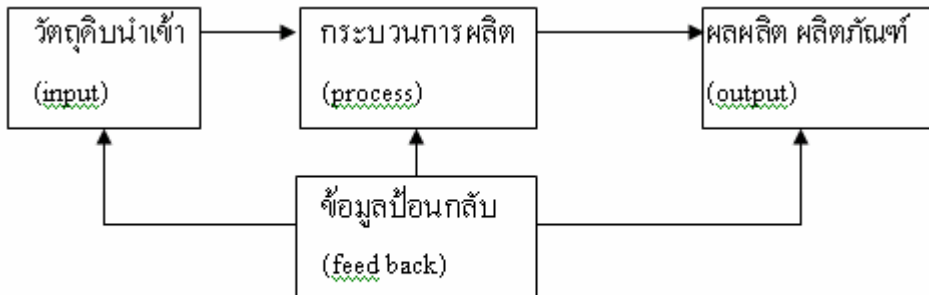


## หน่วยที่ 14 อันตรายจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

### แนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

กระบวนการผลิตเป็นการเปลี่ยนรูปแบบของวัสดุ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามที่ต้องการ โดยผ่านสิ่งที่เรียกว่าระบบการผลิต ซึ่งประกอบด้วย วัตถุดิบนำเข้า (input) กระบวนการผลิต (process) และผลิตภัณฑ์ หรือผลิตภัณฑ์ (output) หรือสินค้าที่ต้องการ



ภาพที่ 14.1 กระบวนการผลิต

วัตถุดิบ (input) ที่เป็นส่วนนำเข้าของกระบวนการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ เงินทุน แรงงาน วัสดุต่างๆ พลังงานต่างๆ ที่ใช้ก็เป็นส่วนนำเข้าที่สำคัญของการผลิตสินค้าเช่นกัน

กระบวนการผลิต (process) เป็นการวางแผนการดำเนินงาน การจัดองค์กร ดำเนินงาน การกำหนดทิศทาง และการควบคุมการดำเนินงานให้เกิดผลผลิตที่ได้คุณภาพมาตรฐาน ในส่วนของการวางแผนการดำเนินการผลิตเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากเพราะจะต้องจัดการให้แรงงาน คือ คนและเครื่องจักรฯ เพื่อให้มีการทำงานที่ประสานกันอย่างดีที่สุด ทำให้ได้ผลลัพธ์คือผลผลิต/ผลิตภัณฑ์ หรือสินค้าที่ดีที่สุดนั่นเอง

ผลผลิตเป็นผลลัพธ์ของกระบวนการผลิต ก็คือผลผลิต หรือผลิตภัณฑ์ (products) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการอุปโภคและบริโภคของลูกค้า อย่างไรก็ตาม ผลผลิตบางชนิด อาจเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าอื่นๆ ต่อไป เช่น โรงงานผลิตชิ้นส่วนของเครื่องทำความเย็นให้กับอีกโรงงานหนึ่งเพื่อใช้ประกอบกันเป็นเครื่องทำความเย็นชนิดต่างๆ เป็นต้น

ข้อมูลป้อนกลับ (feed back) เป็นการนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับจากผลผลิตทั้งส่วนที่ดีและส่วนที่บกพร่องมาพัฒนาปรับปรุงแก้ไข ทั้งในส่วนที่เป็นวัตถุดิบนำเข้า และส่วนที่เป็นกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพมาตรฐานเป็นที่พึงพอใจของลูกค้า

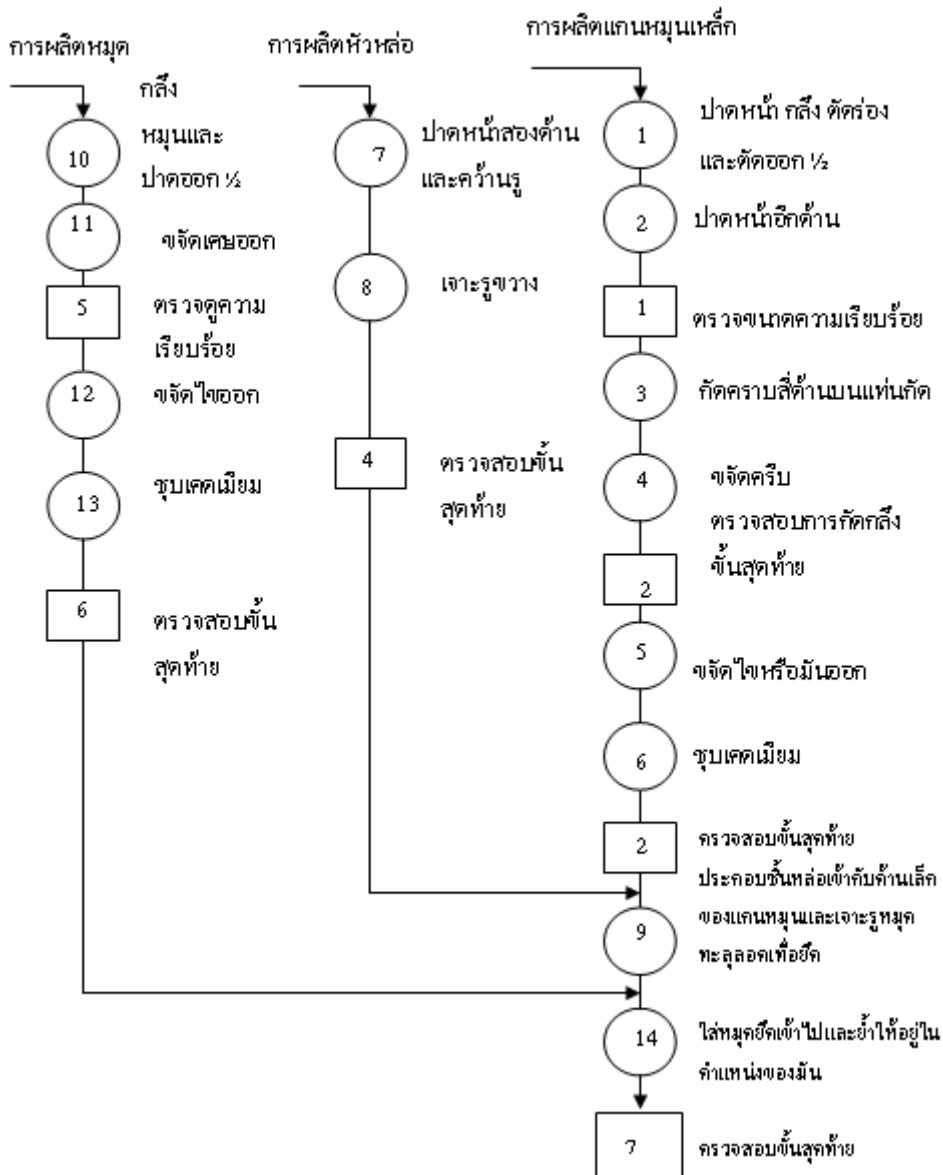
ผลผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ โดยใช้จำนวนยอดสินค้าที่ทำการผลิตเป็นตัวกำหนด ซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 ชนิดคือ

1. การผลิตเป็นจำนวนมาก (mass production) เป็นการผลิตสินค้าจำนวนมากในระยะเวลาต่างๆ
2. การผลิตแบบพอประมาณ (moderate production) เป็นการผลิตจำนวนมากเช่นกัน แต่จำนวนการผลิตขึ้นกับยอดสั่ง (order) มากกว่า เครื่องจักรที่ใช้เป็นเครื่องจักรอเนกประสงค์ เช่น เครื่องกลึง (lathe) เครื่องเจาะ (drill) เครื่องอัด (press) และเครื่องกัด (mill) เป็นต้น
3. การผลิตแบบรับงานย่อยเป็นช่วง (job lot production) สินค้าจากการผลิตแบบนี้ ผลผลิตจะขึ้นอยู่กับยอดขาย พนักงานต้องมีความชำนาญ มีความเชี่ยวชาญเฉพาะ จำนวนยอดการผลิตมีการขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา

ในการผลิตทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวแล้วก็มีขั้นตอนการผลิตต่างๆ ซึ่งเรียกว่าแผนภูมิการทำงานของกระบวนการผลิตหรือแผนภูมิการผลิต โดยทั่วไปสัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับแผนภูมิการทำงานของกระบวนการผลิตมี 2 ลักษณะที่สำคัญ คือ

- หมายถึง การทำงาน เช่น การเจาะ การตัด การกลึง การป้อน การขึ้นรูป ฯลฯ เป็นต้น
- หมายถึง การตรวจสอบว่าของที่ผลิตนั้นมีคุณภาพมาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่อย่างไร

