๊ะ เก้าอี้เตียง	ไม้ยางพารา	65	งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัว[2] ส่งออก	15,754.67 ลบ.ฟุต	มี	มี	มี	มี	มี	-
B	โต๊ะ เก้าอี้	ไม้เนื้อแข็งและอื่นๆ	100	งานตกแต่งภายใน[3] งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัว จำหน่ายในประเทศ	ไม้จริง 174,311 ลบ.ฟุต ไม้ประกอบ 33,673 ลบ.ฟุต	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ISO 9001:2000
C	โต๊ะ เก้าอี้เด็ก	ไม้ยางพารา	520	งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัว ส่งออก	396,386.00 ลบ.ฟุต	มี	มี	มี	มี	มี	ISO 9001:2000
D	โต๊ะ ตู้ เก้าอี้ พาร์ติชั่น	ไม้ประกอบ	100	งานตกแต่งภายใน งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัว จำหน่ายในประเทศ	ไม้ประกอบ 21,041 ลบ.ฟุต	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	ISO 9001:2000 5ส
E	ตู้ โต๊ะ เก้าอี้เตียง	ไม้ยางพารา	637	งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัว ส่งออก	617,973.00 ลบ.ฟุต	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	ISO 9002
F	รถเข็น โต๊ะ เก้าอี้	ไม้ยางพารา	89	งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัว ส่งออก	71,000.00 ลบ.ฟุต	ไม่มี	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ISO 9001:2000
G	ตู้ โต๊ะ	ไม้ประกอบ	550	งานตกแต่งภายใน	ไม้ประกอบ 338,562	n.a.	มี	มี	มี	มี	ISO 9001:2000 5ส

โรงงาน	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	จำนวนพนักงาน[1]	ลักษณะการผลิต	ปริมาณวัตถุดิบไม้ที่ใช้ต่อปี[6]	การทำข้อต่อนิ้วประสาน	การจัดการสีและตัวทำละลาย				การจัดการคุณภาพภายในโรงงาน
							ก	ข	ค	ง	
				งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัวจำหน่ายในประเทศ	ลบ.ฟุต						KAISEN TPM UP YOUR SERVICE ISO FOCUS ISO 14000 KPI
H[5]	โต๊ะ เก้าอี้ เตียง	โครงหวาย ไม้อัด และวัสดุจักสาน	75	งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัวส่งออก และจำหน่ายในประเทศ	20,000 ลบ.ฟุต	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	-
I	โต๊ะ เก้าอี้	ไม้ยางพารา	300	งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัวส่งออก	113,409.58 ลบ.ฟุต	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	7 wastes
J	โต๊ะ เก้าอี้	ไม้ยางพารา	160	งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัวส่งออก	41,864.54 ลบ.ฟุต	มี	ไม่มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	5ส

หมายเหตุ

1. การจำแนกขนาดของผู้ผลิตตามจำนวนการจ้างงาน สามารถจำแนกออกเป็น ผู้ผลิตขนาดใหญ่ มีจำนวนคนงาน 200 คนขึ้นไป ผู้ผลิตขนาดกลาง มีจำนวนคนงาน 60 – 200 คน ผู้ผลิตขนาดเล็ก มีจำนวนคนงานต่ำกว่า 60 คน (การจัดระบบควบคุมสิ่งแวดล้อมโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องเรือน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม พ.ศ. 2542)
2. งานเฟอร์นิเจอร์ลอยตัว (Free Standing Furniture) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตเป็นชิ้นสามารถเคลื่อนย้ายได้
3. งานตกแต่งภายใน (Build-in Furniture) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตยึดติดอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้
4. ก. มีการจัดเก็บสีและตัวทำละลายเป็นสัดส่วนสะดวกต่อการใช้งาน ข. มีอุปกรณ์ชั่งตวงและผสมสีที่เหมาะสมและพร้อมใช้งาน
   ค. มีพนักงานผสมและเตรียมสีโดยเฉพาะ ง. มีการปิดฝาภาชนะสีและตัวทำละลายเพื่อป้องกันการระเหย
5. โรงงาน H มีการใช้วัสดุที่หลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น ไม้สยา ไม้แดง ไม้สัก ไม้ยางพารา ไม้สน ไม้ตาล หวาย ไม้อัด ผักตบชวา ใยตาล เป็นต้น ข้อมูลที่ได้เป็นการประมาณการ
6. ในส่วนของโรงงานที่ใช้ไม้ประกอบในการผลิต คำนวณปริมาตรโดยใช้ความหนาเฉลี่ย 16 มิลลิเมตร

ภาคผนวก ค

แบบบันทึกข้อมูลและแบบรายการคำนวณต่างๆ

ภาคผนวก ค
แบบบันทึกข้อมูลและแบบรายการคำนวณต่างๆ

ภาคผนวก ค มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ประกอบการสามารถประเมินศักยภาพที่สามารถประหยัดได้ภายใต้สภาพการทำงานในโรงงานของตน โดยอาศัยการสำรวจภายในโรงงาน เติมตัวเลขลงในช่องว่างและทำการคำนวณตามคำแนะนำง่ายๆ เพื่อเป็นการช่วยให้สามารถนำวิธีการป้องกันมลพิษไปใช้ได้รวดเร็วขึ้น

ในภาคผนวก ค นี้ประกอบด้วยแบบฟอร์มทั้งสิ้น 11 ชุด คือ

ค.1 การคำนวณประสิทธิภาพการพ่นติดผิว

ค.2 การประเมินความสูญเสียจากการระเหย

ค.3 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงเทคนิควิธีการพ่นติดผิว

ค.4 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการเปลี่ยนปืนที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ค.5 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์

ค.6 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากระบบแสงสว่าง ได้แก่ การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าชนิด Mercury Vapour เป็นชนิด Metal Halide การติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) เพิ่มเติม และ การใช้บัลลาสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น แทนบัลลาสต์แบบแกนเหล็ก

ค.7 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมโหลดของมอเตอร์

ค.8 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ค.9 แบบรายงานผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์

ค.10 แบบรายงานสรุปข้อมูลของเสียประจำวัน

ค.11 แบบรายงานการปรับปรุงแก้ไข

ค.1 การคำนวณประสิทธิภาพการพ่นติดผิว

ตารางที่ ค.1.1 การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวจากการชั่งน้ำหนักชิ้นงานจริง

การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิว – วิธีที่ 1							
ครั้งที่		**วันที่**		**ขั้นตอน**		**สีที่ใช้**	
ชิ้นงาน		**รหัสชิ้นงาน**		**ผู้ทำการพ่น :**			
ขนาดชิ้นงาน		**พื้นที่ผิว**	ตารางเมตร (5)				
หาน้ำหนักของสีพ่นที่ใช้ไป							
น้ำหนักกระป๋องสีก่อนทำการพ่นสี *(1)*			กิโลกรัม				
น้ำหนักกระป๋องสีหลังทำการพ่นสีแล้ว *(2)*			กิโลกรัม				
น้ำหนักของสีพ่นที่ใช้ไป *(3) = (1) – (2)*			กิโลกรัม				
หาน้ำหนักของสีพ่นที่ติดชิ้นงานจริง							
น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)	**ก่อนพ่น (กรัม)**	**หลังพ่น (กรัม)**	**น้ำหนักสีที่ติดชิ้นงาน (กรัม)**				
ครั้งที่ 1							
ครั้งที่ 2							
ครั้งที่ 3							
ครั้งที่ 4							
ครั้งที่ 5							
เฉลี่ย (กรัม)							
เฉลี่ย (กิโลกรัม) (4)							
น้ำหนักสีที่ติดบนชิ้นงาน [(4) / (5)]			(6)	กรัม/ตารางเมตร			
น้ำหนักสีที่ใช้ไป [(3) / (5)]			(7)	กรัม/ตารางเมตร			
หาประสิทธิภาพการพ่นติดผิว							
ประสิทธิภาพการพ่นติดผิว [(4) / (3)] x 100			***……. %***				

ตารางที่ ค.1.2 การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิวโดยเทียบจากน้ำหนักสี (กรัม/ตารางเมตร) บนชิ้นงานสี่เหลี่ยม

การหาประสิทธิภาพการพ่นติดผิว – วิธีที่ 2					
ครั้งที่		**วันที่**	**ขั้นตอน**		**สีที่ใช้**
ชิ้นงาน		**รหัสชิ้นงาน**		**ผู้ทำการพ่น :**	
ขนาดชิ้นงานจริง			**พื้นที่ผิวชิ้นงานจริง (1)**		ตารางเมตร
ผู้ทำการทดสอบ :					

หาน้ำหนักของสีพ่นที่ใช้ในการพ่นชิ้นงานสีเหลี่ยม				
	น้ำหนัก (กรัม)			
	ชิ้นที่ 1	**ชิ้นที่ 2**	**ชิ้นที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**
น้ำหนักสีที่ใช้ก่อนพ่น (กรัม) (2)				
น้ำหนักสีที่ใช้หลังพ่น (กรัม) (3)				
น้ำหนักสีที่ใช้ไป (กรัม) (4) = (2) – (3)				(5)

หาน้ำหนักของสีพ่นที่ติดชิ้นงานสี่เหลี่ยม				
	น้ำหนัก (กรัม)			
	ชิ้นที่ 1	**ชิ้นที่ 2**	**ชิ้นที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**
ขนาด (เซนติเมตร x เซนติเมตร)				
พื้นที่ผิว (ตารางเมตร) (6)				
น้ำหนักชิ้นงานก่อนพ่น (กรัม) (7)				
น้ำหนักชิ้นงานหลังพ่น (กรัม) (8)				
น้ำหนักสีที่ติดชิ้นงานสี่เหลี่ยม (กรัม) (9) = (8) – (7)				
มาตรฐานการพ่นติดผิว (กรัม/ตร.ม.) (10) = (9) / (6)				**(11)**

น้ำหนักของสีพ่นที่ใช้ในการพ่นชิ้นงานจริง	
สีที่ใช้ในการพ่นชิ้นงานจริง (กรัม) (12)	
จำนวนชิ้นงานจริง (ชิ้น) (13)	
น้ำหนักสีที่ใช้พ่นชิ้นงานจริง (กรัม/ชิ้น) (14) = (12)/(13)	
หาประสิทธิภาพการพ่นติดผิว	
ประสิทธิภาพการพ่นติดผิว [(11)x(1) / (14) x 100]	**%**

ค.2 การประเมินความสูญเสียจากการระเหย

ขั้นตอนที่ 1 หาอัตราการระเหยของตัวทำละลายที่ถูกเปิดทิ้งไว้ (ตาชั่งที่ใช้ควรมีความละเอียดอย่างน้อย 0.1 กิโลกรัม)

ตารางที่ ค.2.1 ตารางบันทึกข้อมูลของภาชนะบรรจุตัวทำละลายที่ 1

ข้อมูลของภาชนะบรรจุตัวทำละลาย	
วันที่	
ผู้บันทึกข้อมูล :	**ผู้ทำการทดสอบ :**
ลักษณะถัง	
1. ชั่งน้ำหนักถังเริ่มต้น (1)	กรัม
2. ชั่งน้ำหนักถังเสร็จสิ้น (2)	กรัม
3. น้ำหนักสารระเหยที่หายไป (3) = (1) - (2)	กรัม
4. พื้นที่ผิวที่สารระเหยสัมผัสอากาศ (4)	ตารางเมตร
5. เวลาที่เปิดฝาทิ้งไว้ (5)	ชั่วโมง
6. อัตราการระเหยของตัวทำละลายนี้ (6) = (3) / [(4) x (5)]	กรัม/(ตารางเมตร-ชม.)

ขั้นตอนที่ 2 หาปริมาณสารระเหยรวมจากแต่ละจุด

ตารางที่ ค.2.2 การประเมินความสูญเสียจากการระเหย

	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
	ชนิดของตัวทำละลาย/สี	**จำนวนถัง (ใบ)**	**พื้นที่ (ตร.ม.)**	**เวลาที่เปิดทิ้ง (ชม./วัน)**	**อัตราการระเหย**		**ราคาตัวทำละลาย (บาท/กิโลกรัม)**	**สูญเสียตัวทำละลาย (บาท/วัน)**
					(กรัม/ตร.ม.-ชม.)	**(กิโลกรัม/วัน)**		
1								
2								
3								
4								
5								
	รวม/วัน							
	รวม/ปี							
วันที่		**ผู้บันทึกข้อมูล :**			**ผู้ทำการทดสอบ :**			

โดยที่

(11) จาก ขั้นตอนที่ 1; พิจารณาตามชนิดของตัวทำละลาย/สี

(12) จาก (8) x (9) x (10) x (11) / 1000

(14) จาก (12) x (13)

ค.3 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงเทคนิควิธีการพ่นติดผิว

ตารางที่ ค.3.1 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการพ่นติดผิว

การปรับปรุงประสิทธิภาพการพ่นติดผิว		
วันที่		
ผู้บันทึกข้อมูล :		
ชนิดของปืนที่ใช้		
ลักษณะของผลิตภัณฑ์/ขั้นตอน		
ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวเฉลี่ย (1) (จากตารางที่ ค.1.1 หรือ ค.1.2)	%	
ปริมาณสีที่ใช้	กก./ปี	บาท/ปี
ปริมาณทินเนอร์ที่ใช้ผสมสี	กก./ปี	บาท/ปี
รวมสีและทินเนอร์	กก./ปี	(2) บาท/ปี
ประสิทธิภาพเป้าหมาย (3)	%	
ร้อยละที่ประหยัดได้ (4) = [{(3) - (1)} x 100] / (3)	%	
ค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้ (5) = (4) x (2) / 100	บาท/ปี	

หมายเหตุ

- สีและทินเนอร์บางส่วนสูญเสียไปกับการเตรียมเกิน การล้าง การระเหย ซึ่งสามารถลดลงก่อนได้
- ควรทำตารางบันทึกสภาพ/วิธีการปรับปรุงการทำงาน

ตารางที่ ค.3.2 ตารางบันทึกการดำเนินการในการปรับปรุงประสิทธิภาพการพ่นติดผิว

	วันที่	สิ่งที่ดำเนินการ
ผู้บันทึกข้อมูล :		
การฝึกอบรมวิธีการพ่นที่ถูกต้อง		
เทคนิควิธีการพ่น การเรียงชิ้นงาน		
การปรับขนาดหัวฉีด		
การปรับความดันลม		
การปรับปริมาณสี		

ค.4 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการเปลี่ยนปืนที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ตารางที่ ค.4.1 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้ จากการเปลี่ยนปืนที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

การเปลี่ยนปืน	
วันที่	
ผู้บันทึกข้อมูล :	
ประเภทของปืนที่ใช้อยู่	
ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวในปัจจุบัน (1) [จากตารางที่ ค.1.1 หรือ ค.1.2]	%
มูลค่าสีและทินเนอร์ที่ใช้ในการพ่นสี (2) [จาก ค.3.1 (2)]	บาท/ปี
ลักษณะงานที่เปลี่ยนไปใช้ปืนชนิดใหม่	
มูลค่าสีและทินเนอร์ที่ใช้กับงานที่เปลี่ยนได้เทียบกับสีและทินเนอร์ทั้งหมด (3)	%
ประเภทของปืนที่ต้องการเปลี่ยน	
จำนวนที่ต้องเปลี่ยน (4)	ชุด
ราคาต่อชุด (5)	บาท/ชุด
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (6) = (4) x (5)	บาท
ประสิทธิภาพที่คาดว่าจะได้รับ (7)	%
ค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะลดลงได้ (8) = [{(7) – (1)} / (7)] x (2) x {(3) / 100}	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน (9) = (6) / (8)	ปี

หมายเหตุ

สีและทินเนอร์บางส่วนสูญเสียไปกับการเตรียมเกิน การล้าง การระเหย ซึ่งสามารถลดลงก่อนได้

ค.5 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด โดยการปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์

โหลดแฟคเตอร์ (ตัวประกอบโหลด) ในแต่ละเดือน คำนวณได้จาก

$$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเดือนนั้น (kWh)} \times 100}{24 \times \text{วันในแต่ละเดือน} \times \text{ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในเดือนนั้น (kW)}} \quad \text{----------(A)}$$

ตารางที่ ค.5 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
เดือน	**ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)**	**พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)**	**โหลดแฟคเตอร์ (%)**	**ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/kWh)**	**ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด**	
					หลังปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์เป็น [A]…….. %	**ที่คาดว่าจะลดลง**
รวม						**[B]**
เฉลี่ย			**[A]**			
วันที่				**ผู้บันทึกข้อมูล :**		

หมายเหตุ : **(1) (2) (4)** จากบิลค่าไฟฟ้าเก่า

(3) จากการคำนวณตามสูตร **(A)**

(5) จากเดือนที่มีโหลดแฟคเตอร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยคิดความต้องการกำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุงจากสูตร **(A)** ซึ่งแทนค่าโหลดแฟคเตอร์ด้วยค่าโหลดแฟคเตอร์เฉลี่ย ส่วนเดือนที่มีโหลดแฟคเตอร์สูงกว่าค่าเฉลี่ย คิดความต้องการไฟฟ้าตามเดิม

(6) จาก **(1) - (5)**

ตารางที่ ค.5 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์ (ต่อ)

รายการคำนวณ	หน่วย	ตัวย่อ	ปริมาณ
เมื่อปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์ของเดือนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยให้เป็น	%	[A]	
คำนวณส่วนต่างของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่คาดว่าจะลดลงในแต่ละเดือน รวมทั้งปี	กิโลวัตต์/ปี	[B]	
ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	บาท/กิโลวัตต์	[C]	
ค่าความต้องการไฟฟ้าลดลง	บาท/ปี	[B] x [C]	
เงินลงทุน – ติดตั้งเครื่องควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด	บาท	[D]	
ระยะเวลาการคืนทุน	**ปี**	**[D]/{[B]x[C]}**	

หมายเหตุ

- ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของประเภทการใช้ไฟฟ้าต่างๆ มีดังนี้

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	การไฟฟ้านครหลวง	กิจการขนาดกลาง	กิจการขนาดใหญ่ (TOD)*		TOU
		อัตราปกติ	On-Peak	Partial-Peak	
69 kV ขึ้นไป	69 kV ขึ้นไป	175.70	224.30	29.91	74.14
22-33 kV	12-24 kV	196.26	285.05	58.88	132.93
ต่ำกว่า 22 kV	ต่ำกว่า 12 kV	221.50	332.71	68.22	210

*On-Peak 18.30-21.30 น. ของทุกวัน

Partial-Peak 8.00-18.30 น. ของทุกวัน คิดค่าความต้องการไฟฟ้าส่วนที่เกินจากช่วง On-Peak

Off-Peak 21.30-8.00 น. ของทุกวัน ไม่คิดค่าความต้องการไฟฟ้า

- เครื่องควบคุมการใช้ไฟฟ้าสูงสุดราคาประมาณ 50,000 บาท

ค.6 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากระบบแสงสว่าง

ตารางที่ ค.6.1 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าชนิด Mercury Vapour เป็นชนิด Metal Halide

การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า	
วันที่	**ผู้บันทึกข้อมูล :**
ชนิดหลอด (แบบเดิม)	Mercury Vapour
1. กำลังไฟของหลอด	วัตต์
2. กำลังไฟของบัลลาสต์	วัตต์
3. รวม (1.+2.)	วัตต์
ชนิดหลอด (แบบใหม่)	Metal Halide
4. กำลังไฟของหลอด	วัตต์
5. กำลังไฟของบัลลาสต์	วัตต์
6. รวม (4.+5.)	วัตต์
7. จำนวนหลอดไฟทั้งหมด	หลอด
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	
8. รวม [(3.-6.) X 7.]	วัตต์
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้	
9. รวม (8./1000)	กิโลวัตต์
10. เวลาทำงาน	ชั่วโมงต่อวัน
11. รวมเวลาทำงาน	วันต่อปี
12. การเปิดใช้งาน	%
13. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (9.X10.X11.X12.)/100	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
14. ราคาหลอดไฟฟ้า (ทั้งชุด)	บาท/ชุด
15. จำนวน	หลอด
16. รวมค่าหลอดไฟฟ้า (14.X15.)	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	
17. ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
18. รวมค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (13.X17.)	บาท/ปี
19. ระยะเวลาคืนทุน (16./18.)	**ปี**

หมายเหตุ

- ราคาหลอด Metal Halide 250 W ที่ใช้แทนหลอด Mercury Vapour 400 W ราคาประมาณ 2,250 บาท
- บัลลาสต์ของหลอด Metal Halide 250 W ต้องการกำลังไฟฟ้า 19 W
- บัลลาสต์ของหลอด Mercury Vapour 400 W ต้องการกำลังไฟฟ้า 28 W

ตารางที่ ค.6.2 การประเมินค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector)

ตารางแสดงจำนวนหลอดไฟในโรงงาน						
ชนิดหลอด	**ลักษณะการติดตั้ง**	**ชนิด ฝาครอบ**	**จำนวนโคม (ชุด)**	**จำนวนหลอดที่ใช้อยู่เดิม (หลอด)**	**ชั่วโมงการใช้งาน (ชม./วัน)**	**จำนวนหลอดที่ลดลงได้ (หลอด)**

วันที่	**ผู้บันทึกข้อมูล :**

การปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยการติดแผ่นสะท้อนแสง	
จำนวนหลอด/โคม	
1. ก่อนการปรับปรุง	หลอด/โคม
กำลังไฟฟ้า	
2. กำลังไฟฟ้าของหลอด	วัตต์
3. กำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์	วัตต์
4. รวมกำลังไฟฟ้า (2.+3.)	วัตต์
5. จำนวนโคมทั้งหมด	โคม
6. จำนวนหลอดทั้งหมด (1.X5.)	หลอด
7. หลอดที่ลดลงได้ (6.X [B]%)	หลอด (ลดหลอดลงได้ ..[B]..%)
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	
8. รวม (7.X4.)	วัตต์
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้	
9. รวม (8./1000)	กิโลวัตต์
10. เวลาทำงาน	ชั่วโมงต่อวัน
11. รวมเวลาทำงาน	วันต่อปี
12. การเปิดใช้งาน	%
13. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (9.X10.X11.X12.) / 100	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
14. ราคาแผ่นสะท้อนแสง	บาท/ชุด
15. ค่าติดตั้ง	บาท/ชุด
16. จำนวนโคมที่ติดตั้ง (5.)	ชุด
17. รวมค่าแผ่นสะท้อนแสงและค่าติดตั้ง (14.+15.) X 16.	บาท
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	
18. ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
19. รวมค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (13.X18.)	บาท/ปี
20. ระยะเวลาคืนทุน (17./19.)	**ปี**

หมายเหตุ สามารถลดหลอดลงได้ 30% โดยไม่กระทบต่อค่าความเข้มทางการส่องสว่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ ค.6.3 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการเปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดโลว์ลอส หรือบัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์

การเปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดโลว์ลอส		
วันที่		**ผู้บันทึกข้อมูล :**
ชนิดบัลลาสต์ (แบบเดิม)	บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก	
1. กำลังไฟฟ้าที่ใช้		วัตต์
ชนิดบัลลาสต์ (แบบใหม่)	บัลลาสต์ชนิด …	
2. กำลังไฟฟ้าที่ใช้		วัตต์
3. จำนวนบัลลาสต์		ชุด
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง		
4. รวม (1.-2.)		วัตต์
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้		
5. กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (4.) x (3.) / 1000		กิโลวัตต์
6. เวลาทำงาน		ชั่วโมงต่อวัน
7. รวมเวลาทำงาน		วันต่อปี
8. การเปิดใช้งาน		%
9. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้		กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
(5.X6.X7.X8.) / 100		
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน		
10. ราคาบัลลาสต์แบบ …		บาท
11. ค่าติดตั้ง		บาท
12. รวมเงินลงทุน (10.+ 11.) X 3.		บาท
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
13. ราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วย		บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
14. รวมค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (9.X13.)		บาท/ปี
15. ระยะเวลาคืนทุน (12./14.)		**ปี**

หมายเหตุ บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กใช้กำลังไฟฟ้า 10 วัตต์ บัลลาสต์ชนิดโลว์ลอสใช้กำลังไฟฟ้า 5.5 วัตต์ และบัลลาสต์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ใช้กำลังไฟฟ้า 4 วัตต์

ค.7 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมโหลดของมอเตอร์

ตารางที่ ค.7 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมโหลดของมอเตอร์

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
ลำดับที่	รายการ	พลังไฟฟ้า (kW)		P.F. (%)	เวลาทำงาน			ผลประหยัดเทียบจาก P.F. เฉลี่ย (%)	ผลการประหยัดไฟฟ้า		คิดเป็นเงินประหยัดได้ (บาท/ปี)	ขนาดอุปกรณ์ (kW)	เงินลงทุน (บาท/ชุด)			คืนทุน (ปี)
		พิกัด	ตรวจวัด		ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	เปอร์เซ็นต์การทำงาน		พลังไฟฟ้า (kW)	พลังงาน (kWh/ปี)			ค่าอุปกรณ์	ค่าติดตั้ง	รวม	
1																
2																
3																
รวม																
วันที่								ผู้บันทึกข้อมูล :								

หมายเหตุ : ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย **[C]** บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

โดยที่

(1)	จาก	เนมเพลทของมอเตอร์	(10)	จาก	[C] x (9)
(2) – (6)	จาก	การตรวจวัด/การจดทบันทึก	(11)	เท่ากับ	(1)
(7)	จาก	การอ่านกราฟของอุปกรณ์ควบคุมโหลด (ดูตัวอย่างหน้า 2-57)	(12) – (13)	จาก	ราคาจากผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย แปรผันตามขนาดของมอเตอร์
(8)	จาก	(2) x (7)	(15)	จาก	(14) / (10)
(9)	จาก	(8) x (4) x (5) x (6) /100			

ค.8 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ค่าตัวประกอบกำลัง =
14.02 x [ค่าพลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ (kVAR) - ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยใน 15 นาที ภายในเดือน (kW) x 0.6197]

หมายเหตุ : ค่าพลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ และ ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยใน 15 นาที (ภายในเดือน) สามารถดูได้จากบิลค่าไฟฟ้าประจำเดือน

ตารางที่ ค.8 การประเมินค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะประหยัดได้จากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	
วันที่	**ผู้บันทึกข้อมูล :**
ข้อมูลที่ต้องทราบ	
1. โหลดที่วัดได้ที่หม้อแปลง, L_{ac}	กิโลวัตต์
2. แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้, V_{ac}	โวลต์
3. ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่วัดได้, $\cos\theta_1$	
4. ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า, kVA_{tr}	กิโลโวลต์-แอมป์
5. พิกัดแรงดันของหม้อแปลงไฟฟ้า	โวลต์
6. พิกัดกระแสของหม้อแปลงไฟฟ้า	แอมป์
7. Copper Loss ที่โหลดเต็มพิกัด	กิโลวัตต์
8. ชั่วโมงการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า, H	ชม./วัน
9. จำนวนวันดำเนินการ, D	วัน/ชม.
10. ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย, Pr_e	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
การคำนวณ	
สภาพก่อนปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	
11. พลังงานไฟฟ้ารีแอคตี $_1$ (1.) x $\{[\sqrt{(1-(3.)^2)}]/(3.)\}$	กิโลวาร์
12. พลังไฟฟ้าปรากฏ $_1$ $\sqrt{(1.)^2+(11.)^2}$	กิโลโวลต์-แอมป์
13. กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน $_1$ $[(1.) \times 1000]/(\sqrt{3} \times (2.) \times (3.)$	แอมป์
สภาพหลังปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	
14. ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง, $\cos\theta_2$	
15. พลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ $_2$ (1.) x $\{[\sqrt{(1-(14.)^2)}]/(14.)\}$	กิโลวาร์
16. พลังไฟฟ้าปรากฏ $_2$ $\sqrt{(1.)^2+(15.)^2}$	กิโลโวลต์-แอมป์
17. กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน $_2$ $[(1.) \times 1000]/(\sqrt{3} \times (2.) \times (14.)$	แอมป์
สรุปผลการวิเคราะห์	
18. ขนาดตัวเก็บประจุที่ใช้ (11.) – (15.)	กิโลวาร์
(ปัดเป็นจำนวนเต็มในหน่วยหลักสิบ)	กิโลวาร์
19. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ จาก Copper Loss	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
$(7.) \times \{[(13.)/(6.)]^2 - [(17.)/(6.)]^2\} \times (8.) \times (9.)$	
20. ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (19.) x (10.)	บาท/ปี
21. ค่า PF ต่ำกว่า 0.85 เฉลี่ย (จากข้อมูลบิลค่าไฟเดิม)	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
22. ขนาดตัวเก็บประจุ (18.)	กิโลวาร์
23. ราคาของตัวเก็บประจุ	บาท
24. ระยะเวลาคืนทุน (23./(20.+21.)	**ปี**

ค.9 แบบรายงานผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์

รายงานผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์		
ส่วนที่ 1: ผู้เขียนรายงานของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์		
วันที่ ___/___/___	เลขที่รายงาน: _____(ไม่ซ้ำกัน)	
ประเภทของงาน:	☐ ผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการผลิต	☐ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
ลูกค้า:	รุ่น:	
หมายเลขล็อตที่ผลิต:	จำนวนที่ตรวจ:	
เวลาที่เกิด:	ขนาดล็อต:	
เริ่มการผลิตเวลา:	กระบวนการที่เกิด:	
เขียนภาพร่าง:	รายละเอียดข้อบกพร่อง:	
ส่วนที่ 2: หัวหน้าฝ่ายรับงาน ตรวจสอบ ระบุระดับข้อบกพร่อง ลักษณะของปัญหา ลงนามและรายงานผู้จัดการต้นสังกัด		
ระดับข้อบกพร่อง ☐ วิกฤต คือ ผลไม่เป็นไปตามเอกสารแผนการควบคุม ซึ่งชิ้นงานไม่สามารถแก้ไขได้ เสียและต้องทำใหม่ ☐ สำคัญ คือไม่เป็นไปตามเอกสารแผนการควบคุม ชิ้นงานสามารถแก้ไขได้ แต่ต้องหยุดการผลิต ☐ ไม่สำคัญ คือไม่เป็นไปตามเอกสารแผนการควบคุม ชิ้นงานแก้ไขได้ในขณะที่ทำการผลิตไม่ต้องหยุดการผลิต	ลักษณะปัญหา ☐ ปัญหาเดิม ☐ ปัญหาใหม่	**ผู้รับผิดชอบรับทราบ/ลงนาม**
ส่วนที่ 3: ผู้จัดการฝ่ายต้นสังกัดที่รับผิดชอบเป็นผู้ระบุ การพิจารณา/ตัดสิน, บันทึกสั่งการและลงนาม		
การพิจารณา/ตัดสิน ☐ ผู้รับผิดชอบรับทราบ/ลงนาม		**ผู้รับผิดชอบรับทราบ/ลงนาม**
บันทึกสั่งการ (ระบุวิธีการซ่อมแก้ไข สาเหตุการปฏิเสธเป็นของเสีย สาเหตุการยอมรับโดยไม่มีการซ่อม ตามการระบุการพิจารณา)		

หมายเหตุ : ใช้เป็นแผ่นบันทึกข้อมูลสำหรับพนักงาน QC ใช้ควบคู่กับใบรายงานสรุปข้อมูลของเสียประจำวัน

ค.10 แบบรายงานสรุปข้อมูลของเสียประจำวัน

รายงานสรุปข้อมูลของเสียประจำวัน								
วันที่ เดือน พ.ศ.						หน่วยงาน:		
ลำดับ	หมายเลขชิ้นส่วน	ชื่อชิ้นส่วน	ลูกค้า	เลขที่คำสั่งผลิต	จำนวนของเสีย	ประเมินมูลค่า	สาเหตุ	ผู้ปฏิบัติงาน
หมายเหตุ								
				ผู้รายงาน		ผู้ตรวจสอบ		ผู้รับรองการตรวจสอบ

หมายเหตุ : มูลค่าประกอบด้วยมูลค่าวัตถุดิบ วัสดุสิ้นเปลือง ค่าสาธารณูปโภค ค่าแรง เป็นต้น

ค.11 แบบรายงานการปรับปรุงแก้ไข

<table>
<tr><td>เลขที่เอกสาร</td><td colspan="2">รายงานการปฏิบัติแก้ไข</td><td>จัดเตรียมโดย</td><td>อนุมัติโดย</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>วันที่จัดทำ:</td><td>วันที่บังคับใช้:</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>แก้ไขครั้งที่:</td><td>วันที่แก้ไข:</td></tr>
<tr><td colspan="2">รายชื่อทีมCT ที่ปฏิบัติการแก้ไข</td><td colspan="3">ระบุรายละเอียดของปัญหา</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">สาเหตุที่แท้จริง/อาจใช้ผังก้างปลาทำการวิเคราะห์</td><td>ผู้รับผิดชอบ</td><td>วันที่เริ่มดำเนินการ</td><td>วันที่แล้วเสร็จ</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">รายละเอียดวิธีการปฏิบัติการแก้ไข</td><td>ผู้รับผิดชอบ</td><td>วันที่เริ่มดำเนินการ</td><td>วันที่แล้วเสร็จ</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">การตรวจพิสูจน์การประเมินผล
จำนวนที่ยอมรับ_____ชิ้น
จำนวนปฏิเสธ_____ชิ้น</td><td>ผู้รับผิดชอบ</td><td>วันที่เริ่มดำเนินการ</td><td>วันที่แล้วเสร็จ</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">ข้อสรุปการปฏิบัติการแก้ไข</td><td>ผู้รับผิดชอบ</td><td>วันที่เริ่มดำเนินการ</td><td>วันที่แล้วเสร็จ</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>ลายเซ็นผู้จัดการ:</td><td>วันที่:</td><td colspan="3">สำเนา:</td></tr>
</table>

หมายเหตุ : ใช้แผ่นงานนี้ในการประชุมหน่วยงาน CT เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาที่เกิดขึ้นและหาข้อสรุปวิธีการแก้ไขปรับปรุงอย่างยั่งยืน

ภาคผนวก ง

เทคนิคการป้องกันมลพิษจากการใช้งานสารเคลือบผิว

ภาคผนวก ง
เทคนิคการป้องกันมลพิษจากการใช้งานสารเคลือบผิว

ภาคผนวก ง เสนอรายละเอียดของเทคนิคต่างๆ ในการป้องกันมลพิษจากการใช้งานสารเคลือบผิว[1] โดยประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

ง.1 วิธีการเคลือบผิว

ง.2 แนวทางการพ่นสีที่ถูกต้อง

ง.3 การปรับความดันอากาศสำหรับปืนพ่นสี

ง.4 การบำรุงรักษาอุปกรณ์พ่นสี

ง.5 การเลือกชนิดของตัวกรองให้เหมาะสมกับงานฉีดพ่น และการบำรุงรักษา

ง.6 การใช้ตัวทำละลายซ้ำและใช้อย่างต่อเนื่อง (Reuse and Cascading Use of Solvents)

ง.7 ระบบบำบัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

ง.8 การจัดการของเสียอันตราย

ง.9 อัตราการระเหยของตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่างๆ

[1] สารเคลือบผิว หมายถึง เนื้อสีที่ผสมกับตัวทำละลายในสัดส่วนการผสมที่ถูกต้องตามสูตรที่ผู้ผลิตกำหนด พร้อมใช้งาน

ง.1 วิธีการเคลือบผิว

วิธีการเคลือบผิวแบ่งตามหลักการเคลือบผิวได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ การเคลือบผิวโดยไม่ใช้การพ่นเป็นละออง การเคลือบผิวโดยการพ่นเป็นละออง และการเคลือบผิวโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิต ซึ่งการพ่นสีในแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีการเคลือบผิวต่างๆ

หลักการเคลือบผิว	วิธีการเคลือบผิว	ข้อดี	ข้อเสีย
1. การเคลือบผิวโดยไม่ใช้การพ่นเป็นละออง (Non-spray Technique)	แบบจุ่ม (Dip Coating)	• ประสิทธิภาพการเคลือบติดผิวสูง • ใช้เครื่องจักรอุปกรณ์น้อยชิ้น • ทำงานแบบเป็นกระบวนการต่อเนื่องอัตโนมัติได้	• คุณภาพของผิวหน้าต่ำถึงปานกลาง (เหมาะสมกับงานรองพื้น แต่ไม่เหมาะสมกับงานผิวชั้นนอกสุด) • มีสารอินทรีย์ระเหยง่ายเกิดขึ้นในบริเวณเครื่องจักรสูง
	แบบลูกกลิ้ง (Roll Coating)	• ประสิทธิภาพการเคลือบติดผิวสูง	• จำกัดการใช้สำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง • ต้องหมั่นตรวจสอบคุณภาพการเคลือบผิวเป็นประจำ • มีสารอินทรีย์ระเหยง่ายเกิดขึ้นในบริเวณเครื่องจักรสูง
2. การเคลือบผิวโดยการพ่นเป็นละออง (Spray Technique)	แอร์สเปรย์ (Conventional)	• ไม่ต้องอาศัยความชำนาญสูงในการใช้งาน • ใช้ได้กับการพ่นหลายรูปแบบ • ปรับขนาดของแนวพ่นได้ • ให้ละอองที่มีความละเอียดสูง	• ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวต่ำ • มีเสียงดัง

