

สรุปเข้มวิศวะพื้นฐาน

หน่วยที่1 พื้นฐานวิศวกรรมศาสตร์และอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

วิศวกรรมศาสตร์ เป็นศาสตร์หรือวิชาเกี่ยวกับการนำความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้พัฒนาหาคำตอบที่ประหยัดและเหมาะสมเพื่อช่วยแก้ปัญหาสนองความต้องการของมนุษย์

มนุษย์อาศัยวิศวกรรมศาสตร์ในการเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตและอยู่รอดของเผ่าพันธุ์

วิศวกรรมศาสตร์สาขาหลัก แบ่งเป็น 5 สาขา ได้แก่ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเคมี และวิศวกรรมอุตสาหการ

ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัย กลุ่มวิชาการที่สำคัญ 4 กลุ่มหลักคือ

1. **กลุ่มวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมหรืออาชีวสุขศาสตร์** ศึกษาเกี่ยวกับการตระหนัก ประเมิน และการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมหรือสภาวะแวดล้อมที่มีอยู่ หรือเกิดจากสถานประกอบการที่อาจเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วย
2. **กลุ่มวิชาอาชีวอนามัย** เป็นกลุ่มวิชาศึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการป้องกันอุบัติเหตุ ความปลอดภัยในการทำงานลักษณะต่างๆ
3. **กลุ่มวิชาการยศาสตร์และจิตวิทยาในการทำงาน** เป็นกลุ่มวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดและการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เหมาะสมกับสรีรวิทยาและจิตวิทยาของมนุษย์ในการทำงาน
4. **กลุ่มวิชาชีวเวชศาสตร์หรือเวชศาสตร์อุตสาหกรรม** เป็นกลุ่มวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้ทางการแพทย์และสาธารณสุข นักอาชีวอนามัยและความปลอดภัยมีความจำเป็นที่ต้องมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ด้วยเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. การนำความรู้พื้นฐานวิศวกรรมศาสตร์สาขาต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
2. เพื่อประโยชน์ในการประสานงานกับวิศวกรสาขาต่างๆ ที่อยู่ในสถานประกอบการ

มิติ (dimension) ใช้ในการอธิบายปริมาณทางกายภาพของตัวแปรต่างๆ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

มิติพื้นฐาน มิติของตัวแปรที่มีหน่วยเดี่ยวๆ เช่น ความยาว เวลา มวล กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ ปริมาณสาร ความเข้มแสง เป็นต้น มิติอนุพันธ์ เกิดจากมิติพื้นฐานรวมกันเช่น พื้นที่ ปริมาตร ความเร็ว ความเร่ง ความหนาแน่นมวล แรง พลังงาน

ระบบหน่วย (unit system) หน่วย คือค่าที่ใช้วัดหรือแสดงปริมาณของมิติเพื่อใช้สื่อให้เข้าใจตรงกัน ตัวอย่างมิติความยาว หน่วยคือ นิ้ว ฟุต เซนติเมตร หรือเมตร มี 2 ระบบคือ

- **ระบบอังกฤษ** เป็นระบบที่พบเห็นในอเมริกา โดยหน่วยพื้นฐานในระบบอังกฤษ เช่น ความยาวมีหน่วยเป็นฟุต (foot, ft) มวลมีหน่วยเป็นสลัก (slug) เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (second, s) แรงมีหน่วยเป็นปอนด์ (pound, lb)
- **ระบบเมตริกเกา (SI unit)** พบทั่วไปในแถบยุโรปเริ่มจากฝรั่งเศสต่อมาได้รับการพัฒนาเป็นระบบสากล **SI unit** ระบบหน่วยสากล แบ่งหน่วยเป็น 3 ชั้นด้วยกัน หน่วยพื้นฐาน หน่วยอนุพันธ์