การประกอบตัวหมุนของสวิทซ์



แผนภูมิการทำงานของกระบวนการผลิตการประกอบตัวหมุนของสวิทซ์

## กิจกรรม 14.1.1

ในระบบการผลิตนั้นประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง

### แนวตอบกิจกรรม 14.1.1

ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. วัตถุดิบนำเข้า
2. กระบวนการ
3. ผลผลิต/ผลิตภัณฑ์
4. ข้อมูลป้อนกลับ

### ประเภทของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

1. กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (continuous process) เป็นกระบวนการผลิตที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากวัตถุดิบอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เวลายาวนานผ่านขั้นตอน เครื่องจักรต่างๆ ที่เป็นไปค่อนข้างอัตโนมัติ จึงเป็นกระบวนการผลิตที่ทำงานตลอดเวลา พนักงานส่วนใหญ่ทำงานเป็นกะ (shift work) ดังนั้น กระบวนการผลิตแบบนี้จึงมีลักษณะที่สำคัญคือ มีอุปกรณ์และขั้นตอนการผลิตที่ได้มาตรฐาน ขั้นตอนการผลิตมีลำดับที่แน่นอนและประเภทผลิตภัณฑ์มีไม่มาก มีกระบวนการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง ไม่มีการหยุดรอ อัตราการไหลของการผลิตค่อนข้างแน่นอน ปริมาณผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์มีจำนวนมากและเป็นการผลิตเพื่อรอจำหน่าย และมีการลงทุนค่อนข้างสูง

ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานปิโตรเคมี โรงงานปูนซีเมนต์ โรงงานถลุงเหล็ก โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานกระดาษ โรงงานผลิตสารเคมี เป็นต้น

2. กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (intermittent process) เป็นการผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นไปตามใบสั่งซื้อของลูกค้า ดังนั้น กระบวนการผลิตจึงแตกต่างกันตามลักษณะของใบสั่งซื้อสินค้า ลำดับการผลิตจึงแตกต่างกันไปบางครั้งจึงเรียกกระบวนการผลิตแบบนี้ว่า กระบวนการผลิตแบบการผลิตตามงาน (job shop production process) ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญดังนี้ คือ มีปริมาณการผลิตต่ำเพราะผลิตสินค้าตามใบสั่งของลูกค้า ลำดับการผลิตจึงเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา อุปกรณ์ที่ใช้ๆ และกระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นได้สูง อัตราการผลิตสินค้าไม่แน่นอน ผลิตสินค้าได้หลายประเภท กระบวนการไหลของงานไม่ต่อเนื่อง มีโอกาสมากในการหยุดรอการผลิต มีความต้องการใช้พนักงานที่มีทักษะความชำนาญเฉพาะงานนั้นๆ และไม่ต้องลงทุนมากทางด้านเครื่องจักรการผลิต

ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงชุบ โรงกลึง โรงหล่อ โรงงานแปรรูปโลหะ โรงพิมพ์ โรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติก โรงงานทำเบาะรถยนต์ โรงงานประกอบบันไดเลื่อน โรงซ่อมรถยนต์ เป็นต้น

3. กระบวนการผลิตแบบผลิตซ้ำ (repetitive process) เป็นกระบวนการผลิตที่มีการผลิตในแต่ละลำดับของการผลิตเป็นการผลิตแบบซ้ำๆ หลายๆ หน่วยของผลิตภัณฑ์ บางครั้งเรียกว่า กระบวนการผลิตแบบกึ่งต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะทำการผลิตจากแผนกหนึ่งแล้วส่งไปทำการผลิตอีกแผนกหนึ่งต่อๆ กันไป จนสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ ลักษณะที่สำคัญ

ของกระบวนการผลิตแบบนี้ คือ กระบวนการผลิตและอุปกรณ์มีความยืดหยุ่นได้ ลำดับการผลิตค่อนข้างแน่นอน แต่สามารถปรับเปลี่ยนได้ อัตราการผลิตของแต่ละลำดับหรือแต่ละแผนกแน่นอน แต่อัตราการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์อาจควบคุมได้ยาก การผลิตเป็นรุ่น (production lot) มีปริมาณการผลิตสูง มีกระบวนการไหลของงานแบบต่อเนื่อง แต่มีโอกาสดเกิดการหยุดชะงักระหว่างลำดับการผลิตที่ต่อเนื่องกัน และสามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้ และมีความต้องการใช้พนักงานที่มีทักษะความชำนาญงาน

ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงงานทอกระสอบ โรงงานทอผ้า โรงงานทำรองเท้า โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้า โรงงานเย็บเสื้อผ้า โรงงานประดิษฐ์ดอกไม้ โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โรงงานประกอบของเล่น เป็นต้น

4. กระบวนการผลิตแบบงานโครงการ (project-type process) เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้เฉพาะกับงานโครงการใหญ่ ดังนั้นจึงเป็นกระบวนการที่ไม่ผลิตซ้ำและไม่ต่อเนื่อง ทำให้ลำดับหรือขั้นตอนการผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ คือ อุปกรณ์และกระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นสูง ขั้นตอนการผลิตปรับเปลี่ยนได้ ผลิตงานเป็นโครงการชนิดเดียว กระบวนการไหลของงานเป็นแบบไม่ต่อเนื่องสามารถหยุดรอได้ อัตราการผลิตค่อนข้างต่ำ และต้องมีแผนงานและการควบคุมที่เคร่งครัด มีการสูญเสียทางด้านวัสดุสูง

ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงงานต่อประกอบโครงเหล็ก โรงงานผลิตหม้อไอน้ำ โรงงานต่อเรือ โรงงานผลิตเสาคอนกรีต โรงงานผลิตตามสัญญาโครงการต่างๆ เป็นต้น

## กิจกรรม 14.1.2

ประเภทของกระบวนการผลิตจำแนกตามลักษณะของการไหลของงานแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

### แนวตอบกิจกรรม 14.1.2

แบ่งประเภทการผลิตฯ ได้ 4 ประเภท คือ

1. กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง
2. กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง
3. กระบวนการผลิตแบบผลิตซ้ำ
4. กระบวนการผลิตแบบงานโครงการ

## ปัจจัยและขั้นตอนในการออกแบบกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

### 1. ปัจจัยสำคัญในการออกแบบกระบวนการผลิต

สำหรับปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบกระบวนการผลิตมีดังนี้

1.1 ปัจจัยผลิตภัณฑ์ จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยทางด้านต่างๆ ที่สำคัญ เช่น กระบวนการวิธีการผลิต อัตราการผลิต วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เวลาในการผลิต แนวโน้มความต้องการทางการตลาด หรือความต้องการของลูกค้า ระดับคุณภาพ ความทนทาน การบรรจุผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

1.2 ปัจจัยทางวัสดุ ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ เช่น แหล่งของวัสดุ ชนิด รูปแบบ ขนาด รูปร่าง วัสดุคงคลัง การขนย้ายวัสดุคุณสมบัติอื่นๆ ของเศษของเสีย ความพร้อม วิธีการรับวัสดุ ต้นทุนฯ เป็นต้น

1.3 ปัจจัยเครื่องจักร มีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา เช่น วัสดุที่ใช้สร้าง ความคงทน ความเชื่อถือได้ ลักษณะทางกายภาพ กำลังการผลิต ลำดับการผลิต อายุการใช้งาน ความสามารถในการปรับตัว เป็นเครื่องจักรแบบอนเนกประสงค์หรือเอกประสงค์ ความแม่นยำที่ได้และสมรรถนะของการผลิต เป็นต้น

1.4 ปัจจัยการผลิต มีปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญ เช่น ประสิทธิภาพของการผลิต การขัดจังหวะทางการผลิต ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคน สภาพแวดล้อม ความปลอดภัย ความต้องการด้านแรงงาน เวลาจัดปรับและตั้งเครื่องจักรฯ เป็นต้น

1.5 ปัจจัยต้นทุน มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง เช่น การลงทุน การประหยัด เครื่องมือเครื่องใช้ เงินทุนที่หาได้ ผลตอบแทนจากการลงทุน เช่าหรือซื้อ ราคาซาก ผลิตได้หรือผลเสียของพื้นที่ แนวโน้มต้นทุนของเครื่องจักรฯ เป็นต้น

1.6 ปัจจัยอาคาร ที่สำคัญ เช่น พื้นที่ที่มีระยะห่างของเสา โครงสร้างอาคาร ทางเดินและทางวิ่งของรถขนย้าย จำนวนชั้นของอาคาร หน้าต่างและประตู ความสามารถรับน้ำหนักของพื้นที่ ความสูงของเพดานฯ เป็นต้น

1.7 ปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัจจัยทางด้านพลังงานที่ใช้ แผนการขยายตัว แนวโน้มทางธุรกิจ ลิขสิทธิ์ ความมั่นคงปลอดภัย การบริหาร ชื่อเสียงองค์กร การตรวจสอบคุณภาพ และคุณภาพการให้บริการฯ เป็นต้น