หลักการเคลือบผิว	วิธีการเคลือบผิว	ข้อดี	ข้อเสีย
		• บำรุงรักษาง่ายและค่าใช้จ่ายต่ำ	
	Airless	• อัตราเร็วในการพ่นสูงมาก • ใช้ได้ดีกับชิ้นงานที่มีผิวหน้ากว้าง • เวลาพ่นเกิดละอองไม่มาก • ไม่เกิดเสียงดัง	• หัวฉีดมีขนาดเล็ก ทำให้ตันได้ง่าย • คุณภาพของผิวหน้าไม่ดีเท่ากับการใช้ปืนแอร์สเปรย์ • สายพ่นสีไม่ยืดหยุ่น เพราะเป็นสายแบบรับแรงดันสูง • ปรับขนาดของแนวพ่นไม่ได้
	Air-assisted Airless	• อัตราเร็วในการพ่นสูงมาก • ใช้ได้ดีกับสีที่มีความหนืดสูง • พ่นได้เร็ว • ปรับขนาดของแนวพ่นได้เล็กน้อย • เวลาพ่นเกิดละอองไม่มาก • กำจัดปัญหาสีย้อย • ไม่เกิดเสียงดัง	• หัวฉีดมีขนาดเล็ก ทำให้ตันได้ง่าย • ต้องใช้ปั๊มแรงดันสูง • ต้องใช้พนักงานที่มีความชำนาญในการพ่น • ใช้ได้กับรูปแบบชิ้นงานที่ไม่หลากหลาย
	High Volume Low Pressure (HVLP)	• ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูง • เวลาพ่นเกิดละอองไม่มาก • ใช้ได้กับขนาดของชิ้นงานและอัตราการไหลที่หลากหลาย	• ต้องใช้พนักงานที่มีความชำนาญในการพ่น • อาจก่อให้เกิดปัญหาเนื้อสีเกาะติดที่ผิวชิ้นงานมากเกินไป

หลักการเคลือบผิว	วิธีการเคลือบผิว	ข้อดี	ข้อเสีย
3. การเคลือบผิวโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Technique)	Electrostatic Spray Systems	• ประสิทธิภาพการพ่นติดผิวสูง • ใช้อัตราการพ่นสูงได้ • ลดปัญหาเรื่องการพ่นเกินขนาดและละอองฟุ้งกลับ	• ต้องใช้พนักงานที่มีความชำนาญในการพ่น • ต้องมีการต่อสายดิน • ค่าการนำไฟฟ้าของสีต้องถูกต้อง • อาจต้องใช้ในบริเวณที่มีการป้องกันเปลวไฟเนื่องจากเกิดประจุไฟฟ้าสถิต

ที่มา: http://cage.rti.org/equip.cfm

นอกจากนี้ยังมีวิธีการเคลือบผิวอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพการเคลือบติดผิวสูง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ UV Coating, Vacuum Coating และ Curtain Coating

วิธี UV Coating[2] ใช้หลักการปฏิกริยาเคมีของแสงอุลตราไวโอเลต (UV) ทับผิวหน้าสารเคลือบผิว ทำให้ผิวหน้าสารเคลือบผิวมีความเรียบกว่าการทาหรือการพ่น ข้อดีของวิธีนี้ ได้แก่ สารเคลือบผิวมีความแข็งแรงและทนทานต่อการขูดขีดมากขึ้น ประหยัดปริมาณสีที่ต้องใช้ในการเคลือบผิว เวลาที่ใช้ในเคลือบเร็วประมาณ 5 วินาทีส่งผลให้สายการผลิตไม่ติดขัดและทำงานได้เร็วขึ้น ระบบ UV Coating ใช้พื้นที่น้อยกว่าระบบการเคลือบผิวอื่นๆ ทำให้มีเนื้อที่การทำงานเพิ่มมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวแล้วสามารถนำไปบรรจุหีบห่อหรือจัดการอื่นๆ ต่อเนื่องได้ทันที รวมถึงวิธีนี้ช่วยลดการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายลงได้มาก อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็มีข้อด้อยเช่นกัน ได้แก่ หากต้องการซ่อมชิ้นงานหลังจากผ่าน UV Coating แล้วจะทำได้ยากเนื่องจากสารเคลือบผิวจะติดแน่น ผิวนอกของสารเคลือบผิวเป็นมันวาวคล้ายพลาสติก มีเงินลงทุนครั้งแรกสูง พนักงานต้องได้รับการอบรมการใช้งานและป้องกันอันตรายจากแสงอุลตราไวโอเลต

วิธี Vacuum Coating[3] ใช้หลักการส่งผ่านชิ้นงานเข้าไปเคลือบสารเคลือบผิวในห้องเคลือบผิวและมีการดูดสีส่วนเกินออกด้วยแรงดูดสูญญากาศ ความหนาของชั้นสารเคลือบผิวจะถูกจำกัดด้วยค่าความหนืดของสารเคลือบผิว ความแรงของสูญญากาศ ความเร็วของการดูด ข้อดีของวิธี Vacuum Coating คือ มีประสิทธิภาพการเคลือบผิวสูงมากเกือบ 100 % มีการหมุนเวียนใช้สารเคลือบผิวที่เหลือทำให้ไม่มีของเสีย

[2] Spraying Techniques จาก http://cage.rti.org/altern_data.cfm?id=radcure&cat=Gen_Info, http://www.pfonline.com/articles/0701supp03.html, http://www.mntap.umn.edu/paint/UV.htm

[3] Waste Reduction Guide, Wood Furniture Industries, US EPA, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio and Tennessee Valley Authority, Waste Management, Knoxville, Tennessee

เกิดขึ้น อัตราการเคลือบผิวเร็ว ส่วนข้อด้วย คือ ชิ้นงานที่จะเข้าเคลือบผิวในรอบงานเดียวกันต้องมีลักษณะที่เหมือนกัน และใช้ได้เฉพาะกับสารเคลือบผิวที่ใช้น้ำเป็นพื้นฐาน

วิธี Curtain Coating[4] ใช้หลักการส่งผ่านชิ้นงานด้วยสายพานไปเคลือบด้วยสารเคลือบผิวที่ตกลงมาเป็นม่าน (Waterfall) ด้วยอัตราเร็วควบคุมที่กำหนด และสารเคลือบผิวส่วนเกินจะถูกกักเก็บไว้ในบ่อนำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ข้อดีของวิธี Curtain Coating คือ มีประสิทธิภาพการเคลือบผิวสูง เกิดของเสียต่ำ ทำการเคลือบผิวได้เร็ว ความหนาของสารเคลือบผิวสม่ำเสมอ ส่วนข้อด้วย คือ ชิ้นงานที่เคลือบด้วยวิธีนี้ต้องมีผิวหน้าเรียบเท่านั้น รวมถึงต้องทำความสะอาดพื้นที่โดยรอบ

[4] Waste Reduction Guide, Wood Furniture Industries, US EPA, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio and Tennessee Valley Authority, Waste Management, Knoxville, Tennessee

ง.2 แนวทางการพ่นสีที่ถูกต้อง

ปัจจัยที่ใช้ในการตรวจสอบสภาพการพ่นสีของโรงงานว่ามีขั้นตอนที่ถูกต้องหรือไม่ (เอกสารอ้างอิง (35) และ (55))

1. รูปแบบของละอองสี

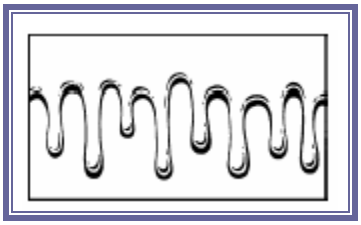
ตารางที่ ง.2 แสดงรูปแบบต่างๆ ของละอองสี (Spray Pattern) ซึ่งละอองสีที่ดีนั้นจะต้องมีลักษณะวงรี อย่างไรก็ตามละอองสีที่พ่นออกไปจากหัวฉีดอาจมีลักษณะเว้าแหว่ง หรือกองอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งไม่มีการกระจายตัวที่ดี ซึ่งอาจมีผลจากการที่หัวฉีดมีการอุดตัน หรือมีการใช้ความดันในการพ่นที่สูง/ต่ำเกินไป ดังนั้นพนักงานพ่นสีควรตรวจสอบความดัน หัวฉีดและทำความสะอาดเมื่อพบสิ่งผิดปกติ

ตารางที่ ง.2 รูปแบบต่างๆ ของละอองสีที่เกิดขึ้น

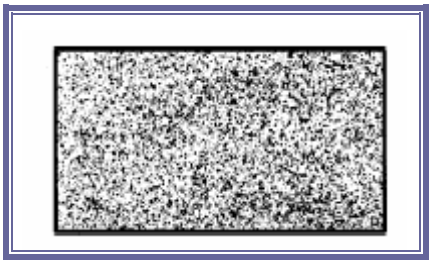
ลักษณะของละอองสี	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
	การสเปรย์ที่ดีละอองสีจะออกมาเป็นรูปวงรีเสมอกัน	-
	ละอองสีเป็นรูปดวงจันทร์ครึ่งซีก มีน้ำหนักออกไปทางซ้ายหรือขวามากเกินไป เกิดจาก ● หัวพ่น (Spray Head) มีการอุดตันเป็นบางส่วน ● มีการอุดตันของเข็มควบคุมสารละลาย (Fluid Tip) ● มีการอุดตันของหัวพ่นอันใดอันหนึ่ง ในกรณีที่มีหลายหัว	แก้ไขโดย ● ทำความสะอาดรูทางเดินอากาศของหัวพ่น และเข็มควบคุมสารละลาย
	ละอองสีแยกออกจากกันมีแนวแคบตรงกลาง เกิดจาก ● การใช้ความดันสูงเกินไป ● อากาศและสารละลายไม่ได้สมดุลกัน หรือเกิดจากการเพิ่มอัตราการไหลของสารละลายเพื่อเพิ่มปริมาณสารที่พ่นออก (เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารละลายที่พ่นออก ความเร็วในการพ่นก็จะต้องเพิ่มขึ้น)	แก้ไขโดย ● ปรับความดันให้ต่ำลง
	ละอองสีมีลักษณะคล้ายหยดน้ำ เกิดจาก ● การปรับวาลว์ไม่เหมาะสม มีสภาพต่ำเกินไป ● ความดันอากาศที่ใช้มีค่าต่ำ หรือสารเคลือบมีความข้นมากเกินไป ● ความดันของสารละลายสูงเกินไป หรือสารละลายถูกพ่นออกมากเกินไปเมื่อใช้กับหัวพ่นที่มีขนาดปกติ ● หัวควบคุมอากาศเล็กเกินไปเมื่อเทียบกับความดันของอากาศ หรือการใช้หัวพ่นที่มีขนาดใหญ่เกินไป ● รอบๆ หัวจ่ายมีสีแห้งค้างอยู่	แก้ไขโดย ● ปรับความดันที่ใช้ในการพ่นให้สูงขึ้น ● ถอดฝาครอบหัวพ่นและหัวจ่ายสีออกมาทำความสะอาด
	ละอองสีที่ส่วนบนหรือส่วนล่าง มีน้ำหนักมากกว่ากัน เกิดจาก ● หัวพ่นมีการอุดตัน ● ด้านฐานของหัวควบคุมอากาศ หรือปลายเข็มควบคุมสารละลายมีการอุดตัน	แก้ไขโดย ● ทำความสะอาดรูทางเดินอากาศของหัวพ่น และเข็มควบคุมสารละลาย

2. ระยะห่างระหว่างกาพ่นสีกับผิวงานที่ไม่ถูกต้อง

ระยะห่างที่ไม่ถูกต้องจะทำให้มีผลเสียกับละอองสีที่พ่นออกไป โดยถ้าหัวฉีดของกาพ่นสีมีระยะชิดกับผิวหน้างานมากเกินไป จะทำให้สีที่ออกไปติดที่ผิวงานเป็นจำนวนมากทำให้สีไหลย้อยดังรูปที่ ง.1 ในขณะที่หากหัวฉีดของกาพ่นสีมีระยะห่างจากผิวหน้างานมากเกินไป ทำให้สีเกิดแห้งกลางอากาศ และไปเกาะติดอยู่ที่ผิวหน้างาน ทำให้ผิวหน้างานมีลักษณะเป็นเม็ด (รูปที่ ง.2) การเกาะยึดไม่ดีหลุดลอกได้ง่าย สีจะดูด้านไม่สวยงาม



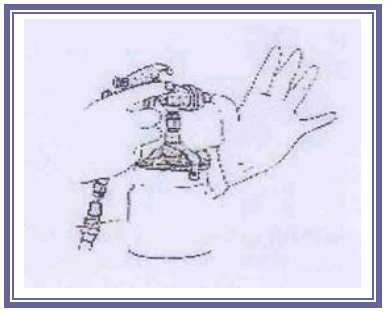
รูปที่ ง.1 สีย้อยเนื่องจากการพ่นชิดมากเกินไป



รูปที่ ง.2 สีเป็นเม็ดเนื่องจากการพ่นห่างเกินไป จำเป็นต้องขัดกระดาษทราย

สำหรับระยะทางที่เหมาะสมนั้น ถ้าเป็นกาพ่นสีที่มีความดันลมประมาณ 3 บาร์ (~ 44 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับผิวหน้างานที่เหมาะสมสำหรับสีแลคเกอร์ คือ 15 - 20 เซนติเมตร แต่ถ้าเป็นสีอีนาเมลระยะห่างที่เหมาะสม คือ 20 - 30 เซนติเมตร

อย่างไรก็ดีขณะที่ทำการพ่นนั้น หากต้องทำการวัดระยะห่างอยู่ตลอดเวลาก็คงจะกระทำได้ยาก ดังนั้นคงต้องอาศัยการประมาณระยะห่างระหว่างหัวฉีด โดยการกางฝ่ามือออกโดยให้นิ้วก้อยแตะกับผิวหน้างานและนิ้วหัวแม่มือจดกับหัวฉีด นั่นคือระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับผิวหน้างานที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ ง.3



รูปที่ ง.3 แสดงการประมาณระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับผิวหน้างาน

3. การเคลื่อนที่ของกาพ่นสี

ในการพ่นสีบนผิวงานที่มีพื้นที่กว้าง พนักงานพ่นสีจำเป็นต้องถือกาพ่นสีเคลื่อนที่ไปพร้อมกับการพ่นสี โดยต้องทำการรักษาระยะห่างให้เท่ากันโดยตลอด (150 - 300 มิลลิเมตร) เพื่อจะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ และมีความหนาของสีเท่ากันโดยตลอด แต่หากช่างพ่นสีทำการส่ายข้อมือพ่นหันไปทางซ้ายและขวา จะทำให้กาพ่นสีเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งทำให้ระยะห่างระหว่างหัวฉีดและผิวหน้างานมีระยะห่างไม่เท่ากัน โดยความหนาของสีจะมีมากตรงกลางผิวหน้างาน

ง.3 การปรับความดันอากาศสำหรับปืนพ่นสี

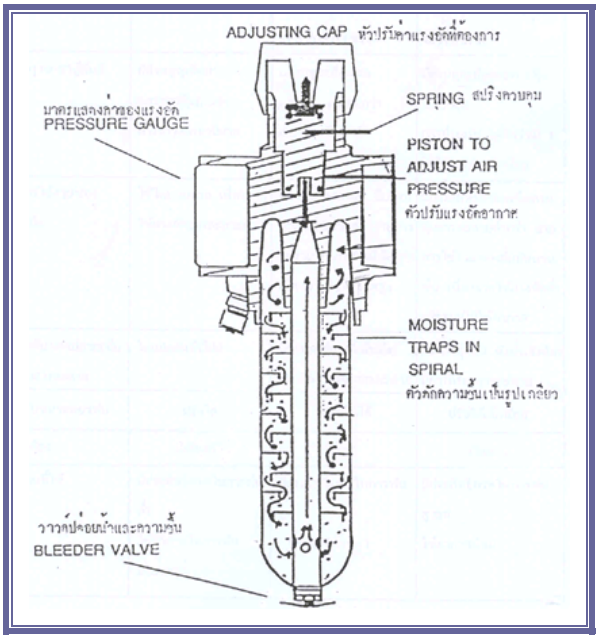
ความดันอากาศจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ใช้ ยกตัวอย่างในส่วนของงานพ่นสีแลคเกอร์ ได้ดังนี้

- งานซ่อมสีซึ่งเป็นสีแลคเกอร์ จะใช้ความดันอากาศอยู่ที่ 2.0 – 2.4 บาร์ (30 - 35 ปอนด์/ตารางนิ้ว)
- งานพ่นสีแลคเกอร์ทับกันจำนวนหลายๆชั้นก่อนการพ่นสีชั้นสุดท้าย จะใช้ความดันอากาศอยู่ที่ 2.72–3.1 บาร์ (40-45 ปอนด์/ตารางนิ้ว)
- งานพ่นสีแลคเกอร์ชั้นสุดท้าย เพื่อต้องการให้สีมีการไหลเยิ้มเข้าหากันและมีความกลมกลืนกัน จำเป็นต้องใช้ความดันที่ต่ำ ซึ่งความดันที่อากาศเหมาะสมจะอยู่ที่ 1.4 – 1.7 บาร์ (20-25 ปอนด์/ตารางนิ้ว)

ในส่วนของงานพ่นสีชนิดอื่นๆ โรงงานสามารถศึกษาได้จากคู่มือที่ผู้จำหน่ายสีเป็นผู้แนะนำหรือมีการอบรมจากผู้จำหน่ายสีโดยตรง นอกจากการปรับความดันอากาศให้เหมาะสมกับงานที่ใช้ ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความดันลด (Pressure Drop) ที่เกิดขึ้นในท่ออีกด้วย

สาเหตุที่เกิดความดันลด

ความดันของอากาศที่ลดลง เกิดจากความเสียดทานระหว่างอากาศ กับผนังของรูภายในสายยาง ขณะที่อากาศไหลผ่านไป รวมทั้งการไหลในด้านที่ต่อข้องอต่างๆ ดังนั้นการปรับความดันที่เครื่องปรับแรงอัดอากาศ (Pressure Regulator) ดังรูปที่ ง.4 จึงจำเป็นต้องปรับไว้ให้เผื่อมากกว่าที่ปืนพ่นสีต้องการ และเผื่อในกรณีที่มีการต่อปืนพ่นใช้งานมากกว่า 1 ชุดหลังเครื่องปรับแรงอัดอากาศตัวนั้น



รูปที่ ง.4 ลักษณะของเครื่องปรับแรงดันอากาศ (Pressure Regulator)

รายละเอียดของความดันของอากาศที่ลดลงไป ถูกแสดงไว้ในตารางที่ ง.3 พิจารณาจากข้อมูลจะเห็นว่า ความดันอากาศจะลดลงตามความยาวของสายที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ ง.3 ตารางแสดงความดันอากาศที่ปืนพ่นสีที่ความยาวของสายยางระยะต่างๆ (เอกสารอ้างอิง (35))

เส้นผ่านศูนย์กลางของรูสายยาง (มิลลิเมตร)	**ความดันที่อ่านได้ที่เครื่องปรับแรงดันอากาศ (บาร์)**	**ความดันที่ปืนพ่นสีซึ่งแปรผันไปตามความยาวของสายที่เพิ่มขึ้น (บาร์)**		
		สาย 6 เมตร	**สาย 7.5 เมตร**	**สาย 15 เมตร**
8	2.7	2.5	2.4	2.1
	3	3.1	3	2.7
	4	3.7	3.6	3.3
	4.7	4.2	4.2	3.8
	5	4.8	4.7	4.4
	6	5.4	5.3	4.9
6	2.7	1.9	1.8	1.1
	3	2.4	2.3	1.5
	4	2.9	2.7	1.9
	4.7	3.4	3.2	2.4
	5	3.9	3.7	2.9
	6	4.3	4.1	3.4

หมายเหตุ: จากตารางจะพบว่าถ้าใช้สายยางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู เท่ากับ 6 มม. โดยอ่านความดันที่แอร์ทรานส์ฟอร์เมอร์ได้ 4 บาร์ ขณะที่สายยางยาว 7.5 เมตร จะเหลือความดันที่ปืนพ่นสี 2.7 บาร์ (1 บาร์ เท่ากับ 14.7 ปอนด์/ตารางนิ้ว)

ง.4 การบำรุงรักษาอุปกรณ์พ่นสี

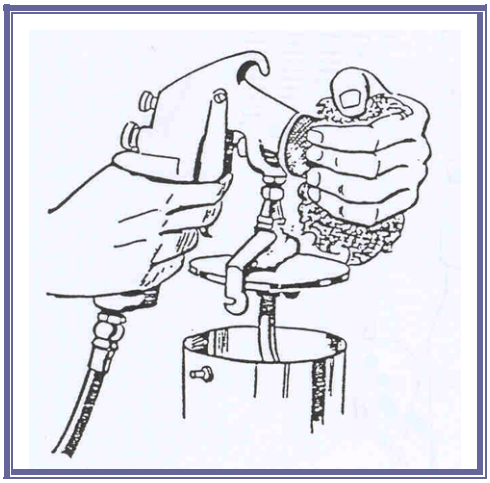
วิธีการบำรุงรักษาปืนพ่นสี (เอกสารอ้างอิง (35)) สามารถทำได้ดังนี้

- ไม่ควรนำปืนพ่นสีจุ่มในทินเนอร์เพื่อทำความสะอาด เพราะทินเนอร์จะทำลายสารหล่อลื่นที่หยอดไว้ หากมีความจำเป็นให้จุ่มเฉพาะหัวฉีดเท่านั้น
- ไม่ควรวางปืนพ่นสีไว้บนพื้น เพราะอาจถูกทับหรือเหยียบจนได้รับความเสียหายได้ ควรจัดหาที่วาง หรือที่แขวนให้เหมาะสม
- เมื่อทำการพ่นสีเสร็จแล้ว ควรทำการนำปืนพ่นสีออกจากกระป๋องสี ควรล้างให้สะอาดปราศจากสีทันที เพราะหากทิ้งไว้นานสีจะแห้งและทำความสะอาดได้ยาก
- ไม่ควรให้กาพ่นสีสัมผัสถูกกับสารจำพวกด่าง เพราะด่างจะทำลายโลหะอะลูมิเนียมทำให้เกิดการผุกร่อนขึ้นภายหลัง
- การถอดชิ้นส่วนต่างๆออกมาทำความสะอาด หลังจากทำความสะอาดเสร็จแล้ว ต้องมั่นใจว่าได้ประกอบกลับเข้าไปอย่างถูกต้อง และแน่นดีแล้ว
- จุดที่เป็นโลหะ รวมถึงจุดเชื่อมและข้อต่อต่างๆ ควรทาน้ำมันหล่อลื่นชนิดใสป้องกันการเป็นสนิม

ในส่วนของการล้างทำความสะอาดสีที่ค้างอยู่ในกาพ่นสีให้หมด มีวิธีปฏิบัติดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คลายปืนพ่นสีออกจากกระป๋องสี

ขั้นตอนที่ 2 นำเศษผ้ามาอุดให้ครอบหัวฉีด และเหนี่ยวไกให้ลมผ่านลมจะหวนกลับดันให้สีไหลกลับลงไปในกระป๋องสี ดังรูปที่ ง.5



รูปที่ ง.5 การใช้ผ้าอุดหัวฉีดเพื่อให้อากาศย้อนลงไปในกระป๋องสี

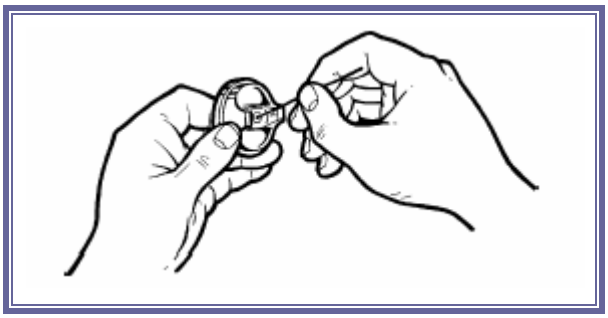
ขั้นตอนที่ 3 นำสีที่เหลือในกระป๋องเทเก็บไว้ในกระป๋องที่ปิดได้สนิท ซึ่งอาจมีการนำกลับมาใช้ใหม่หรือทิ้งเมื่อไม่มีความต้องการใช้อีก

ขั้นตอนที่ 4 เททินเนอร์ลงในกระป๋องสีประมาณ 1/3 ของความสูงของกระป๋อง เพื่อทำความสะอาดภายในกระป๋องและปืนพ่นสี

ขั้นตอนที่ 5 นำท่อทางเดินสี จุ่มลงในกระป๋องสีที่มีทินเนอร์จากขั้นตอนที่ 4 จากนั้นจึงเหนี่ยวไกปืนเพื่อให้ทินเนอร์ผ่านเข้าไปภายในท่อทางเดินสี และผ่านท่อทางเดินของปืนเพื่อเป็นการทำความสะอาดภายใน

ขั้นตอนที่ 6 ทำความสะอาดหัวฉีดด้วยการจุ่มหัวฉีดลงในกระป๋องทินเนอร์ ระวังไม่ให้โดนซีลของปืนพ่นแล้วเหนี่ยวไกให้อากาศออกมา จากนั้นจึงทำความสะอาดลำตัวปืนและกระป๋องสี โดยใช้ผ้าชุบทินเนอร์เช็ด

ขั้นตอนที่ 7 ทำความสะอาดฝาครอบหัวฉีด (Air Cap) โดยการใช้ไม้จิ้มฟันแคะในรูเพื่อป้องการอุดตัน ห้ามใช้ลวดหรือตะปู เพราะจะทำให้รูซึ่งเป็นทางผ่านของอากาศเสียรูปทรงได้ ดังรูปที่ ง.6



รูปที่ ง.6 การทำความสะอาดรูฝาครอบหัวฉีด ซึ่งเป็นทางผ่านของอากาศ

ขั้นตอนที่ 8 สวมประกอบปืนพ่นสีเข้ากับกระป๋องสี เหนี่ยวไกปืนเพื่อให้ทินเนอร์ที่ยังคงค้างอยู่ภายในกระป๋องสีออกให้หมด ระหว่างเหนี่ยวไกให้นำผ้ามาปิดที่หัวฉีด เพื่อนำทินเนอร์ที่เหลือค้างอยู่มาเช็ดทำความสะอาดตัวกาพ่นสีทั้งหมด เป็นอันเสร็จขั้นตอนการทำความสะอาด

ง.5 การเลือกชนิดของตัวกรองให้เหมาะสมกับงานฉีดพ่น และการบำรุงรักษา

บู๊ธพ่นสีควรมีการติดตั้งตัวกรอง (Filter) เพื่อเป็นการดักละอองสีและตัวทำละลายโดยการเลือกชนิดการกรองอาจพิจารณาจากปริมาณการใช้สีและตัวทำละลายดังตารางที่ ง.4

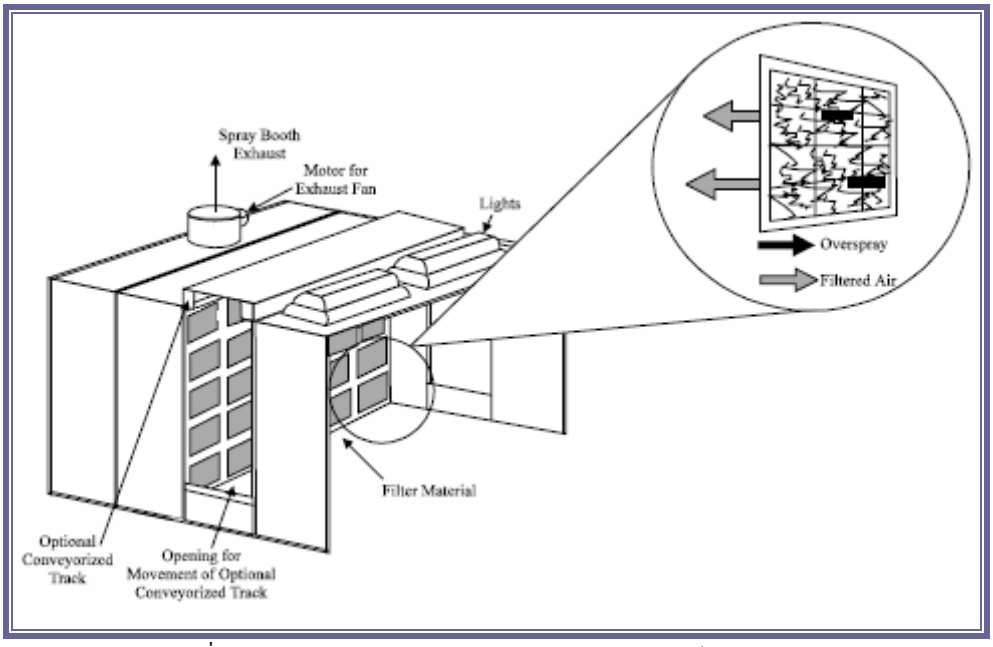
ตารางที่ ง.4 การเลือกชนิดการกรองให้เหมาะสมกับงานฉีดพ่น

อัตราการใช้สีและตัวทำละลาย	ชนิดการกรอง
มากกว่า 4 ลิตร/ชม.	กรองแบบเปียก
2 - 4 ลิตร/ชม.	กรองแบบเปียก, เส้นใย
น้อยกว่า 2 ลิตร/ชม.	กรองแบบเปียก, เส้นใย, แผ่นกั้น

ที่มา: Spray painting and surface coating, Department of Environment and Conservation, EPA (เอกสารอ้างอิง (14))

การกรองแบบแห้ง (Dry filter)

ตัวกรองแห้ง (Dry Filter) ใช้ไส้กรองแบบใยแก้ว ผ้า หรือกระดาษ การกรองควรมีการเปลี่ยนไส้กรองโดยการวัดความดันที่ลดลงต่ำกว่าความดันที่กำหนด เป็นระบบที่สะดวกในการใช้งาน แต่จะเกิดของเสียที่เป็นขยะอันตรายขึ้น ลักษณะการติดตั้งบู๊ธแบบใช้ตัวกรองแห้งแสดงดังรูปที่ ง.10



ที่มา: Surface coating of plastic parts, EPA, 1990 (เอกสารอ้างอิง (12))

รูปที่ ง.10 ลักษณะการติดตั้งบู๊ธแบบใช้ตัวกรองแห้ง

ในละอองสีประกอบด้วยอนุภาคของเนื้อสีที่เป็นของแข็ง และตัวทำละลาย ส่วนของอนุภาคของแข็งอาจใช้ระบบกรองแห้งโดยใช้ใยแก้ว ผ้าหรือกระดาษเป็นตัวกรอง ประสิทธิภาพของตัวกรองแห้งขึ้นอยู่กับความสะอาดของตัวกรองและอัตราเร็วลมดูดที่ควบคุมโดยเครื่องพัดลมดูดอากาศ ความเร็วที่หน้าบู๊ธไม่ควรต่ำกว่า 0.5 เมตร/วินาที (เอกสารอ้างอิง (32)) ดังนั้นควรมีการเปลี่ยนไส้กรองเป็นประจำโดยสังเกตจากการวัดความดันสูญเสียซึ่งเป็นผลต่างระหว่างความดันอากาศก่อนและหลังตัวกรอง หากค่า

ความดันสูญเสียมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดโดยผู้ผลิตตัวกรองควรมีการเปลี่ยนตัวกรองใหม่เนื่องจากเกิดการอุดตัน ตัวกรองบางชนิดอาจใช้การสังเกตปริมาณสีที่ติดอยู่บนตัวกรองร่วมกับการสังเกตจากค่าความดันลด ตัวกรองที่มีกากสีและตัวทำละลายติดอยู่จัดเป็นขยะอันตราย (Hazardous Waste) จำเป็นต้องกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักการกำจัดขยะอันตราย

ข้อปฏิบัติในการใช้ตัวกรองแห้งมีดังนี้

1. เมื่อมีการติดตั้งตัวกรอง ควรแน่ใจว่าแผ่นกรองขึงตึงตลอดกรอบยึดและระหว่างการทำงานควรมีการตรวจสอบตลอดเวลาเพื่อมิให้มีสีหรือตัวทำละลายหลุดลอดผ่านการกรองไปได้
2. ควรปฏิบัติตามคู่มือปฏิบัติ และมีการติดขั้นตอนการดูแลรักษาให้เห็นอย่างชัดเจน
3. ควรติดตั้งเครื่องวัดความดัน (Pressure Gauge) หรือแมนอมิเตอร์ (Manometer) เพื่อวัดความดันอากาศก่อนและหลังตัวกรองที่ลดลงต่ำกว่าค่าที่กำหนด หรืออาจทำการตรวจวัดทางอ้อมโดยการใช้ด้าย หรือกระดาษติดไว้หน้าแผ่นกรองเพื่อไว้เป็นจุดสังเกตว่าบู๊ธยังดูดลมได้ดีอยู่หรือไม่ นอกจากนี้ยังอาจใช้แผ่นกระดาษขาวสอดไว้ด้านหลังบู๊ธเพื่อใช้ตรวจสอบหากมีละอองสีหลุดลอดผ่านตัวกรอง
4. ควรมีตัวกรองสำรองไว้ตลอดเวลา

ความถี่และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรอง

ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตัวกรองจะขึ้นอยู่กับความถี่ในการเปลี่ยนตัวกรอง สามารถคำนวณได้จากความสามารถในการกักเก็บเนื้อสีของตัวกรอง (Holding Capacity) ในตารางที่ ง.5 และสัดส่วนปริมาณเนื้อสี (Resin) ของสีที่ใช้ ในตารางที่ ง.6

ตารางที่ ง.5 รายละเอียดด้านเทคนิคของตัวกรองชนิดหนึ่ง

ชนิดของสี	ประสิทธิภาพการกรอง (%)	ความสามารถในการกักเก็บเนื้อสีของตัวกรอง (น้ำหนักเนื้อสี-กก. / น้ำหนักตัวกรอง-กก.)
High Solids	97.0 - 98.1	14-18
Bake Enamel	93.0 - 94.5	6-11
Fast Dry Enamel	96.0 - 96.9	3-4
Two Components Epoxy	91.0 - 93.5	5-8
ความเร็วของละอองสีที่ตัวกรองสามารถกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ = 0.5- 1 เมตร / วินาที		
ความดันลดเริ่มต้นที่ความเร็ว 0.75 เมตร/วินาที = 30 ปาสคาล		
ความดันลดสูงสุดที่ต้องทำการเปลี่ยนตัวกรอง = 130 ปาสคาล (อาจสูงถึง 250 ปาสคาล)		
ตัวกรองมีขนาด 0.9 x 9.24 เมตร = 8.3 ตารางเมตร (หนัก 10.5 กิโลกรัม)		

ที่มา: Dantherm Filtration Co.,Ltd (เอกสารอ้างอิง (7))

ตารางที่ ง.6 เปรียบเทียบปริมาณเนื้อสีของสีชนิด Two Components Epoxy และ High Solids

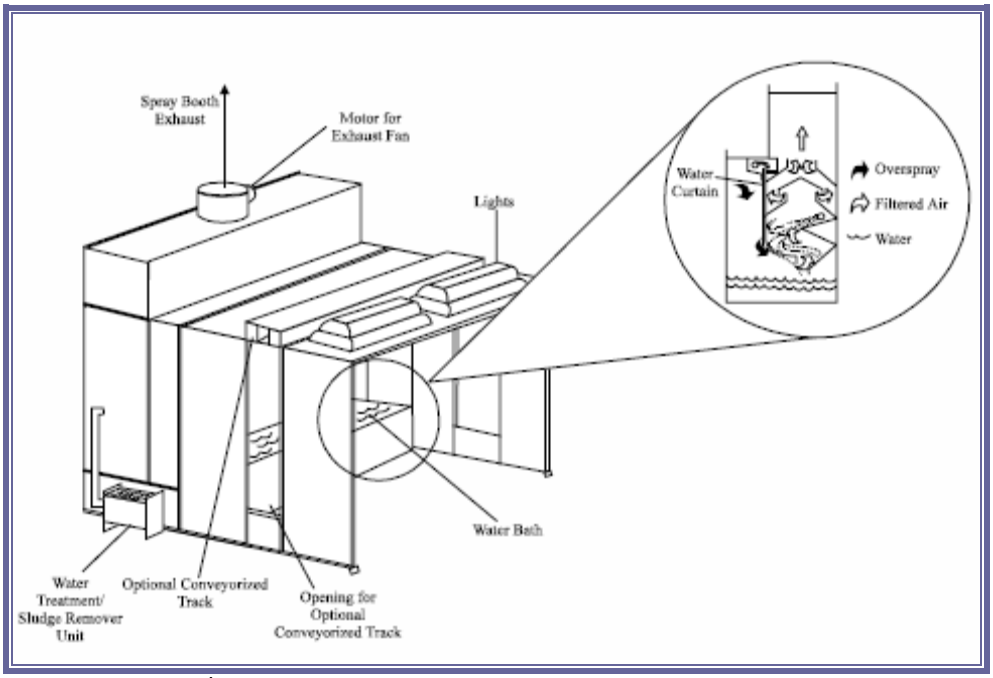
ชนิดของสี	น้ำหนักสีทั้งหมดใน 1 แกลลอน (ปอนด์) (Resin + Solvent + Additive)	น้ำหนักเนื้อสี (ปอนด์) (Resin)
Two Components Epoxy	9 (100%)	3 (33%)
High Solids	12.9 (100%)	9.9 (76.7%)