1. **หน่วยพื้นฐาน** มีอยู่ 7 ปริมาณคือ ความยาว มวล เวลา กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ ปริมาณสารและความเข้มแสง
2. **หน่วยเพิ่มเติม** หน่วยเพิ่มเติมในระบบหน่วย SI เป็นหน่วยของมุมมีอยู่ 2 มุม มุมเชิงระนาบ เรเดียน และ มุมตัน สเตอเรเดียน หมายถึง มุมที่มีจุดยอด (vertex) อยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม
3. **หน่วยอนุพันธ์** หน่วยของปริมาณกายภาพที่สร้างขึ้นจากหน่วยพื้นฐานและหน่วยเสริม เช่น หน่วยอนุพันธ์ของความเร็วคือ เมตรต่อวินาที (m/s)

ตัวอุปสรรค สัญลักษณ์ที่ใช้แทนจำนวน 10 ยกกำลังค่าต่างๆ กิโล เมกกะ เมกกะ เซนติ มิลลิ

หน่วยที่2 แบบพื้นฐานทางวิศวกรรมโยธา

แบบก่อสร้าง (construction drawing) คือรูปภาพแสดงขนาด รูปร่างและรายละเอียดขององค์อาคาร โดยมีการกำหนดค่าระดับและมิติที่ถูกต้องและครบถ้วน เพื่อให้ผู้อ่านแบบมีความเข้าใจในรายละเอียดขององค์อาคาร และสามารถก่อสร้างได้ตรงตามรายละเอียดที่สถาปนิกและวิศวกรได้ออกแบบไว้ ดังนี้ 1. การออกแบบ 2. การขออนุญาตปลูกสร้างและตัดแปลงอาคาร 3. การเสนอราคาและประมูลงาน 4. การทำสัญญาว่าจ้าง 5. การก่อสร้างและการตรวจรับงาน 6. ขั้นตอนการต่อเติมหรือตัดแปลงอาคาร 7. ขั้นตอนการบำรุงรักษา ในกรณีฉุกเฉิน

ประเภทของแบบก่อสร้าง

1. แบบสถาปัตยกรรม 1.1 แบบรูปด้านหน้า (front view) 1.2 แบบรูปด้านหลัง (back view) 1.3 แบบรูปด้านข้าง (side view)
 1.4 แบบรูปด้านบน (top view) 1.5 แบบแปลน (plan view หรือผังพื้น (floor plan) 1.6 แบบรูปตัด (section view)
 1.7 แบบขยาย นิยม 1: 20 1.8 ผังที่ตั้งโครงการ (แผนที่) และผังบริเวณ

2. แบบโครงสร้าง (structural drawing) บางครั้งเรียกแบบวิศวกรรม แสดงรายละเอียดโครงสร้างอาคารที่ได้รับการออกแบบโดยวิศวกร บริษัทรับเหมาก่อสร้างและวิศวกรผู้ควบคุมโครงการจะต้องปฏิบัติตามแบบโครงสร้างอย่างเคร่งครัดเพื่อความแข็งแรงและมั่นคงขององค์อาคาร

3. แบบงานระบบ (system drawing) แสดงรายละเอียดของระบบต่างๆ ที่ติดตั้งภายในอาคาร อาทิ ระบบไฟฟ้า ระบบเครื่องกล ระบบปรับอากาศ ระบบป้องกันอัคคีภัย และระบบสุขาภิบาล ในระหว่างการก่อสร้างผู้รับเหมาก่อสร้างจะต้องทำแบบรายละเอียดทั่วไปสำหรับงานก่อสร้างเรียกว่าชอปดรออิ้งค์ (shop drawing) เป็นแบบที่รวบรวมรายละเอียดทุกส่วนเข้าด้วยกัน เมื่อก่อสร้างเสร็จบริษัทผู้รับเหมาก็ต้องจัดทำแบบรายละเอียด ของการก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริง หรือมีการปรับปรุงแก้ไข เรียกว่า แอสบิวท์ดรออิ้งค์ (as-build drawing)

รายการประกอบแบบ (specifications) บางครั้งเรียกว่า ข้อกำหนดงานก่อสร้าง เป็นการกำหนดรายละเอียดเพิ่มเติมจากแบบก่อสร้างเพื่อช่วยเพิ่มความชัดเจนในเรื่องของมาตรฐานและคุณภาพของงานก่อสร้าง รวมถึงเงื่อนไขที่บริษัทรับเหมาก่อสร้างจะต้องปฏิบัติตาม จะมีเนื้อหาครอบคลุม