## 2. ขั้นตอนการออกแบบกระบวนการผลิต

2.1 การรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น ในการออกแบบกระบวนการผลิต ข้อมูลที่จำเป็นจะประกอบด้วยข้อมูลของวัสดุที่ใช้ การผลิตและผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปจะต้องมีแบบเขียนของผลิตภัณฑ์ และส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ และข้อกำหนดต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ทางด้านรูปปลั๊กภายนอกและคุณภาพ สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุจะพิจารณาจากใบรายการวัสดุ หรือรายการชิ้นส่วนและข้อมูลทางการผลิต เช่น อัตราการผลิต ปริมาณการผลิตและการจัดหาส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้วิธีการผลิตหรือการจัดซื้อ ข้อกำหนดทางการผลิตและระยะเวลาการจัดส่ง เป็นต้น

2.2 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ เป็นการวิเคราะห์เพื่อจะได้กำหนดเงื่อนไขที่จำเป็นของข้อกำหนดของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดวิธีการแสดงชิ้นส่วนในภาพเขียน ลักษณะของชิ้นส่วน การประกอบชิ้นส่วน การเลือกใช้วัสดุ รายละเอียดข้อกำหนดต่างๆ การวิเคราะห์ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของผลิตภัณฑ์

2.3 การจัดทำแบบข้อกำหนดรายการของงาน ขั้นตอนนี้เป็นการทำงานที่กส่วนรายละเอียดที่สำคัญของงานว่ามีงานอะไรบ้างที่จะต้องทำรายการของงานจะประกอบด้วยงานที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างและรูปแบบของชิ้นส่วน เช่น การเจาะ การตัด การเจียร ฯลฯ หรืองานที่เปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของชิ้นส่วน เช่น การชุบแข็ง ชุบผิว เคลือบสังกะสี ดีหมายเลข ทาสี ฯลฯ และงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเอง เช่น การทำความสะอาด การยึดให้ตรง ฯลฯ ดังนั้นรายการของงานจึงเป็นการแสดงหน่วยของกระบวนการผลิต (unit process) ของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ใช้

2.4 การดำเนินงานการผลิต เมื่อได้ข้อมูลรายการของงานแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการรวมหน่วย กระบวนการผลิต โดยมีอุปกรณ์และเครื่องจักรที่เหมาะสมกับหน่วยกระบวนการผลิตทั้งหมดในการดำเนินการผลิตหนึ่งๆ การรวมหน่วยกระบวนการผลิตนี้จะมีข้อดีคือ ลดวัสดุระหว่างกระบวนการผลิต ลดสถานีผลิต ลดการขนย้าย ลดงานเอกสาร และลดการตรวจสอบ แต่อาจมีข้อเสียคือ อาจจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีความสามารถพิเศษในการดำเนินการผลิต ซึ่งเกิด

จากการรวมหน่วยกระบวนการผลิตเข้าด้วยกัน ต้องใช้เวลาในการปรับใช้เครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น ต้องการพนักงานที่มีความชำนาญในกระบวนการผลิต เป็นต้น

2.5 การจัดลำดับการดำเนินงานการผลิต เป็นสิ่งจำเป็นในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของสถานผลิต ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อมีการจัดกลุ่มหน่วยกระบวนการผลิต เพื่อดำเนินงานการผลิตแล้ว อาจมีข้อจำกัดต่างๆ เกิดขึ้นหลายอย่าง เช่น ความจำเป็นก่อนและหลังการผลิต ข้อจำกัดของอุปกรณ์การผลิต ข้อจำกัดของสถานที่ ฯลฯ ดังนั้นจะต้องพิจารณากำหนดลำดับการผลิตให้เหมาะสมว่าการผลิตใดควรทำก่อน-หลัง เป็นต้น

2.6 การศึกษาข้อมูลเครื่องจักรและอุปกรณ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเลือกใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่เหมาะสม เป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบกระบวนการผลิต เพราะว่ามีผลต่ออัตราการผลิต และต้นทุนการผลิต ทำให้สามารถคาดการณ์ประมาณต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่จะได้ใช้เป็นตัวกำหนดราคา ผลิตภัณฑ์ต่อไป

2.7 การจัดเตรียมแบบแผนการดำเนินงานการผลิต เป็นแบบแสดงเส้นทางงาน แผนภูมิกระบวนการผลิต และแผนภูมิประกอบ โดยจัดทำเป็นมาตรฐานกระบวนการผลิตให้เป็นเอกสารอ้างอิง ได้ชัดเจน เพื่อใช้ในการพิจารณารายละเอียดของลำดับขั้นตอนการดำเนินการผลิต และจัดทำแผนการผลิต และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตต่อไปถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลง

2.8 การคำนวณจำนวนเครื่องจักรและพนักงานคุมเครื่องจักร ในแต่ละลำดับการผลิตการคำนวณดังกล่าวจะต้องอาศัยข้อมูลประมาณการความต้องการผลิตภัณฑ์ทางการตลาด กำลังการผลิตของเครื่องจักรที่เลือกใช้ และนโยบายทางการผลิตด้วยและในบางกรณีกระบวนการผลิตนั้นมีเครื่องจักรที่มีอัตราการผลิตไม่เท่ากัน ดังนั้นในการคำนวณเครื่องจักรและพนักงานคุมเครื่องจักรเหล่านั้นจึงต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานของเครื่องจักรแต่ละตัวประกอบด้วย ทำให้จำนวนเครื่องจักรที่จำเป็นจะต้องใช้ในแต่ละลำดับ การผลิตแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตให้ได้คุณภาพและมาตรฐานตามที่กำหนด

2.9 การจัดทำแผนสถานที่ทำงานเบื้องต้น ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยพิจารณาข้อกำหนดของเครื่องจักรและความต้องการการใช้พื้นที่ ซึ่งได้แก่ พื้นที่สำหรับการบริการ พื้นที่สำหรับจัดเก็บวัสดุต่างๆ พื้นที่บริเวณงานของพนักงานคุมเครื่องรวมทั้งอุปกรณ์การเคลื่อนย้ายวัสดุต่างๆ ด้วย

2.10 การจัดซื้อจัดทำเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่ต้องการ ตามปกติฝ่ายจัดซื้อจะดำเนินการในการจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรที่จำเป็นต้องใช้ ทั้งนี้ต้องดำเนินการให้เป็นไปตามความต้องการของฝ่ายกระบวนการผลิตในโรงงาน จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ เป็นการลงทุนที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตและผลกำไรของโรงงาน ดังนั้นการจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ให้ตรงกับความต้องการ ย่อมทำให้กระบวนการผลิตเกิดประสิทธิภาพและผลสำเร็จของงานผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

### กิจกรรม 14.1.3

ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบกระบวนการผลิตมีอะไรบ้าง จงบอกมาสัก 5 ปัจจัย

### แนวตอบกิจกรรม 14.1.3

ปัจจัยสำคัญๆ เหล่านี้ได้แก่ 1. ปัจจัยผลิตภัณฑ์ 2. ปัจจัยทางวัสดุ 3. ปัจจัยเครื่องจักร 4. ปัจจัยการผลิต 5. ปัจจัยต้นทุน

## แนวคิดทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งที่ก่อให้เกิดกับอันตรายต่อสุขภาพจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

อันตรายจากสิ่งแวดล้อมจากการทำงานทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรม (industrial hygiene) เหล่านี้ซึ่งแบ่งออกได้ 5 ประเภทดังนี้

1. **สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (physical environment)** ได้แก่ อันตรายจากสภาพการทำงานที่เกิดจากกระบวนการผลิตและสภาพแวดล้อมภายในสถานประกอบการหรือโรงงานที่สำคัญ เช่น แสงสว่าง ความร้อน ความเย็น ความสั่นสะเทือน ความกดดันบรรยากาศ
2. **สิ่งแวดล้อมทางเคมี (chemical environment)** ได้แก่ อันตรายต่างๆ จากกระบวนการผลิตที่เป็นสารเคมี เช่น สารเคมีในรูปของอนุภาค (particulate) เช่น ฝุ่น (dust) ฟูม (fume) ละออง (mist) และเส้นใย (fiber) และสารเคมีที่ฟุ้งกระจายในรูปของก๊าซและไอระเหย (gas and vapour)
3. **สิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ (biological environment)** สิ่งแวดล้อมประเภทนี้ ได้แก่ เชื้อโรคต่างๆ จากกระบวนการผลิต และสภาพการทำงานที่ส่งเสริมให้เชื้อโรคแพร่กระจาย เชื้อโรคทางสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส รา โปรโตซัว
4. **สิ่งแวดล้อมทางด้านเออร์โกโนมิกส์ (Ergonomic environment)** ได้แก่ สภาพแวดล้อมในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดสภาพการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายและจิตใจของพนักงาน เช่น ลักษณะท่าทางการทำงาน การยืนหรือนั่งทำงานนานๆ การยกเคลื่อนย้ายวัสดุที่ไม่ถูกต้องทำให้เกิดอาการปวดหลัง
5. **สิ่งแวดล้อมทางด้านจิตสังคม (psychosocial environment)** คือ สภาพสังคมสิ่งแวดล้อมในการทำงานของพนักงาน ความสัมพันธ์ระหว่างหัวหน้างานกับผู้ปฏิบัติงานหรือความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน รวมทั้งภาวะเศรษฐกิจ สังคมของครอบครัวพนักงานเอง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดความเครียดต่างๆ และส่งผลกระทบต่อการทำงาน