ที่มา: Basics of Spray Painting (เอกสารอ้างอิง (31))

การกรองแบบเปียก (ระบบม่านน้ำ)

ลักษณะของบู๊ธพ่นสีอีกอย่างหนึ่งที่พบเห็นได้ในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ทั่วไป คือ การกรองแบบเปียกโดยระบบม่านน้ำ ดังตัวอย่างรูปที่ ง.11 วัตถุประสงค์ของม่านน้ำที่จริงแล้วคือการดักอนุภาคสีไม่ให้ออกไปกับปล่องระบาย และช่วยในการรักษาความสะอาดของบู๊ธพ่นสี ส่วนประสิทธิภาพในการจับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ โดยในโครงการนี้ได้ทำการตรวจวัดค่าประสิทธิภาพของม่านน้ำของโรงงานแห่งหนึ่งพบว่ามีค่าเพียง 8.5% (เอกสารอ้างอิง (47))

การทำงานของม่านน้ำซึ่งใช้น้ำและสารเคมีบางชนิด มีหน้าที่หลักเพื่อการดักละอองสีและตัวทำละลายที่ไม่ติดอยู่กับชิ้นงานเมื่อมีการพ่นสีหรือตัวทำละลายปริมาณมากและต่อเนื่อง อากาศที่ระเหยออกจึงสะอาดขึ้น นอกจากนี้ม่านน้ำยังช่วยไม่ให้ไอของสารพ่นฟุ้งกระจายในบริเวณทำงาน เป็นการช่วยป้องกันสุขภาพพนักงานในบริเวณดังกล่าว และไม่ทำให้ชิ้นงานเสียหายเนื่องจากการตีกลับของละอองสีมาสะสมยังผิวชิ้นงาน ม่านน้ำควรประกอบไปด้วยระบบระบายอากาศซึ่งควรมีการดูดอากาศออกอย่างน้อยเท่ากับปริมาณอากาศที่พ่นออกเมื่อมีการพ่นสี การดักละอองสีและตัวทำละลายด้วยม่านน้ำช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุจากการติดไฟเมื่อมีการสะสมของไอตัวทำละลายในอากาศ



ที่มา: Surface coating of plastic parts, EPA, 1990 (เอกสารอ้างอิง (12))

รูปที่ ง.11 ลักษณะการติดตั้งบู๊ธแบบม่านน้ำ

ประสิทธิภาพของม่านน้ำในการดักตัวทำละลายสามารถเพิ่มขึ้นได้ โดยการเติมสารเติมแต่ง (Additive) ลงในน้ำ สารเติมแต่งมีทั้งที่ 1) อยู่ในรูปของแข็ง (Polymer หรือ Zeolite) ที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ ทำการดูดซับตัวทำละลายไม่ชอบน้ำที่ตกลงสู่ม่านน้ำ 2) อยู่ในรูปของเหลวละลายน้ำที่มีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยากับตัวทำละลาย ลดปริมาณกากสีลอยน้ำซึ่งลดประสิทธิภาพม่านน้ำ อย่างไรก็ดีการเติมสารเติมแต่งจำเป็นต้องมีการพิจารณาอย่างถี่ถ้วนในการเลือกใช้ เนื่องจากอาจส่งผลต่อระบบบำบัดน้ำเสียหรือเกิดเป็นกากอุตสาหกรรมซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาว่าเป็นของเสียอันตรายหรือไม่

การพ่นสีหน้าม่านน้ำที่ถูกต้องควรพ่นเข้าสู่บริเวณ “ม่าน” ที่เป็นแนวดิ่งมีแผ่นน้ำบางๆไหลอย่างต่อเนื่อง อ่างด้านหน้าม่านน้ำทำหน้าที่ให้น้ำนิ่งเกิดการรวมตัวกันของกากตะกอนสีซึ่งต้องมีการตักกากทิ้งเป็นระยะๆ กากตะกอนสีจากม่านน้ำจัดเป็นขยะอันตราย จำเป็นต้องได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องแยกจากขยะมูลฝอยทั่วไป

การบำรุงรักษาระบบม่านน้ำ

โรงงานที่มีการใช้ม่านน้ำควรมีการบำรุงรักษาและใช้งานอย่างถูกต้อง เพื่อให้ม่านน้ำนั้นมีประสิทธิภาพดี ดังข้อแนะนำต่อไปนี้

1. ควรมีการปรับตั้งม่านน้ำและปฏิบัติตามคู่มือการบำรุงรักษาม่านน้ำ (Instruction Manual) และ ตรวจสอบประสิทธิภาพปั๊มน้ำ เป็นระยะอย่างสม่ำเสมอตามแนวทางในตารางที่ ง.7 จะช่วยให้ม่านน้ำทำงานได้ดี และลดความถี่ในการล้างทำความสะอาดเต็มรูปแบบลงได้
2. ควรปรับให้น้ำไหลผ่าน “ม่าน” อย่างต่อเนื่องเป็นแผ่นน้ำสม่ำเสมอตลอดความกว้างของม่านน้ำ เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการดักละอองสารพ่น

3. ทำการเปลี่ยนน้ำที่หมุนเวียนในระบบม่านน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดักสีและตัวทำละลาย โดยระยะเวลาในการเปลี่ยนน้ำควรสัมพันธ์กับปริมาณสีหรือสารพ่นที่ใช้ไปมากกว่าตามกำหนดเวลา
4. ควรมีการตักกากตะกอนสีทิ้งจากอ่างหน้าม่านน้ำ เมื่อพบว่าเกิดการสะสมของตะกอนระหว่างการทำงาน ซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพของม่านน้ำดีกว่าการกำหนดการตักตะกอนหลังหมดกะทำงานหรือตามกำหนดเวลา หากมีการตักกากสีออกให้บ่อยขึ้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวน้ำในการดักละอองสีหรือสารพ่นทำให้ม่านน้ำมีประสิทธิภาพดีขึ้น ไม่ต้องล้างม่านน้ำบ่อย และช่วยลดเวลาการล้างม่านน้ำให้เหลือน้อยลง
5. การทำความสะอาดม่านน้ำมีความจำเป็นต้องใช้น้ำล้างในปริมาณมาก การใช้หัว Nozzle ดังแสดงในรูปที่ ง.12 เพื่อช่วยเพิ่มความเร็วและแรงดันให้กับน้ำที่ถูกฉีดออกมา จะทำให้การล้างเป็นไปได้ง่ายขึ้น รวมถึงใช้ปริมาณน้ำน้อยลง และลดโอกาสในการเปิดน้ำทิ้งไว้

รูปที่ ง.12 ลักษณะหัวฉีด Nozzle

6. ก่อนทำการฉีดน้ำไล่กากตะกอนสีที่อ่างหน้าม่านน้ำ ให้ทำการขูดแผ่นสีที่ติดกับตัวหน้าม่านและหลังม่านออกให้หมดเสียก่อน แล้วจึงค่อยทำการฉีดน้ำไล่เพียงครั้งเดียว
7. ในระหว่างที่ทำการล้างม่านน้ำ โดยเฉพาะขั้นตอนการขูดแถบกากสีออกจากตัวม่าน ควรทำการเก็บภาชนะที่ใช้การบริโภค จำพวกจาน ช้อน แก้วน้ำ ออกจากบริเวณพื้นที่ทำงาน หลีกเลี่ยงการทานอาหารระหว่างทำงาน ใส่หน้ากากและถุงมืออนามัยทุกครั้ง
8. ระบบระบายอากาศบริเวณด้านบนของม่านน้ำควรมีปริมาณลมดูดเพียงพอ และควรมีอัตราการดูดอย่างน้อยเท่ากับปริมาณอากาศที่พ่นออกเมื่อมีการพ่นชิ้นงาน เพื่อให้เกิดการไหลของอากาศดีเข้าสู่บริเวณพ่นมากกว่าอากาศที่มีละอองพ่นฟุ้งกระจายสู่บริเวณโดยรอบ
9. โดยปกติควรพ่นให้ละอองสารพ่นตกลงบริเวณ “ม่าน” เนื่องจากเป็นบริเวณที่น้ำมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากในการดักละอองสารพ่น แต่หากมีข้อจำกัดด้านขนาดและลักษณะของชิ้นงานทำให้ทิศทางการพ่นละอองสีตกบริเวณอ่างน้ำหน้าม่าน ควรมีการตักตะกอนสีออกจากอ่างน้ำหน้าม่านด้วยความถี่มากกว่าปกติเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวน้ำ

10. การเพิ่มประสิทธิภาพม่านน้ำอาจทำโดยการเติมสารเคมีเติมแต่ง (Additive) ในน้ำเพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายของละอองสีและตัวทำละลายในน้ำ โดยสารเติมแต่งอาจเป็นทั้งแบบผงและเหลว โดยการเลือกสารขึ้นอยู่กับประเภทของสารพ่น
11. ตรวจสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำ และวาล์วลูกลอยในอ่างน้ำ (ถ้ามี) ให้ทำงานได้เป็นปกติ
12. จุดต่อน้ำเข้าเครื่องสูบน้ำหมุนเวียน ควรอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ดูดเอาตะกอนสีที่ลอยอยู่ หรือสิ่งสกปรกที่ตกตะกอนอยู่เข้าไปในเครื่องสูบ เพราะจะทำให้เครื่องสูบและหัวจ่ายน้ำตันได้ง่าย
13. จัดให้การพ่นสีอยู่ในม่านน้ำ และมีผนังกั้นด้านข้างและด้านบนยื่นออกมาให้ครอบคลุมพื้นที่ทำงานให้มากที่สุด เพื่อลดอิทธิพลจากลมภายนอกบู๊ธ

ตารางที่ ง.7 ตารางแสดงการบำรุงรักษาม่านน้ำ

รายการ	ความถี่ในการทำความสะอาด		
	รายวัน[1]	รายสัปดาห์	รายเดือน
1. การตักกากตะกอนสีออกจากอ่างน้ำและบ่อพัก	√		
2. การทำความสะอาดใบพัดในส่วนของมอเตอร์ดูดไอละอองสีจากห้องพ่นสี		√	
3. การเปลี่ยนน้ำบริเวณพื้นตะแกรงเหล็กที่ทำงาน รวมถึงทำความสะอาดตะแกรงเหล็ก		√	
4. การขูดกากแผ่นสีออกจากด้านหน้า และด้านหลังของม่านน้ำ			√
5. การเปลี่ยนถ่ายน้ำของม่านน้ำบริเวณ อ่างหน้าม่านน้ำและน้ำในการหมุนเวียน			√
6. การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง รวมถึงการอัดจาระบีในการหล่อลื่นเครื่องจักร			√

หมายเหตุ

1. ทั้งนี้อาจมากกว่า 1 ครั้งต่อวัน ขึ้นกับปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น และปริมาณงานที่ทำในวันนั้นๆ ซึ่งจะเป็นผลดีหากตักออกบ่อยๆ

ง.6 การใช้ตัวทำละลายซ้ำและใช้อย่างต่อเนื่อง (Reuse and Cascading Use of Solvents)

การใช้ตัวทำละลายซ้ำ (Reuse of Solvents)

การใช้ตัวทำละลาย (ทินเนอร์) ซ้ำอย่างง่ายได้แก่การกรอง (Filtration) ตัวทำละลายที่มีความสกปรกในรูปของตะกอนและสารแขวนลอย และไม่เหมาะกับตัวทำละลายที่มีความสกปรกแบบของแข็งละลายน้ำ ตัวทำละลายที่ผ่านการกรองเหมาะสำหรับนำไปใช้งานที่ไม่ต้องการความบริสุทธิ์มาก เช่น การล้างในขั้นตอนแรก

การใช้ตัวทำละลาย (ทินเนอร์) ซ้ำโดยการกลั่นทำโดยการให้ความร้อนแก่ตัวทำละลาย ทำให้ตัวทำละลายระเหยเป็นไอและทำการควบแน่นตัวทำละลายให้เป็นตัวทำละลายบริสุทธิ์ในรูปของเหลว เช่น การกลั่นที่อุณหภูมิ 134 ºC ทำให้ได้อะซิโตนบริสุทธิ 99% สำหรับนำไปใช้ใหม่ ในปัจจุบันมีชุดรีไซเคิลตัวทำละลายสามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด โดยมีความสามารถในการรีไซเคิลตัวทำละลายได้ถึง 70-90 เปอร์เซ็นต์ ตัวทำละลายที่ได้จากการกลั่นมีความบริสุทธิ์สูง เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในงานละเอียดที่ต้องคำนึงถึงคุณภาพชิ้นงาน การรีไซเคิลตัวทำละลายสามารถใช้ได้กับตัวทำละลายที่ใช้แล้ว จากกระบวนการผลิตหรือการล้าง หรือใช้กับการรีไซเคิลตัวทำละลายจากขั้นตอนการบำบัดอากาศก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ โดยในขั้นตอนนี้ตัวทำละลายจะติดอยู่ในช่องว่างของถ่านกัมมันต์ เมื่อมีการคืนสภาพถ่านกัมมันต์ (Regeneration) โดยไอน้ำ ตัวทำละลายที่ทำการกลั่นจะถูกแยกออกจากไอน้ำการนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่สามารถทำได้หลายวิธีโดยความยากง่ายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ วิธีการจัดการเพื่อนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่จากง่ายไปยาก สรุปได้ดังตารางที่ ง.8

การนำตัวทำละลายกลับมาใช้อย่างต่อเนื่อง (Cascading Use of Solvents)

มักเป็นการเริ่มใช้ตัวทำละลายใหม่หรือค่อนข้างบริสุทธิ์กับงานที่ต้องการความสะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อน เช่นการเช็ดหรือเคลือบชิ้นงาน จากนั้นนำตัวทำละลายดังกล่าวที่อาจมีการปนเปื้อนในระดับหนึ่งไปใช้งานที่ไม่ต้องการความบริสุทธิ์ของตัวทำละลายมากนักในลำดับถัดไป เช่นการล้างสาย หรือการล้างหัวฉีดพ่นในขั้นตอนแรก สุดท้ายแล้วตัวทำละลายที่มีค่าความร้อนเพียงพอสามารถนำไปปรับใช้ เป็นเชื้อเพลิงในการให้พลังงาน

การใช้งานอย่างต่อเนื่อง (Cascading Use) มีอีกความหมายหนึ่งที่โรงงานสามารถนำไปปรับใช้ได้กล่าวคือเป็นการใช้ตัวทำละลายในการล้างแบบสวนกระแส (Counter-current Rinse) โดยโรงงานสามารถจัดตั้งบริเวณเฉพาะในการล้างทำความสะอาดหัวฉีดและท่อแทนการล้างแบบต่างคนต่างล้าง ในบริเวณเฉพาะสามารถจัดให้มีถังตัวทำละลายพร้อมฝาปิด โดยถังที่ 1 เป็นถังที่มีความสกปรกสูงสุดเป็นถังเริ่มต้นในการล้าง ในถังถัดมามีความสกปรกรองลงมา เมื่อมีตัวทำละลายในถังที่ 1 มีค่าความสกปรกเกินกว่าจะใช้ต่อ ให้ทำการเปลี่ยนตัวทำละลายและจัดลำดับในการทำความสะอาดใหม่โดยเลื่อนให้ถังลำดับที่สองเป็นถังแรกในการล้าง วิธีการล้างแบบสวนกระแสช่วยประหยัดตัวทำละลายได้มากถึง 40 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ง.8 วิธีการนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่

	การจัดการ	ความยาก-ง่าย	การใช้งานเมื่อนำกลับมาใช้ใหม่
การกรองหยาบ	กำจัดกากและของแข็งขนาดใหญ่โดยการใช้กระชอนสเตนเลสขนาดรูประมาณ 1 มิลลิเมตร	ติดตั้งง่าย ไม่ซับซ้อนในการดูแล	ใช้กับงานล้างอย่างหยาบ เช่น การล้างทำความสะอาดบู๊ธ การล้างสายท่อดูดสีในขั้นตอนแรก แต่ไม่เหมาะสำหรับการล้างปืนพ่นสี
การกรองละเอียด	กำจัดสารแขวนลอยในตัวทำละลายโดยการกรองสูญญากาศผ่านแผ่นกรองใยแก้ว (Glass Fiber), หรือไนลอนโดยขนาดรูน้อยกว่า 0.01 มิลลิเมตร	ต้องมีการกรองหยาบก่อนเข้าสู่การกรองละเอียดซึ่งประกอบด้วยปั๊มสูญญากาศ เครื่องกรองและแผ่นกรองซึ่งต้องมีการเปลี่ยนเมื่ออุดตัน	ตัวทำละลายหลังผ่านระบบกรองละเอียดสามารถนำกลับมาใช้ในการล้างที่ต้องการความละเอียดเช่นการล้างปืนพ่นสีและหัวฉีด
การกรองโดยใช้เยื่อกรอง (Membrane Filtration)	การกรองผ่านเยื่อกรองขนาดเล็กโดยการใช้ความดันดันของเหลวผ่านเยื่อกรองประเภทไนลอนหรือ Cellulose Acetate	หลังผ่านการกรองเบื้องต้น ชนิดและขนาดของเยื่อกรองอาจเลือกให้ถูกต้องกับงาน ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ ผู้ควบคุมระบบควรมีความชำนาญ	ควรมีการทดสอบความบริสุทธิ์ของตัวทำละลายก่อนนำไปใช้ใหม่ สามารถใช้กับงานที่มีความละเอียดสูง
การกลั่น (Distillation)	การให้ความร้อนกับตัวทำละลาย ให้เกิดการระเหยเป็นไอ และทำการควบแน่นเป็นตัวทำละลายบริสุทธิ์	เหมาะสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งและผู้ควบคุมระบบควรมีความชำนาญ	

ง.7 ระบบบำบัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

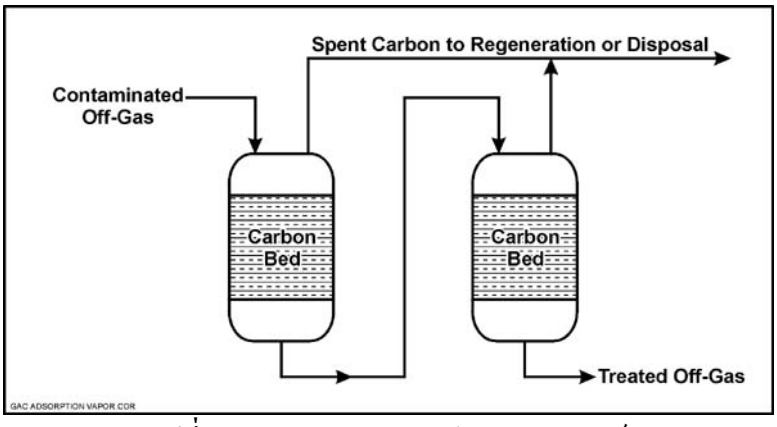
การติดตั้งตัวกรองชนิดแห้งหรือม่านน้ำกับบู๊ธพ่นสีเป็นเพียงการ 'ดัก' อนุภาคสี และตัวทำละลายส่วนเกิน ไม่ได้เป็นการบำบัดตัวทำละลาย ดังนั้นควรมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำที่มีประสิทธิภาพเพื่อบำบัดน้ำเสียจากระบบม่านน้ำ น้ำที่ผ่านการบำบัดสามารถนำกลับมาใช้ในระบบม่านน้ำได้ ความแตกต่างระหว่างการใช้ม่านน้ำและตัวกรองแห้ง คือ ตัวกรองแห้งมีปริมาณขยะ (ไส้กรองหมดอายุ) เกิดขึ้นน้อยกว่าขยะ (กากตะกอนเปียก) จากม่านน้ำ และไส้กรองเป็นขยะแห้งซึ่งจัดการได้ง่ายกว่ากากตะกอนเปียก ในปัจจุบัน U.S. EPA ให้คำแนะนำในการเปลี่ยนการดักสีและตัวทำละลายส่วนเกินด้วยตัวกรองแห้งมากกว่าการใช้ม่านน้ำ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการดักดีกว่า อย่างไรก็ตามตัวกรองแห้งมีความยุ่งยากในการใช้มากกว่า เนื่องจากจำเป็นต้องตรวจสอบประสิทธิภาพในการกรองด้วยการวัดความดันลดอย่างสม่ำเสมอหลังตัวกรองแห้งหรือการดักด้วยม่านน้ำ อากาศที่ถูกดูดออกไปอาจระบายออกสู่บรรยากาศโดยตรง หรือมีการผ่านอุปกรณ์บำบัดอากาศเสียก่อนการปล่อย

ระบบการบำบัดน้ำเสียจากม่านน้ำสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งระบบการบำบัดแบบย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ เช่น ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ระบบแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digester) ระบบการกรองแบบชั้นกรองชีวภาพ (Biomedia) รวมทั้งการใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) โดยละอองสีจะถูกกำจัดโดยการกรอง และตัวทำละลายจะถูกกำจัดโดยการดูดซับ โรงงานควรมีการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียโดยคำนึงถึงอัตราการเกิดน้ำเสีย ซึ่งพิจารณาจากปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบม่านน้ำและความถี่ในการเปลี่ยนน้ำ รวมถึงระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งแตกต่างกันตามประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ยังอาจหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้หมุนเวียนในม่านน้ำ เพื่อลดปริมาณน้ำทิ้งและทำให้น้ำในระบบม่านน้ำมีคุณสมบัติสม่ำเสมอตลอดการใช้งาน

การดูดซับโดยถ่านกัมมันต์ (Carbon Adsorption)

การดูดซับโดยถ่านกัมมันต์เป็นวิธีที่เป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากมีความซับซ้อนในการดูแลระบบน้อยเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ

ในขั้นตอนของการดูดซับโดยถ่านกัมมันต์ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจะถูกจับที่บริเวณผิวของคาร์บอน โดยควรแยกอนุภาคสีออกจากกระแสอากาศก่อนเข้าสู่ระบบ ถ่านกัมมันต์คือถ่านที่ถูกกระตุ้นโดยกระบวนการกายภาพเคมี ความร้อนและความดัน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสและรูพรุน ระบบที่ใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับเป็นดังรูปที่ ง.13



รูปที่ ง.13 ลักษณะการดูดซับโดยถ่านกัมมันต์

หากมีการใช้ถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับ VOCs กล่าวคือมีความกว้างของรูพรุนประมาณ 5 - 50 x 10^{-10} เมตร จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดดังแสดงในตารางที่ ง.9

ตารางที่ ง.9 ประสิทธิภาพการดูดซับโดยถ่านกัมมันต์

ชนิดของ VOCs	ประสิทธิภาพการดูดซับโดยถ่านกัมมันต์ (กรัม/100 กรัมของถ่านกัมมันต์)	
	ที่ความเข้มข้น 10 ppmv	ที่ความเข้มข้น 100 ppmv
Octane	17.4	24.6
Hexane	11.2	16.7
Benzene	11.9	19.6
Toluene	20.1	28.2
o-Xylene	28.7	35.7
Trichloroethylene	19.9	33.2
Tetrachloroethylene	39.2	54.7

ที่มา: Granulated Activated Carbon (GAC) Adsorption (Vapor Phase), http://enviro.nfesc.navy.mil (เอกสารอ้างอิง (29))

การใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับ VOCs จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อถ่านดูดซับอิ่มตัวถึงค่าสูงสุด (ขึ้นอยู่กับขนาดของระบบ ชนิดของถ่านกัมมันต์ อัตราการไหลเข้าของอากาศ และปัจจัยอื่นๆ) และจำเป็นต้องมีการคืนสภาพ (Regeneration) เพื่อให้ถ่านมีความสามารถในการดูดซับใหม่เช่นการใช้ไอน้ำในการคืนสภาพถ่านกัมมันต์ โดย VOCs ที่ออกมาพร้อมกับไอน้ำสามารถนำไปควบแน่นเพื่อทำการนำ VOCs กลับมาใช้งาน เช่นการนำตัวทำละลายกลับมาใช้ได้ด้วย หากการพ่นสีของโรงงานมีประสิทธิภาพต่ำปริมาณ VOCs ที่ต้องถูกดูดซับโดยถ่านกัมมันต์ จะมีปริมาณมากขึ้นทำให้โรงงานต้องเปลี่ยนถ่านกัมมันต์บ่อยมากขึ้น

ระบบนี้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง หากมีการเปลี่ยนถ่านกัมมันต์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วและมีโอกาสในการนำถ่านกัมมันต์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วมาฟื้นฟูสมรรถภาพได้ แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงหากไม่มีการควบคุมปริมาณสารอินทรีย์ระเหยจากการพ่นติดผิวให้เหลือน้อยลงก่อน

ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบดูดซับโดยถ่านกัมมันต์ ราคาต่ำสุดของถ่านกัมมันต์โดยประมาณอยู่ที่ประมาณ 100 บาทต่อกิโลกรัม (เอกสารอ้างอิง (37) (39) และ (49)) นอกจากนี้การใช้ถ่านกัมมันต์ยังมีข้อจำกัดคือ

- ต้องมีการกำจัดถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้วแบบการกำจัดขยะอันตราย มักใช้การเผาที่อุณหภูมิสูง
- หากกระแสอากาศเสียมีความชื้นเกิน 50% จะลดประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ลง จึงมักจะไม่ใช้ถ่านกัมมันต์ในการบำบัดอากาศเสียที่ผ่านระบบม่านน้ำมาก่อน
- สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายบางตัวเช่น คีโตน (Ketone) จะทำให้เกิดความร้อนระหว่างการดูดซับ หากมีความเข้มข้นเกิน 1,000 ppmv อาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้

ง. 8 การจัดการของเสียอันตราย

ผลกระทบที่เกิดตามมาจากการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมของประเทศไทยช่วงที่ผ่านมา คือ ปัญหามลพิษจากกากอุตสาหกรรม เช่น การสะสมของของเสียอันตราย การรั่วไหลปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม และการลักลอบนำของเสียไปทิ้งในที่สาธารณะ ส่งผลกระทบอย่างมากต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการบำบัดและกำจัดกากอุตสาหกรรมดังกล่าวอย่างถูกวิธี

โรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เมื่อต้องการนำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน ไม่ว่าจะเป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นของเสียอันตราย (Hazardous Waste) เช่น กากตะกอนสี ตัวทำละลายที่ไม่ใช้แล้ว หรือสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตราย (Non-hazardous Waste) เช่น เศษไม้ พลาสติก ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ.2548 ผู้ประกอบการมีหน้าที่ที่ต้องขออนุญาตต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมในการนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วทั้งสองประเภทออกนอกบริเวณโรงงาน

โรงงานสามารถศึกษารายละเอียดวิธีการ และขั้นตอนการขออนุญาตจากเว็บไซต์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ที่ http://www2.diw.go.th/iwmb/ ในหัวข้อ คู่มือการขออนุญาตนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานตามกฎหมายโรงงาน อย่างไรก็ตาม โรงงานควรตระหนักถึงการนำหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ เพื่อลดปริมาณของเสียและลดภาระในการบำบัดของเสียที่เกิดขึ้นได้

นอกจากนี้ ผู้ที่สนใจสามารถดาวน์โหลดประกาศฯ ดังกล่าว พร้อมแบบฟอร์มท้ายประกาศฯ ได้จากเว็บไซต์ของราชกิจจานุเบกษา (www.ratchakitja.soc.go.th) หรือสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 6 กรมโรงงานอุตสาหกรรม หมายเลขโทรศัพท์ 0-2202-4000 หรือ 0-2202-4165 ถึง 68

ง. 9 อัตราการระเหยของตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่างๆ

จากกรณีศึกษา 1 ในหัวข้อ 2.2.2 กรณีศึกษาเพื่อลดการสูญเสียสีและตัวทำละลาย สามารถคำนวณปริมาณตัวทำละลายที่ระเหยไปเนื่องจากการเปิดฝาถังสีและตัวทำละลายได้จากอัตราการระเหยของตัวทำละลาย ทั้งนี้อัตราการระเหยของตัวทำละลายจะขึ้นกับอุณหภูมิและพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศ ตารางที่ ง.10 แสดงอัตราการระเหยของตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่างๆ

ตารางที่ ง.10 อัตราการระเหยของตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (ºC)	อัตราการระเหย (กก./ตร.ม./ชม.)		อัตราการระเหยเฉลี่ย (กก./ตร.ม./ชม.)
	โทลูอีน (C_7H_8)	ไซลีน ($C_6H_4(CH_3)_2$)	
20	1.909	0.625	0.89
25	2.445	0.827	1.14
30	3.099	1.081	1.46
35	3.890	1.396	1.85

หมายเหตุ: อัตราการระเหยคิดจากตัวทำละลายที่ประกอบด้วย โทลูอีน 35% และไซลีน 35% หรือสามารถทดลองได้โดยการชั่งน้ำหนักที่หายไปของถังสีและตัวทำละลาย

ภาคผนวก จ

เทคนิคการป้องกันมลพิษจากฝุ่น

ภาคผนวก จ
เทคนิคการป้องกันมลพิษจากฝุ่น

วัตถุประสงค์ของภาคผนวกนี้ เพื่อนำเสนอรายละเอียดของการลดปริมาณฝุ่นและประโยชน์ที่ได้รับ ตัวอย่างการจัดรูปแบบการระบายอากาศ ข้อปฏิบัติที่ดีในการออกแบบฮูด และการติดตั้งท่อของระบบรวบรวมฝุ่น แนวทางการกำหนดขนาดของท่อรวบรวมฝุ่น และข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับระบบบำบัดมลพิษฝุ่น ดังนี้

จ.1 ประโยชน์ทางอ้อมที่ได้รับจากการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน

จ.2 การระบายอากาศและระบบรวบรวมฝุ่น (ตัวอย่างข้อปฏิบัติที่ดี)

จ.3 การออกแบบโต๊ะและฮูดสำหรับงานขัด

จ.4 ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับไซโคลนและถุงกรอง

จ.1 ประโยชน์ทางอ้อมที่ได้รับจากการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน

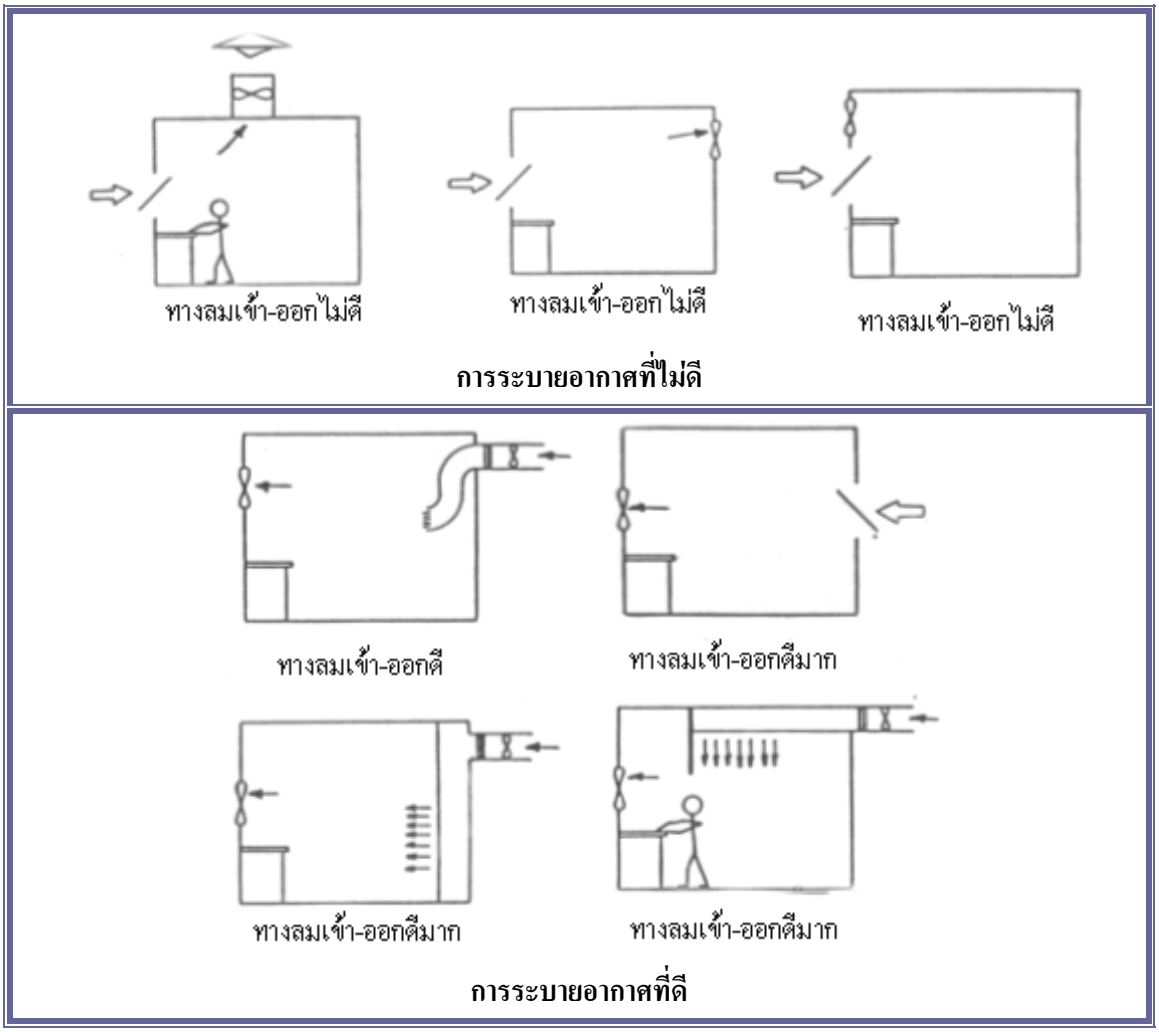
ตารางที่ จ.1 ประโยชน์ทางอ้อมที่ได้รับจากการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน

ประเด็นสำคัญ	ประโยชน์ทางอ้อมที่ได้รับ
1. สุขภาพ	ฝุ่นส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน โดยอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กเป็นสาเหตุสำคัญต่อปัญหาในระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดมะเร็งปอดและคอ หรือในกรณีที่อาการของโรคยังไม่แสดงให้เห็น พนักงานอาจมีอาการระคายเคืองต่างๆ ได้แก่ ไอเรื้อรัง จาม มีเสมหะ มีอาการหอบหืด ตาระคายเคือง เป็นต้น อันตรายจากฝุ่นไม่ได้หยุดไปเมื่อหยุดการเลื่อย หรือไม่เห็นฝุ่น ขี้เลื่อยฟุ้งกระจาย แต่ฝุ่นไม้ขนาดเล็กสามารถฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศต่อไปได้เป็นเวลานานหลายชั่วโมง ปัญหาสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาวของพนักงาน อาจไม่ใช่ปัญหาที่โรงงานเห็นได้ทันที แต่ในแง่ของค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการรักษาสุขภาพของพนักงาน เงินชดเชยให้แก่พนักงานกรณีเจ็บป่วย รวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ตามที่กฎหมายแรงงานกำหนด สามารถส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายโดยรวมของโรงงานได้
2. ข้อบังคับและกฎหมายต่างๆ	โรงงานจำเป็นต้องมีการจัดการกับฝุ่นที่เกิดขึ้นในโรงงานอย่างถูกต้อง ให้ตรงตามหลักเกณฑ์ ข้อบังคับ และกฎหมายต่างๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้
3. การทำประกันภัย	การลงทุนติดตั้งระบบดูดฝุ่น ไม่ได้เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับโรงงาน แต่สามารถใช้เป็นเหตุผลประกอบในการทำประกันภัยโดยได้อัตราเบี้ยประกันภัยที่ต่ำลง เนื่องจากปัจจัยสำคัญในการพิจารณาเบี้ยประกันภัยของโรงงานนั้นอยู่ที่มาตรการดูแลรักษาเรื่องความปลอดภัยทั่วไปและมาตรการป้องกันไฟไหม้ของโรงงาน เช่น โรงงานมีพื้นที่ทำงานสะอาด มีปริมาณฝุ่นที่เป็นเชื้อติดไฟได้น้อย ทำให้มีโอกาสได้รับเบี้ยประกันภัยในอัตราที่ต่ำลง เป็นต้น
4. ปัญหาด้านอัคคีภัย	ปัญหาที่สำคัญอีกประการของโรงงานคือ การเกิดไฟไหม้ เนื่องจากฝุ่นไม้ขนาดเล็กเป็นเชื้อติดไฟได้ และอาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ถ้ามีไฟไหม้เกิดขึ้นในโรงงาน (ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 0.02 นิ้ว หรือ 500 ไมครอน) ดังนั้นการจัดการและควบคุมฝุ่นที่ดี สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดไฟไหม้และการระเบิดได้ นอกจากนี้ โรงงานควรระมัดระวังประกายไฟที่อาจเกิดขึ้นในขณะใช้งานอุปกรณ์และเครื่องจักร และลุกลามไปตามฝุ่นในท่อดูด ไปยังห้องเก็บฝุ่น ดังนั้นตำแหน่งของห้องเก็บฝุ่นควรอยู่ห่างจากตำแหน่งของเครื่องจักรที่ใช้งานและเครื่องจักรที่มีมูลค่าสูง
5. คุณภาพของผลิตภัณฑ์	ฝุ่นที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการตัดและขัด อาจส่งผลรบกวนให้กับกระบวนการทำสีและตกแต่ง (Finishing) ได้ โดยถ้าฝุ่นมีปริมาณมาก อาจจะ

ประเด็นสำคัญ	ประโยชน์ทางอ้อมที่ได้รับ
	แทรกซึมเข้าไปยังห้องพ่นสี และทำให้เกิดความเสียหายแก่ชิ้นงานที่พ่นสีเสร็จแล้วได้ ต้องนำชิ้นงานกลับมาแก้ไขใหม่/ทำงานซ้ำ (Rework) ทำให้เกิดการสูญเสียทั้งในด้านเวลา และค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการทำงานเพิ่ม ตลอดจนผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจมีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์การผลิตที่ตั้งไว้
6. ภาพพจน์ของโรงงาน	สภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อภาพพจน์ของโรงงาน เนื่องจากเมื่อลูกค้ามาเยี่ยมชมโรงงาน ลูกค้าจะคาดหวังว่าสินค้าที่มีคุณภาพดีควรผลิตมาจากสภาพแวดล้อมในการทำงานที่สะอาด และมีระเบียบ ในทางกลับกันถ้าสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่มีระเบียบ ลูกค้าจะรู้สึกว่าภาพลักษณ์ของสินค้าดูไม่ดี และคิดว่า โรงงานไม่มีความพร้อมในการจัดการสภาพแวดล้อมของโรงงาน รวมถึงสินค้าที่ผลิตออกมาก็คงไม่มีคุณภาพเช่นกัน
7. วินัยของพนักงาน	สภาพแวดล้อมในการทำงานที่สะอาด และมีระเบียบยังส่งผลดีทำให้พนักงานมีความรู้สึกพึงพอใจและมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ผลลัพธ์อีกอย่างคือโรงงานจะมีอัตราการลาออกของพนักงานต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด
8. การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต	ถึงแม้ว่าการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน จะไม่สามารถแสดงผลตอบแทนกลับในรูปของตัวเงินให้กับโรงงานได้โดยตรง แต่สภาพแวดล้อมในการทำงานที่สะอาดและมีระเบียบ จะส่งผลดีในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เช่น สภาพการมองเห็นในการทำงานดีขึ้น ช่วยลดความเสียหายและอันตรายจากกระบวนการผลิต
9. การบำรุงรักษาเครื่องจักร	ประสิทธิภาพและอายุการทำงานของเครื่องจักรก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญของกระบวนการผลิต ฝุ่นเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพและอายุการทำงานของเครื่องจักรลดลงได้ ชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่มีฝุ่นเกาะเป็นประจำ เช่น ลูกปืน จะต้องมีการตรวจสอบ และเปลี่ยนบ่อยขึ้น รวมถึงต้องมีการทำความสะอาดเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นการลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรได้
10. แรงงานในการเก็บรวบรวมฝุ่น	ปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้น หากไม่มีการรวบรวมที่มีประสิทธิภาพ จะต้องใช้แรงงานในการเก็บกวาด และทำความสะอาดพื้นที่ทำงานอยู่ตลอดเวลา การลดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ทำงาน ช่วยลดจำนวนครั้งของงานกวาดลง สามารถประหยัดแรงงานที่ต้องใช้ ส่งผลถึงการประหยัดค่าใช้จ่ายโดยรวมได้

จ.2 การระบายอากาศและระบบรวบรวมฝุ่น (ตัวอย่างข้อปฏิบัติที่ดี)

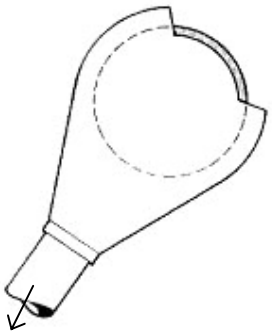
ตัวอย่างการจัดรูปแบบการระบายอากาศ



ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 และ 17th edition, 1982 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ จ.1 ตัวอย่างการจัดรูปแบบการระบายอากาศ

ตัวอย่างข้อปฏิบัติที่ดี

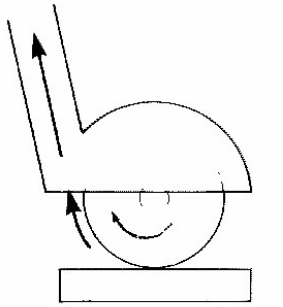


ก) ตัวอย่างฮูดที่ดี ครอบคลุมแหล่งกำเนิดฝุ่นให้มากที่สุด

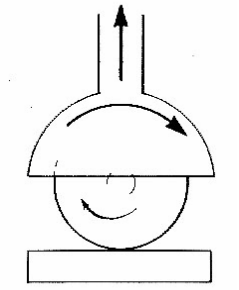
ข) ท่อดูดฝุ่นที่ไม่ดี ไม่สอดคล้องกับทิศทางการเกิดฝุ่น และไม่ครอบคลุม

ที่มา: Dust Capture at Fixed Drum, Health & Safety Executive, 1998 (เอกสารอ้างอิง (18))

รูปที่ จ.2 ตัวอย่างข้อปฏิบัติที่ดีของฮูดและท่อดูดฝุ่น



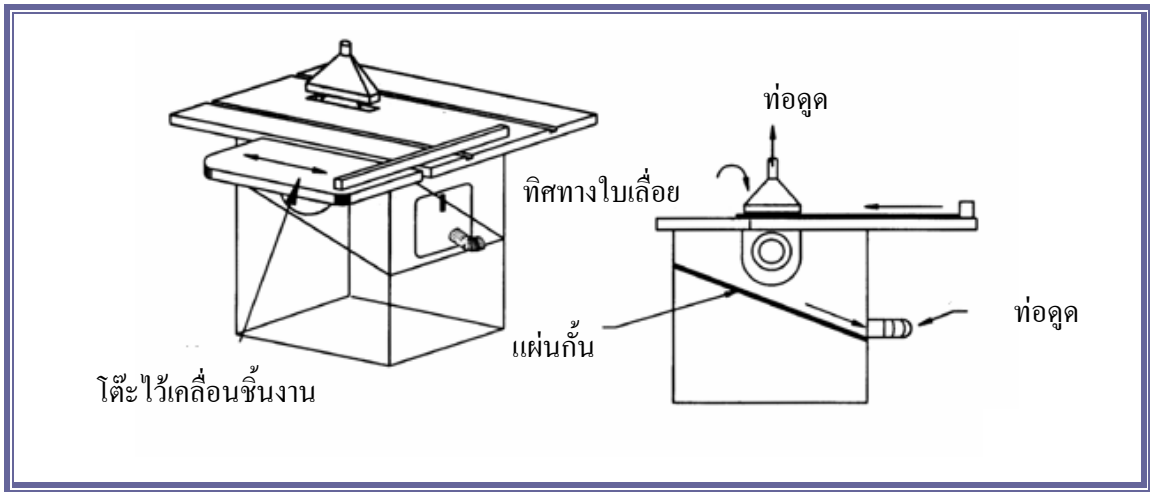
ก) ตัวอย่างการออกแบบฮูดที่ดี



ข) ตัวอย่างการออกแบบฮูดที่ไม่ดี

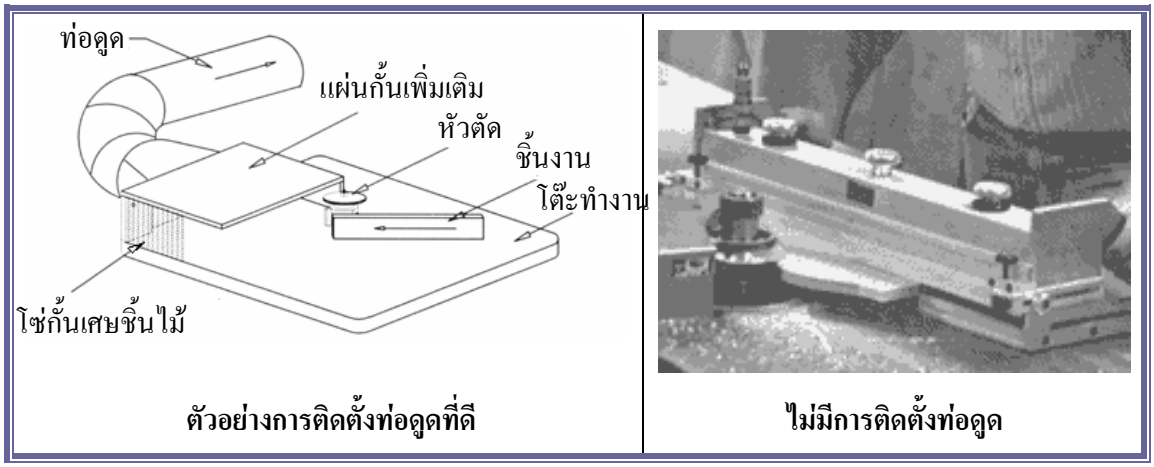
ที่มา: General Principles of System Design (1998), Health & Safety Executive (เอกสารอ้างอิง (19))

รูปที่ จ.3 ก) ตัวอย่างฮูดที่ใช้ประโยชน์จากการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ และ ข) ตัวอย่างฮูดและทิศทางการเคลื่อนที่ไม่สัมพันธ์กัน



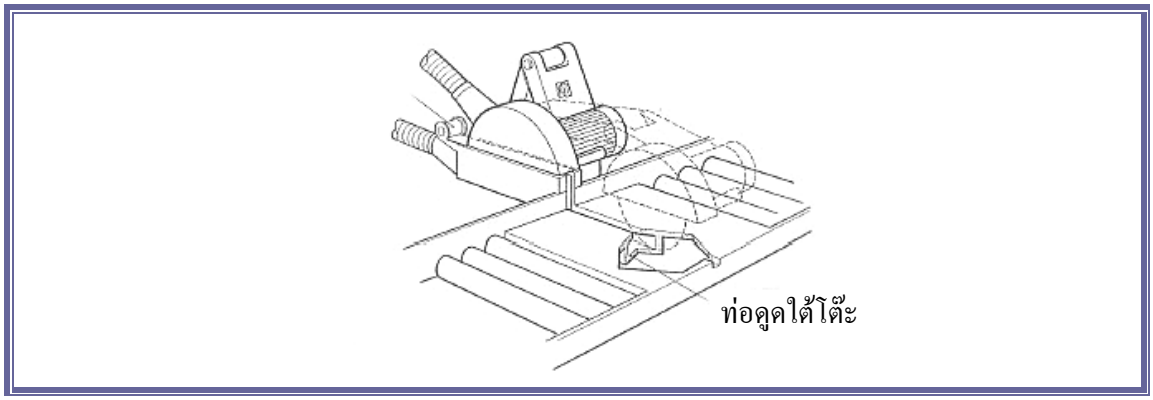
ที่มา: Control of Wood Dust from Table Saws (1998), NIOSH Hazard Control (เอกสารอ้างอิง (25))

รูปที่ จ.4 ตัวอย่างการติดตั้งแผ่นแยกสำหรับเครื่องเลื่อยวงเดือน



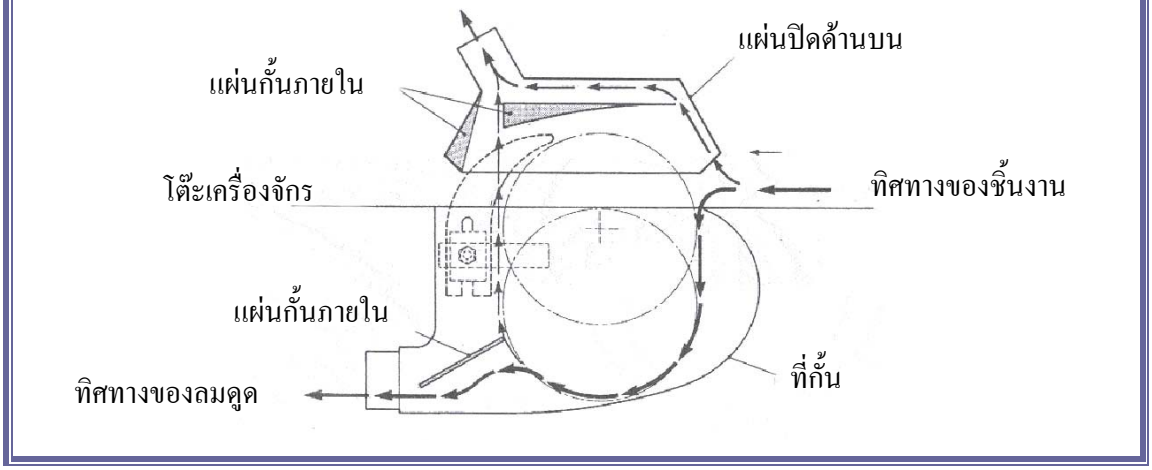
ที่มา: Control of Wood Dust from Shapers (1998), NIOSH Hazard Control (เอกสารอ้างอิง (24))

รูปที่ จ.5 ตัวอย่างการติดตั้งฮูดสำหรับเครื่องเหลาตั้ง



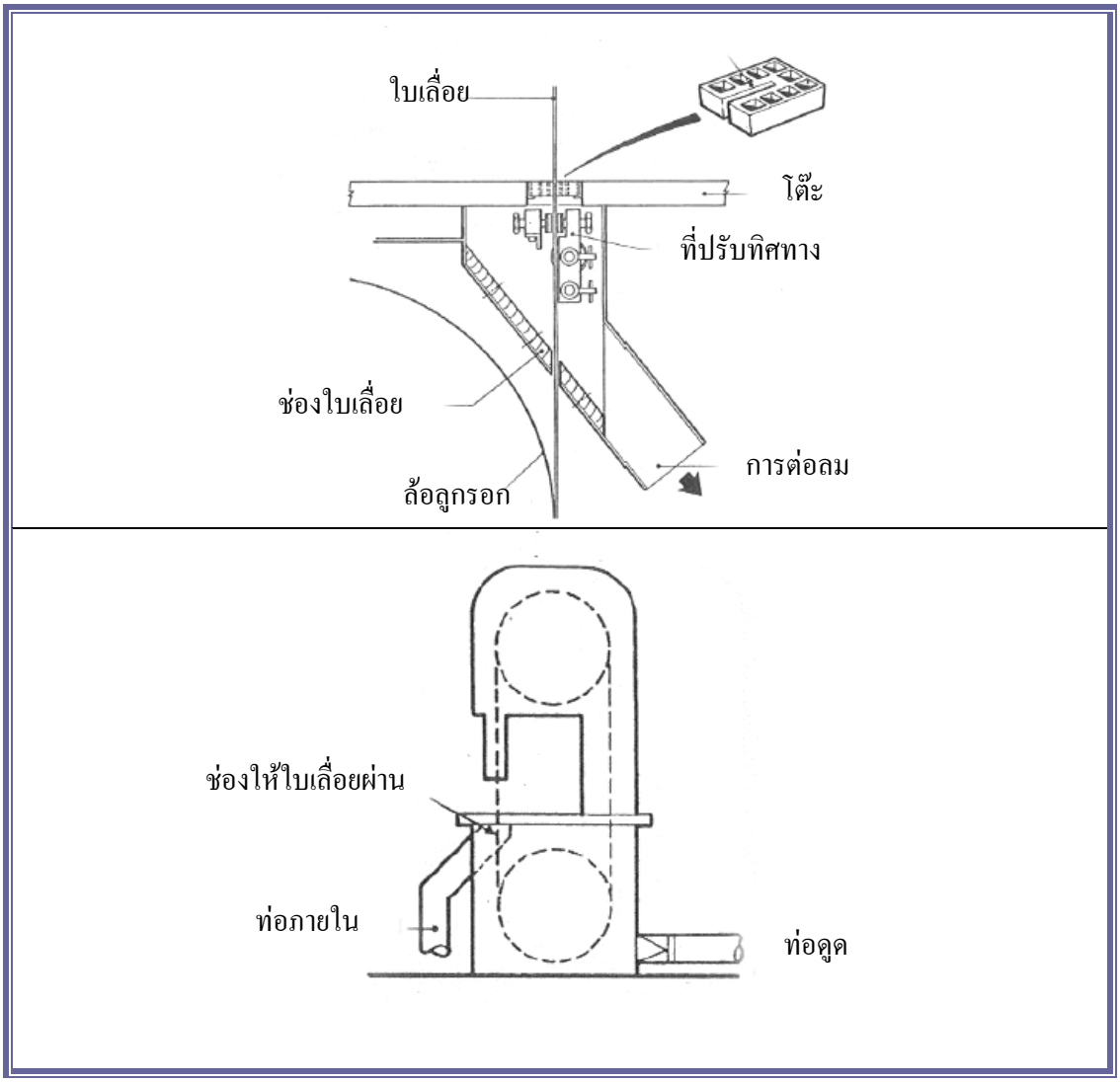
ที่มา: Dust Capture at Sawing Machines (1998), Health & Safety Executive (เอกสารอ้างอิง (17))

รูปที่ จ.6 ตัวอย่างการติดตั้งฮูดสำหรับเครื่องเลื่อยรัศมี



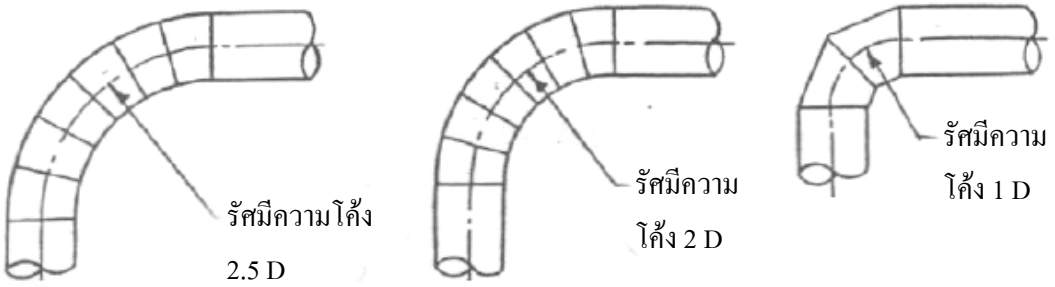
ที่มา: Dust Capture at Sawing Machines (1998), Health & Safety Executive (เอกสารอ้างอิง (17))

รูปที่ จ.7 ตัวอย่างการติดตั้งฮูดสำหรับเครื่องเลื่อยวงเดือน



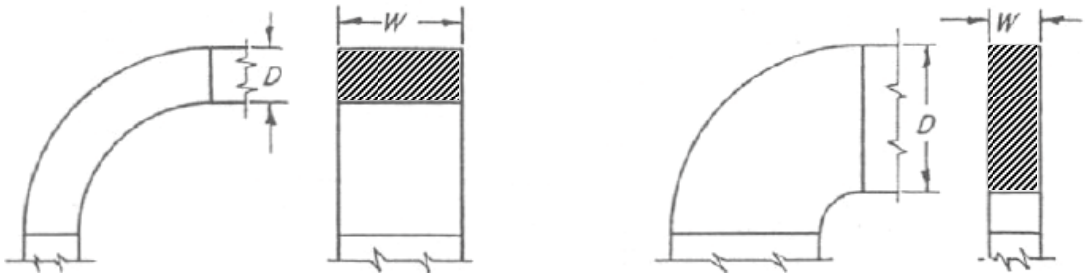
ที่มา: Dust Capture at Sawing Machines (1998), Health & Safety Executive (เอกสารอ้างอิง (17))

รูปที่ จ.8 ตัวอย่างการติดตั้งฮูดสำหรับเครื่องเลื่อยสายพาน



ตัวอย่างที่ดี **ตัวอย่างที่พอใช้** **ตัวอย่างที่ไม่ดี**

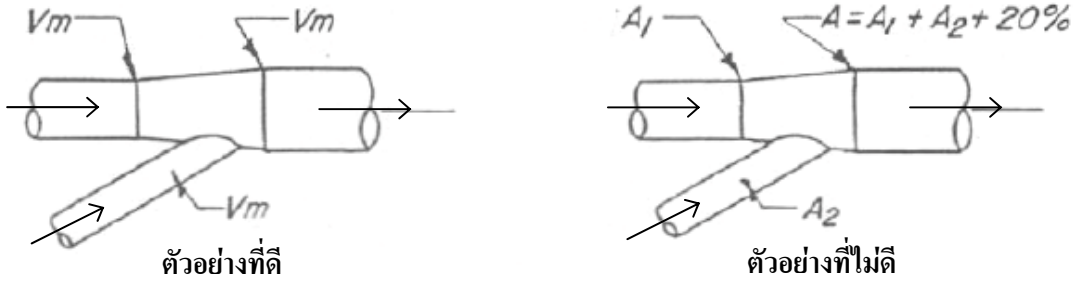
ข้องอควรจะมีรัศมีความโค้งเป็น 2 หรือ 2.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อยกเว้นในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด



ตัวอย่างที่ดี **ตัวอย่างที่ไม่ดี**

ในกรณีที่ใช้ท่อสี่เหลี่ยมควรจะให้อัตราส่วน Aspect Ratio หรือ W/D .ให้สูงไว้

*



ตัวอย่างที่ดี **ตัวอย่างที่ไม่ดี**

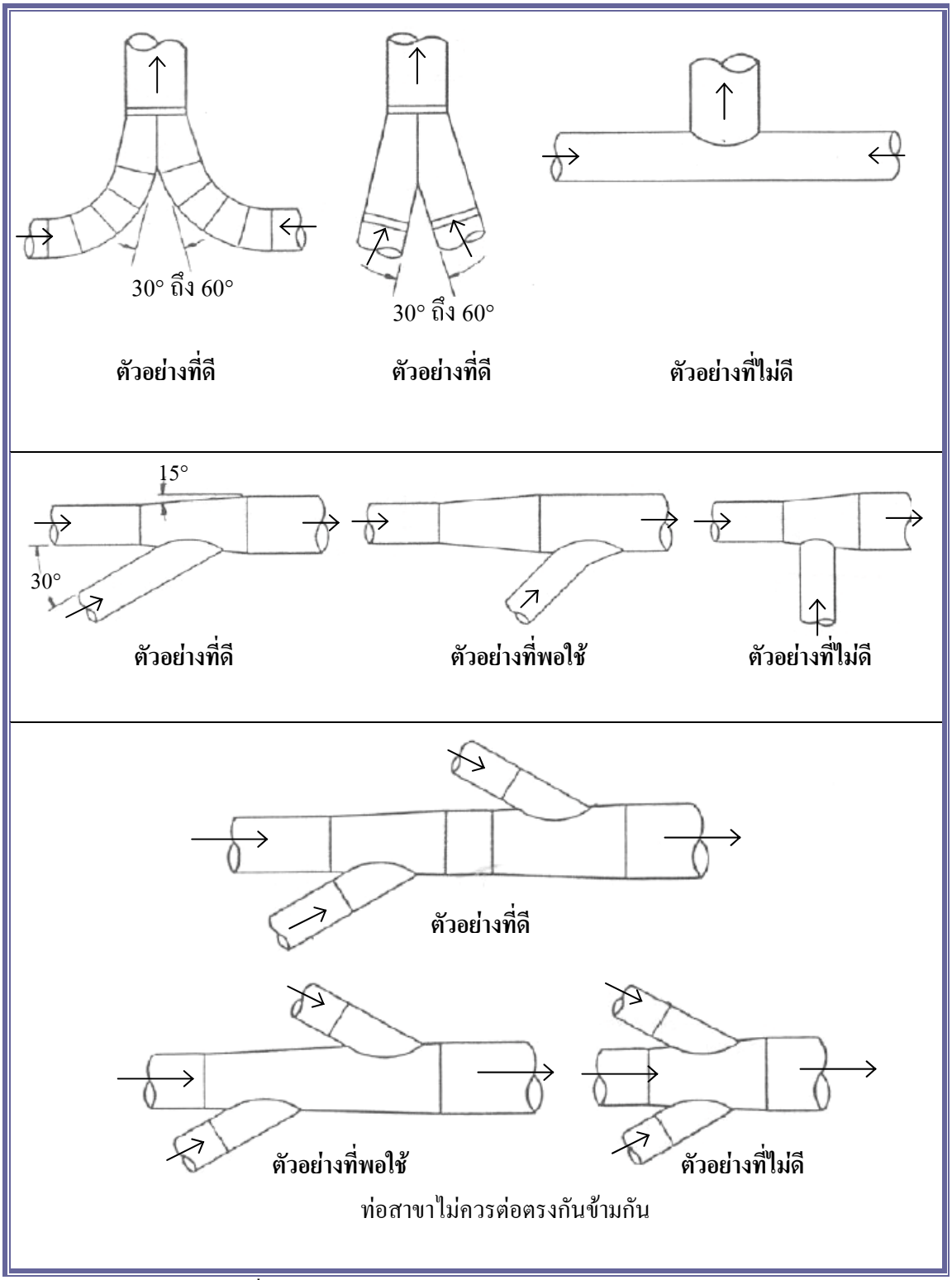
V_m = ความเร็วต่ำสุดในท่อดูด A = พื้นที่หน้าตัด

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อต้องคำนวณจากปริมาณลมที่ผ่านท่อหารด้วยความเร็วต่ำสุดในท่อ

* 20% หมายถึง 20% ของพื้นที่ $A_1 + A_2$

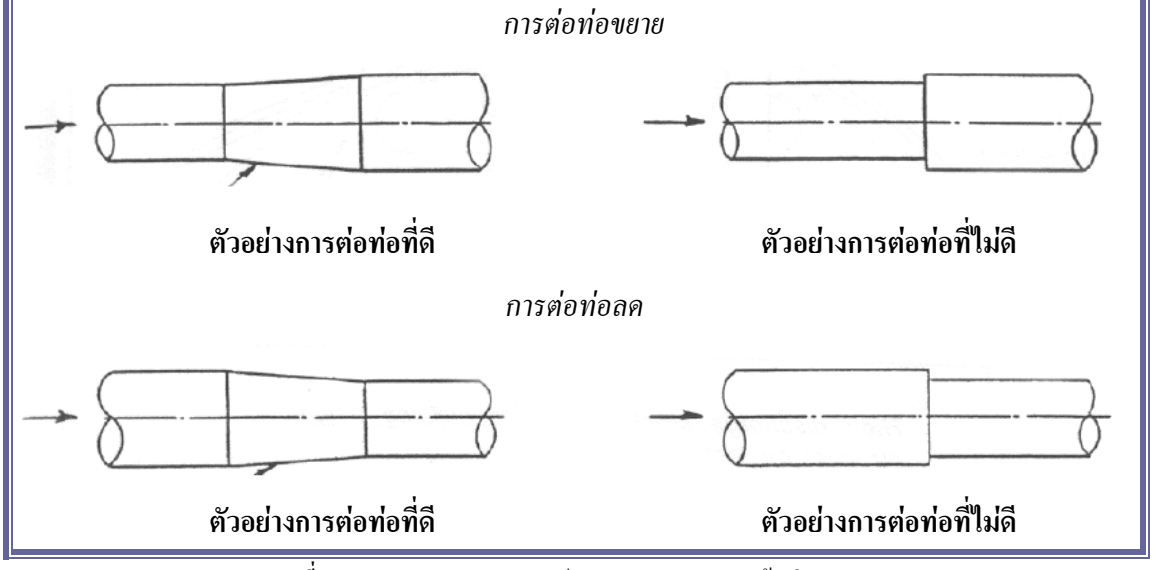
ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ จ.9 ตัวอย่างวิธีปฏิบัติที่ดีในการเดินท่อ



ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ จ.10 ตัวอย่างวิธีปฏิบัติที่ดีของการเดินท่อสาขา



ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ จ.11 ตัวอย่างวิธีปฏิบัติที่ดีของการต่อท่อขยายและท่อลด

แนวทางการกำหนดขนาดของท่อรวบรวมฝุ่น

ขั้นตอนการกำหนดขนาดท่อของระบบรวบรวมฝุ่น ที่โรงงานสามารถใช้การประมาณการเบื้องต้นอย่างง่าย มีขั้นตอนดังนี้ (เอกสารอ้างอิง (1))

1. วาดผังเครื่องจักร แนวท่อ และตำแหน่งของอุปกรณ์บำบัดมลพิษ
2. คำนวณปริมาณลมดูดที่แต่ละอุปกรณ์ต้องการจาก พื้นที่หน้าตัดของท่อ x ความเร็วลมในท่อที่ต้องการ (โดยปกติความเร็วลมในท่อสาขาเท่ากับ 4,000 ฟุต/นาที) ขนาดของท่อเลือกตามขนาดท่อที่ต่อมาจากอุปกรณ์)
3. ระบุเครื่องจักรที่มีโอกาสใช้งานพร้อมกัน (เครื่องจักรหลัก) และแสดงเครื่องหมายไว้ในผังเครื่องจักร
4. กำหนดขนาดท่อเมน[1] โดยเริ่มต้นจากเครื่องจักรหลักที่อยู่ไกลอุปกรณ์บำบัดมลพิษมากที่สุด ใช้ท่อขนาดเดียวกันนี้มาจนถึงจุดที่มีท่อสาขา[2] จากเครื่องจักรหลักตัวถัดไปมาต่อเข้ากับระบบ เพิ่มขนาดของท่อเมนโดยคำนวณจากขนาดท่อที่รองรับปริมาณลมทั้งสองได้โดยมีความเร็วไม่น้อยกว่า 3,500 ฟุต/นาที ในกรณีที่มีท่อสาขาจากเครื่องจักรที่ไม่ใช่เครื่องจักรหลักมาต่อเข้ากับท่อเมนไม่จำเป็นต้องเพิ่มขนาดท่อ ปริมาณลมดูดที่ระบบต้องการเท่ากับผลรวมของปริมาณลมที่เครื่องจักรหลักต้องการทั้งหมด

[1] ท่อเมน คือ ท่อหลักที่ใช้รวบรวมฝุ่นจากท่อสาขาต่างๆ ไปยังระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ

[2] ท่อสาขา คือ ท่อที่ใช้รวบรวมฝุ่นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ไปยังท่อเมน

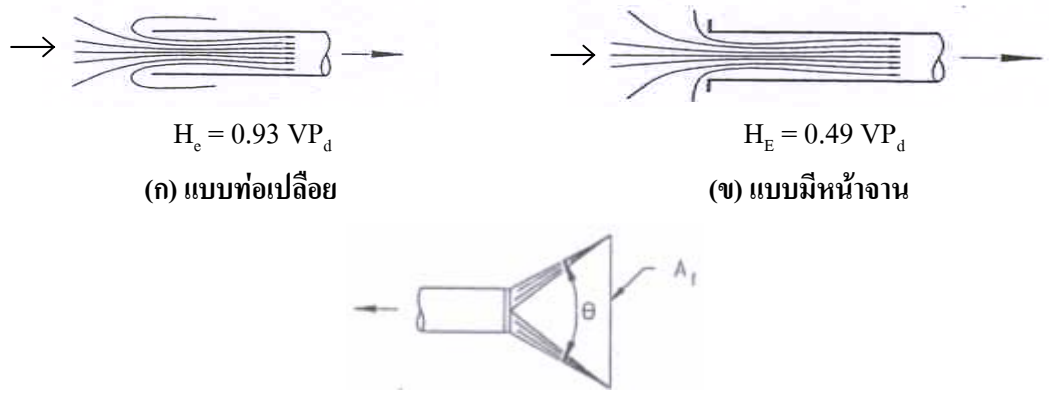
5. ความดันลดของท่อหลัก และท่อสาขาที่มาบรรจบกันต้องเท่ากัน มิฉะนั้นลมจะเข้าทางท่อที่มีความดันลดน้อยกว่า มากกว่าค่าที่คำนวณไว้
6. คำนวณความดันสถิตของระบบ โดยคิดจากความดันลดรวมของท่อสาขาที่มีความดันลดมากที่สุด บวกกับความดันลดของท่อเมน ความดันลดของอุปกรณ์บำบัดมลพิษ และความดันลดของปล่อง

สำหรับการคำนวณขนาดของระบบรวบรวมฝุ่นโดยละเอียดสามารถศึกษาได้จาก Air Pollution Engineering Manual (เอกสารอ้างอิง (22)) และ Industrial Ventilation A Manual of Recommended Practice (เอกสารอ้างอิง (2))

การคำนวณความดันลด

ความดันลดในท่อสาขาประกอบด้วย ความดันลดจากฮูด (Hood Entry Loss) ความดันลดจากแผ่นกรอง (Filter Loss) และความดันลดจากท่อตรง ข้องอ และข้อต่อ

ความดันลดจากฮูด สามารถคำนวณได้จากสูตรซึ่งแตกต่างกันไปตามลักษณะของฮูด ซึ่งฮูดที่ดีนอกจากจะต้องครอบคลุมแหล่งกำเนิดฝุ่นตามที่กล่าวมาแล้ว ยังควรจะมีความดันลดต่ำด้วยเช่นกัน ตัวอย่างความดันลดของท่อและฮูดลักษณะต่างๆ แสดงดังรูปที่ จ.12



(ก) แบบท่อเปลือย **(ข) แบบมีหน้าจาน**

(ค) แบบมีฮูด

ในกรณีที่ $\theta = 90°$ $H_e = 0.15\ VP_d$ (สำหรับฮูดกลม)

$H_e = 0.25\ VP_d$ (สำหรับฮูดเหลี่ยม)

ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ จ.12 ความดันลดที่ปากท่อดูด (Entry loss)

ในที่นี้อาจเริ่มต้นจากการประมาณการ ความดันลดจากฮูด เท่ากับ 1 นิ้ว และความดันลดของแผ่นกรองเท่ากับ 2 นิ้ว (ท่อสาขาที่มีความดันลดมากที่สุด คือ ท่อขนาดเล็ก มีความยาวมาก และมีจำนวนข้องอข้อต่อมาก)

ความดันลดจากท่อตรง ข้องอ และข้อต่อ สามารถคำนวณโดยใช้ตารางที่ จ.2 และ รูปที่ จ.13 โดยต้องแปลงข้องอ และข้อต่อเทียบเป็นความยาวท่อตรงก่อน โดยใช้ตารางที่ จ.2 แล้วนำมารวมกับความยาวท่อตรงในส่วนนั้นว่ามีความยาวรวมเท่าไร แล้วจึงอ่านค่าจากรูปที่ จ.13 ว่าความดันลดเป็นกี่นิ้วต่อ 100 ฟุต เพื่อแปลงเป็นความดันลดของท่อส่วนนี้ (สำหรับท่ออ่อนหรือท่อเฟล็ก จะเกิดความดันลดประมาณ 3 เท่าของท่อเรียบ) ความดันลดในท่อเมนสามารถคำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน โดยในการคำนวณต้องคิดค่าความดันลดของอุปกรณ์บำบัดมลพิษอากาศ และปล่องระบายด้วย

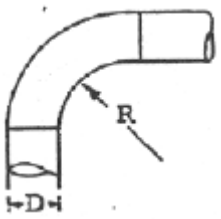
7. เลือกขนาดของมอเตอร์พัดลมโดยใช้สูตร

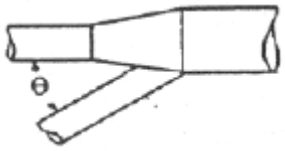
จากสูตร $hp = \frac{Q \times FSP}{6{,}356 \times E}$