- รายละเอียดและขอบเขตงานตามสัญญา
- มาตรฐานอ้างอิงทางวิศวกรรมที่ใช้ในโครงการ
- รายละเอียดของประเภทและคุณลักษณะของวัสดุก่อสร้างที่ใช้ - ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้าง - วิธีการทดสอบคุณภาพ
- รายละเอียดการติดตั้งและทดสอบอุปกรณ์ประกอบอาคาร - รายละเอียดอื่นๆ ขั้นตอนการส่งมอบ การป้องกันกระทบสิ่งแวดล้อม

องค์ประกอบของแบบก่อสร้าง

มาตราส่วน (scale) คือ อัตราส่วนระหว่างขนาดที่วัดได้จากรูปในแบบก่อสร้างเทียบกับขนาดจริงขององค์อาคาร เช่น แบบก่อสร้างมาตราส่วน 1 : 50 หมายความว่าความยาว 1 เซนติเมตรที่วัดได้ในแบบมีค่าเท่ากับ 50 เซนติเมตรในสภาพความเป็นจริงตามมาตรฐาน ISO 5454 (Technical Drawing) ได้แก่ แบบรูปด้าน แบบแปลน และแบบรูปตัดในประเทศไทยส่วนใหญ่เขียนด้วยมาตราส่วน 1 : 100 แบบขยาย 1 : 20

สัญลักษณ์ (symbol) คือองค์ประกอบของรูปภาพ เส้น และตัวหนังสือที่ใช้แสดงแบบรายละเอียดในแบบก่อสร้างมี 3 ประเภท

- สัญลักษณ์อ้างอิง (reference symbol) อ้างอิงระหว่างรูปในการก่อสร้าง อาทิ ตำแหน่งรูปตัด หรือรูปขยาย
- สัญลักษณ์เนื้อวัสดุ (material symbol) เขียนแบบจากสัญลักษณ์ของวัสดุจริง ผู้อ่านจินตนาการตามได้ง่าย

สัญลักษณ์วัตถุ (object symbol) แทนตำแหน่งและจำนวนของวัตถุที่จะติดตั้งในอาคาร

เส้นและการกำหนดขนาด

เส้น (line) แบ่งเป็น 3 ชนิด **เส้นบาง** ใช้เขียนเส้นบอกขนาด เส้นฉาย และเส้นลงเงา **เส้นหนา** และ **เส้นหนามาก** ใช้เขียนเส้นรอบรูปและขอบเขตในพื้นที่ เส้นหนาหนาประมาณสองเท่าของเส้นบาง เส้นหนามากหนาประมาณสองเท่าของเส้นหนา เส้นประหนาหนาสองเท่าของเส้นหนาเขียนแสดงรายละเอียดองค์อาคารในส่วนที่มองไม่เห็นหรือจะรีดถอน เส้นลูกโซ่บางใช้แสดงแนวเส้นผ่าศูนย์กลางของวัตถุ ส่วนเส้นลูกโซ่หนาแสดงแนวท่อและทางระบายน้ำ

การกำหนดขนาด (dimension) หรือ มิติ หน่วยควรใช้ SI Unit (International System of Units) เช่นเมตร เซนติเมตร มิลลิเมตร เป็นระบบหน่วยที่ยอมรับและใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย

- 1.เส้น ฉาย (projection line) เป็นเส้นที่ลากออกจากวัตถุเป็นแนวเส้นตรงมายังเส้นมิติ ใช้เส้นบางตามมาตรฐาน มอก. 440
2. เส้นมิติ (dimension line) เป็นเส้นที่ใช้กำหนดความยาวของวัตถุในแต่ละช่วง ใช้เส้นบาง อยู่ระหว่างเส้นฉายทั้งสองด้านปลายทั้งสองมีสัญลักษณ์กำกับ