สำหรับทางด้านอาชีวอนามัย (industrial safety) หรือความปลอดภัยในการทำงานนั้น สิ่งนี้อาจก่อให้เกิดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับพนักงานนั้นมีสาเหตุสำคัญ 3 ประเภท ดังนี้

1. **ทางการบริหารจัดการความปลอดภัย (safety management)** หมายถึง ความสนใจของผู้บริหารในโรงงานที่เอาใจใส่เกี่ยวกับการป้องกันอุบัติเหตุต่างๆ ภายในโรงงาน เช่น กำหนดนโยบายความปลอดภัย การจัดตั้งคณะกรรมการความปลอดภัยฯ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (จป.)
2. **การกระทำที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (substandard acts) หรือการกระทำที่ไม่ปลอดภัย (unsafe acts)** คือ การทำงานโดยปราศจากความระมัดระวัง ความประมาท เลินเล่อ หยอกล้อกับเพื่อนร่วมงาน ทำงานโดยไม่ใช้หน้าที่ของตน ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานได้
3. **สภาพการณ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (substandard condition) หรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย (unsafe condition)** เช่น โครงสร้าง อาคาร โรงงานที่ไม่แข็งแรง พื้นทางเดินไม่เรียบ เป็นหลุมเป็นบ่อ หรือพื้นลื่นตลอดเวลา คนงานอาจสะดุดหกล้มได้ อุปกรณ์เครื่องจักรเครื่องมือต่างๆ ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย (safe guard)

## กิจกรรม 14.2.1

สิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแบ่งออกได้กี่ประเภท อะไรบ้าง

### แนวตอบกิจกรรม 14.2.1

แบ่งออกได้ 5 ประเภทคือ

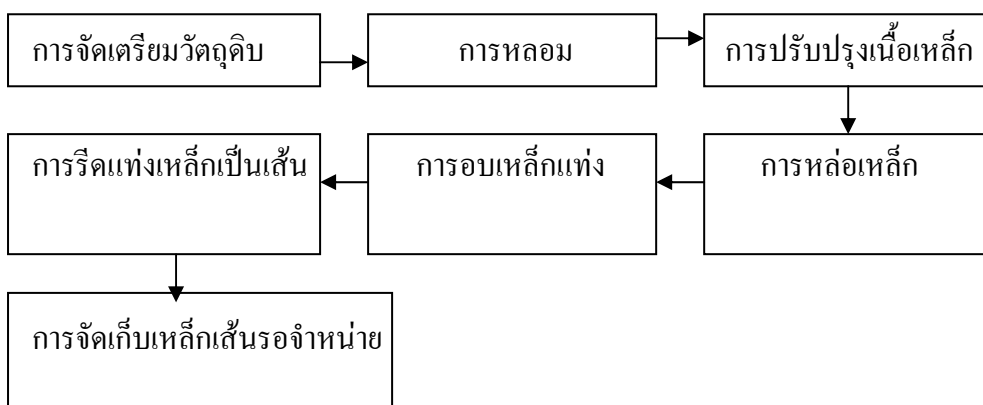
1. สิ่งแวดล้อมทางด้านกายภาพ
2. สิ่งแวดล้อมทางด้านเคมี
3. สิ่งแวดล้อมทางด้านชีวภาพ
4. สิ่งแวดล้อมทางด้านเออร์โกโนมิกส์
5. สิ่งแวดล้อมทางด้านจิตสังคม

### สิ่งทีก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพในอุตสาหกรรมการหลอมเหล็ก

#### กระบวนการผลิตเหล็ก

ในกระบวนการผลิตเหล็กจะต้องใช้เตาหลอมเหล็ก (blast-furnace) ที่มีอุณหภูมิสูงมากเพื่อให้เกิดการหลอมละลายที่สมบูรณ์ ตามปกติ ระดับอุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ  $1600^{\circ}\text{C}$  วัตถุดิบที่ใช้คือแร่เหล็ก ถ่านโค้ก (coke) และหินปูน (limestone) ในกระบวนการเผา เชื้อเพลิงจะเผาให้ความร้อนขึ้นมาจากทางด้านล่าง ในเตาหลอม โดยหินปูนจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดการหลอมเหล็ก ได้เป็นเหล็กถลุง (pig iron) ซึ่งจะหลอมรวมกันอยู่ทางด้านล่างของเตาหลอม ส่วนหินปูนจะถูกแยกออกมาพร้อมกับส่วนอื่นๆ ในรูปของกากแร่ (slag) เมื่อหลอมละลายหมดแล้วเตาหลอมจะเปิดออก เทเหล็กหลอมออกมาในรูปของเหล็กถลุงที่มีปริมาณคาร์บอนอยู่มาก ซึ่งจำเป็นต้องแยกออกเพื่อลดปริมาณคาร์บอนดังกล่าวก่อนการนำไปใช้งานต่อไป

สำหรับกระบวนการผลิตเหล็กแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ดังภาพที่ 14.6



ภาพที่ 14.6 กระบวนการผลิตเหล็ก

1. การจัดเตรียมวัตถุดิบ (Iron ore/Scrap Preparation) เป็นการเตรียมโดยการนำแร่เหล็ก



หรือเศษเหล็กต่างๆ ที่รวบรวมได้มาทำการคัด แยก ล้าง ทำความสะอาด และทำการย่อยขนาดให้เล็กลงเพื่อเตรียมการหลอมเหล็ก

2. การหลอม (melting) เป็นขั้นตอนของการหลอมเหล็กจากวัตถุดิบที่เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 1 นำมาใส่ลงในเตาหลอมที่เรียกว่า blast furnace หรือ cupola furnace เตาหลอมนี้อาจใช้แหล่งพลังงานจากไฟฟ้า (electric arc) หรือใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ ก็ได้ เช่น ถ่านหิน (charcoal) ซึ่งในกระบวนการหลอมนั้นจะใช้ถ่านหินทำให้แร่เหล็กกลายเป็นน้ำเหล็กหรือเหล็กถลุง โดยใช้หินปูน (Lime stone) เป็นตัวเร่งให้เกิดการหลอมและใช้อุณหภูมิสูงถึง  $1600^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงมาก ดังนั้น ขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้เกิดอันตรายทางด้านต่างๆ เช่น ทางด้านกายภาพ คือ ความร้อนที่สูงมาก บริเวณหน้าเตาหลอม รวมทั้งแสงจ้าที่เกิดจากการหลอมเหล็กด้วย และทางด้านเคมี คือ พวกไอ (fume) ของสารเคมีต่างๆ ที่แร่เหล็กและถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในแร่เหล็กอาจมีพวกโลหะหนักต่างๆ เช่น แมงกานีส ฟอสฟอรัส กำมะถัน ซึ่งจะอยู่ในรูปของกากแร่

3. การปรับปรุงเนื้อเหล็ก (refining) เมื่อแร่เหล็กหรือส่วนผสมต่างๆ ได้รับความร้อนจนหลอมละลายหมดแล้ว ก็จะเป็นการปรับปรุงน้ำเหล็ก (pigiron) โดยทำตัวอย่างน้ำเหล็กไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณของคาร์บอน แมงกานีส กำมะถัน ฟอสฟอรัส ฯลฯ และมีการปรับน้ำเหล็กให้มีคุณสมบัติทางเคมีตามที่ต้องการ โดยใช้ปูนขาว (CaO) เฟอร์โรซิลิกอน เฟอร์โรแมงกานีส ฟลูออสปาร์ ( $\text{CaF}_2$ ) อะลูมิเนียม ฯลฯ และมีการเติมสารต่างๆ ลงไปอีกตามวัตถุประสงค์ของการผลิต เช่น

- เติมแมงกานีส (Mn) ในการผลิตเหล็กกล้า เพื่อให้เหล็กมีความเหนียว
- เติมเซเลเนียม (Se) เพื่อป้องกันการเกิดสนิมในเหล็ก
- เติมพลวง (antimony) ทำให้เหล็กมีความเหนียว และแข็งแรงขึ้น เป็นต้น และอาจมีการเติม