เมื่อ hp = กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม (แรงม้า)
Q = ปริมาณลมที่ดูดได้ (ลบ.ฟุตต่อนาที หรือ cfm)
FSP = ความดันสถิต (นิ้วน้ำ หรือ in.wc.) ที่รวมความดันลดของระบบบำบัดมลพิษทางอากาศและปล่องระบายแล้ว
E = ประสิทธิภาพของพัดลม

โดยการเลือกพัดลมให้เลือกจากปริมาณลมดูด $\geq$ Q และ ความดันสถิต $\geq$ FSP

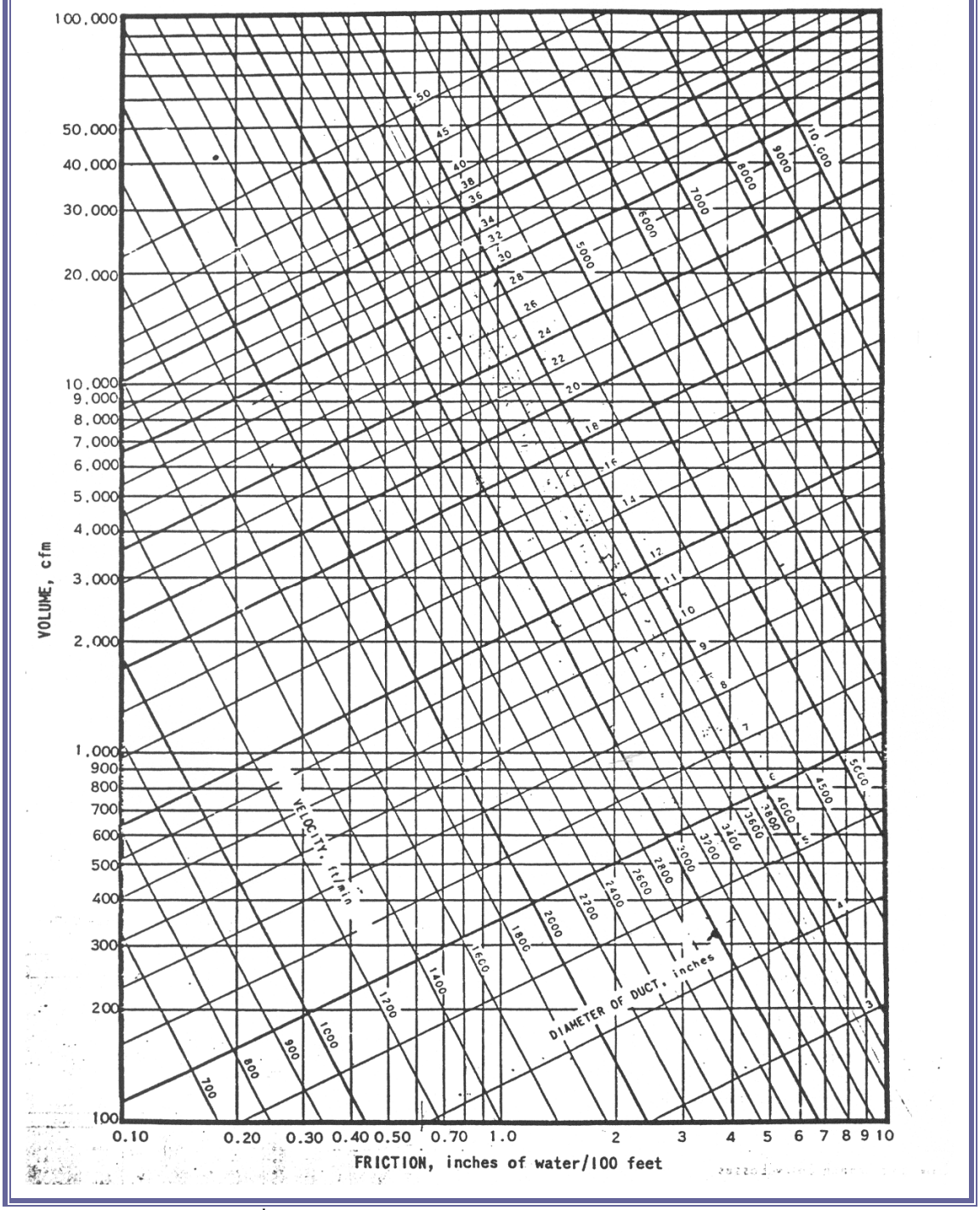
ตารางที่ จ.2 ความยาวสมมูลของข้องอและข้อต่อลักษณะต่างๆ เทียบเป็นความยาวของท่อตรง (ฟุต)





เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (นิ้ว)	ข้องอ 90°			ข้องอ 60°			ข้องอ 45°			ท่อสาขา มุมของการต่อท่อสาขา (θ)		
	1.0D	1.5D	2.0D	1.0D	1.5D	2.0D	1.0D	1.5D	2.0D	45°	30°	15°
6	11	7	6	8	5	4	6	4	3	7	5	2
8	14	10	8	11	7	6	8	5	4	11	7	3
10	20	13	11	14	10	8	10	7	6	14	9	4
12	25	17	14	20	13	11	12	9	7	18	11	5

ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition (1998) และ 17th edition (1982) (เอกสารอ้างอิง (2))



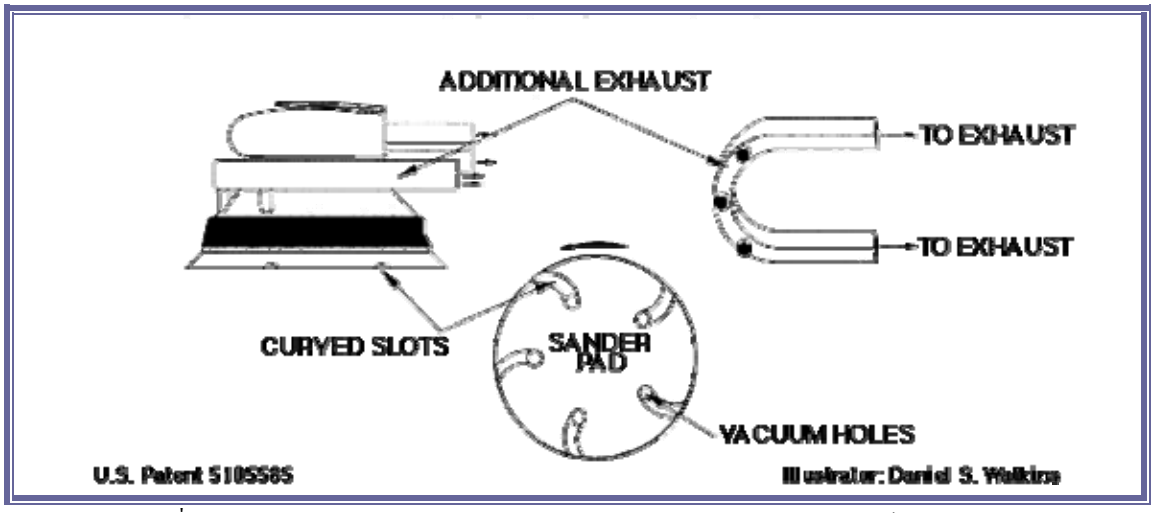
ที่มา: Industrial Ventilation 17th edition, 1982 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ จ.13 ความดันลดในท่อ (นิ้วต่อ 100 ฟุต)

จ.3 การออกแบบโต๊ะและฮูดสำหรับงานขัด

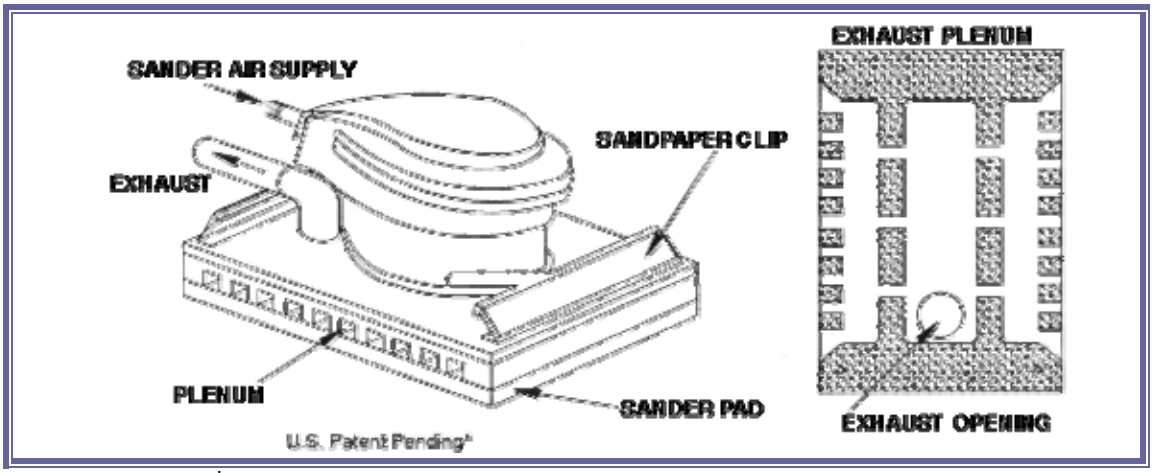
ขั้นตอนการขัดผิวชิ้นงานเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดฝุ่นขนาดเล็ก ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ที่ปฏิบัติงาน และผู้ที่อยู่ในโรงงานมาก การบรรเทาปัญหาฝุ่นขนาดเล็กโดยใช้หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนี้ เริ่มตั้งแต่ การลดการขัดที่ไม่จำเป็น อันได้แก่ ลดการทำงานซ้ำจากความผิดพลาดต่างๆ การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติมากขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงระหว่างผู้ปฏิบัติงานและฝุ่นที่เกิดขึ้น การรวบรวมฝุ่นที่เกิดขึ้นแล้วอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ให้ฟุ้งกระจายออกเป็นบริเวณกว้าง ท้ายที่สุดจึงใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล

นอกจากนี้ยังมีระบบการดูดฝุ่นจากเครื่องขัดที่มีความเร็วรอบสูงๆ อีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ ระบบ Low Volume – High Velocity ที่ใช้การเก็บฝุ่น ณ จุดที่เกิดฝุ่นขึ้นในทันที ทำให้ใช้ปริมาณลมดูดน้อยมาก โดยเครื่องขัดที่ใช้ระบบนี้ นอกจากท่อลมที่ใช้การขับอุปกรณ์แล้ว (ไม่มีท่อลมในกรณีที่ใช้ไฟฟ้าในการขับอุปกรณ์) จะมีท่อดูดฝุ่นที่นำฝุ่นออกจากเครื่องขัดไปทันที ดังตัวอย่างในรูปที่ จ.14 และ จ.15 นอกจากนี้ปัจจุบันยังมีผู้ผลิตหลายรายผลิตเครื่องขัดที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดฝุ่นในตัว ในราคาไม่สูงมากนัก ยกตัวอย่าง เช่น ราคาของเครื่องขัด 2 ชุด พร้อมถังเก็บฝุ่นของผู้ผลิตรายหนึ่งอยู่ที่ประมาณ 65,000 บาท (ราคาในปี 2548 จากเว็บไซต์ของผู้ผลิต) แต่จากการตรวจประเมินโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ในโครงการฯ ยังไม่มีโรงงานใดได้นำระบบนี้มาใช้อย่างจริงจัง ยกเว้นในโรงงานบางแห่งที่เคยนำมาทดลองใช้ และพบว่าพนักงานที่ทำงานรู้สึกว่าทำงานไม่ถนัด แต่น่าจะเป็นที่ความรู้สึกและยังไม่คุ้นเคยกับอุปกรณ์มากกว่า



ที่มา: Control of Wood Dust from Random Orbital Hand Sanders (NIOSH) (เอกสารอ้างอิง (27))

รูปที่ จ.14 ตัวอย่างระบบการดูดฝุ่นจากเครื่องขัดชนิด Low Volume – High Velocity

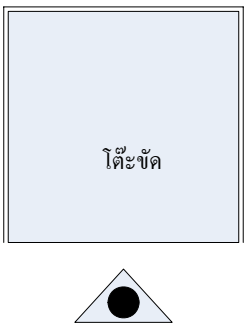


ที่มา: Control of Wood Dust from Orbital Hand Sanders (NIOSH) (เอกสารอ้างอิง (26))

รูปที่ จ.15 ตัวอย่างระบบการดูดฝุ่นจากเครื่องขัดชนิด Low Volume – High Velocity (สำหรับฝุ่นที่ออกมาเป็นวงรอบ)

หัวใจสำคัญสำหรับการออกแบบโต๊ะสำหรับงานขัด อยู่ที่การออกแบบสูดที่ดีเพื่อให้สามารถนำฝุ่นที่เกิดขึ้นออกไปหมด ได้ด้วยปริมาณลม และกำลังไฟฟ้าที่น้อยที่สุด ซึ่งสามารถกระทำได้ดังนี้

1. จำกัดขอบเขตของการดูดให้ครอบคลุม (Enclose) จุดเกิดฝุ่นมากที่สุด โดยเปิดช่องว่างแค่เพียงพอกับการทำงานของพนักงาน โต๊ะสำหรับขัดที่ดีจึงควรมีพื้นที่โต๊ะเพียงเท่าที่จำเป็น และมีฉากกั้นในด้านที่ไม่มีพนักงานทำงาน ดังแสดงในรูปที่ จ.16



คำอธิบาย

พนักงานทำงานด้านหน้าเพียงด้านเดียว ด้านตรงข้าม ด้านซ้าย และด้านขวา ไม่มีพนักงานทำงาน จึงควรกั้นไม่ให้ดูดลมจากส่วนที่ไม่จำเป็นเข้ามา หากชิ้นงานมีขนาดเล็กใหญ่ไม่เท่ากัน อาจจะทำโต๊ะสำหรับชิ้นงานใหญ่และชิ้นงานเล็กแยกกัน หรือฉากกั้นด้านข้างอาจทำด้วยม่านพลาสติกแข็ง เพื่อให้ชิ้นงานสามารถผ่านเข้าออกได้ (ทิศทางการดูดฝุ่นจะได้กล่าวต่อไป)

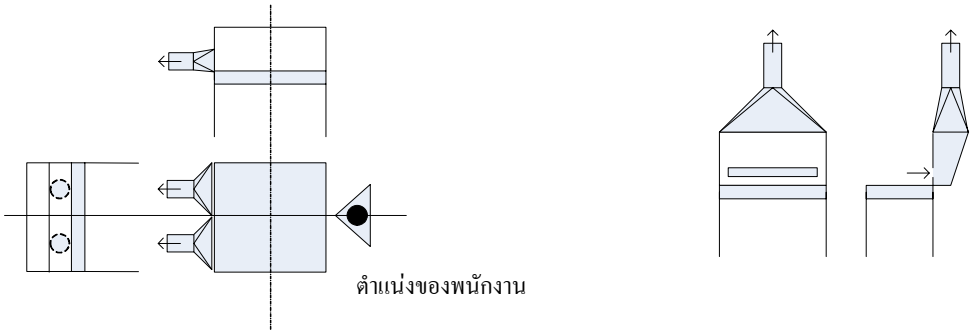
รูปที่ จ.16 พนักงานทำงานด้านหน้าเพียงด้านเดียว

2. ป้องกันกระแสลมจากภายนอกที่พัดผ่านหน้าโต๊ะ เช่น ลมจากพัดลมติดเพดาน เนื่องจากฝุ่นขนาดเล็กเหล่านี้ ถึงแม้ว่าจะมีความเร็วเริ่มต้นสูงมากๆ แต่หลังจากถูกปล่อยออกจากจุดกำเนิด จะถูกอิทธิพลของกระแสอากาศโดยรอบรบกวนทำให้เกิดเป็นฝุ่นในบรรยากาศ (Air-borne Dust) ได้ ดังนั้น ฉากกั้นในข้อที่ 1 จะมีผลดีในกรณีนี้ด้วย ในส่วนของการระบายอากาศเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกสบายขึ้นนั้นควรจัดการระบายอากาศให้กับทั้งบริเวณมากกว่าการใช้พัดลมติดเพดาน ซึ่งไม่เหมาะกับบริเวณที่มีฝุ่นขนาดเล็กหนาแน่น

3. ตำแหน่งของการดูดฝุ่นควรอยู่ใกล้กับจุดที่เกิดฝุ่น และทิศทางการดูดฝุ่นควรจะสอดคล้องกับทิศทางของฝุ่นที่เกิดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ รวมทั้งการกระจายลมควรจะสม่ำเสมอมากที่สุด การจัดตำแหน่งของสูดไว้ทางด้านตรงข้ามกับผู้ปฏิบัติงาน ดังตัวอย่างในรูปที่ จ.17 จะได้ผลดีที่สุด แต่จะเสียพื้นที่ใช้สอยไปบ้างขึ้นกับขนาดของโต๊ะ และลักษณะการกระจายลม แต่บางครั้งการวางตำแหน่งสูดไว้ด้านตรงข้ามอาจทำไม่ได้ ทำให้ต้องวางตำแหน่งของท่อไว้ด้านล่าง ดังตัวอย่างในรูปที่ จ.18

คำอธิบาย

หากพื้นที่ใช้สอยมีเพียงพอการจัดตำแหน่งของสูดไว้ด้านตรงข้ามกับพนักงาน (ก) จะทำให้ฝุ่นถูกดูดออกจากพนักงาน และใช้ได้กับชิ้นงานขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยไม่ต้องห่วงว่าชิ้นงานจะบังช่องลม หรือตกลงไปในช่องลมเช่นในกรณีของการดูดลมจากด้านล่าง การกระจายลมด้านหลังอาจใช้ตามตัวอย่างในรูป (ข) ทั้งนี้การทำฉากกั้นลมด้านข้างเป็นสิ่งจำเป็น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

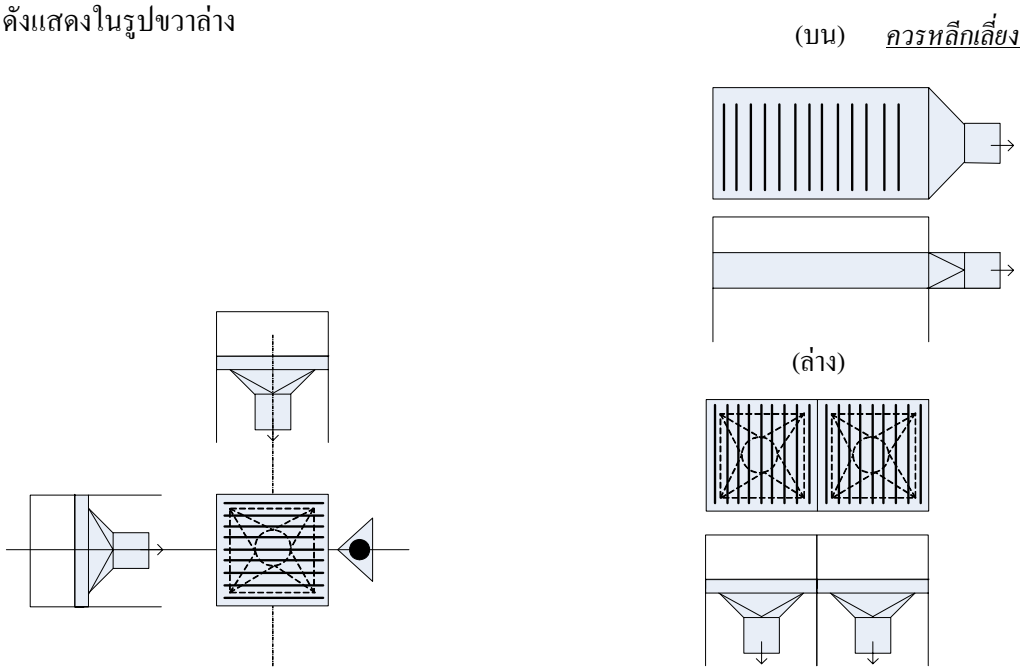


(ก) (ข)

รูปที่ จ.17 การวางตำแหน่งของสูดฝุ่นไว้ทางด้านตรงข้ามของพนักงาน

คำอธิบาย

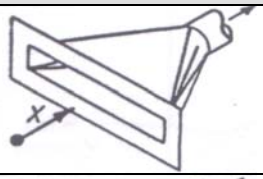
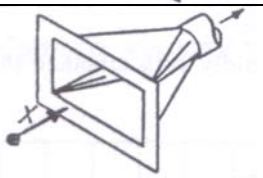
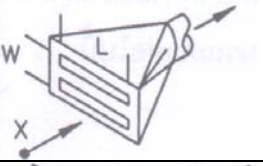
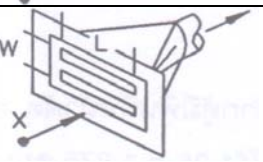
บางครั้งการวางตำแหน่งของสูดไว้ทางด้านตรงข้ามอาจจะทำไม่ได้ ทำให้ต้องวางไว้ทางด้านล่างแทน ดังรูป (ก) โดยมุมเอียงของกรวยไม่ควรน้อยกว่า 45 ° อย่างไรก็ตามหากต้องวางสูดไว้ทางด้านล่าง ควรหลีกเลี่ยงการวางรางตามแนวยาวของโต๊ะและต่อสูดที่ปลายข้างหนึ่ง ดังรูป (ข) บน เนื่องจากการต่อในลักษณะนี้ทำให้การกระจายลมไม่สม่ำเสมอ และปลายด้านที่อยู่ไกลจะมีความเร็วลมน้อยกว่าด้านใกล้มาก วิธีการปรับปรุงอย่างหนึ่งคือการแบ่งพื้นที่ที่บนโต๊ะเป็นส่วนๆ และดูดลมออกจากแต่ละส่วนแยกจากกัน ดังแสดงในรูปขวาล่าง



รูปที่ จ.18 การวางตำแหน่งของสูดฝุ่นไว้ทางด้านล่าง

4. ความเร็วลมของการพาที่จุดเกิดฝุ่นต้องสูงพอ การกำหนดความเร็วลมเพื่อนำไปคำนวณปริมาณลมดูดที่ต้องการ ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะของสูด การออกแบบสูดให้ใกล้ และครอบคลุมจุดเกิดฝุ่นมากน้อยเพียงใด รวมถึงความอันตรายจากฝุ่นแต่ละชนิด ตารางที่ จ.3 แสดงสูตรที่ใช้ในการคำนวณปริมาณลมที่ต้องใช้ของสูดลักษณะต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น หากจัดให้มีสูดแบบ Flanged slot สามารถคำนวณปริมาณลมที่ต้องการได้จากสูตร 2.6LVX เป็นต้น การคำนวณปริมาณลมของสูดลักษณะต่างๆ สามารถดูได้จาก Air Pollution Engineering Manual (เอกสารอ้างอิง (22)) และ Industrial Ventilation A Manual of Recommended Practice (เอกสารอ้างอิง (2)) ส่วนตารางที่ จ.4 แสดงความเร็วในการพาที่แนะนำไว้สำหรับสภาพการทำงานต่างๆกัน

ตารางที่ จ.3 ปริมาณลมที่ต้องใช้สำหรับฮูดแบบ Flanged Slot และ แบบ Flanged Opening

ลักษณะของฮูด	คำอธิบาย	Aspect Ratio, W/L	ปริมาณลม (cfm)
	Flanged Slot	0.2 หรือน้อยกว่า	Q = 2.6LVX
	Flanged Opening	0.2 หรือมากกว่า	$Q = 0.75V (10X^2 + A)$
	Plain Multiple Slot Opening 2 ช่องหรือมากกว่า	0.2 หรือมากกว่า	$Q = V(10X^2 + A)$
	Flanged Multiple Slot Opening 2 ช่องหรือมากกว่า	0.2 หรือมากกว่า	$Q = 0.75V (10X^2 + A)$

หมายเหตุ

W = ความกว้างของช่องเปิด (ฟุต หรือเมตร) ยกเว้นของ Multiple Slots เป็นระยะห่างระหว่างช่อง

L = ความยาวของช่องเปิด (ฟุต หรือเมตร)

V = ความเร็วของการพา (ฟุต/นาที หรือเมตร/วินาที)

X = ระยะห่างระหว่างจุดที่เกิดฝุ่นกับช่องเปิด (ฟุต หรือเมตร)

A = พื้นที่ของช่องเปิด (ตารางฟุต หรือตารางเมตร)

Q = ปริมาณลมที่ต้องดูด (ลบ.ฟุต/นาที หรือ ลบ.ม./วินาที))

ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

ตารางที่ จ.4 ความเร็วในการพาสำหรับสภาพการทำงานต่างๆ กัน

ลักษณะการแพร่กระจายของมลพิษอากาศ	ตัวอย่าง	ความเร็วในการพา	
		ฟุต/นาที	เมตร/วินาที
การปล่อยมลพิษอากาศโดยปราศจากความเร็วเข้าไปในอากาศที่นิ่ง	การระเหยออกจากถัง จากกระบวนการ Degreasing เป็นต้น	50 - 100	0.25 - 0.5
การปล่อยมลพิษอากาศด้วยความเร็วต่ำเข้าไปในอากาศที่นิ่งพอสมควร	ห้องสเปรย์ การเคลื่อนย้ายด้ายสายพานความเร็วต่ำ การเชื่อม และการชุบ	100 - 200	0.5 - 1
การกำเนิดมลพิษอากาศโดยปล่อยให้เข้าไปในบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวของอากาศอย่างรวดเร็ว	การพ่นสีในห้องสเปรย์ที่มีลักษณะตื้น การเติมน้ำมันสายพานบรรทุกของ เครื่องบด	200 - 500	1 - 2.5
การปล่อยมลพิษอากาศด้วยความเร็วเริ่มต้นสูงเข้าไปในบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวของอากาศอย่างรวดเร็วมาก	การขัด (Grinding) การพ่นขัดผิวด้วยสารขัดถู (Abrasive Blasting) การขัดผิวผลิตภัณฑ์ให้เรียบ (Tumbling)	500 – 2000	2.5 - 10

ในแต่ละลักษณะการเลือกใช้ค่าความเร็วในการพาขึ้นกับปัจจัยหลายประการได้แก่

<u>ช่วงค่าต่ำ</u>

1. ได้รับอิทธิพลจากลมภายนอกน้อย หรือทิศทางฝุ่นเสริมกับทิศทางการดูด
2. มลพิษที่เกิดขึ้นเป็นพิษน้อย
3. ใช้งานน้อย ไม่ต่อเนื่อง
4. ฮูดขนาดใหญ่ เกิดลมดูดปริมาณมาก

<u>ช่วงค่าสูง</u>

1. มีลมภายนอกรบกวน
2. มลพิษที่เกิดขึ้นเป็นพิษสูง
3. ใช้งานมาก ต่อเนื่อง
4. ฮูดขนาดเล็กควบคุมเฉพาะจุด

ที่มา: Industrial Ventilation 23rd edition, 1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

5. การออกแบบช่องเปิดสำหรับดูดลม การเดินท่อ ข้องอ และข้อต่อต่างๆ ต้องออกแบบให้ถูกต้อง เพื่อให้ระบบมีความดันลดต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณ และพื้นที่ใช้สอย ตามวิธีปฏิบัติที่ดีของการเดินท่อที่แสดงไว้ในรูปที่ จ.9 ถึง จ.11
6. หากมีโต๊ะขัดมากกว่าหนึ่งชุด ซึ่งอาจมีการใช้งานไม่พร้อมกัน ควรจัดทำแดมเปอร์สำหรับใช้ปิดท่อในกรณีที่ไม่ได้มีการทำงาน (หรืออาจใช้วิธีปิดที่ช่องเปิดสำหรับดูดลมก็ได้) ทั้งนี้ การปิดแดมเปอร์ต้องแน่ใจว่า แดมเปอร์ของโต๊ะที่ไม่ได้ใช้งานและถูกปิดไปไม่ทำให้ความเร็วในท่อส่วนหนึ่งส่วนใด

ลดต่ำลงจนเกิดฝุ่นตกค้างในระบบท่อ และเมื่อเสร็จการทำงานทั้งหมดแล้วควรเปิดแดมเปอร์ทั้งหมดไว้สักครู่แล้วจึงปิดพัดลม

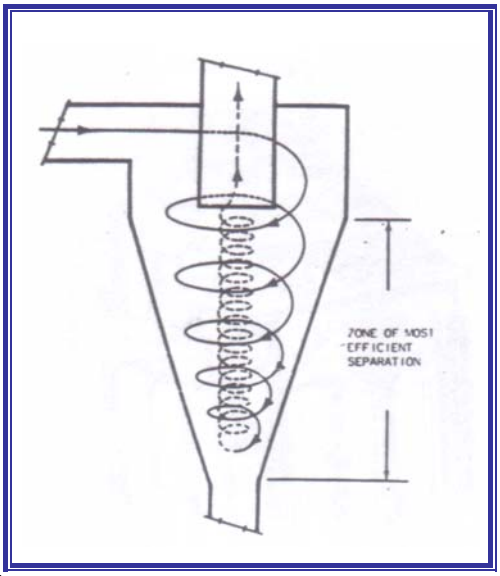
7. ความดันลดของระบบสามารถคำนวณโดยใช้วิธี Balanced Duct Method ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้จากเอกสารอ้างอิง (2) และ (22) แต่จะไม่กล่าวถึงรายละเอียดในที่นี้ เพราะในแง่มุมของผู้ใช้งานในโรงงาน สิ่งที่ผู้ใช้งานต้องทราบเพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้ผลิตหรือผู้รับเหมาในการติดตั้งระบบให้ได้อย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพ คือ 1) การวางตำแหน่งของโต๊ะขัด 2) จำนวนโต๊ะขัดที่มีโอกาสใช้งานพร้อมกันมากที่สุด 3) ปริมาณลมดูดที่ต้องการในแต่ละจุด (ซึ่งทำให้สามารถคำนวณขนาดของท่อที่ต้องการได้จากการ นำความเร็วลมในท่อ 3,500 ฟุตต่อนาที ไปหารปริมาณลมดูดในหน่วยลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) หลังจากได้ข้อมูลเหล่านี้ผู้ผลิตหรือผู้รับเหมาจะสามารถเลือกพัดลมที่เหมาะสมจากการเปรียบเทียบปริมาณลมดูด และความดันลดของระบบกับ ตาราง หรือกราฟของพัดลมแต่ละรุ่นได้

จ. 4 ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับไซโคลนและถุงกรอง

ไซโคลน

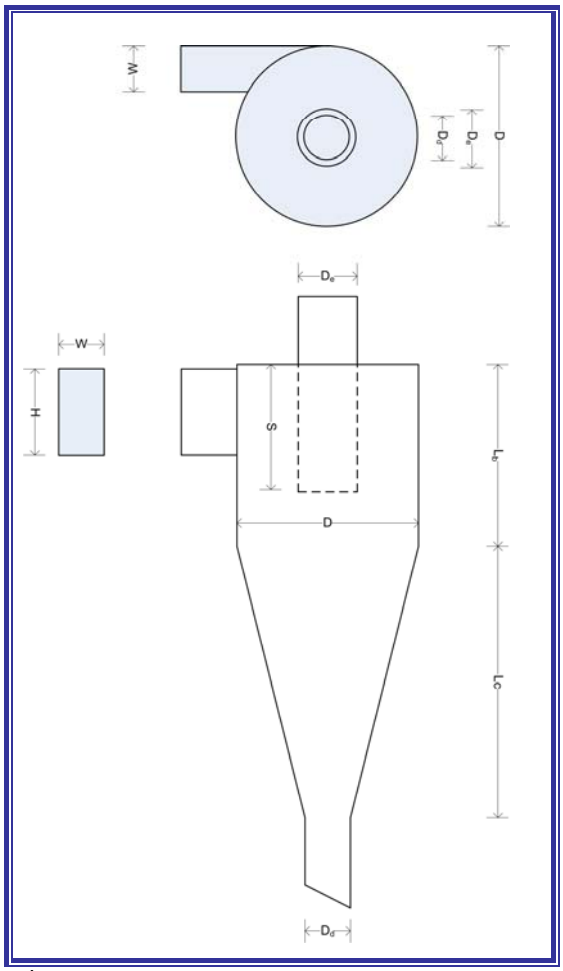
ไซโคลน อาศัยหลักการของแรงหนีศูนย์กลางในการแยกอนุภาคฝุ่นออกจากกระแสอากาศ โดยฝุ่นจะถูกแยกออกทางด้านล่างของไซโคลน และอากาศจะถูกส่งออกทางท่อออกด้านบน ดังแสดงในรูปที่ จ.19

เนื่องจากไซโคลนไม่มีส่วนเคลื่อนที่ จึงไม่ต้องการบำรุงรักษามาก ต้นทุนต่ำ ส่วนใหญ่ใช้ในการดักฝุ่นละอองขนาดใหญ่ จึงมักใช้เป็นอุปกรณ์บำบัดเบื้องต้นเพื่อลดปริมาณฝุ่นขนาดใหญ่ในกระแสอากาศก่อนเข้าระบบถุงกรอง ซึ่งหัวใจสำคัญของการทำงานของไซโคลน คือความเร็วที่เข้าสู่ไซโคลนในแนวสัมผัสควรมีความเร็วประมาณ 65 – 100 ฟุตต่อวินาที (20 – 30 เมตรต่อวินาที) และแนบไปตามแนวสัมผัสมากที่สุด สัดส่วนต่างๆ ของไซโคลนควรใกล้เคียงกับสัดส่วนที่แสดงในรูปที่ จ.20 และตารางที่ จ.6 มากที่สุด ไซโคลนส่วนใหญ่จะเกิดความดันลดประมาณ 3 – 10 นิ้วน้ำ



ที่มา : Air Pollution Engineering Manual (เอกสารอ้างอิง (22))

รูปที่ จ.19 กระแสหมุนวนในไซโคลน



ที่มา : Air Pollution Engineering Manual (เอกสารอ้างอิง (22))

รูปที่ จ.20 สัดส่วนของไซโคลนมาตรฐาน

ตารางที่ จ.6 สัดส่วนของไซโคลนที่ได้จากการทดลอง

		ชนิดของไซโคลน					
		ไซโคลนประสิทธิภาพสูง		ไซโคลนทั่วไป		ไซโคลนรับก๊าซปริมาณมาก	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ขนาดของตัวไซโคลน	D/D	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ความสูงของท่อเข้า	H/D	0.5	0.44	0.5	0.5	0.75	0.8
ความกว้างของท่อเข้า	W/D	0.2	0.21	0.25	0.25	0.375	0.35
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อก๊าซออก	D_e/D	0.5	0.4	0.5	0.5	0.75	0.75
ความยาวของท่อออก(Vortex Finder)	S/D	0.5	0.5	0.625	0.6	0.875	0.85
ความยาวของตัวไซโคลน	L_b/D	1.5	1.4	2.0	1.75	1.5	1.7
ความยาวของส่วนโคน	L_c/D	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อระบายฝุ่น	D_d/D	0.375	0.4	0.25	0.4	0.375	0.4

ที่มา : Cyclones (1986) (เอกสารอ้างอิง (3))

ดังนั้นท่อที่จะต่อเข้าไซโคลนต้องบีบให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามสัดส่วนที่แสดงในตารางที่ จ.6 ความยาวของท่อออก (S) ต้องยาวไม่น้อยกว่าความสูงของท่อเข้า (H) และความยาวของส่วนโคน (L_c) ต้องยาวไม่น้อยกว่าตัวไซโคลน (L_b) ไซโคลนขนาดเล็กจะมีประสิทธิภาพในการแยกฝุ่นขนาดเล็กได้ดีกว่าไซโคลนขนาดใหญ่ ในบางกรณีที่มีปริมาณลมมาก อาจใช้ไซโคลนหลายตัวขนาดเดียวกันต่อกันแบบขนาน หรือใช้ไซโคลนขนาดต่างๆ กันจากใหญ่ไปเล็ก ต่อกันแบบอนุกรม นอกจากนี้ท่อระบายฝุ่นควรจัดทำเป็น Air Lock โดยตารางที่ จ.7 ได้แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของไซโคลนให้ผู้อ่านได้เห็นภาพอย่างง่ายๆ