3. ตัวเลขบอกขนาด (number) คือตัวเลขบอกระยะจริงที่เขียนกำกับไว้บนเส้นมิติเพิ่มความชัดเจนและความสะดวกในการอ่านแบบ มีสองแบบ

- การเขียนตัวเลขบอกขนาดแบบทิศทางเดียว (unidirectional) วิธีนี้จะให้ตัวเลขบอกขนาดจะอยู่ในแนวระนาบเสมอ
- การเขียนบอกขนาดตามแนวเส้นมิติ (aligned) วิธีนี้จะให้ตัวเลขบอกขนาดอยู่ในแนวขนาดกับเส้นมิติอยู่เสมอ

ขนาดกระดาษเขียนแบบ

มาตรฐาน มอก. 440(การเขียนแบบก่อสร้าง) แบ่งออกเป็น 5 ชนิด คือ A4 ,A3,A2,A1,A0

A4 ขนาด 210x297 A4 สองเท่า= A3 , A3 สองเท่า= A2 , A2 สองเท่า= A1 , A1สองเท่า= A0 ซึ่ง A0 ขนาดใหญ่สุด

หน้าที่ของเหล็กเส้นในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (steel bar) เสริมเข้าไปในคอนกรีตเพื่อทำหน้าที่ ช่วยต้านทานแรงดึง ช่วยต้านทานแรงอัด ช่วยต้านทานแรงเฉือน ช่วยป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต

ชนิดของเหล็กที่ใช้ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามมาตรฐาน มอก คือ

1. **เหล็กเส้นกลม (round bar)** เป็นเหล็กเส้นที่มีลักษณะผิวเรียบ เหล็กเส้นกลมที่ใช้ในประเทศไทยตามมาตรฐาน มอก. มีชั้นคุณภาพเดียวคือ SR24 เป็นเหล็กเส้นที่มีความแข็งแรงที่จุดคราก (yield strength) อย่างต่ำ 2,400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความแข็งแรงที่จุดครากเป็นหนึ่งในคุณสมบัติเชิงกลที่ใช้ในการวัดคุณภาพของเหล็กเส้น สัญลักษณ์ RB แล้วตามด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก เช่น RB9 คือเหล็ก เส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร

2. **เหล็กข้ออ้อย (deformed bar)** เป็นเหล็กที่มีผิวขรุขระเป็นครีบลายข้ออ้อย โดยกลีบเกลียวที่ผิวของเหล็กข้ออ้อยจะเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว (bond) ระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก ในประเทศไทยมาตรฐาน มอก. มี 3 ชั้นคุณภาพคือ SD30, SD40, และ SD50 มีคุณภาพสูงสุดคือมีความแข็งแรงที่จุดคราก(yield strength) อย่างต่ำ 5,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สัญลักษณ์ตัวอักษร DB เช่น DB25 คือเหล็กข้ออ้อยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร

รอยต่อระหว่างชิ้นส่วนของเหล็กรูปพรรณ 2 ลักษณะคือ

1. แบบสลักเกลียว
2. แบบรอยเชื่อม รอยเชื่อมต่อชน และรอยเชื่อมแบบทาบ

หน่วยที่ 3 วิศวกรรมโครงสร้างงานอาคาร

ส่วนประกอบของอาคารเบื้องต้น ประกอบด้วย หลังคาและ โครงสร้างหลังคา คาน เสา พื้น ผนังและฝ้าเพดาน ฐานราก เสาเข็ม

หลังคาและ โครงสร้างหลังคา หลังคา (roof) ทำหน้าที่ป้องกันฝน แดด ฝุ่น หลังคาทำให้อาคารมีความสวยงาม บังบอกลิ่งวัฒนธรรมท้องถิ่น การออกแบบต้องคำนึงถึงน้ำหนัก วัสดุที่เลือกใช้

การถ่ายน้ำหนัก (load distribution) น้ำหนักของหลังคาทั้งหมดจะถูกถ่ายลง โครงหลังคาของอาคารและจะถ่ายไปลงเสา