โลหะหนักอื่นๆ เช่น โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) นิกเกิล (Ni) ซึ่งเป็นพวกโลหะหนักที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายได้เช่นกัน

4. การหล่อเหล็ก (molding) จากขั้นตอนที่ 3 เมื่อได้น้ำเหล็กที่มีคุณสมบัติที่ต้องการแล้วก็จะเทน้ำเหล็กนี้ลงในถังรับน้ำเหล็ก (ladle) แล้วนำไปเทหล่อในแบบหล่อเป็นแท่งเหล็กต่อไป ทั้งนี้ต้องมีการนำเอาตัวอย่างเนื้อเหล็กนี้ไปทำการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีอีกครั้งหนึ่งเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าเหล็กแท่งนี้มีคุณภาพมาตรฐานตามที่ต้องการ ซึ่งสามารถดำเนินการได้หลังจากเทเหล็กลงในกาหล่อและเมื่อเนื้อเหล็กเริ่มแข็งตัวก็จะถอดแบบหล่อออก นำเหล็กไปแปรรูปเป็นเหล็กเส้นหรือแปรรูปเป็นอย่างอื่นตามความต้องการต่อไป แต่ถ้าต้องการเก็บไว้เป็นแท่งเหล็กโดยไม่ต้องการแปรรูป ก็จะฉีดน้ำทำให้เย็นลงแล้วเก็บไว้เป็นแท่งเหล็ก

5. การอบแท่งเหล็ก (reheating) ถ้าต้องการแปรรูปเหล็ก เช่น ทำเหล็กเส้นขนาดต่างๆ ก็จะต้องนำแท่งเหล็กมาอบให้ร้อน (reheating) โดยที่แท่งเหล็กนี้จะต้องมีอุณหภูมิสูงถึง  $1300^{\circ}\text{C}$  เพื่อที่จะได้ส่งเข้าเครื่องรีดให้เป็นเหล็กเส้นต่อไป

6. การรีดแท่งเหล็ก (rolling mill) เป็นการแปรรูปแท่งเหล็กให้เป็นเหล็กเส้นที่มีขนาดต่างๆ กัน โดยที่ในที่สุดของการรีดจะได้เหล็กกลมขดเป็นวง (coil) เพราะว่าเหล็กที่รีดออกมา มีความยาวมาก จึงต้องม้วนขดโดยเครื่องม้วนอัตโนมัติ (coiler) และเหล็กที่ม้วนขดนี้ จะต้องนำมาเข้าเครื่องเหยียดตรงให้เป็นเส้นตรง แล้วจึงตัดให้ได้ตามความยาวที่ต้องการ แล้วจึงนับจำนวนมัดรวมกัน คัดป้ายกำกับมัดเหล็กเส้น เข้าเครื่องงอพับครึ่งของเส้นเหล็ก ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายของการแปรรูปเหล็ก

7. การจัดเก็บเหล็กเส้นเพื่อรอจำหน่าย (storage) หลังจากพับครึ่งมัดเหล็กเส้นเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำมาจัดเก็บโดยเรียงให้เป็นระเบียบทั้งขนาดและความยาวของเหล็กเส้นในส่วนของโรงงานที่เป็นบริเวณจัดเก็บ ซึ่งควรจะต้องมีสถานที่จัดวางให้เรียบร้อย สะดวกแก่การขนย้ายเมื่อต้องนำออกจำหน่ายต่อไป

สรุปสิ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพจากอุตสาหกรรมหลอมเหล็กที่สำคัญคือ

1. ฝุ่น (particulate) จากกระบวนการผลิตในหลายๆ กระบวนการทำให้มีฝุ่นเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก เช่น ในขั้นตอนการจัดเตรียมเศษเหล็กที่เกิดฝุ่นจากตะกอนของกากแร่ หินปูน หินทรายต่างๆ ฯลฯ และบริเวณเตาหลอมจะมีฝุ่นที่เกิดจากแร่เหล็ก และโลหะที่มีส่วนผสมของเหล็ก ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานในบริเวณดังกล่าว

2. ความร้อน (heat) ในทุกๆ กระบวนการขั้นตอนของการผลิตของอุตสาหกรรมหลอมเหล็ก จะต้องใช้ความร้อนที่สูงและผู้ปฏิบัติงานในบริเวณดังกล่าวย่อมสัมผัสกับความร้อนจากกระบวนการผลิตเหล่านั้นได้ ถ้าสัมผัสเป็นเวลานานๆ ย่อมเกิดผลเสีย เป็นอันตรายต่อร่างกายหลายอย่าง

3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide: CO) เป็นก๊าซที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในขั้นตอนของการหลอมเหล็ก เนื่องจากในแร่เหล็กนั้นมีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบค่อนข้างสูง และยังมีคาร์บอนในถ่านโค้กที่ใช้เติมลงไปในการหลอม และจากเชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้ คือถ่านหิน ดังนั้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นจึงมีปริมาณมาก โดยเฉพาะในการหลอมเหล็กจะมี CO ถึง 27-30% และจากกระบวนการขั้นตอนการผลิตอื่นๆ อีก 7-10% และก๊าซ CO นี้ อาจรั่วไหลออกมาเมื่อผู้ปฏิบัติงานหายใจเข้าสู่ร่างกายย่อมทำให้เกิดการเป็นพิษ CO อย่างเฉียบพลัน หรือเมื่อสัมผัสทุกวัน ตลอดระยะเวลาการทำงานก็ทำให้เกิดผลเสียอย่างเรื้อรัง (chronic effect) ต่อร่างกายได้

4. โลหะหนัก (heavy metal) ในขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอนมีการใช้โลหะหนักหลายชนิดกล่าวคือ

4.1 นิกเกิล (nickel: ni) ใช้ในกระบวนการผลิตเหล็ก โดยใช้เติมลงในน้ำเหล็กหลอม เพื่อทำเหล็กกล้า คือทำให้เหล็กมีคุณสมบัติมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

4.2 เหล็ก (iron, fe) จากขั้นตอนการจัดเตรียมแร่เหล็ก (iron ore preparation) คือการคัดแยก ล้างแร่บดย่อยให้มีขนาดเล็กกลง ซึ่งจะเกิดฝุ่นของออกไซด์ของเหล็ก (iron oxide) และในขั้นตอนของการหลอมก็จะมีไอระเหย (fume) ของเหล็กด้วย

4.3 แมงกานีส (manganese: mn) ใช้ Mn ใสลงไปในการผลิตเหล็ก เพื่อให้เหล็กมีความเหนียว ทนทานและแข็ง คือใช้ในขั้นตอนของการหลอมเหล็ก และการผสมเนื้อเหล็ก ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้

4.4 เซเลเนียม (selenium, se) ใช้ในขั้นตอนของการปรุงเนื้อเหล็ก โดยเติมลงไปเพื่อป้องกันการเกิดสนิมของเหล็ก

4.5 พลวง (antimony an) เป็นโลหะหนักที่ใส่ในขั้นตอนการปรุงเนื้อเหล็กของกระบวนการผลิตเหล็ก ทั้งนี้เพื่อให้เหล็กเกิดความแข็งแรง เหนียวและทนทาน ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนดังกล่าวก็อาจได้รับสารนี้เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายได้เช่นกัน

4.6 เทลลูเรียม (tellurium, ti) เป็นโลหะหนักที่ใส่ลงไปในการปรุงเนื้อเหล็ก เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อเหล็กเกิดการผุกร่อนเช่นเดียวกับโลหะหนักอื่นๆ เมื่อผู้ปฏิบัติงานได้รับเข้าสู่ร่างกายก็เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยได้

## กิจกรรม 14.2.2

สิ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพจากอุตสาหกรรมหลอมเหล็กที่สำคัญ มีอะไรบ้าง

### แนวตอบกิจกรรม 14.2.2

อันตรายจากอุตสาหกรรมหลอมเหล็กเกิดจาก

1. ฝุ่น
2. ความร้อน
3. ก๊าซ CO
4. โลหะหนักหลายชนิด

## สิ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพจากอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษและการผลิตกระดาษ

### 1. อุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ

อุตสาหกรรมประเภทนี้ทำได้โดยใช้เศษไม้ ไม้ท่อน ต้นไม้และกากจากโรงเลื่อยจักรมาย่อยสลายโดยใช้สารเคมีหรือกรดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องจักร หลังจากนั้นนำมาฟอกให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการแล้วจึงนำเยื่อที่ได้ไปผลิตเป็นกระดาษ

สำหรับการเตรียมเยื่อกระดาษมีวิธีการที่สำคัญอยู่ 2 วิธี คือ การเตรียมเยื่อกระดาษโดยกระบวนการทางเคมีและการเตรียมเยื่อกระดาษโดยใช้เครื่องจักร

1. การเตรียมเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการทางเคมี (chemical pulping) มี 3 วิธีคือ การเตรียมเยื่อกระดาษด้วยวิธีคราฟ (kraft pulping) การเตรียมเยื่อกระดาษด้วยวิธีกรดซัลไฟท์ (acid sulfite pulping) และการเตรียมเยื่อกระดาษด้วยวิธีกึ่งเคมีซัลไฟท์ที่เป็นกลาง (neutral sulfite semichemical pulping)

2. การเตรียมเยื่อกระดาษด้วยเครื่องจักร (mechanical pulping) ในการเตรียมเยื่อกระดาษด้วยเครื่องจักรนั้นมีหลายวิธีที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ วิธี refiner mechanical pulping (RMP) วิธี thermo mechanical pulping (TMP) วิธี chemimechanical pulping (CMP) และวิธี Chemi thermomechanical pulping (CTMP)

หลักการของวิธี RMP ก็คือ ทำโดยนำเศษไม้มาเตรียมเยื่อกระดาษที่ความดันปกติ บางครั้งอาจใช้สารเคมีช่วยในการเตรียมเยื่อกระดาษด้วย

ส่วนกระบวนการผลิตแบบ TMP นั้นจะนำเศษไม้มาอบไอน้ำที่ความดัน 20-40 psi เป็นเวลานาน 2-4 นาที ก่อนที่จะแยกเยื่อกระดาษออกมา

ต่อมามีการทดลองใช้สารเคมี (CMP) ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษแบบ RMP และ TMP ซึ่งเป็นปฏิกิริยา sulphonation โดยใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับเศษไม้ก่อนที่จะเตรียมเยื่อกระดาษหรือระหว่างการเตรียมเยื่อกระดาษหรือหลังการเตรียมเยื่อกระดาษ โดยปกติจะใช้สารละลายโซเดียมซัลไฟท์ (sodium sulfite) ที่ pH 4-9 เป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิ 270 – 320<sup>0</sup> ฟ. เพื่อให้ไม้นุ่มขึ้น

สำหรับวิธีการของ CTMP นั้นจะนำเศษไม้มาทำปฏิกิริยากับโซเดียมซัลไฟท์ 1-4% เพื่อให้เศษไม้นุ่มขึ้นแล้วจึงเตรียมเยื่อกระดาษภายใต้ความดันต่อไป

สารเคมีและก๊าซที่เป็นมลพิษที่สำคัญจากกระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษด้วยเครื่องจักรนั้น คือ พวกสารประกอบของสารอินทรีย์ระเหย (volatile organic compounds: VOCs)

## 2. อุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ

อุตสาหกรรมผลิตกระดาษเริ่มต้นจากการนำเยื่อกระดาษที่ได้จากกระบวนการผลิตทางเคมีหรือจากเครื่องจักรดังกล่าวมาแล้วข้างต้นมาล้าง ฟอกและเก็บรวมกันไว้ในถังบรรจุ (storage tanks) เพื่อนำมาทำกระดาษ โดยมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

- 1) การเตรียมเยื่อกระดาษ (stock preparation)
- 2) การรีดให้เป็นแผ่น (sheet formation)
- 3) การทำให้แห้ง (dryer section)
- 4) การทำให้เป็นกระดาษสำเร็จ (finishing products)

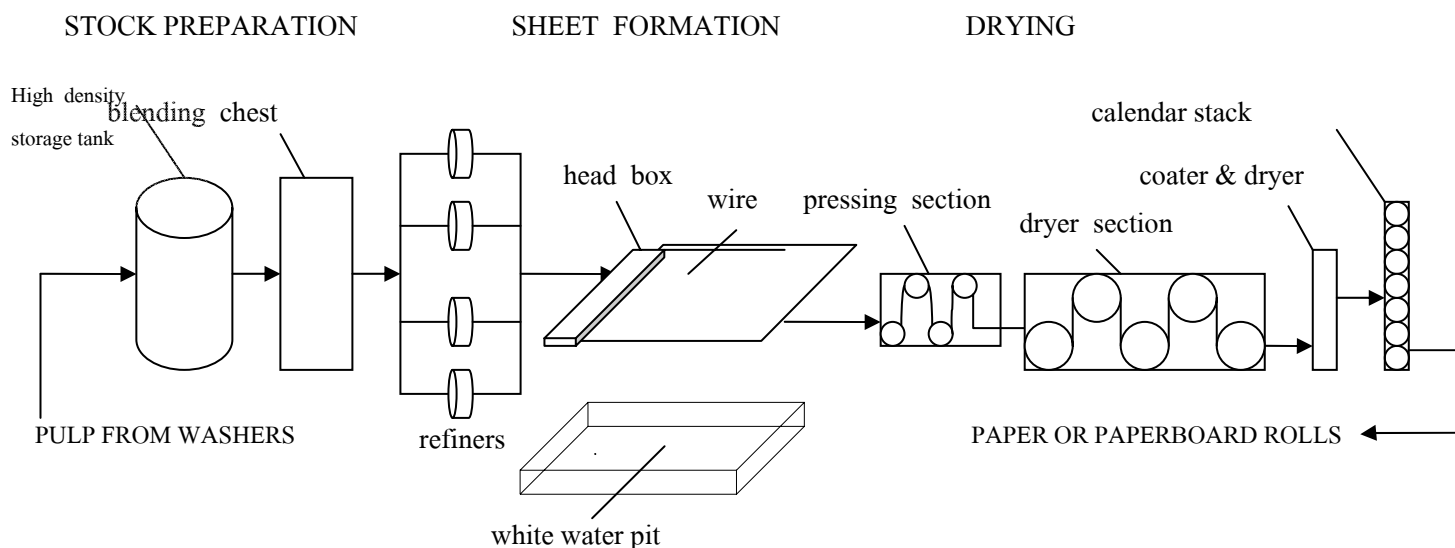
ดังแสดงในภาพที่ 14.7

1) การเตรียมเยื่อกระดาษ ทำได้โดยผสมเยื่อชนิดต่างๆ กับสารแต่งเสริม (additives) เข้าด้วยกัน เยื่อเหล่านั้นได้แก่ เยื่อจากไม้ซึ่งเป็นเยื่อบริสุทธิ์ เยื่อจากการนำกระดาษเก่ามาใช้สำหรับพวกกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษผสม กระดาษย่น พวกนี้ต้องนำมาปั่นให้กระจายตัวโดยใช้สารเคมีต่างๆ หลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ สารฟอกสี สารขจัดฟอง กรดปรับ pH แล้วจึงผสมเยื่อทั้งหมดให้เข้ากันมีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous)

2) การรีดให้เป็นแผ่น เมื่อเยื่อเป็นเนื้อเดียวกันแล้วก็ป้อนเข้าสู่ head box ของเครื่องทำกระดาษโดยเยื่อจะถูกทำให้เจือจางประมาณ 0.5% แล้วเกลี่ยเยื่อบนเครื่องทำกระดาษ (wire) ซึ่งจะรีดน้ำออกไปประมาณ 98% ด้วยระบบสูญญากาศก็จะได้แผ่นเยื่อที่ยังคงชุ่มด้วยน้ำอยู่ ซึ่งจะส่งต่อไปยังแผนกรีด (pressing section) ก็จะได้กระดาษที่เรียบและมีความชื้นน้อยลง

3) การทำให้แห้ง กระดาษเรียบที่มีความชื้นน้อยลงจะเข้าสู่แผนกทำให้แห้ง (dryer section) ด้วยความร้อน ก็จะได้กระดาษที่แห้งแล้วจึงนำไปเคลือบสีที่ผิวด้วยสารละลายสี (pigments) ชนิดต่างๆ เพื่อให้กระดาษเกิดสีหรือใช้แป้ง เพื่อให้กระดาษมีความหนาตามต้องการ หลังจากนั้นก็นำไปประเหยน้ำออกให้แห้งโดยใช้อากาศเข้าหรือพลังงานความร้อนหรือน้ำ แล้วนำมารีดให้เรียบใน calender

4) การทำให้เป็นกระดาษสำเร็จ หลังจากผ่านเครื่องรีดให้เรียบแล้วก็จะนำกระดาษมาม้วนให้เป็นม้วนแล้วจัดเก็บรอจำหน่ายต่อไป



ภาพที่ 14.7 อุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ

ที่มา: คู่มือปฏิบัติการสำหรับเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษในการตรวจสอบโรงงานอุตสาหกรรม 2539

สำหรับ white water เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการวัดเยื่อและทำให้เป็นแผ่นน้ำเสียมักประกอบด้วยเส้นใยละเอียดจำนวนมาก