ตารางที่ จ.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของไซโคลน

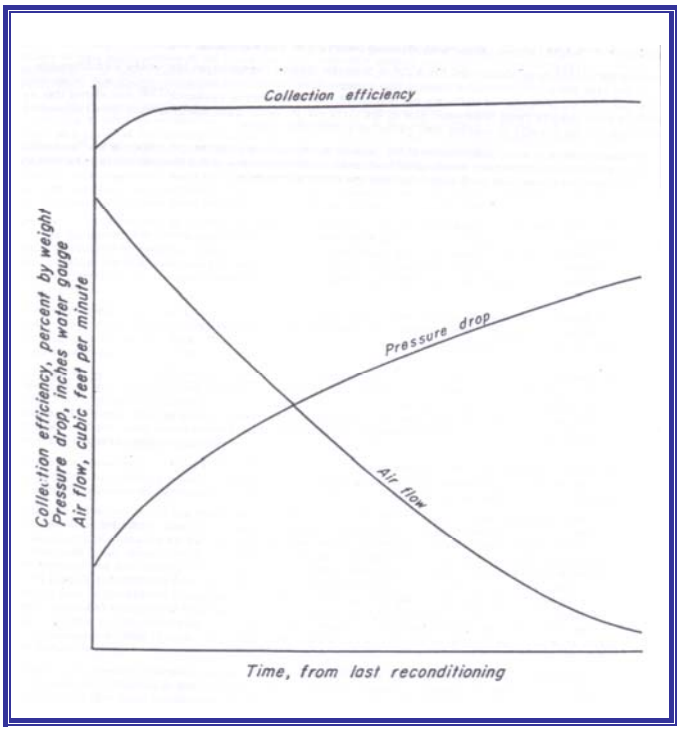
พารามิเตอร์	ความดันสูญเสีย	ประสิทธิภาพ
เพิ่มขนาดไซโคลน	ลดลง	ลดลง
เพิ่มความยาวของส่วนทรงกระบอก และส่วนโคน	ลดลงเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น
เพิ่มขนาดของท่ออากาศออก	ลดลง	ลดลง
เพิ่มพื้นที่ท่ออากาศเข้า	เพิ่มขึ้น	ลดลง
เพิ่มความเร็ว	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
เพิ่มอุณหภูมิ	ลดลง	ลดลง
ความเข้มข้นของฝุ่นมากขึ้น	ยิ่งลดลง	เพิ่มขึ้น
เพิ่มขนาด และ/หรือ ความหนาแน่นของอนุภาค	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น

ที่มา : ตำราระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ กรมโรงงานอุตสาหกรรม (เอกสารอ้างอิง (45))

ถุงกรอง

ถุงกรองเป็นการแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซที่แพร่หลายมากวิธีหนึ่ง ซึ่งใช้เส้นใย และฝุ่นในการกรองฝุ่นด้วยกัน การเลือกถุงกรองสำหรับใช้งาน ต้องคำนึงถึง ชนิดของผ้าที่ใช้ ความเร็วในการกรอง ซึ่งขึ้นกับชนิดของผ้าและชนิดของฝุ่น[3] วิธีการถ่ายฝุ่นออกจากถุงกรอง ระบบทำความสะอาด (Reconditioning)[4] และพื้นที่สำหรับติดตั้ง

ปัญหาหลักที่พบเกี่ยวกับระบบถุงกรอง คือการขาดการทำความสะอาดถุงกรอง หรือทำความสะอาดได้ไม่สมบูรณ์ ผลที่เกิดขึ้นคือถุงกรองที่มีชั้นเค้กของฝุ่นสะสมมากขึ้น จะทำให้ปริมาณลมที่ดูดได้น้อยลงไป ขณะที่ความดันลดของระบบจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งในแง่ของประสิทธิภาพการกรองฝุ่น ผ้ากรองที่มีชั้นเค้กของฝุ่นอยู่บนผ้ากรองจะทำให้กรองฝุ่นได้ดีขึ้น เนื่องจากชั้นเค้กช่วยกรองฝุ่นอีกทีหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ จ.21 แต่เนื่องจากเมื่อความเร็วที่ปากท่อดูดลดลง จะไม่สามารถรวบรวมฝุ่นได้ดังเดิม ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบต่ำลง



ที่มา : Industrial Ventilation 23rdEdition ,1998 (เอกสารอ้างอิง (2))

รูปที่ จ.21 ประสิทธิภาพของถุงกรอง ปริมาณลม และความดันลดของถุงกรองในระหว่างที่ยังไม่มีการทำความสะอาด (Reconditioning)

[3] ความเร็วในการกรองสูงสุดของผ้า Cotton Sateen สำหรับฝุ่นไม้ อยู่ที่ 8 ฟุตต่อนาที (ที่มา: Air Pollution Engineering Manual เอกสารอ้างอิง (15))

[4] วิธีการทำความสะอาดแบบต่างๆ ได้แก่ แบบแมนนวล (ใช้ไม้เคาะ เท้าเหยียบ ถอดมาซัก) แบบกลไก (เขย่าทำความสะอาด) แบบพัลส์เจท และแบบอากาศไหลย้อน การใช้วิธีการใดขึ้นกับขนาด จำนวนของถุงกรอง และลักษณะการใช้งาน

นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานยังต้องให้ความสำคัญกับวิธีการถ่ายฝุ่นออกจากถุงกรองไม่ให้ฟุ้งกระจาย ซึ่งอาจจะใช้ความชื้นร่วมกับการใช้ปลอกผ้าใบสวมในระหว่างถ่ายฝุ่นจากถุงกรองลงยังพาหนะบรรทุก

ทั้งนี้ ไม่ว่าจะใช้ระบบบำบัดมลพิษแบบใด พารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการควบคุมระบบ คือ ค่าความดันลดของระบบ อย่างน้อยที่สุดระบบถุงกรองต้องมีมาตรวัดความดันที่ท่อก่อนเข้าถุงกรอง และที่ท่อออกจากถุงกรอง (หรือที่ท่อเข้า หากทางด้านออกไม่มีท่อ) และผู้ที่ดูแลระบบควรบันทึกค่าความดันลดของถุงกรอง (ผลต่างของความดันในท่อก่อนเข้าระบบ และออกจากระบบ) ทุกกะการทำงาน เพื่อให้ทราบถึงสภาพการทำงานและปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น และสามารถแก้ไขได้ทันท่วงที เช่น ปัญหาการอุดตัน (Clogging) ความบกพร่องของระบบทำความสะอาด ถุงกรองฉีกขาด เป็นต้น

การเลือกระบบถุงกรองสำหรับใช้งานในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ ผู้ประกอบการควรพิจารณาถึง

1. โอกาสในการแยกพื้นที่ในการรวบรวมฝุ่นออกเป็นโซน เพื่อใช้พัดลมขนาดเล็กลง และลดโอกาสในการเดินระบบทั้งหมดในขณะที่มีการใช้งานเครื่องจักรเพียงบางตัว
2. ร้อยละการใช้งานของเครื่องจักรว่ามีการใช้งานสม่ำเสมอเพียงใด เช่น สำหรับระบบที่ใช้พัดลมขนาด 50 แรงม้า ขึ้นไป ทำงานวันละ 2 กะ และมีการใช้งานเครื่องจักรประมาณร้อยละ 50 – 60 ควรพิจารณาความเป็นไปได้ของการติดตั้งระบบการเปิด-ปิดแดมเปอร์อัตโนมัติพร้อมติดตั้งอินเวอร์ทเตอร์ เพื่อปรับกำลังของพัดลมให้เหมาะสมกับปริมาณลมที่ต้องการ ซึ่งความคุ้มค่าในการลงทุนส่วนนี้ขึ้นกับร้อยละการใช้งานเครื่องจักรเป็นหลัก หากโรงงานมีการใช้งานเครื่องจักรเกือบตลอดเวลา หรือมีการแบ่งพื้นที่ และมีการขยายกำลังการผลิตเป็นลำดับขั้นแล้วจึงขยายขนาดของระบบรวบรวมฝุ่นตาม อาจไม่มีความจำเป็นในส่วนนี้
3. การทำความสะอาดถุงกรอง ควรจะมีความสามารถทำความสะอาดได้ในขณะที่ถุงกรองทำงานอยู่ โดยต้องพิจารณาถึงรอบในการทำความสะอาด ความสามารถในการทำความสะอาดถุงกรองได้สะอาดตลอดทั้งพื้นที่ของถุงกรอง ผลกระทบต่ออายุการใช้งานของถุงกรอง กลไกในการทำสะอาดถุงกรองที่นิยมใช้กันได้แก่ แบบเขย่า (Mechanical Shaker) แบบอากาศไหลย้อน (Reversed Air) และแบบพัลส์เจท (Pulse Jet) หรือผสมผสานกันหลายๆ กลไก เช่น แบบเขย่าร่วมกับแบบไหลย้อน เป็นต้น
4. ชนิดของผ้ากรอง ต้องพิจารณาถึงความเร็วในการกรอง (สะท้อนถึงพื้นที่ของผ้ากรองที่ต้องใช้งาน หากความเร็วในการกรองสูง จะใช้พื้นที่ผ้ากรองน้อยลงในการรองรับปริมาณลมเท่ากัน) ประสิทธิภาพในการกรอง (สะท้อนถึงปริมาณฝุ่นที่ระบายออก) อายุการใช้งานและราคาของผ้ากรอง (สะท้อนถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา) เป็นสำคัญ
5. การขยายขนาดของระบบ สำหรับโรงงานที่มีแผนการขยายกำลังการผลิตควรคำนึงถึงความสามารถ และความยากง่ายในการขยายขนาดของระบบรวบรวมฝุ่นด้วย

6. การเลือกขนาดของพัดลม เมื่อมีการแบ่งพื้นที่ในการรวบรวมฝุ่นทำให้มีการใช้พัดลมขนาดเล็กหลายตัว แต่จะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบเมื่อมีการใช้งานเพียงบางส่วนได้

7. ระบบเสริมอื่นๆ เช่น ระบบตรวจจับการเกิดประกายไฟและระบบน้ำดับเพลิง (Spark Detection and Fire Distinguisher) ระบบควบคุมแดมเปอร์อัตโนมัติ (Automatic Damper Control) หรือระบบส่งฝุ่นที่แยกได้ที่ถุงกรองไปยังไซโลเก็บฝุ่น เป็นต้น

ปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมา ทำให้ราคาของระบบรวบรวมฝุ่นมีความแตกต่างกันไป โดยเฉลี่ยแล้วราคาของระบบที่มีขนาดไม่เกิน 50,000 ลบ.ม./ชม.[5] (30,000 ลบ.ฟุต/นาที) จะอยู่ที่ประมาณ 100บาท/ลบ.ม. และราคาของระบบที่มีขนาดใหญ่กว่า 50,000 ลบ.ม./ชม. อยู่ที่ประมาณ 60 บาท/ลบ.ม. เอกสารอ้างอิง (5))

สำหรับกรณีของถุงกรองขนาดเล็กที่ใช้กันอยู่ทั่วไปภายในโรงงานขนาดเล็ก การเลือกใช้งานถุงกรองโดยพิจารณาจากระบบทำความสะอาดถุงกรอง เพื่อลดความยุ่งยากในการทำความสะอาด และลดการสัมผัสกับฝุ่นของพนักงานให้เหลือน้อยที่สุด รวมทั้งถุงกรองชนิดที่ผ้ากรองที่มีความเร็วของการกรองสูงๆ จะต้องการพื้นที่ผ้ากรองน้อยลง ทำให้สามารถใช้พื้นที่ส่วนล่างเป็นถุงพลาสติกสำหรับเก็บฝุ่นที่สามารถถอดออกและเปลี่ยนใหม่ได้ทันที ซึ่งจะเป็นการประหยัดเวลา สะดวกในการทำงาน และลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นในระหว่างถ่ายฝุ่นออกเป็นอย่างมาก

[5] ปริมาณลมดูดที่ต้องการขึ้นกับปริมาณลมดูดที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องต้องการ

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลด้านพลังงาน

ภาคผนวก ฉ
ข้อมูลด้านพลังงาน

ในภาคผนวก ฉ นี้ประกอบด้วยข้อมูลอ้างอิงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่

ฉ.1 ตารางแสดงการประหยัดพลังงานเมื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ

ฉ.2 ตารางแสดงการประหยัดพลังงานจากการลดความดันเครื่องอัดอากาศ

ฉ.3 กราฟและตารางสำหรับหาความดันสูญเสียของระบบ

ฉ.4 ตารางแสดงปริมาณอากาศรั่วและพลังงานที่สูญเสีย

ฉ.5 ข้อแนะนำความเข้มของการส่องสว่าง

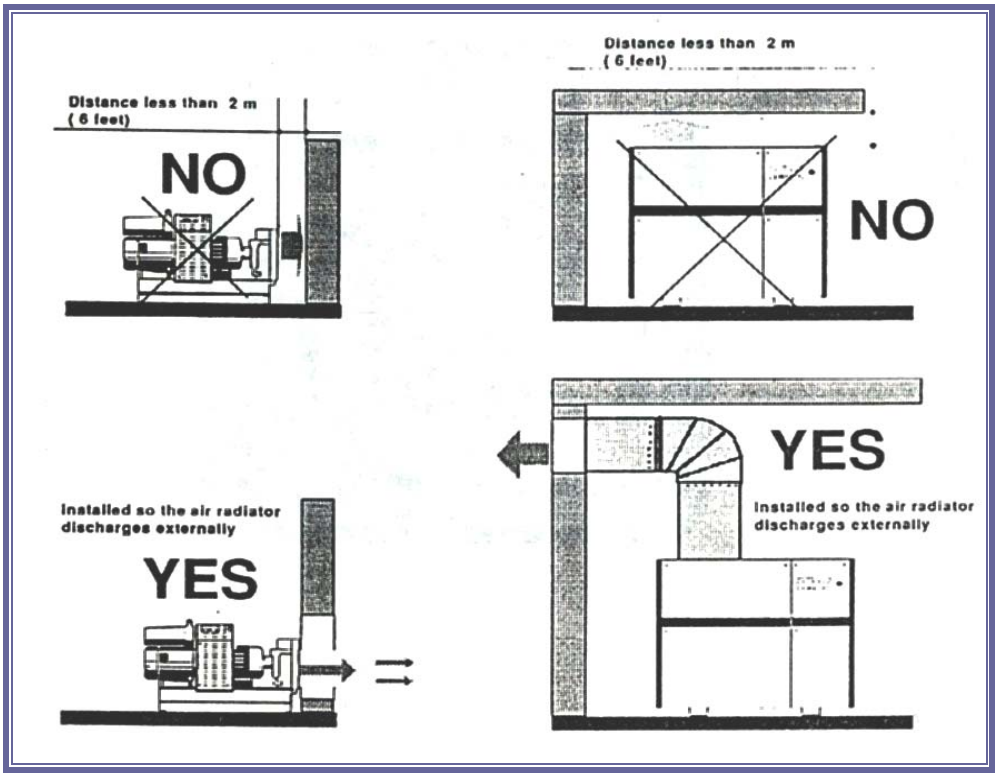
ฉ.6 ความสัมพันธ์ของการบำรุงรักษาและค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากหลอดไฟ

ฉ.7 ค่าลูเมนต่อวัตต์ของหลอดไฟประเภทต่างๆ

ฉ.8 การคำนวณหาขนาดของตัวเก็บประจุ (Capacitor Bank)

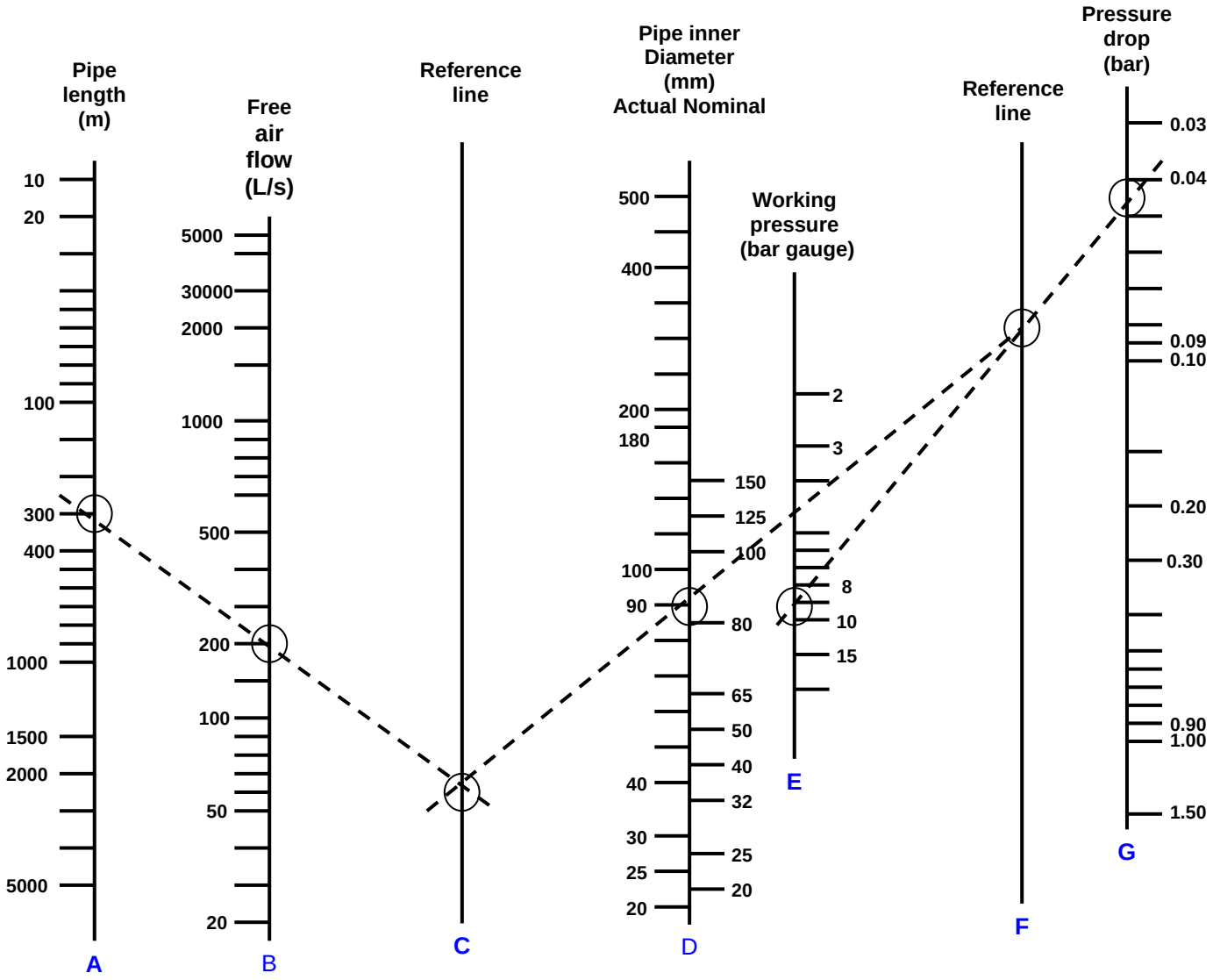
ตารางที่ ฉ.1 การประหยัดพลังงานเมื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ

คำนวณจากการทำงาน 2,000 ชั่วโมง/ปี และค่าไฟฟ้า 2.5 บาท/หน่วย						
ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	3° C		6° C		10° C	
	กิโลวัตต์ชั่วโมงที่ประหยัดได้	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)	กิโลวัตต์ชั่วโมงที่ประหยัดได้	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)	กิโลวัตต์ชั่วโมงที่ประหยัดได้	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท)
4	80	200	160	400	264	660
7.5	150	375	300	750	495	1237.5
11	220	550	440	880	725	1812.5
15	300	750	600	1200	990	2475
22	440	1100	880	1760	1,450	3625
30	600	1500	1,200	2400	1,980	4950
37	740	1850	1,480	2960	2,440	6100
55	1,100	2750	2,200	4400	3,625	9062.5
75	1,500	3750	3,000	6000	4,950	12375
110	2,200	5500	4,400	8800	7,260	18150
160	3,200	8000	6,400	12800	10,550	26375



ตารางที่ ฉ.2 การประหยัดพลังงานจากการลดความดันเครื่องอัดอากาศ

ขนาดเครื่องอัดอากาศ	คำนวณจากการทำงาน 2,000 ชั่วโมง/ปี เครื่องอัดอากาศความดัน 700 kPa หรือ 7 บาร์ และค่าไฟฟ้า 2.5 บาท/หน่วย							
	50 kPa หรือ 0.5 บาร์		**100 kPa หรือ 1 บาร์**		**150 kPa หรือ 1.5บาร์**		**200 kPa หรือ 2 บาร์**	
กิโลวัตต์	**ประหยัดกิโลวัตต์**	**ประหยัดบาท**	**ประหยัดกิโลวัตต์**	**ประหยัดบาท**	**ประหยัดกิโลวัตต์**	**ประหยัดบาท**	**ประหยัดกิโลวัตต์**	**ประหยัดบาท**
4	320	800	640	1,600	960	2,400	1,280	3,200
7.5	600	1,500	1,200	3,000	1,800	4,500	2,400	6,000
11	875	2,187.5	1,750	4,375	2,625	6,562.5	3,500	8,750
15	1,195	2,987.5	2,390	5,975	3,583	8,957.5	4,780	11,950
22	1,775	4,437.5	3,510	8,775	5,265	13,162.5	7,020	17,550
30	2,390	5,975	4,780	11,950	7,170	17,925	9,560	23,900
37	2,945	7,362.5	5,890	14,725	8,836	22,090	11,780	29,450
55	4,380	10,950	8,760	21,900	13,140	32,850	17,520	43,800
75	5,975	14,937.5	11,760	29,400	17,925	44,812.5	23,900	59,750
110	8,760	21,900	17,520	43,800	26,280	65,700	35,040	87,600
160	12,750	31,875	25,500	63,750	38,250	95,625	51,000	127,500



รูปที่ ฉ.3-1 กราฟและตารางสำหรับหาความดันสูญเสียของระบบ

A: Pipe length (m) = ความยาวท่อตรง (เมตร) (รวมความยาวทั้งหมดของข้อต่อแล้ว)

B: Free air flow (L/s) = อัตราการไหลของอากาศอิสระ (ลิตร / วินาที)

C: Reference line = เส้นอ้างอิง

D: Pipe inner diameter (mm) = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ มิลลิเมตร

Actual = ขนาดจริง

Nominal = ขนาดระบุ

E: Working pressure (bar gauge) = ความดันทำงาน (บาร์ เกจ)

F: Reference line = เส้นอ้างอิง

G: Pressure drop (bar) = ความดันตก (บาร์) (ของความยาวตาม **A**)

ตารางที่ ฉ.3-2 การสูญเสียความดันในอุปกรณ์ท่อ

อุปกรณ์ในท่อ	เทียบเท่าท่อตรง (เมตร) ขนาดภายในของท่อ (มิลิเมตร)									
	15	**20**	**25**	**40**	**50**	**80**	**100**	**125**	**150**	**200**
วาล์วประตูเปิดทั้งหมด (Fully open Gate valve)	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	1	1.3	1.6	1.9	2.6
วาล์วประตูเปิดครึ่งหนึ่ง (Half Closed Gate valve)		3.2	5	8	10	16	20	25	30	40
วาล์วไดอะแฟรมเปิดทั้งหมด (Fully open Diaphram valve)	0.6	1	1.5	2.5	3	4.5	6	8	10	
วาล์วต่อมุมเปิดทั้งหมด (Fully opened Angle valve)	1.5	2.6	4	6	7	12	13	18	22	30
โกลบวาล์วเปิดทั้งหมด (Fully open Globe valve)	2.7	4.8	7.5	12	15	24	30	38	45	60
บอลล์ วาล์วโตเต็มท่อเปิดทั้งหมด (Fully open Full bore Ball valve)	0.5	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
บอลล์ วาล์วลดขนาดลงเปิดทั้งหมด (Fully open Reduced bore Ball valve)	3.4	4.9	2.4	2.2	5	2.6	4.1	3.3	12.1	22.3
วาล์วกันย้อนบานแกว่งเปิดทั้งหมด (Fully opened Swing check valve)		1.3	2	3.2	4	6.4	8	10	12	16
ข้อโค้ง (Bend R= 2D)	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	1	1.2	1.5	1.8	2.4
ข้องอ (Bend R=D)	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2	2.4	3.2
ข้องอมุม 90^{o} (Mitre bend 90^{o})	0.6	1	1.5	2.4	3	4.8	6	7.5	9	12
สามตาออกตรง (Straight run Tee)	0.6	0.3	0.5	0.8	1	1.6	2	2.5	3	4
สามตาออกข้าง (Side outlet Tee)		1	1.5	2.4	3	4.8	6	7.5	9	12
ท่อลด (Reduce)		0.3	0.5	0.7	1	2	2.5	3.1	3.6	4.8

ตารางที่ ฉ.4 ตารางแสดงปริมาณอากาศรั่วและพลังงานที่สูญเสีย

ปริมาณอากาศที่รั่ว ที่ความดัน 700Kpa หรือ 7 bar,100psig (ลิตร/วินาที)	เทียบเท่า ขนาดรู (mm)	พลังงานสูญเสีย (kW/h)	มูลค่าต่อปี (บาท)
0.2	0.4	133	332.5
0.8	0.8	532	1330
3.2	1.6	2,128	5320
12.8	3.2	8,512	21280
51.2	6.4	34,080	85200
204.8	12.7	136,192	340480

หมายเหตุ: คำนวณจากการใช้งาน 2,000 ชั่วโมงต่อปี และค่าไฟฟ้า 2.5 บาท/หน่วย

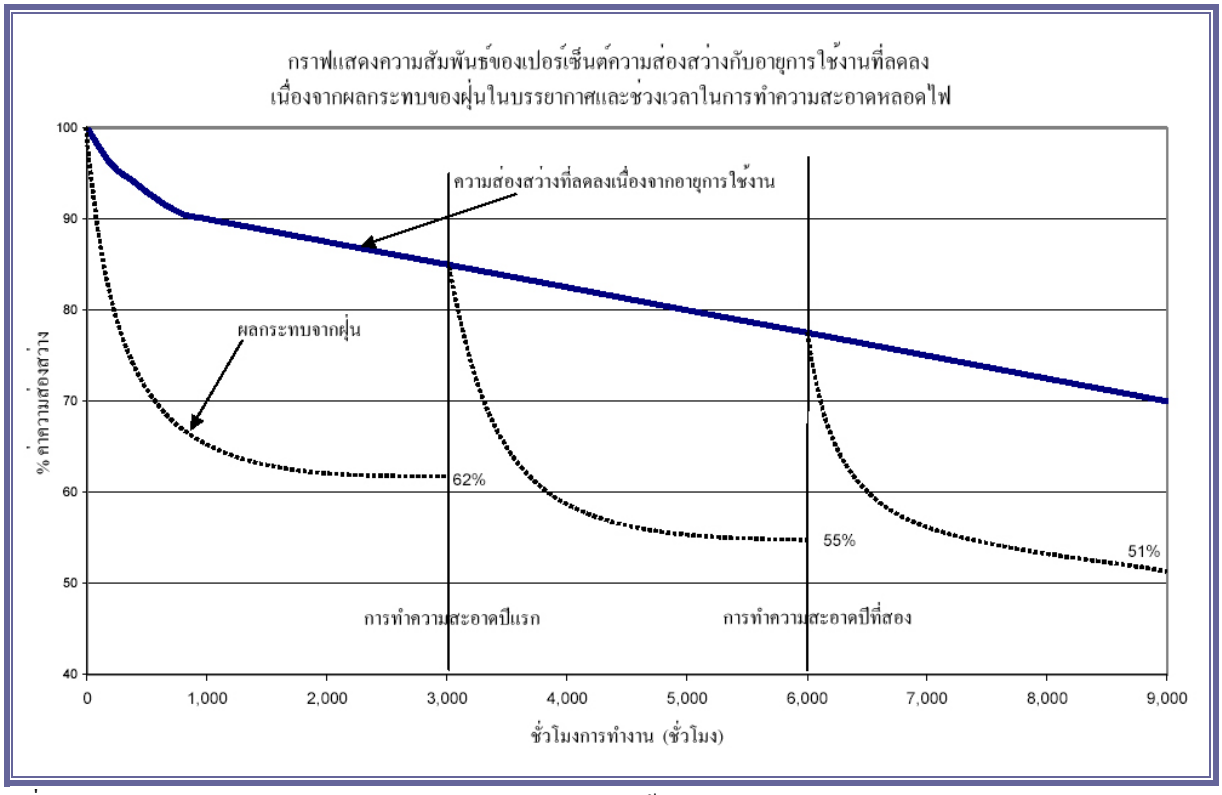
ฉ.5 ข้อแนะนำความเข้มของการส่องสว่าง

ตารางที่ ฉ.5 ค่าแนะนำความเข้มของการส่องสว่างที่แนะนำสำหรับกิจกรรมของเวิร์คช๊อปงานไม้และโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

ลักษณะของกิจกรรม	ช่วงความเข้มของการส่องสว่าง (ลักซ์) ต่ำสุด – ค่าเฉลี่ย – สูงสุด
โรงเลื่อยไม้	150 – 200 – 300
งานเวิร์คช๊อป งานประกอบ	200 – 300 – 500
การทำงานกับเครื่องจักรงานไม้	300 – 500 – 750
งานตบแต่งผิวและตรวจสอบขั้นสุดท้าย	500 – 750 – 1000

ที่มา : CIE Standard of Illuminance (เอกสารอ้างอิง (40))

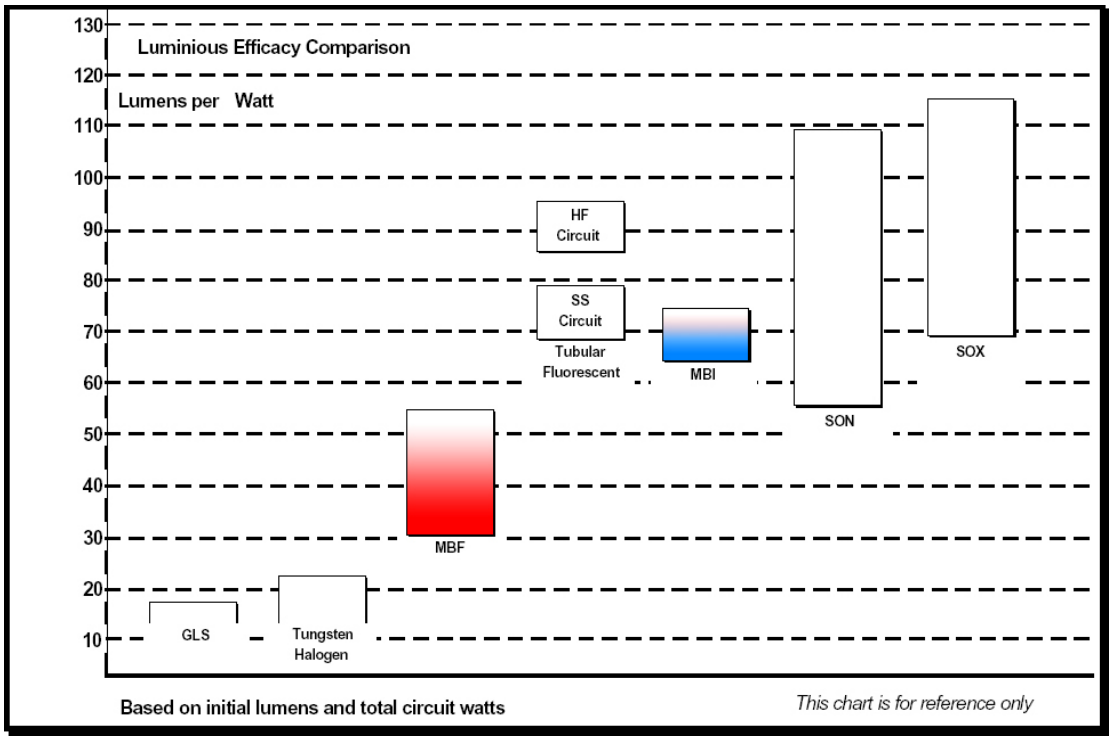
ฉ.6 ความสัมพันธ์ของการบำรุงรักษาและค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากหลอดไฟ



ที่มา : Guidelines on Energy Efficiency of Lighting Installations (เอกสารอ้างอิง (10))

รูปที่ ฉ.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการบำรุงรักษาและค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากหลอดไฟ

ฉ.7 ค่าลูเมนต่อวัตต์ของหลอดไฟประเภทต่างๆ



ที่มา : Guidelines on Energy Efficiency of Lighting Installations, Electrical and Mechanical Services Department the Government of the Hong Kong Special Administrative Region (เอกสารอ้างอิง (10))

รูปที่ ฉ.7 ค่าลูเมนต่อวัตต์ของหลอดประเภทต่างๆ

หมายเหตุ = หลอด Mercury Vapour (MBF)
= หลอด Metal Halide (MBI)

ตารางที่ ฉ.7 คุณสมบัติของหลอด Mercury Vapour และหลอด Metal Halide

พารามิเตอร์	หลอด Mercury Vapour	หลอด Metal Halide
กำลังไฟฟ้าของหลอด	400 วัตต์	250 วัตต์
กำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์	28 วัตต์	19 วัตต์
ความส่องสว่าง	30 – 55 lm/วัตต์	75 – 125 lm/วัตต์
อายุการใช้งาน	20,000 ชั่วโมง	20,000 ชั่วโมง
Starting Response	2 นาที	4 นาที
Mounting Height	6 เมตร	6 เมตร

ที่มา : ดัดแปลงจากเอกสารประกอบการบรรยาย Energy Management Training, EEC-Energetics Co., Ltd. (เอกสารอ้างอิง (57))

ฉ.8 การคำนวณหาขนาดของตัวเก็บประจุ (Capacitor Bank)

ในการคำนวณขนาดของตัวเก็บประจุ เมื่อทราบค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เฉลี่ย (PF) ของโรงงาน สามารถเลือกขนาดของตัวเก็บประจุที่ต้องการใช้ต่อกิโลวัตต์ได้จากตารางที่ ฉ.8 (เอกสารอ้างอิงที่ (46)) ดังตัวอย่างการคำนวณ

หากค่า PF เดิมเท่ากับ	0.74
ต้องการปรับให้ค่าสูงขึ้นเป็น	0.95

ค่า PF ที่ไม่ต้องเสียค่าธรรมเนียม คือ 0.85 หรือมากกว่า โดยปกติต้องปรับให้ค่า PF สูงกว่า 0.85 (เป็น Safety Factor) เนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ความไม่เสถียรของค่า PF ค่าความต้องการไฟฟ้าที่อาจสูงขึ้นในอนาคต ประสิทธิภาพของตัวเก็บประจุที่อาจเสื่อมลงตามเวลา และคำนึงถึงขนาดของตัวเก็บประจุที่มีขายในท้องตลาดด้วย

ต้องการขนาดของตัวเก็บประจุเท่ากับ (ตารางที่ ฉ.8)	0.58	กิโลวาร์/กิโลวัตต์
หากความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของโรงงานคือ	300	กิโลวัตต์
ดังนั้นต้องการขนาดของตัวเก็บประจุ (0.58 x 300)	174	กิโลวาร์

(ขนาดทั่วไปของตัวเก็บประจุคือ 50, 25 และ 12 กิโลวาร์)

ตารางที่ ฉ.8 แสดงค่าในการคำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุ

เพาเวอร์แฟคเตอร์เดิม (%)	เพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องการ (%)										
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.319	1.165	1.192	1.220	1.248
51	0.936	0.962	0.988	1.014	1.040	1.066	1.093	1.119	1.146	1.174	1.202
52	0.894	0.920	0.946	0.972	0.998	1.024	1.051	1.077	1.104	1.132	1.160
53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116
54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075
55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035
56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996
57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958
58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921
59	0.618	0.644	0.670	0.696	0.722	0.648	0.775	0.801	0.828	0.856	0.884
60	0.584	0.610	0.636	0.662	0.688	0.714	0.741	0.767	0.794	0.822	0.849
61	0.549	0.575	0.601	0.627	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815
62	0.515	0.541	0.567	0.593	0.619	0.645	0.672	0.698	0.725	0.753	0.781
63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.721	0.749
64	0.450	0.476	0.502	0.528	0.554	0.580	0.607	0.633	0.660	0.688	0.716
65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685
66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654
67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624
68	0.329	0.355	0.381	0.407	0.433	0.459	0.486	0.512	0.539	0.567	0.595
69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565
70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536
71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508
72	0.213	0.239	0.265	0.291	0.317	0.343	0.370	0.396	0.423	0.451	0.479
73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452
74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425
75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398
76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371
77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345
78	0.053	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.210	0.236	0.263	0.291	0.319
79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292
80	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266
81	-	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240
82	-	-	0.000	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214
83	-	-	-	0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188
84	-	-	-	-	0.000	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162
85	-	-	-	-	-	0.000	0.027	0.053	0.080	0.108	0.136

ที่มา : คู่มือเรื่องการแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (เอกสารอ้างอิง (44))

ตารางที่ ฉ.8 แสดงค่าในการคำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุ (ต่อ)