สารเคมีที่เป็นมลพิษที่สำคัญและอนุภาคจากการผลิตกระดาษที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ได้แก่ จากกระบวนการทำให้แห้ง (dryer section) คือ ไอน้ำและอนุภาคจากสารเคมีที่ใช้แต่งเสริม (additives) ต่างๆ หลายชนิดที่ใส่ลงในขั้นตอนการเตรียมเยื่อกระดาษ (stock preparation) การรีดให้เป็นแผ่นและการทำให้เป็นกระดาษสำเร็จรูป นอกจากนี้ยังมีฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) ฟีนอล (phenol) แอมโมเนีย (ammonia) และสารประกอบของสารอินทรีย์ระเหย (volatile organic compounds) หลายชนิดสำหรับสิ่งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น hexane ylene toluene และ petroleum naphtha เป็นต้น

### กิจกรรม 14.2.3

การเตรียมเยื่อกระดาษมีวิธีการอะไรบ้าง

### แนวตอบกิจกรรม 14.2.3

มี 2 วิธีการคือ การเตรียมเยื่อกระดาษโดยกระบวนการทางเคมีและการเตรียมเยื่อกระดาษโดยใช้เครื่องจักร

## อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

อุตสาหกรรมผลิตเซมิคอนดักเตอร์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์เป็นโรงงานที่สะอาดในกระบวนการผลิตจึงมีขั้นตอนการทำความสะอาดหลายขั้นตอนเพื่อป้องกันฝุ่นซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงานได้ การผลิตเซมิคอนดักเตอร์มีการใช้สารเคมีหลายชนิดในกระบวนการผลิต

### กระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์

1. การออกแบบ (design) วงจรไฟฟ้าของเซมิคอนดักเตอร์จะถูกออกแบบโดยคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะถูกใช้ในการพัฒนาและทดสอบแผนผังของวงจรไฟฟ้า จากนั้นจะนำแบบที่ต้องการมาประกอบกับอุปกรณ์และตั้งสภาวะการทำงาน
2. การสร้างผลึก (crystal processing) ผลึกซิลิกอนจะถูกสร้างโดยเทคนิคการควบคุมให้มีโครงสร้างของผลึกเป็นรูปแบบเดียวกัน และเนื่องจากผลึกของซิลิกอนบริสุทธิ์ นำไฟฟ้าได้ไม่ดีจึงต้องใส่สารเคมีหรือโดแพนที่ในระหว่างการพัฒนาแท่งซิลิกอนเพื่อให้เกิดสมบัติกึ่งตัวนำ ซึ่งโดแพนที่จะถูกใช้โดยกระบวนการ Diffusion หรือ Ion Implantation ทำให้เกิดวงจรและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า

3. การทำเวเฟอร์ (wafer fabrication) การเตรียมเวเฟอร์จะเริ่มด้วยขั้นตอนการทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งจะทำให้เกิดฟิล์มของซิลิกอนไดออกไซด์บนผิวข้างนอกของซิลิกอนเวเฟอร์ปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะเกิดขึ้นระหว่างผิวซิลิกอนเวเฟอร์กับก๊าซออกซิเจน เช่น ออกซิเจน หรือไอน้ำ ฟิล์มที่เกิดขึ้นจะป้องกันเวเฟอร์ในกระบวนการต่อไป เมื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน ประกอบด้วยซิลิกอนไดออกไซด์ กรดไฮโดรฟลูออริก และตัวทำละลาย

เวเฟอร์จะถูกทำให้เกิดรอยพิมพ์โดยใช้กระบวนการกัดที่ทำให้เกิดรอยพิมพ์ (photolithography) โดยซิลิกอนเวเฟอร์จะถูกเคลือบด้วยฟิล์มบางๆ ส่วนแผ่นแก้ว หรือหน้ากาก (mask) จะทำให้เป็นวงจรถ่าย และนำแบบมาทำให้เกิดรอยพิมพ์ในวิธีการต่างๆ เช่น ฉายรังสีเอ็กซ์ ผ่านหน้ากากที่ติดกับแผ่นซิลิกอน หรืออีกวิธีหนึ่งโดยใช้ลำแสงอิเล็กตรอน (electron-beam) ทำโดยควบคุมลำแสงอิเล็กตรอนและตัวต้านทานอิเล็กตรอน เมื่อแบบถูกพัฒนาบางพื้นที่ของเวเฟอร์จะถูกกำจัด และที่เหลือจะถูกควบคุมด้วยตัวต้านทาน

หลังจากกระบวนการกัดที่ทำให้เกิดรอยพิมพ์ สารเคมีที่เป็นตัวแบบพัฒนา (developers) จะถูกใช้กำจัดสารเคลือบหรือวัสดุต้านทานที่เหลือ จากนั้นเวเฟอร์จะถูกกัดในสารละลายกรดเพื่อกำจัดส่วนของชั้นออกไซด์ ที่สร้างร่องหรือแบบ ซึ่งเป็นบริเวณที่ติดโดแพนที่นำเวเฟอร์ไปล้างเพื่อกำจัดตัวต้านทานที่ไม่ต้องการ (photoresist) แล้วทำให้แห้งระหว่างขั้นตอนต่อไปโดแพนถูกนำมาติดที่ผิวของเวเฟอร์โดยการแพร่กระจาย (diffusion) หรือการฝัง (ion implantation)

4. การเรียงชั้นสุดท้าย และทำความสะอาด (final layering and cleaning) เมื่อเวเฟอร์ถูกเตรียมแล้ว ผิวของเวเฟอร์จะถูกเคลือบด้วยชั้นบางของโลหะซึ่งโลหะนี้จะทำหน้าที่เป็นวงจรถ่ายในเซมิคอนดักเตอร์ การต่อภายนอกกับซิลิกอนเวเฟอร์โดยการระเหยฟิล์มโลหะ บนพื้นผิวของเซมิคอนดักเตอร์ในสุญญากาศ โลหะเกือบทุกชนิดสามารถใช้ทำการเชื่อมต่อทางไฟฟ้ากับซิลิกอนได้ เช่น อะลูมิเนียม แพททินัม ไททาเนียม นิกเกิล/โครเมียม เงิน ทองแดง ทังสเตน ทอง เจอมาเนียม และแทนทาลัม เป็นต้น ในบางครั้งมีการใช้ก๊าซอาร์กอนด้วย

5. การประกอบ (assembly) มีขั้นตอน ดังนี้

5.1 กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ให้แยกออกจากกัน (expansion หรือ die separation) เพื่อให้เครื่องจักรสามารถหยิบชิปได้สะดวก โดยการนำเอาแผ่นเวเฟอร์มาติดที่แผ่นพลาสติกเหนียว (adhesive sheet) แล้วใช้เลเซอร์และเลื่อยทำการตัดเป็นหน่วยๆ ในขั้นตอนนี้มีการใช้ตัวทำลายในการทำความสะดวกด้วย

5.2 กระบวนการเชื่อมชิพลงบนแผ่นเฟรม (die bonding) โดยการนำชิพจากเวเฟอร์มาติดไว้บนแผ่นเฟรมซึ่งต้องใช้ตัวประสานระหว่างชิพกับแผ่นเฟรม เช่น อีพ็อกซีเรซิน (epoxy resin) หรือกาวเงิน (ag paste)

5.3 กระบวนการเชื่อมระหว่างชิพกับขาของแผ่นเฟรมเข้าด้วยกันด้วยเส้นลวดทองคำ หรืออลูมิเนียม (wire bonding) เพื่อให้ตัวไอซีสามารถนำสัญญาณได้

5.4 กระบวนการหุ้มชิพและเส้นลวดที่ต่อกับชิพด้วยเรซินหรือพลาสติก (molding) เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนของชิพและเส้นลวด และง่ายต่อการหยิบจับ

5.5 กระบวนการจัดเรซินที่ไม่ต้องการออก (soldering หรือ plating) ป้องกันสนิมและออกไซด์ ทำความสะอาด และทำการชุบขาไอซีเพื่อให้นำไฟฟ้าได้ดีขึ้น โดยในขั้นตอนนี้มีการใช้สารเคมีหลายชนิด ได้แก่ ตัวทำลาย กรด อัลคาไลด์ โซลันต์ อีพ็อกซิน

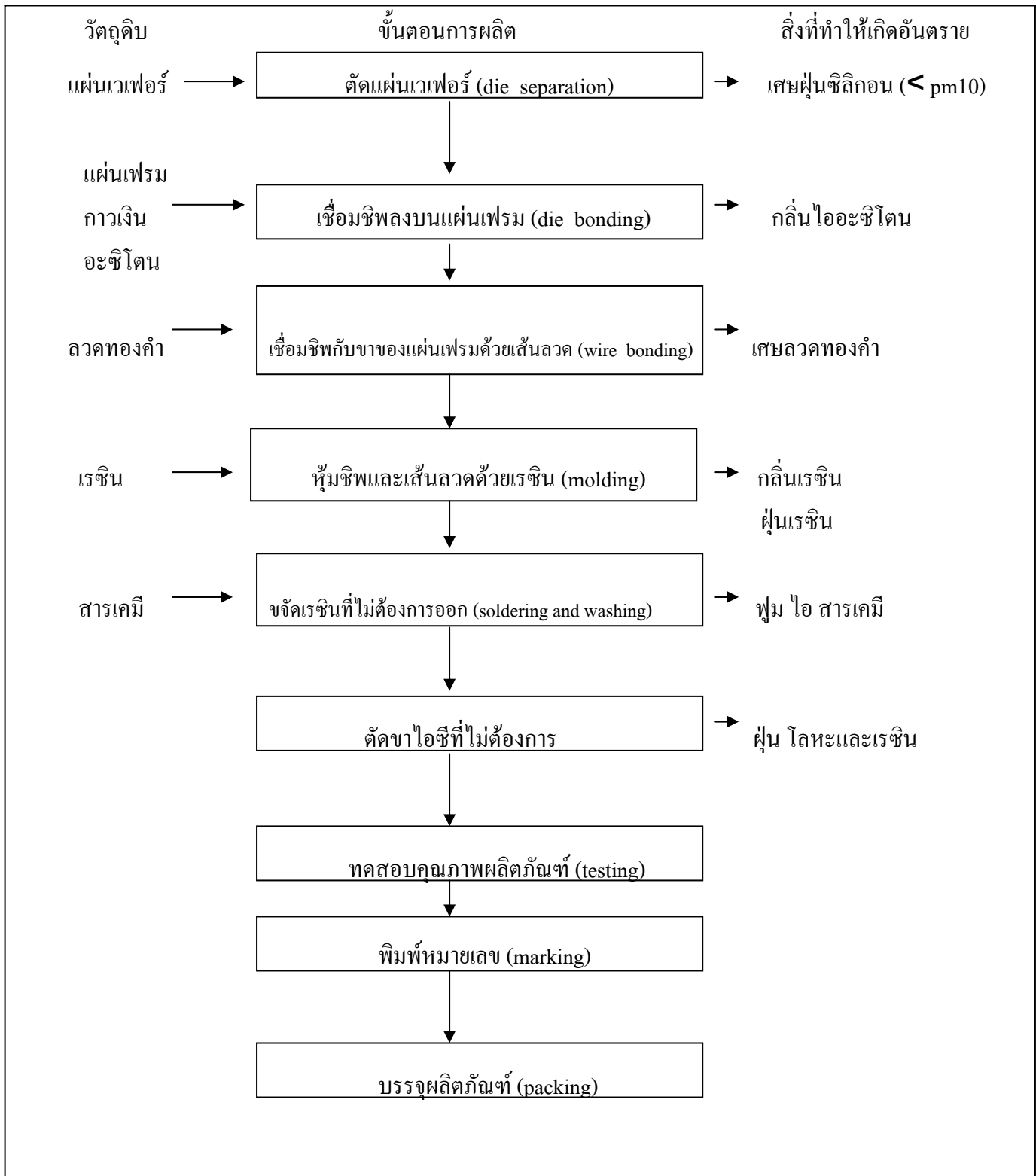
5.6 กระบวนการตัดขาของตัวไอซีที่ไม่ต้องการออกจากแผ่นเฟรม (cutting)

5.7 กระบวนการตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้า (testing) คุณภาพของผลิตภัณฑ์และอื่นๆ ก่อนที่จะนำไปขาย

5.8 กระบวนการพิมพ์หมายเลขและอื่นๆ ที่ตัวไอซี (making) ซึ่งแล้วแต่บริษัท โดยมีการพิมพ์ด้วยหมึกและเลเซอร์

5.9 กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องหรือบรรจุภัณฑ์อื่นๆ (packing) เพื่อง่ายต่อการจัดเก็บและจำหน่ายต่อไป

โรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มเซมิคอนดักเตอร์ปัจจุบันจะเป็นโรงงานประกอบ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ตามกระบวนการผลิตผลกระทบต่อสุขภาพมีดังนี้ (ภาพที่ 14.8)





## ภาพที่ 14.8 แผนผังกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เฉพาะขั้นตอนการประกอบการผลกระทบต่อสุขภาพ

จากกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์นั้นมีหลายขั้นตอนในการผลิตที่มีผลกระทบต่อสุขภาพสรุปได้ดังนี้

1. กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ สิ่งที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ ฝุ่นที่เกิดจากการตัดแผ่นเวเฟอร์ที่ออกมาจากกระบวนการผลิตซึ่งมีขนาดเล็ก ( 10 pm) จะอยู่ในรูปของตะกอนเปียก และปนเปื้อนในน้ำที่ใช้หล่อลิ้นแผ่นเวเฟอร์ขณะเครื่องจักรทำการตัดแผ่นเวเฟอร์ สารประกอบของเวเฟอร์ที่เป็นอันตราย ได้แก่ สารหนู (arsenic) ทั้งนี้สารประกอบอันตรายอาจขึ้นอยู่กับแต่ละกระบวนการผลิต ทางสู่วงกาย ได้แก่ ทางผิวหนังจากการสัมผัสกับตะกอน และน้ำเสียที่ปนเปื้อนเศษตะกอนและการหายใจจากการใช้ปืนลมเป่าทำความสะอาดเครื่องจักรขณะทำการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร
2. กระบวนการเชื่อมชิพลงบนแผ่นเฟรม สิ่งที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ ไอระเหยอะซิโตน ในกระบวนการนี้มีการใช้ อะซิโตน ทำความสะอาดชะล้างกาวเงินออกจากหัวฉีดกาวเงิน (nozzle) ทั้งนี้ อาจใช้สารเคมีแตกต่างกัน สารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ได้แก่ ไอระเหยอะซิโตน ทางที่เข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ การหายใจและทางผิวหนังจากการสัมผัสขณะทำการล้างหัวฉีดกาวเงิน
3. กระบวนการหุ้มชิพและเส้นลวดด้วยเรซิน สิ่งที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ สารพลวง สารประกอบโบรมีน ซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในเรซิน แต่ทั้งนี้อาจมีการใช้สารเคมีที่แตกต่างกัน ในกระบวนการนี้จะมีการอบชิ้นงานด้วยความร้อนอุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตจะมีการฟุ้งกระจายของฝุ่นเรซินที่เกิดจากการถ่ายเทเรซินทางเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ การหายใจ
4. กระบวนการขจัดเรซินที่ไม่ต้องการออก สิ่งที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ ฟูมไอสารเคมีจากกระบวนการล้างขจัดเรซินส่วนเกินออกและการชุบสารเคมีเพื่อป้องกันสนิมสารเคมีอันตรายที่ใช้ ได้แก่ ตะกั่ว ดีบุก หรือบิสมัท กรดซัลฟูริก โปรแตสเซียมคลอไรด์ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละโรงงาน สามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการหายใจและทางผิวหนังจากการสัมผัส
5. กระบวนการตัดขาไอซีที่ไม่ต้องการออก สิ่งที่เกี่ยวข้องให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ เสียงซึ่งในกระบวนการนี้จะมีเสียงดังจากเครื่องจักรทำงาน ประมาณ 75-90 เดซิเบลเอ ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเครื่องจักรและขนาดห้อง นอกจากนี้ในกระบวนการนี้ยังมีฝุ่นจากเศษโลหะและเรซินจากตัดขาไอซี ที่เข้าสู่ร่างกายได้แก่ การหายใจ
6. การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์จะมีความละเอียดสูงมีขนาดเล็ก ในการตรวจสอบคุณภาพงานจะต้องมองผ่านกล้องไมโครสโคปกำลังขยายสูง อยู่ที่ประมาณ 100 เท่า ผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นแก่สายตาและความเครียด ปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการเกิดผลกระทบสายตาและความเครียด ได้แก่ ระยะเวลาการทำงานและแสงสว่างในการทำงานด้วย

#### กิจกรรม 14.2.4

จงบอกอันตรายจากกระบวนการผลิต เซมิคอนดักเตอร์มาสัก 3 กระบวนการ

#### แนวตอบกิจกรรม 14.2.4

อันตรายจากกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์

1. กระบวนการตัดเวเฟอร์ ได้แก่ ฝุ่นที่อยู่ในรูปของตะกอนเปียกของสารหนู (arsenic)
2. กระบวนการเชื่อมชิปลงบนแผ่นเฟรม ได้แก่ ไอระเหยของอะซิโตน
3. กระบวนการหุ้มชิปและเส้นลวดด้วยเรซิน ได้แก่ สารพลวงและสารประกอบโบรมีน