เพาเวอร์แฟคเตอร์เดิม (%)	เพาเวอร์แฟคเตอร์ที่ต้องการ (%)									
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
50	1.276	1.303	1.337	1.369	1.402	1.441	1.481	1.529	1.590	1.732
51	1.230	1.257	1.291	1.320	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686
52	1.188	1.215	1.249	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1.644
53	1.144	1.171	1.205	1.237	1.271	1.309	1.349	1.397	1.458	1.600
54	1.103	1.130	1.160	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.559
55	1.063	1.090	1.124	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.519
56	1.024	1.051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.380	1.480
57	0.986	1.013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
58	0.949	0.976	1.010	1.042	1.076	1.114	1.154	1.202	1.263	1.405
59	0.912	0.939	0.973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
60	0.878	0.905	0.939	0.971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334
61	0.843	0.870	0.904	0.936	0.970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299
62	0.809	0.836	0.870	0.902	0.936	0.974	1.104	1.062	1.123	1.265
63	0.777	0.804	0.838	0.870	0.904	0.942	0.982	1.030	1.091	1.233
64	0.744	0.771	0.805	0.837	0.871	0.909	0.949	0.997	1.058	1.200
65	0.713	0.740	0.774	0.806	0.840	0.878	0.918	0.966	1.027	1.169
66	0.682	0.709	0.743	0.775	0.809	0.847	0.887	0.935	0.996	1.138
67	0.652	0.679	0.713	0.745	0.779	0.817	0.857	0.905	0.996	1.108
68	0.623	0.650	0.684	0.716	0.750	0.788	0.828	0.876	0.937	1.079
69	0.593	0.620	0.654	0.686	0.720	0.758	0.789	0.840	0.907	1.049
70	0.564	0.591	0.625	0.657	0.691	0.729	0.769	0.811	0.878	1.020
71	0.536	0.563	0.597	0.629	0.663	0.701	0.741	0.783	0.850	0.992
72	0.507	0.534	0.568	0.600	0.634	0.672	0.712	0.754	0.821	0.963
73	0.480	0.507	0.541	0.573	0.607	0.645	0.685	0.727	0.794	0.934
74	0.453	0.480	0.514	0.546	0.580	0.618	0.658	0.700	0.767	0.909
75	0.426	0.453	0.487	0.519	0.553	0.591	0.631	0.673	0.740	0.882
76	0.399	0.426	0.460	0.492	0.526	0.564	0.604	0.652	0.713	0.856
77	0.373	0.400	0.434	0.466	0.500	0.538	0.578	0.620	0.687	0.829
78	0.347	0.374	0.408	0.440	0.474	0.512	0.552	0.594	0.661	0.803
79	0.320	0.347	0.381	0.413	0.447	0.485	0.525	0.567	0.634	0.776
80	0.294	0.321	0.355	0.387	0.421	0.459	0.499	0.541	0.808	0.750
81	0.268	0.295	0.329	0.361	0.395	0.433	0.473	0.515	0.582	0.724
82	0.242	0.269	0.303	0.335	0.369	0.407	0.447	0.489	0.556	0.698
83	0.216	0.243	0.277	0.309	0.343	0.381	0.421	0.463	0.530	0.672
84	0.190	0.217	0.251	0.283	0.317	0.355	0.395	0.437	0.504	0.645
85	0.164	0.191	0.225	0.257	0.291	0.329	0.369	0.417	0.478	0.620

ที่มา : คู่มือเรื่องการแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (เอกสารอ้างอิง (44))

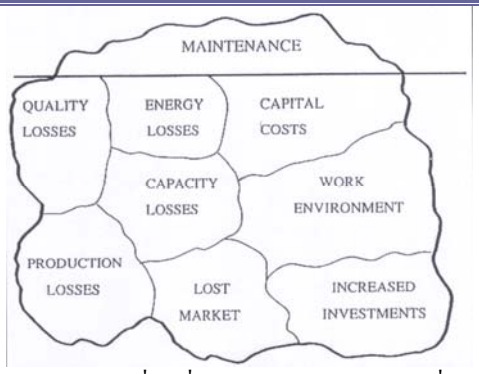
ภาคผนวก ช

การจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล

ภาคผนวก ช
การจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล

โรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ทุกแห่งมีการใช้เครื่องจักรทั้งในส่วนการผลิต และในส่วนสนับสนุนการผลิต ซึ่งอาจจะมีจำนวนมากหรือน้อยแตกต่างกันไป แต่มีโรงงานอุตสาหกรรมน้อยแห่งที่ให้ความสนใจต่อการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างจริงจัง ทั้งๆ ที่สภาพความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร มีผลโดยตรงต่อกำลังการผลิต เวลา และคุณภาพของสินค้า และมีความคิดว่าการบำรุงรักษา คือการซ่อมเมื่อเครื่องจักรเสียเป็นหลัก แต่การจัดการบำรุงรักษาสมัยใหม่ไม่ได้มุ่งเน้นที่การซ่อมแซมเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว การจัดการบำรุงรักษาสมัยใหม่คือการรักษาให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องด้วยกำลังการผลิตสูง (High Capacity) และให้ผลผลิตคุณภาพสูงโดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

การให้ความสำคัญของการจัดการบำรุงรักษาภายใต้แนวทางนี้ ต้องยอมรับก่อนว่าการบำรุงรักษาและความสามารถในการผลิตมีความสัมพันธ์กัน และทำการควบคุมการจัดการบำรุงรักษาโดยผลลัพธ์ที่ได้จากการบำรุงรักษา ไม่ใช่การควบคุมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น เพราะหากตัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาบางส่วนออกไป อาจเกิดผลเสียหายมากกว่าค่าใช้จ่ายที่ถูกตัดออกไปก็ได้ ในหนังสือและบทความต่างๆ เกี่ยวกับการบำรุงรักษา มักจะเปรียบเทียบผลลัพธ์และค่าใช้จ่ายจากการบำรุงรักษานี้ในรูปของภูเขาน้ำแข็ง ซึ่งส่วนที่มองเห็นคือค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา แต่ส่วนที่มองไม่เห็นคือค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เป็นผลต่อเนื่องมาจากการบำรุงรักษา ดังแสดงไว้ในรูปที่ ช.1

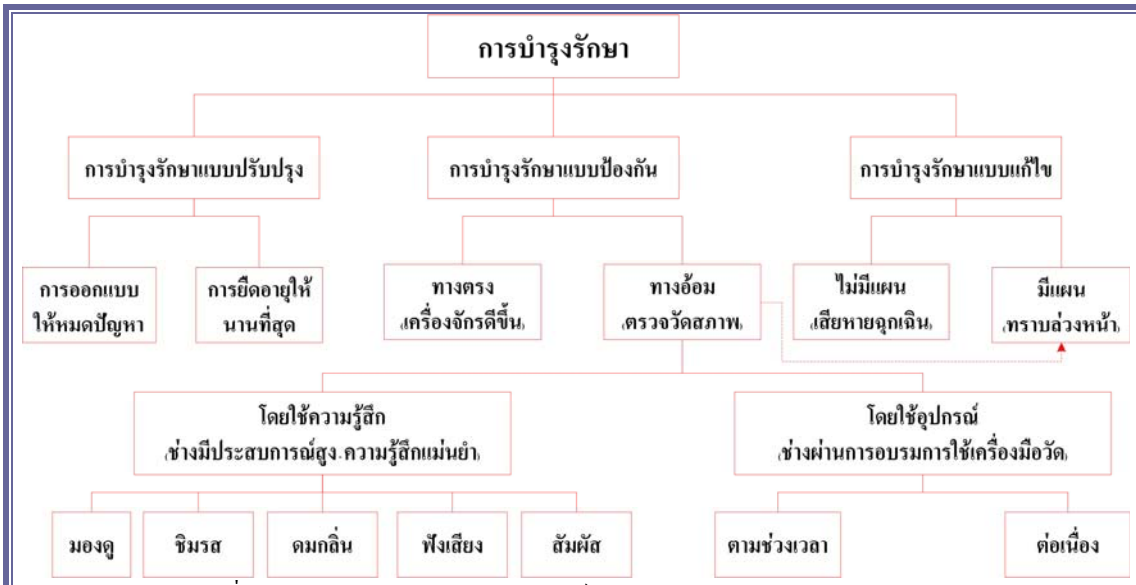


Quality Losses คือ การสูญเสียคุณภาพของสินค้าเมื่อเครื่องจักรขาดการบำรุงรักษาที่ดี
Energy Losses คือ การสิ้นเปลืองพลังงาน (และทรัพยากรอื่นๆ) ของเครื่องจักรที่ขาดการบำรุงรักษาที่ดี
Capital Costs คือ ค่าใช้จ่ายจากความเสียหายของเครื่องจักรและการสำรองอะไหล่มากขึ้น
Production Losses คือ การสูญเสียผลผลิต การทำงานซ้ำ และอื่นๆ
Capicity Losses คือ การสูญเสียความสามารถของเครื่องจักรที่ลดลงจากการสึกหรอ และเสื่อมสภาพ
Work Environment คือ สภาพแวดล้อมการทำงานที่มีความเสี่ยง เกิดผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน
Lost Market คือ การสูญเสียลูกค้าเนื่องจากต้องหยุดผลิตโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้า ทำให้ส่งสินค้าไม่ทัน
Increased Investments คือ การลงทุนในเครื่องจักรใหม่เร็วกว่ากำหนด จากการเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ

รูปที่ ช.1 ผลกระทบต่อเนื่องของการบำรุงรักษา

ประเภทของการบำรุงรักษา

การเลือกกลยุทธ์ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ รักษาสมรรถนะความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรโดยมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด การที่จะเลือกใช้กลยุทธ์ในการบำรุงรักษาแบบใดนั้น ต้องทราบถึงประเภทของการบำรุงรักษาแต่ละลักษณะ ในรูปที่ ช.2 แสดงประเภทของการบำรุงรักษา



ที่มา : เอกสารประกอบการสัมมนา กลยุทธ์การจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล

การออกแบบให้หมดปัญหา (Design Out Maintenance – DOM) เช่น การใช้แบตเตอรี่แห้งแทนแบบเติมน้ำกลั่น

การยืดอายุให้นานที่สุด (Life Time Extension - LTE) เช่น การจำกัดโหลดของหม้อแปลงให้ไม่เกิน 80% ของพิกัด

การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางตรง (Direct Preventive Maintenance) หรือการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Fixed Time Maintenance - FTM) เช่น การทำความสะอาด การหล่อลื่น

การบำรุงรักษาแบบป้องกันทางอ้อม (Indirect Preventive Maintenance) หรือการบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Maintenance - CBM) เช่น การตรวจรอยรั่วของท่อลม การตรวจสภาพของลูกลอย

การบำรุงรักษาแบบแก้ไขโดยไม่มีแผนหรือแบบฉุกเฉิน (Unplanned Corrective Maintenance Or Breakdown Maintenance – BDM) เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟที่ขาด

การบำรุงรักษาแบบแก้ไขโดยมีแผน (Planned Corrective Maintenance - PCM) เช่น การเปลี่ยนตลับลูกปืนเมื่อเกิดเสียงผิดปกติ

รูปที่ ช.2 ประเภทของการบำรุงรักษา

การเลือกวิธีการบำรุงรักษา

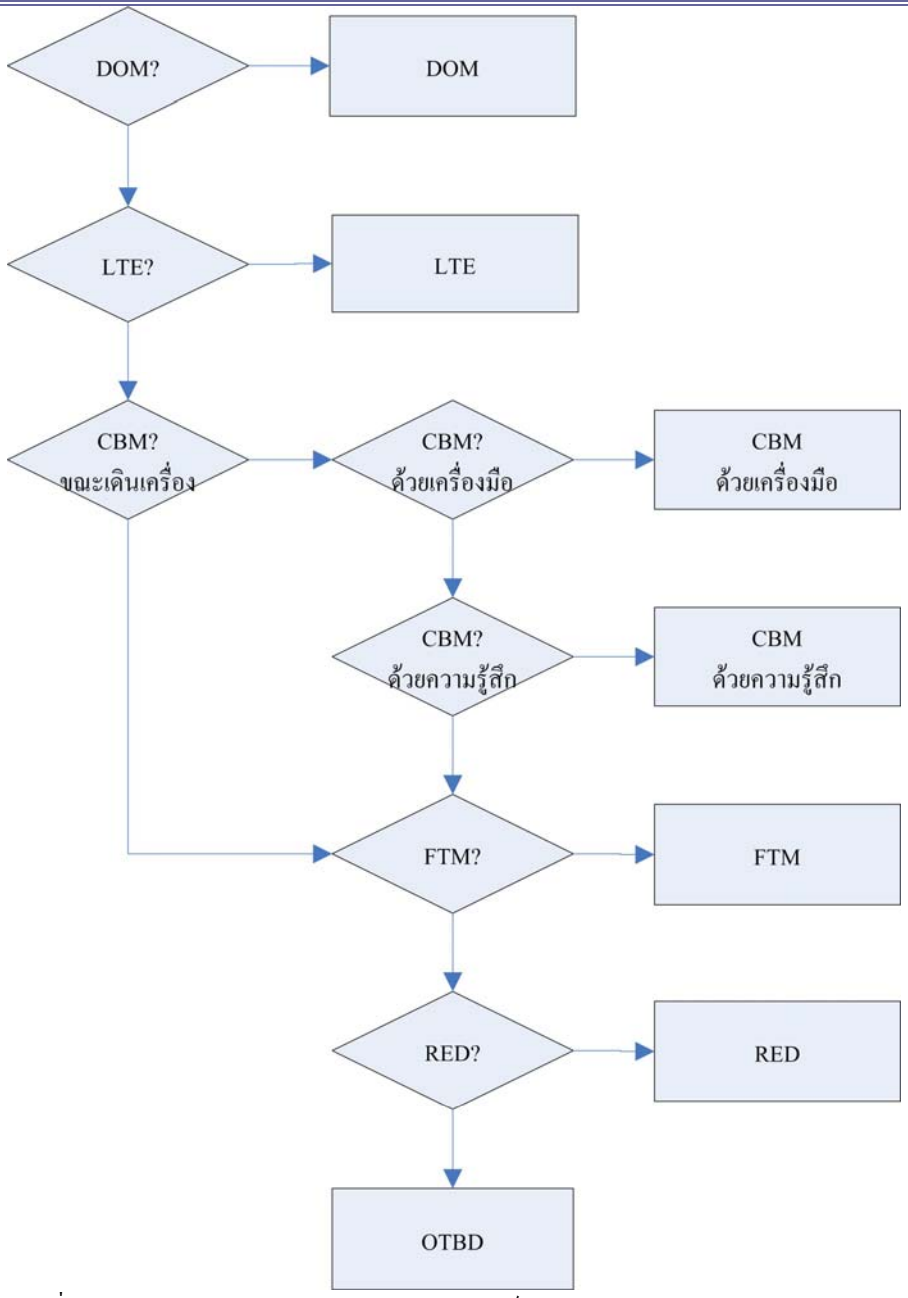
การเลือกประเภทของการบำรุงรักษาให้ถูกต้องกับอุปกรณ์ จำเป็นต้องทราบถึงรูปแบบของความเสียหายก่อน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองลักษณะ คือ ความเสียหายแบบไม่แน่นอน (Random Failure) และความเสียหายแบบปกติ (Regular Failure) หากความเสียหายที่เกิดขึ้นเป็นแบบปกติซึ่งสามารถคาดคะเนได้ควรเลือกใช้การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาเป็นหลัก

นอกจากรูปแบบความเสียหายแล้ว ปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดความเสียหายในรูปแบบที่ต่างกัน คือ อายุการใช้งานเฉพาะตัว (ขึ้นกับคุณภาพของชิ้นส่วนนั้น และปัจจัยแวดล้อม) และเวลาเตือนการเกิดความเสียหาย (ชิ้นส่วนบางชิ้นมีระยะการเตือนนานตั้งแต่เริ่มมีปัญหาจนกระทั่งเสียหาย แต่ชิ้นส่วนบางชิ้นแทบจะไม่มีการเตือนล่วงหน้า) ในการใช้การบำรุงรักษาตามสภาพโดยมีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจวัดต้องมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด และทักษะในการใช้อุปกรณ์ของพนักงานอยู่เสมอ โดยถ้าชิ้นส่วนใดมีระยะการเตือนส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจวัดแบบตามช่วงเวลา (Off-line) หากไม่มีเวลาเตือนหรือมีเวลาเตือนสั้นนิยมใช้การตรวจวัดแบบต่อเนื่อง (On-line)

ข้อพึงระวังอีกประการหนึ่งคือการกำหนดมาตรฐาน หรือเกณฑ์ในการบำรุงรักษาที่ถูกต้องกับสภาพของโรงงาน ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนสายพานรูปตัววีของคอมเพรสเซอร์ว่าจะเปลี่ยนตามชั่วโมงการทำงาน หรือเปลี่ยนเมื่อตรวจพบรอยแตกร้าว หรือการใช้น้ำมันหล่อลื่นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่าจะเปลี่ยนตามชั่วโมงการทำงาน หรือเปลี่ยนตามคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปเป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของแต่ละโรงงาน จากปัจจัยต่างๆเหล่านี้ การเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่ถูกต้องในแต่ละกรณีสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ช.1 หรืออาจใช้แผนผังในรูปที่ ช.3 ช่วยในการพิจารณาการเลือกใช้การบำรุงรักษาแบบต่างๆ

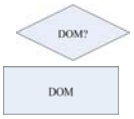
ตารางที่ ช.1 การพิจารณาวิธีการบำรุงรักษา

	มีเวลาเตือนความเสียหาย	**ไม่มีเวลาเตือนความเสียหาย**
ความเสียหายแบบไม่แน่นอน	การบำรุงรักษาตามสภาพ โดยใช้เครื่องมือตรวจสภาพ เช่น ตลับลูกปืน	ใช้การทำงานจนหมดอายุการใช้งาน (Operate to breakdown – OTBD) เช่น ฟิวส์ ซึ่งต้องอาศัยทีมงานและอะไหล่ที่พร้อมเสมอ หรือมีระบบสำรอง (Redundant – RED) เช่น ในวงจรควบคุมที่มีความสำคัญ
ความเสียหายแบบปกติ	ใช้การบำรุงรักษาตามสภาพ หรือตามกำหนดเวลา เช่น สายพาน	ใช้การบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา หรือใช้การบำรุงรักษาเมื่อเสียหาย เช่น หลอดไฟแสงสว่าง



ที่มา : ดัดแปลงจากเอกสารประกอบการสัมมนา กลยุทธ์การจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล

คำอธิบายการใช้แผนผัง

เริ่มจากตั้งคำถามว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรนี้ หากใช้วิธีการบำรุงรักษาที่อยู่ใน 

มีความเป็นไปได้ทางเทคนิค และเศรษฐศาสตร์หรือไม่ หากเป็นไปได้ให้ใช้วิธีที่แสดงใน
ถัดไป หากเป็นไปไม่ได้ จึงพิจารณาวิธีการบำรุงรักษาถัดไป

รูปที่ ช.3 การเลือกใช้วิธีการบำรุงรักษาแบบต่างๆ

ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของวิธีการแต่ละวิธีเพื่อประกอบการพิจารณาวิธีการบำรุงรักษา สามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณ

(ดัดแปลงจากเอกสารประกอบการสัมมนา กลยุทธ์การจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล)
จงเลือกใช้การบำรุงรักษาที่ถูกต้องสำหรับปั๊มหอยโข่ง ซึ่งทำงานวันละ 20 ชั่วโมง โดยจะมีช่องว่างสำหรับการบำรุงรักษาให้ 3 ชั่วโมง ในเวลากลางคืนทุกๆ 2 สัปดาห์

ข้อมูลสำหรับการคำนวณ

อายุการใช้งานของใบพัด		1 – 5	ปี
ค่าสูญเสียการผลิต		10,000	บาท/ชั่วโมง
เวลาการเปลี่ยน	วางแผนไว้ก่อน	3	ชั่วโมง สำหรับช่าง 2 คน
	ไม่มีแผน	10	ชั่วโมง สำหรับช่าง 2 คน
ค่าแรง	เวลากลางวัน	150	บาท/คน/ชั่วโมง
	เวลากลางคืน	200	บาท/คน/ชั่วโมง
ค่าอะไหล่ (ใบพัด)		20,000	บาท

ตารางการคำนวณ

	OTBD	FTM	CBM
ความถี่ในการเปลี่ยน	1/3 ครั้ง/ปี*	1 ครั้ง/ปี	1/3 ครั้ง/ปี*
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทางตรงต่องาน			
- ค่าวัสดุ	20,000	20,000	20,000
- ค่าแรง	10x2x150= 3,000	3x2x200= 1,200	3x2x200= 1,200
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทางตรง/ปี	(20,000+3,000)/3 = 7,656	(20,000+3,000) = 21,200	(20,000+3,000)/3 = 7,066
ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาทางอ้อมต่องาน	9x10,000 = 90,000	0	0
ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาทางอ้อม/ปี	90,000/3 = 30,000	0	0
ค่าใช้จ่ายอื่นที่มีผลมาจากความเสียหาย	0	0	0
ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาทั้งหมด/ปี	7,656+30,000 = 37,656	21,200	7,066**

* อายุการใช้งานเฉลี่ย เท่ากับ (1+5)/2 = 3 ปี

** ยังไม่ได้คิดค่าใช้จ่ายของการตรวจ ได้แก่ ความถี่ในการตรวจ แรงงาน อุปกรณ์

สมรรถนะความพร้อมใช้งาน

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าวัตถุประสงค์หลักของการจัดการบำรุงรักษา คือการรักษาสมรรถนะความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร การวัดความสำเร็จของการบำรุงรักษา จึงจำเป็นต้องแสดงผล

ออกมาในรูปของตัวเลขความพร้อมใช้งาน ซึ่งต้องอาศัยการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ สำหรับผู้ที่เริ่มนำหลักการบำรุงรักษามาใช้จึงควรเริ่มต้นในสายงานที่สำคัญๆ ที่มีเครื่องจักรไม่มากก่อน แล้วจึงขยายผลไปยังส่วนอื่นๆ ต่อไป

สมรรถนะความพร้อมใช้งาน หรือความน่าจะเป็นที่ระบบทำงานได้ สามารถแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

Availability (A) = Sum T_{up}/(Sum T_{up} + Sum T_{down})

= MTTF/(MTTF + MDT)

= MTTF/(MTTF + MWT + MTTR)

โดยที่ A = สมรรถนะความพร้อมใช้งาน

Sum T_{up} = เวลาที่ใช้ประโยชน์

Sum T_{down} = เวลาสูญเปล่า รวมเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาทั้งมีแผน และไม่มีแผน

MTTF = เวลาใช้งานเฉลี่ยจนเสีย

MDT = เวลาสูญเปล่าเฉลี่ย

MWT = เวลารอเฉลี่ย เช่น รอแจ้งซ่อม รออุปกรณ์ รอช่าง

MTTR = เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อม

ทั้งนี้ นอกจากสมรรถนะความพร้อมใช้งานแล้ว ยังมีสมรรถนะในด้านอัตราเร็ว และด้านคุณภาพอีก ที่ต้องคำนึงถึงเมื่อพิจารณาประสิทธิผลของเครื่องจักรเชิงรวม ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ

Overall Equipment Effectiveness (OEE) = A x P x Q

โดยที่ A = สมรรถนะความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร

P = สมรรถนะอัตราเร็วการผลิตของเครื่องจักร

Q = สมรรถนะคุณภาพของผลผลิต

การจัดองค์กร และองค์ประกอบอื่นๆ

หลังจากที่ได้เลือกวิธีการบำรุงรักษาสำหรับเครื่องจักรต่างๆ แล้ว การจัดองค์กรเพื่อรองรับการจัดการบำรุงรักษาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้การจัดการบำรุงรักษานี้บรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ ซึ่งต้องคำนึงถึง ความพร้อมของบุคลากรสำหรับงานบำรุงรักษา การบริหารจัดการอะไหล่และวัสดุ การวางแผนงานการบำรุงรักษา การมีส่วนร่วมของผู้บริหารและผู้ปฏิบัติ รวมถึงการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในงานบำรุงรักษา

ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดการบำรุงรักษา

การจัดการบำรุงรักษาสามารถทำได้ทั้งแบบแมนนวล สำหรับโรงงานที่มีเครื่องจักรไม่มาก หรือแบบที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในท้องตลาดมี

ผู้พัฒนาระบบเหล่านี้ขึ้นมาหลายราย รวมถึงระบบที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ริเริ่มพัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นตัวอย่างให้กับผู้ที่สนใจและต้องการทดลองนำไปใช้งานโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย รวมทั้งยังสามารถนำซอสโค้ด (Source Codes) ไปแก้ไข ปรับปรุงให้ถูกต้องกับสภาพของตนเองได้

ทั้งนี้ ก่อนตัดสินใจว่าจะใช้ระบบแบบใด ผู้ใช้งานต้องมีการประเมิน และเปรียบเทียบ ในหัวข้อต่อไปนี้ ซึ่งผู้ใช้แต่ละรายสามารถให้น้ำหนักคะแนนของแต่ละหัวข้อแตกต่างกันไป

- การออกใบสั่งงาน
- การบริหารจัดการบุคลากร
- การเก็บข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องจักร
- ความเชื่อมโยงกับระบบอะไหล่ และวัสดุ
- การควบคุมคุณภาพ และการวิเคราะห์ประเมินผล
- การจัดทำรายงาน
- ความยากง่ายในการใช้งาน

การจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล จะช่วยสร้างประสิทธิภาพการผลิต และลดการใช้ทรัพยากรในการผลิต รวมถึงลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นได้ และจากสถิติที่ผ่านมา ความเสียหายของเครื่องจักร และการหยุดฉุกเฉินต่างๆ มีสาเหตุมาจากคนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ได้แก่ ความผิดพลาดจากการใช้งาน และความผิดพลาดจากการซ่อมมากกว่าครึ่งหนึ่ง ดังนั้น การจัดการบำรุงรักษาจะประสบความสำเร็จได้หรือไม่นั้น ปัจจัยสำคัญที่สุดอยู่ที่การเพิ่มคุณภาพ และการมีส่วนร่วมของผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้งานเครื่องจักรทุกคน

ตัวอย่างความถี่ในการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ แสดงไว้ในตารางที่ ช.2

ตารางที่ ช.2 ตัวอย่างความถี่ในการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

	เดือน											
รายการเครื่องจักรอุปกรณ์	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
เครื่องชั่ง	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
เครื่องมือไฟฟ้าและเครื่องมือลม	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
อุปกรณ์พ่นสี	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
ระบบระบายอากาศในห้องพ่นสี	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
สายพาน	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
ข้อต่อ	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
มอเตอร์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ช่วยสตาร์ท	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้า	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
เครื่องอัดอากาศ	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
ปั๊มต่างๆ	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
พัดลมหอยโข่งและสายพาน	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
ระบบลำเลียงลมและไฮดรอลิก	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
ลิฟท์ยกของและชั้นยกของ	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
ระบบแสงสว่าง	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
เครื่องเชื่อม	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
หม้อแปลงไฟฟ้า	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
สิ่งตกค้างที่ระบบป้อน	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
อุปกรณ์ดับเพลิง	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ถังเก็บน้ำและท่อต่างๆ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ระบบท่อระบายอากาศ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ระบบไฟฟ้ากำลัง	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
พัดลมหอยโข่งขนาดเล็ก												●
ดลับลูกปืนที่ใช้งานปกติ												●

หมายเหตุ: การตรวจสอบสภาพโดยทั่วไป คือ การทำความสะอาด หล่อลื่น การตั้งศูนย์ รวมถึงการบำรุงรักษาตามสภาพ แต่โรงงานควรปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานและแผนการบำรุงรักษาเฉพาะเครื่องจักรของเครื่องจักรแต่ละชนิด

การควบคุมคุณภาพแบบครบวงจร (Quality Control Circle)

โรงงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้มักประสบปัญหาการทำงานซ้ำเนื่องมาจากหลายๆ สาเหตุที่เกิดขึ้นภายในโรงงานและบ่อยครั้งที่ไม่สามารถค้นหาสาเหตุของปัญหาได้ วิธีการควบคุมคุณภาพแบบครบวงจร (Quality Control Circle) หรือ QCC เป็นวิธีการหนึ่งที่โรงงานสามารถนำมาประยุกต์ใช้ตรวจสอบสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการผลิตและการจัดการภายในโรงงานของตน เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาการทำงานซ้ำ ตลอดจนสามารถลดการสูญเสียค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ไปกับวัตถุดิบและแรงงานลงได้

วิธีการควบคุมคุณภาพแบบครบวงจร เริ่มต้นด้วยการจัดตั้งคณะทำงานที่ประกอบด้วยพนักงานจากแผนกต่างๆ ภายในโรงงาน มีเป้าหมายหลัก คือ ค้นหา ตรวจสอบ วิเคราะห์ ตลอดจนแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งคณะทำงานจะต้องมาร่วมกันประชุมระดมความคิดเห็นและวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ อย่างเป็นระบบโดยอาศัยกระบวนการคิดและแสดงผลต่างๆ เช่น แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและปัญหา (Cause-and-effect Diagrams) แผ่นบันทึกข้อมูล (Check Sheets) เป็นต้น ข้อดีของการควบคุมคุณภาพแบบครบวงจร คือ มีการสื่อสารภายในองค์กรดีขึ้น ผู้บริหารได้รับทราบถึงปัญหาต่างๆ ของพนักงาน พนักงานจะมีความตระหนักร่วมกันถึงปัญหาความผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในโรงงานและเกิดความพึงพอใจในการทำงาน ช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นมาเป็นเวลานานและแสดงสาเหตุของปัญหาได้ นำไปสู่การวางแผนปรับปรุงกระบวนการทำงาน การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ลูกค้ามีความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ ผลประโยชน์ที่ได้รับคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเงินลงทุน

โรงงานอุตสาหกรรมควรใช้วิธีการควบคุมคุณภาพแบบครบวงจรเป็นส่วนหนึ่งของแผนควบคุมคุณภาพของโรงงาน เนื่องจากวิธีนี้มีโครงสร้างของการดำเนินการที่คล้ายคลึงกับการจัดการคุณภาพด้าน ISO 9000 คือ มีระบบจัดการ และมีการฝึกอบรม ซึ่งปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการจัดการคุณภาพด้าน ISO 9000 อยู่แล้ว

ในการดำเนินการ พนักงานทุกคนของโรงงานจะได้รับการแจ้งและหารือร่วมกันก่อนเริ่มกิจกรรมต่างๆ โดยในช่วงแรกโรงงานอุตสาหกรรมควรให้ผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกมาช่วยแสดงความคิดเห็นถึงปัญหาของโรงงาน หลังจากนั้นจึงดำเนินตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้ในทุกๆ หน่วยย่อยของโรงงาน ได้แก่ สำนักงาน ฝ่ายผลิต ฝ่ายบริการ เป็นต้น ซึ่งการดำเนินการตามวิธีการควบคุมคุณภาพแบบครบวงจรให้ประสบความสำเร็จนั้น สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงมีดังนี้

- พนักงานเข้าร่วมดำเนินการโดยสมัครใจ
- ผู้บริหารให้การสนับสนุนการดำเนินการ
- พนักงานสามารถแสดงความคิดเห็น
- มีการฝึกอบรมให้กับพนักงาน
- คณะทำงานร่วมกันทำงานเป็นทีม

- คณะทำงานไม่เพียงแต่วิเคราะห์ถึงปัญหาเท่านั้น แต่ต้องร่วมกันแก้ไขปัญหาด้วย

โดยในระหว่างการประชุมระดมความคิดเห็นจากพนักงาน ประธานการประชุมจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- ผู้เข้าร่วมประชุมทุกคนเข้าใจตรงกันถึงปัญหา
- มีการเสนอแนวความคิดอย่างหลากหลายไม่ว่าจะเป็นในแง่บวกหรือลบ
- มีการบันทึกแนวความคิดที่ถูกเสนอในที่ประชุม
- ผู้เข้าร่วมประชุมทุกคนได้รับสิทธิเท่าเทียมกันในการแสดงความคิดเห็น

ภาคผนวก ซ

การป้องกันและระบบป้องกันอัคคีภัยในกระบวนการผลิต

ภาคผนวก ซ

การป้องกันและระบบป้องกันอัคคีภัยในกระบวนการผลิต

วัตถุประสงค์ของภาคผนวกนี้ เพื่อนำเสนอความสำคัญของการป้องกันอันตรายด้านอัคคีภัยที่อาจเกิดจากวัตถุดิบที่ใช้และของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่างๆ ของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เช่น เศษไม้ สารอินทรีย์ระเหยง่ายจากการใช้งานตัวทำละลาย โรงงานควรตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นและปฏิบัติตามแนวทางการป้องกันและระบบป้องกันอัคคีภัยในกระบวนการผลิต ที่ได้กำหนดไว้ในเอกสารเผยแพร่ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง คู่มือการป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับโรงงานทำเครื่องเรือน สามารถดาวน์โหลดเอกสารได้จากเว็บไซต์ของสำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม http://www2.diw.go.th/safety ที่หัวข้อ คู่มือการป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับโรงงานทำเครื่องเรือน

สรุปแนวทางการป้องกันอัคคีภัยจากคู่มือการป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับโรงงานทำเครื่องเรือน เรียงตามลำดับกระบวนการผลิตได้ดังต่อไปนี้

กระบวนการผลิต	ลักษณะอันตรายด้านอัคคีภัย	การป้องกันอัคคีภัย	ระบบป้องกันอัคคีภัย
1. การขนย้ายไม้แปรรูปจากกองไม้เข้าสู่อาคารผลิต	เพลิงไหม้ไม้แปรรูป เช่นไม้แผ่น	<u>ควบคุมเชื้อเพลิง</u> 1. ไม่เก็บสารไวไฟในพื้นที่เก็บวัตถุดิบ 2. ควบคุมปริมาณของไม้ที่รอนำไปเข้าสู่อาคารผลิตไม่ให้อยู่ในพื้นที่ในปริมาณที่มากเกินไป <u>ควบคุมแหล่งความร้อน</u> 1.ตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานได้ตามปกติ 2.ควบคุมแหล่งความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ความร้อนจากการตัดและการเชื่อม และความร้อนจากก้นบุหรี่ <u>โดยใช้มาตรฐาน</u> NFPA 51B, 70, 70B, 664	<u>ถังดับเพลิงมือถือ</u> ชนิด : สารดับเพลิงเคมีแห้งเอนกประสงค์ อัตราการดับเพลิง : 10A ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 23 เมตร <u>สายฉีดน้ำดับเพลิง</u> ชนิด : สายฉีดน้ำดับเพลิงม้วนแข็ง ขนาด 1 นิ้ว และหัวจ่ายน้ำดับเพลิง ขนาด 2.5 นิ้ว ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 45 เมตร <u>อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้</u> ชนิด : อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ
2. ใช้เครื่องจักรในการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นชิ้นงานตามรูปแบบและขนาดที่ต้องการซึ่งโดยทั่วไปมักประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ ผ่าตัด หรือซอยไม้ ↓ ขึ้นรูป ↓ ปาดโค้ง ↓ ลบเหลี่ยม เซาะร่อง ↓ เจาะรู ↓	เพลิงไหม้ฝุ่นไม้ขี้เลื่อย หรือขี้กบ	<u>ควบคุมเชื้อเพลิง</u> 1.ทำความสะอาดเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่และในบริเวณรอบๆ อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง 2.ตรวจสอบฝาปิด และขอบยางกันฝุ่นของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ 3.ซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้ทำงานได้เป็นปกติ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรเสียหายจนทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจายออกสู่ภายนอก 4.ควบคุมปริมาณของไม้ที่รอนำไปเข้ากระบวนการขัดไม่ให้อยู่ในพื้นที่ในปริมาณที่มากเกินไป	<u>ถังดับเพลิงมือถือ</u> ชนิด : สารดับเพลิงเคมีแห้งเอนกประสงค์ อัตราการดับเพลิง : 10A ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 23 เมตร <u>สายฉีดน้ำดับเพลิง</u> ชนิด : สายฉีดน้ำดับเพลิงม้วนแข็งขนาด 1 นิ้ว และหัวจ่ายน้ำดับเพลิง ขนาด 2.5 นิ้ว ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 45 เมตร <u>อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้</u> ชนิด : อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ

กระบวนการผลิต	ลักษณะอันตรายด้านอัคคีภัย	การป้องกันอัคคีภัย	ระบบป้องกันอัคคีภัย
ตีเดือย ↓ ขัดผิวด้วยเครื่องจักร		<u>ควบคุมแหล่งความร้อน</u> 1.ตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานได้ตามปกติ 2.ควบคุมแหล่งความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ความร้อนจากการตัดและการเชื่อม <u>โดยใช้มาตรฐาน</u> NFPA 51B, 70, 70B,664	
3. เคลือบผิว/แต่งสี (ในกรณีที่เป็นไม้สักส่วนใหญ่จะไม่มีขั้นตอนนี้)	เพลิงไหม้และการระเบิดจากไอระเหยของสารไวไฟ	<u>ควบคุมเชื้อเพลิง</u> 1. ทำการระบายไอสารไวไฟที่เกิดขึ้นจากการทำสี 2. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานในพื้นที่ต้องเป็นชนิดกันระเบิด (Explosion Proof) 3.ตรวจสอบฝาปิด ขอบยางกันไอสารไวไฟของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ 4.นำสารไวไฟไปใช้งานในพื้นที่เท่าที่จำเป็น 5.ควบคุมปริมาณของชิ้นงานที่รอนำไปเคลือบผิวไม่ให้อยู่ในพื้นที่มากเกินไป 6. แยกพื้นที่ที่ใช้เคลือบผิวออกจากพื้นที่อื่นๆ <u>ควบคุมแหล่งความร้อน</u> 1.ตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานได้ตามปกติ 2.ควบคุมแหล่งความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ความร้อนจากการตัดและการเชื่อม และความร้อนจากก้นบุหรี่ 3. ทำการต่อสายดินและเชื่อมต่อท่อหัวพ่นเพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟจากประจุไฟฟ้า <u>โดยใช้มาตรฐาน</u> NFPA 30, 33, 51B, 70, 70B,664	<u>ถังดับเพลิงมือถือ</u> ชนิด : สารดับเพลิงเคมีแห้งเอนกประสงค์ อัตราการดับเพลิง : 10A ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 23 เมตร <u>สายฉีดน้ำดับเพลิง</u> ชนิด : สายฉีดน้ำดับเพลิงม้วนแข็งขนาด 1 นิ้ว และหัวจ่ายน้ำดับเพลิงขนาด 2.5 นิ้ว ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 45 เมตร <u>อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้</u> ชนิด : อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ <u>ระบบการควบคุมการระบายไอสารไวไฟ</u> หลักการทำงาน : เมื่อเครื่องพ่นสีทำงาน ระบบระบายสารไวไฟในบริเวณที่พ่นสีต้องทำงานด้วย

กระบวนการผลิต	ลักษณะอันตรายด้านอัคคีภัย	การป้องกันอัคคีภัย	ระบบป้องกันอัคคีภัย
4. ประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกันเป็นเครื่องเรือน เช่น โต๊ะ ตู้ เตียง ฯลฯ	เพลิงไหม้ วัตถุดิบหรือสารไวไฟ	<u>ควบคุมเชื้อเพลิง</u> 1.นำกาวยางไปใช้งานในพื้นที่ในปริมาณเท่าที่จำเป็น 2.ควบคุมปริมาณของชิ้นงานที่รอนำไปทากาวไม่ให้อยู่ในพื้นที่ในปริมาณที่มากเกินไป <u>ควบคุมแหล่งความร้อน</u> 1.ตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานได้ตามปกติ 2.ควบคุมแหล่งความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ความร้อนจากการตัดและการเชื่อม และความร้อนจากก้นบุหรี่ <u>โดยใช้มาตรฐาน</u> NFPA 51B, 70, 70B, 664	<u>ถังดับเพลิงมือถือ</u> ชนิด : สารดับเพลิงเคมีแห้งเอนกประสงค์ อัตราการดับเพลิง : 10A ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 23 เมตร <u>สายฉีดน้ำดับเพลิง</u> ชนิด : สายฉีดน้ำดับเพลิงม้วนแข็งขนาด 1 นิ้ว และหัวจ่ายน้ำดับเพลิงขนาด 2.5 นิ้ว ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 45 เมตร <u>อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้</u> ชนิด : อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ
5. ขัดผิวเครื่องเรือน	เพลิงไหม้ฝุ่นไม้หรือการระเบิดของฝุ่นไม้	<u>ควบคุมเชื้อเพลิง</u> 1.ทำความสะอาดไม่ให้มีฝุ่นสะสมตามพื้นผิวของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง 2.ตรวจสอบฝาปิด และขอบยางกันฝุ่นของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ 3.ซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้ทำงานได้เป็นปกติ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรเสียหายจนทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจายออกสู่ภายนอก 4.ควบคุมปริมาณของไม้ที่รอนำไปเข้ากระบวนการขัดไม่ให้อยู่ในพื้นที่ในปริมาณที่มากเกินไป <u>ควบคุมแหล่งความร้อน</u> 1.ตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานได้ตามปกติ 2.ควบคุมแหล่งความร้อนจากภายนอก	<u>ถังดับเพลิงมือถือ</u> ชนิด : สารดับเพลิงเคมีแห้งเอนกประสงค์ อัตราการดับเพลิง : 10A ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 23 เมตร <u>สายฉีดน้ำดับเพลิง</u> ชนิด : สายฉีดน้ำดับเพลิงม้วนแข็งขนาด 1 นิ้ว และหัวจ่ายน้ำดับเพลิงขนาด 2.5 นิ้ว ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 45 เมตร <u>อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้</u> ชนิด : อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ

กระบวนการผลิต	ลักษณะอันตรายด้านอัคคีภัย	การป้องกันอัคคีภัย	ระบบป้องกันอัคคีภัย
		ได้แก่ ความร้อนจากการตัดและการเชื่อม <u>โดยใช้มาตรฐาน</u> NFPA 51B, 70, 70B, 664	<u>ระบบการควบคุมการกำจัดฝุ่น</u> หลักการทำงาน : เมื่อเครื่องขัดไม้ทำงาน ระบบกำจัดฝุ่นต้องทำงานด้วย
6. แต่งสี เพื่อเก็บงานให้เรียบร้อยในขั้นตอนสุดท้าย	เพลิงไหม้และการระเบิดจากไอระเหยของสารไวไฟ	<u>ควบคุมเชื้อเพลิง</u> 1. ทำการระบายไอสารไวไฟที่เกิดขึ้นจากการทำสี 2. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานในพื้นที่ต้องเป็นชนิดกันระเบิด (Explosion Proof) 3.ตรวจสอบฝาปิด ขอบยางกันไอสารไวไฟของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ 4.นำสารไวไฟไปใช้งานในพื้นที่เท่าที่จำเป็น 5.ควบคุมปริมาณของชิ้นงานที่รอนำไปแต่งสีเพื่อเก็บงานไม่ให้อยู่ในพื้นที่มากเกินไป 6. แยกพื้นที่ที่ใช้แต่งสีเพื่อเก็บงานออกจากพื้นที่อื่นๆ <u>ควบคุมแหล่งความร้อน</u> 1.ตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานได้ตามปกติ 2.ควบคุมแหล่งความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ความร้อนจากการตัดและการเชื่อม และความร้อนจากก้นบุหรี่ 3. ทำการต่อสายดินและเชื่อมต่อท่อหัวพ่นเพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟจากประจุไฟฟ้า <u>โดยใช้มาตรฐาน</u> NFPA 30, 33, 51B, 70, 70B,664	<u>ถังดับเพลิงมือถือ</u> ชนิด : สารดับเพลิงเคมีแห้งเอนกประสงค์ อัตราการดับเพลิง : 10A ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 23 เมตร <u>สายฉีดน้ำดับเพลิง</u> ชนิด : สายฉีดน้ำดับเพลิงม้วนแข็งขนาด 1 นิ้ว และหัวจ่ายน้ำดับเพลิงขนาด 2.5 นิ้ว ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 45 เมตร <u>อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้</u> ชนิด : อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ <u>ระบบการควบคุมการระบายไอสารไวไฟ</u> หลักการทำงาน : เมื่อเครื่องพ่นสีทำงาน ระบบระบายสารไวไฟในบริเวณที่พ่นสีต้องทำงานด้วย
7. บรรจุ/หีบ/ห่อ (Packing)	เพลิงไหม้เครื่องเรือน	<u>ควบคุมเชื้อเพลิง</u> 1. ไม่เก็บสารไวไฟในพื้นที่เก็บ	<u>ถังดับเพลิงมือถือ</u> ชนิด : สารดับเพลิงเคมีแห้ง

กระบวนการผลิต	ลักษณะอันตรายด้านอัคคีภัย	การป้องกันอัคคีภัย	ระบบป้องกันอัคคีภัย
		ผลิตภัณฑ์ 2. จัดวางผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่ไม่หนาแน่นจนเกินไป และมีการเว้นช่องทางเดินระหว่างชั้นวางผลิตภัณฑ์ 3. ควบคุมความสูงของผลิตภัณฑ์ที่จัดเก็บไม่ให้สูงเกินไป <u>ควบคุมแหล่งความร้อน</u> 1.ตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานได้ตามปกติ 2. แยกพื้นที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์จากพื้นที่ของกระบวนการผลิต 3.ควบคุมแหล่งความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ความร้อนจากการตัดและการเชื่อม และความร้อนจากก้นบุหรี่ <u>โดยใช้มาตรฐาน</u> NFPA 51B, 70, 70B,664	เอนกประสงค์อัตราการดับเพลิง : 10A ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 23 เมตร <u>สายฉีดน้ำดับเพลิง</u> ชนิด : สายฉีดน้ำดับเพลิงม้วนแข็งขนาด 1 นิ้ว และหัวจ่ายน้ำดับเพลิงขนาด 2.5 นิ้ว ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 45 เมตร <u>อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้</u> ชนิด : อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ
8. ขนย้ายเครื่องเรือนที่ได้นำไปจัดเก็บและส่งออกจำหน่าย	เพลิงไหม้เครื่องเรือน	<u>ควบคุมเชื้อเพลิง</u> 1. ไม่เก็บสารไวไฟในพื้นที่เก็บผลิตภัณฑ์ 2. จัดวางผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่ไม่หนาแน่นจนเกินไป และมีการเว้นช่องทางเดินระหว่างชั้นวางผลิตภัณฑ์ 3. ควบคุมความสูงของผลิตภัณฑ์ที่จัดเก็บไม่ให้สูงเกินไป <u>ควบคุมแหล่งความร้อน</u> 1.ตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานได้ตามปกติ 2. แยกพื้นที่จัดเก็บวัตถุจากพื้นที่ของกระบวนการผลิต 3.ควบคุมแหล่งความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ความร้อนจากการตัดและการเชื่อม และความร้อนจากก้นบุหรี่ <u>โดยใช้มาตรฐาน</u> NFPA 51B, 70, 70B,664	<u>ถังดับเพลิงมือถือ</u> ชนิด : สารดับเพลิงเคมีแห้งเอนกประสงค์ อัตราการดับเพลิง : 10A ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 23 เมตร <u>สายฉีดน้ำดับเพลิง</u> ชนิด : สายฉีดน้ำดับเพลิงม้วนแข็งขนาด 1 นิ้ว และหัวจ่ายน้ำดับเพลิงขนาด 2.5 นิ้ว ระยะการติดตั้ง : ไม่เกิน 45 เมตร <u>อุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้</u> ชนิด : อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ

หมายเหตุ

NFPA National Fire Protection Association

NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code 2003 Edition

NFPA 33 Standard for Spray Application Using Flammable or Combustible Materials 2003 Edition

NFPA 51B Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hot Work 2003 Edition

NFPA 70 National Electrical Code® 2005 Edition

NFPA 70B Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance 2002 Edition

NFPA 664 Standard for the Prevention of Fires and Explosions in Wood Processing and Woodworking Facilities 2002 Edition

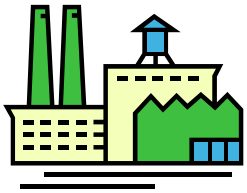
ภาคผนวก ฌ
กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

ภาคผนวก ฌ
กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

ผู้ผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ในปัจจุบัน นอกจากจะต้องปฏิบัติตามความต้องการของลูกค้า ทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สิ่งแวดล้อม แรงงาน ซึ่งมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันไปแล้ว แต่โดยพื้นฐานที่สุด ผู้ประกอบการทุกแห่งต้องปฏิบัติตามที่กฎหมายได้บัญญัติไว้ แต่มีผู้ประกอบการน้อยรายที่ทราบถึงกฎหมายต่างๆ ที่ตนเกี่ยวข้องอยู่เหล่านี้ได้ครบถ้วน ในภาคผนวก ฌ นี้จะแสดงแหล่งข้อมูลที่ผู้อ่านสามารถไปสืบค้นเมื่อพบคำถาม ข้อสงสัย หรือต้องการข้อมูลอ้างอิง ที่เกี่ยวข้องกับโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ โดยในที่นี้ได้แบ่งหัวข้อของกฎหมายต่างๆ ออกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่

1. ด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน
2. ด้านแรงงาน
3. ด้านการประกอบกิจการโรงงาน
4. ด้านวัตถุดิบ

ดังแสดงใน รูปที่ ฌ.1



โรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้

1. ด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน ได้แก่ เรื่องน้ำทิ้ง อากาศเสีย สิ่งปฏิกูล/วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว แสง/เสียงและความปลอดภัย

- พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535
- พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
- พระราชบัญญัติส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535

2. ด้านแรงงาน ได้แก่ เรื่องความปลอดภัยในการทำงาน ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน การทำงานล่วงเวลา สวัสดิการของลูกจ้าง เป็นต้น

- พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541
- พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

3. ด้านการประกอบกิจการโรงงาน ได้แก่ การจดทะเบียนต่างๆ การขึ้นทะเบียนเครื่องจักร

- พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
- พระราชบัญญัติจดทะเบียนเครื่องจักร พ.ศ. 2514
- พระราชบัญญัติจดทะเบียนเครื่องจักร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2530

4. ด้านวัตถุดิบ ได้แก่ ไม้ สีและตัวทำละลาย

- พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535
- พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2484

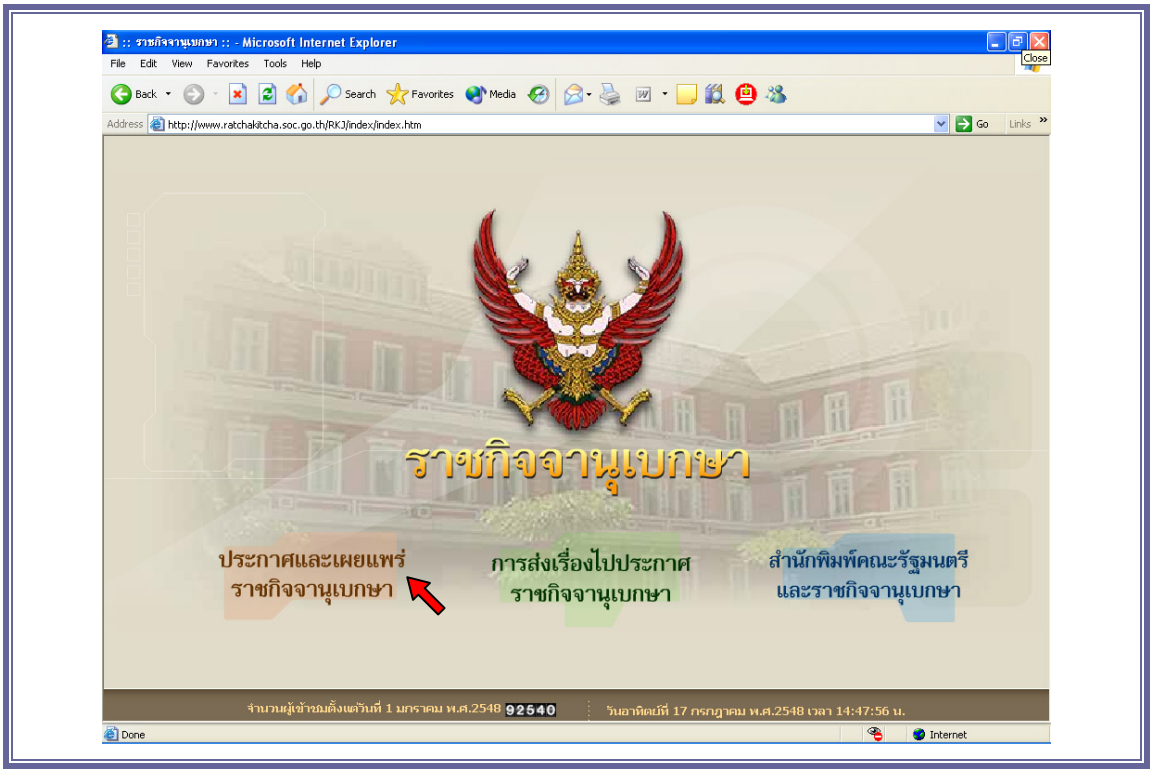
รูปที่ ฌ.1 ลักษณะของกฎหมายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้

ในแต่ละหัวข้อจะมีหน่วยงานรับผิดชอบ ที่สามารถให้ข้อมูลเพิ่มเติมในรายละเอียดได้ดังแสดงในตารางที่ ฌ.1

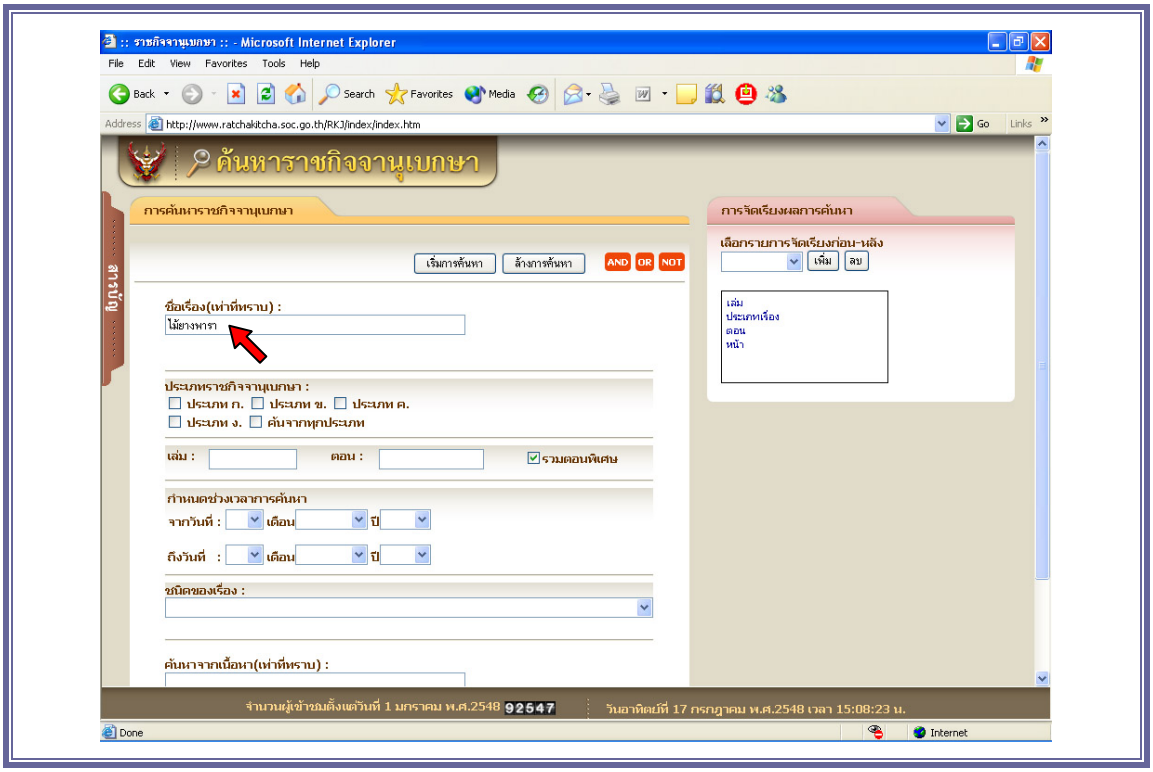
ตารางที่ ฌ.1 รายชื่อหน่วยงานที่รับผิดชอบในด้านต่างๆ

หน่วยงาน	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์ และเว็บไซต์
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม	75/6 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400	โทรศัพท์ : 0-2202-4000 ,4014 โทรสาร : 0-2354-3390 http://www.diw.go.th
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม	92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนน พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์ 0 2298-2271-2 โทรสาร 0 2298-2271 http://www.pcd.go.th
กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และ สิ่งแวดล้อม	61 ถนนพหลโยธิน แขวง ลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900	โทรศัพท์ : 0-2561-4292-3 โทรสาร : 0-2579-6549 http://www.forest.go.th
กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการ สังคม	ถนนมิตรไมตรี เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400	โทรศัพท์ : 0-2246-8393, 0-2246-7601, 0-2246-6916, 0-2245-4310-4 http://www.labour.go.th
กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และ อนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	17 ถนนพระราม1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330	โทรศัพท์ : 0 2223 0021- 9 โทรสาร : 0 2226 1416 http://www.dedp.go.th

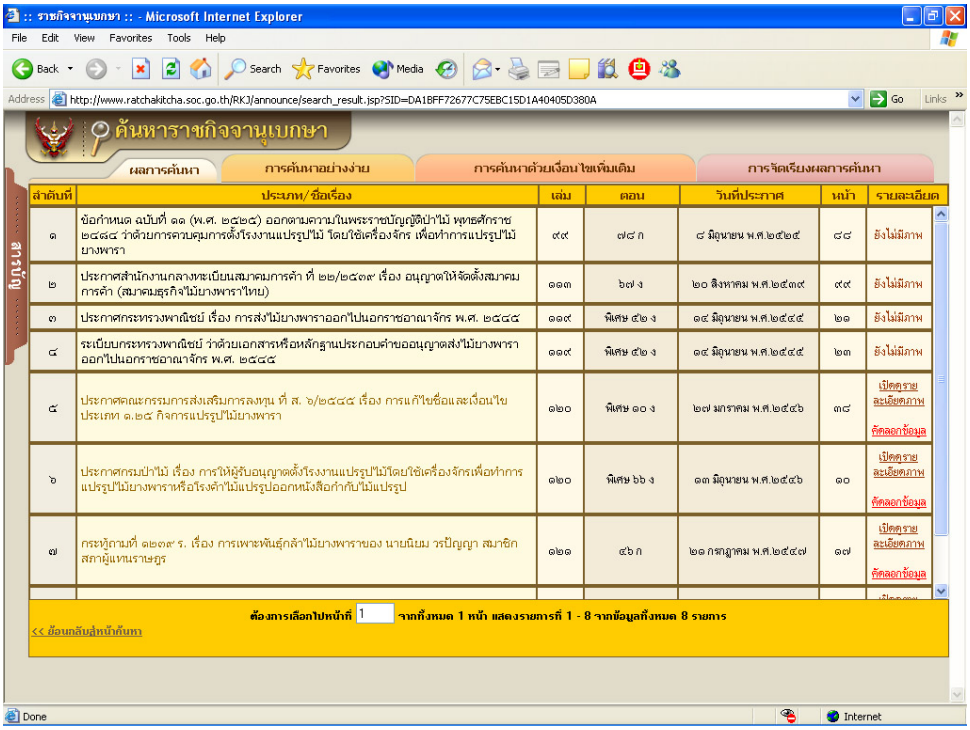
หรือผู้อ่านที่ต้องการสืบค้นพระราชบัญญัติ กฎกระทรวง ประกาศกระทรวง ต่างๆ สามารถเข้าสืบค้นได้ที่เว็บไซต์ของราชกิจจานุเบกษาที่ http://www.ratchakitcha.soc.go.th โดยเลือกที่เมนู <ประกาศและเผยแพร่ราชกิจจานุเบกษา> → <ค้นหาราชกิจจานุเบกษา> และทำการใส่คำสำคัญที่เกี่ยวข้อง หรือที่สนใจเพื่อค้นหาจากชื่อเรื่อง วิธีการสืบค้นแสดงในรูปที่ ฌ.2 ฌ.3 และ ฌ.4 หากค้นหาไม่พบ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมจึงสอบถามโดยตรงไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในเรื่องนั้นๆ จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องและทันสมัยที่สุด



รูปที่ ฌ.2 โฮมเพจของราชกิจจานุเบกษา



รูปที่ ฌ.3 หน้าค้นหาราชกิจจานุเบกษา



รูปที่ ฌ.4 หน้าแสดงผลการค้นหา

ภาคผนวก ญ

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก ญ
เอกสารอ้างอิง

(1) Air Handling System, Designing your Air Handling Dust System, http://www.airhand.com

(2) American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH), Industrial Ventilation A Manual of Recommended Practice, Metric Version 23rd Edition (1998) and 17th Edition (1982)

(3) C.D. Cooper & F.C. Alley (1986), Cyclones (Adapted from Air Pollution Control)

(4) Dantherm Filtration Co.,Ltd ปี 2548, ข้อมูลบู๊ธพ่นสีของบริษัท Spray Cabin NFT 2000 and Accessories for Spray Walls

(5) Dantherm Filtration Co.,Ltd , ใบเสนอราคา ระบบดูดและบำบัดฝุ่นไม้ในขบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้

(6) Dantherm Filtration Co.,Ltd , ใบเสนอราคาระบบดับเพลิงอัตโนมัติสำหรับ 6 โซน

(7) Dantherm Filtration Co.,Ltd, ใบเสนอราคาและรายละเอียดกระดาษกรองยี่ห้อ Andreae Filter

(8) Devilbiss, Spray Gun Troubleshooting and Preventive Maintenance Guide, Service Bulletin SB-2-001-F

(9) Ecogate International Company , Industrial Energy Saving Dust Collecting Systems, http://www.ecogate.com/industrial_systems.html

(10) Electrical and Mechanical Service Department The Government of the Hong Kong Special Administrative Region (1998), Guidelines on Energy Efficiency of Lighting Installation, http://www.emsd.gov.hk/emsd/e_download/pee/guidelines%20on%20ee%20of%20lighting%20installations.pdf

(11) Environmental Technology Best Practice Programme , EG 130 Solvent Use in Wooden Furniture Coating, http://www.envirovise.gov.uk

(12) EPA (1990), Surface Coating of Plastic Parts Section 4.2.2.14

(13) EPA , Example #5 - Pressure Drop/Water Flow Recordkeeping Form, http://www.epa.gov/ttn/atw/aerosp/pressdrp.pdf

(14) EPA, Spray Painting and Surface Coating Department of Environment and Conservation, http://www.epa.nsw.gov.au/mao/spraypaintingsurfacecoating.html

(15) GG177 Reducing Solvent Use in the furniture Industry, http://www.envirovise.gov.uk

(16) Health and Safety Executive อ้างอิงกับ The Control of Substances Hazardous to Health Regulations (COSHH) 2002 , Table 1: List of approved workplace exposure limits, http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/wels.pdf

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

(17) Health & Safety Executive (1998), Dust Capture at Sawing Machines, http://www.hse.gov.uk/pubns/wis24.pdf

(18) Health & Safety Executive (1998), Dust Capture at Fixed Drum, http://www.hse.gov.uk/pubns/wis26.htm

(19) Health & Safety Executive (1998),General Principles of System Design, http://www.hse.gov.uk/pubns/wis23.htm

(20) Integrated Publishing, Air transformer, http://www.tpub.com/content/combat/14155/css/14155_35.html

(21) J.F. Lonvar and B.D. Lonvar (1998), Health and Environmental Risk Analysis Fundamental with Application

(22) John A. Danielson(1973) , Air Pollution Engineering Manual 2nd Edition, US-EPA

(23) Michael R.Muller and Kyriaki Papadaratsakis (2003), Self -Assessment Workbook for Small Manufacturers Version 2.0, Department of Energy ,USA

(24) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (1998), Control of Wood Dust from Shapers, http://www.cdc.gov/niosh/hc5.html

(25) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (1998), Control of Wood Dust from Table Saws, http://www.cdc.gov/niosh/hc10.html

(26) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Control of Wood Dust from Orbital Hand Sanders, http://www.cdc.gov/niosh/hc9.html

(27) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Control of Wood Dust from Random Orbital Hand Sanders, http://www.cdc.gov/niosh/hc8.html

(28) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Manual of Analytical Method (NMAM), Fourth Edition

(29) Naval Facilities Engineering Service Center, Granulated Activated Carbon (GAC) Adsorption (Vapor Phase), http://enviro.nfesc.navy.mil

(30) Noel De Nevers, Air Pollution Control Engineering , Civil Engineering Series, McGraw-Hill, USA

(31) Paul Crumpler, Basic of Spray Painting, http://www.ganet.org/dnr/p2ad/pblcations/paintbas.html

(32) Requirements for Airflow Through a Spray Booth, http://www.ronjoseph.com/Q&A/L1002_airflow_requirements.html

(33) Robert Jennings Heinsohn - Robert Lynn Kabel, Sources and Control of Air Pollution

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

(34) Somar Three Phase Intelligence Motor Controllers " Power Boss PMLV2 " Description of Operation and Test Schedule, http://www.somar.co.uk

(35) TAI-YO Paints (Thailand) Co.,Ltd , เอกสารประกอบการอบรมความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานสี

(36) Thai Filter Supply Co.,Ltd, ใบเสนอราคาและรายละเอียดกระดาษกรอง ชนิด Fiber Glass และ Synthetic Thermobonded Fiber

(37) Thai Filter Supply Co.,Ltd, ใบเสนอราคาและรายละเอียดของ Activated Carbon

(38) Thaipollutech Co.,Ltd, ใบเสนอราคาและรายละเอียดกระดาษกรอง ชนิด Fiber Glass

(39) Thaipollutech Co.,Ltd, ใบเสนอราคาและรายละเอียดของ Activated Carbon

(40) The International Commission on Illumination, CIE Standard of Illuminance, Australia

(41) The Waste and Resources Action Programme (WRAP) 2003, Wood Waste Recycling in Furniture Manufacturing – a good practice guide ,United Kingdom (UK)

(42) Valmont (1993), Pollution Prevention Case Study ของโรงงาน Beecher Falls, USA

(43) กรมโรงงานอุตสาหกรรม (กันยายน 2544), ภาคผนวก จ หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม, http://www2.diw.go.th/ctu

(44) กรมโรงงานอุตสาหกรรม (กุมภาพันธ์ 2546), โปรแกรมการจัดการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, http://www2.diw.go.th/ctu

(45) กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ, ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(46) กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (2543), ตารางแสดงค่าในการคำนวณหาขนาด Capacitor, คู่มือเรื่องการแก้ไขเพาเวอร์แฟคเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม

(47) ข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพม่านน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกยกมาจากรายงานการตรวจประเมินของโรงงานแห่งหนึ่งที่เข้าร่วมโครงการฯ

(48) บริษัท แอร์คอนโทรล แอนด์ เทคโนโลยี จำกัด, ใบเสนอราคาและรายละเอียดกระดาษกรอง ชนิด Fiber Glass

(49) บริษัท แอร์คอนโทรล แอนด์ เทคโนโลยี จำกัด, ใบเสนอราคาและรายละเอียดของ Activated Carbon

(50) ประกาศกระทรวงมหาดไทย ออกตามความในประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 103 ลงวันที่ 30 พฤษภาคม 2520 ซึ่งมีผลบังคับเป็นไปตามนัยของบทเฉพาะกาล มาตรา 166 แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 94 ตอนที่ 64 วันที่ 12 กรกฎาคม 2520

(51) วรธรรม อุ่นจิตติชัย, การติดกาวประสานไม้, กรมป่าไม้ http://www.forest.go.th/forprod/ContractUs/org/details/wcs/adhesiveweb/index.htm

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

(52) ศิระ จันทร์สวาสดิ์ / ศานิต ปันเขื่อนขัติย์ / สุพัตร์ ศรีพงษ์สุทธิ์ (2547), คู่มือช่างในบ้าน ชุด ช่างไม้ในบ้าน พิมพ์ครั้งที่ 4 , สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ

(53) ศูนย์ศึกษาการจัดการบำรุงรักษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2545), เอกสารการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ กลยุทธ์การจัดการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิผล

(54) สาคร คันธโชติ (2547), การออกแบบผลิตภัณฑ์งานไม้ พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ , กรุงเทพฯ

(55) อภิศักดิ์ เพิ่มพูล, Wood Finishing, เอกสารประกอบการศึกษาภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(56) เอกสารของ บริษัท เวคเนอร์ จำกัด

(57) เอกสารประกอบการบรรยาย Energy Management Training, 19-20 และ 27 สิงหาคม 2542 โรงแรมอมารี วอเตอร์เกท จัดโดย EEC-Energetics Co., Ltd

ภาคผนวก ฎ
รายชื่อคณะกรรมการ คณะทำงาน โครงการจ้างศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (อุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้)

ภาคผนวก ฎ
รายชื่อคณะกรรมการ คณะทำงาน โครงการจ้างศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (อุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้)

คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้

ประธานกรรมการ

นายโกศล ใจรังษี	รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

รองประธานกรรมการ

นายชัยสิทธิ์ พงศ์มรกต	ผู้อำนวยการสำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

กรรมการ

ดร. ประเสริฐ สินสุขประเสริฐ	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
ผศ.ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
ผศ. อำไพ เปี่ยมอรุณ	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายทวี แก้วมณี	สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
นายวรธรรม อุ่นจิตติชัย	สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
นายวรรธนะ เจริญนวรัตน์	สมาคมอุตสาหกรรมเครื่องเรือน
นายไพบูลย์ พินิจกาญจนพันธุ์	บริษัท พิโคที อินเตอร์แนชชั่นแนล จำกัด
นายสุเมธ ประเสริฐ	บริษัท โมเดอร์นฟอร์ม กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)
นายภาคภูมิ เอี่ยมอมรรัตน์	บริษัท เฟอร์เนีย แอลซีแอล จำกัด
นางสุกัญญา บรรณเภสัช	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

กรรมการและเลขานุการ

นายเดชา พิมพิสุทธิ์	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นายวีรพงษ์ เอี่ยมเจริญชัย	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
นางสาวเปล่งฉวี ชิตวัฒน์	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

คณะกรรมการประสานและรับมอบงาน

นายชัยสิทธิ์	พงศ์มรกต	ประธานกรรมการ
(ผู้อำนวยการสำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5)		
นายสมศักดิ์	เหรียญไพศาล	กรรมการ
นางสุกัญญา	บรรณเภสัช	กรรมการ
นายศุภชัย	โปฎก	กรรมการ
นายเดชา	พิมพิสุทธิ์	กรรมการ
นายวีรพงษ์	เอี่ยมเจริญชัย	กรรมการและเลขานุการ
นางสาวเปล่งฉวี	ชิตวัฒน์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขาเฟอร์นิเจอร์ไม้เดิม

นายประเสริฐ ตปนียางกูร ประธานคณะกรรมการ (3 ก.พ. 48 - 1 ต.ค. 48)
(ผู้ตรวจราชการกระทรวงอุตสาหกรรม)

คณะกรรมการประสานและรับมอบงานเดิม

นายอดิศร นภาวรานนท์ ประธานคณะกรรมการ (24 ส.ค.48 - 21 ต.ค. 48)
(รองเลขาธิการสำนักงานอ้อยและน้ำตาล)

คณะทำงาน

นายอภิวัฒน์ เธียรพิรากุล	สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 2
นายณรงค์ บัวบาน	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

ภาคผนวก ฏ

กิตติกรรมประกาศ

ภาคผนวก ฏ
กิตติกรรมประกาศ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม ขอขอบคุณ โรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ ทุกโรงที่ได้ร่วมดำเนินโครงการเป็นอย่างดียิ่ง และได้ให้ข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อคณะทำงาน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ทำให้หลักปฏิบัติฯ ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างดี นอกจากนี้ กรมโรงงานอุตสาหกรรมขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ได้ให้การสนับสนุน และเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ ดังรายนามต่อไปนี้

1. บริษัท ดับเบิลยู ดี ไอ (ประเทศไทย) จำกัด
2. บริษัท เฟอร์เนีย แอลซีแอล จำกัด
3. บริษัท พิณ อินเตอร์วู้ด จำกัด
4. บริษัท เฟล็กซี่แพลน ดีไซน์ จำกัด
5. บริษัท พิโคที อินเตอร์แนชชั่นแนล จำกัด
6. บริษัท ไทยอินเตอร์เทรด จำกัด
7. บริษัท โมเดอร์นฟอร์ม กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)
8. บริษัท สันตะวาอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
9. บริษัท รีเบิร์ท อินดัสตรีส์ จำกัด
10. บริษัท รีแล็กท์ อินดัสตรีส์ จำกัด
11. สมาคมอุตสาหกรรมเครื่องเรือนไทย
12. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้
13. บริษัท ทีโอเอ เพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด
14. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ตั้งพิริยะ วิศวกรรม
15. R.O.M. Intertrade Ltd. Part. (WAGNER)
16. บริษัท ไท-โย เพนท์ (ประเทศไทย) จำกัด
17. บริษัท Dantherm Filtration จำกัด
18. บริษัท แอร์คอนโทรล แอนด์ เทคโนโลยี จำกัด
19. บริษัท Thaipollutech จำกัด
20. บริษัทThai Filter Supply จำกัด