แป มีหน้าที่ รับน้ำหนักของหลังคา

จันทัน มีหน้าที่ รับน้ำหนักจากแป

อกไก่ มีหน้าที่ รับน้ำหนักจากจันทัน

คั้ง มีหน้าที่ รับน้ำหนักจากอกไก่ที่อยู่ตามแนวจันทันเอก และส่งให้หลังคามีทรงสูงชันหรือแบบราบ

อะเส มีหน้าที่ รับน้ำหนักจากจันทันและยึดหัวเสาให้มั่นคง

ช่อ มีหน้าที่ รับน้ำหนักจากคั้งและยึดหัวเสาให้มั่นคง

ประเภทของโครงหลังคา ปัจจุบันนิยมก่อสร้างมี 2 ประเภทคือ

1. โครงหลังคาไม้ สร้างจากไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้มะค่าเหมาะกับหลังคาสังกะสี กระจังลอนคู่ หรือลอนเล็กที่มีน้ำหนักไม่มาก
2. โครงหลังคาเหล็ก นิยมกันมาก หาไม่ยาก ราคาไม่แพง และรับน้ำหนักได้มากขึ้น จะให้ความยาวและความกว้างของตัวอาคารมากกว่า

ส่วนประกอบของโครงหลังคาเหล็ก

1. **แผ่นวัสดุุมงหลังคา (sheet)** แผ่นกระเบื้องหรือแผ่นเหล็ก
2. **แปเหล็ก (purlins)** ทำจากเหล็กกล่องหรือเหล็ก C ทำหน้าที่รับน้ำหนักจากแผ่นหลังคาไปสู่จุดอื่นๆ ของโครงหลังคา
3. **เหล็กยึดแป (sag rods)** ใช้ยึดแปไม่ให้โก่งงอหรือบิดตัว
4. **คานโครงเหล็กยึดโครงหลังคาเหล็ก (miner truss)** เป็นชิ้นส่วนที่ยึดระหว่าง โครงหลังคาเหล็ก ทำหน้าที่คล้ายกับคั้งในโครงหลังคาไม้ แต่มีหลายชั้น เพื่อยึด โครงหลังคาเหล็กให้มั่นคง แข็งแรง

5. **เหล็กยึดทแยงโครงหลังคาเหล็ก (cross bracing)** เหล็กเส้นช่วยยึด โครงหลังคาในแนวนอนกับหัวเสาของอาคาร

6. **โครงเหล็ก (steel truss)** เป็น โครงเหล็กรูปทรงเป็นหลังคาของอาคารเพื่อรับน้ำหนักหลังคา ถ่ายลงสู่เสาและฐานราก

คาน (beam) เป็นส่วนของอาคารที่รับน้ำหนักจากพื้นลงสู่และผนังลงสู่เสาของอาคาร รวมทั้งทำหน้าที่ยึดเสาของอาคารให้อยู่ในสภาพที่มั่นคงแข็งแรง แบ่งตามชนิดของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง 3 ประเภท คือ

1. **คานไม้ (timber beam)** ทำจากไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้แดง ไม้สัก รับน้ำหนักจากผนัง ไม้ หรือวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีทั้งคานเดี่ยวและคานคู่

2. **คานคอนกรีตเสริมเหล็ก (reinforced concrete beam)** รับน้ำหนักได้มาก มีความคงทนสูง ก่อสร้างง่าย ราคาไม่แพง เสริมเหล็กเข้าไปเพื่อรับแรงดึงได้สูงขึ้น ใส่ปลอกเหล็กเพื่อให้คานคอนกรีตสามารถรับแรงเฉือนได้ดียิ่งขึ้น

3. **คานเหล็ก (steel beams)** ทำจากเหล็กขนาดใหญ่และหนา นิยมมากในปัจจุบัน ไม่ใหญ่เทอะทะเหมือนคานคอนกรีตเสริมเหล็ก รับแรงอัดและแรงดึงได้ดี ก่อสร้างง่าย รวดเร็ว แต่ทนความร้อนสูงๆ ไม่ได้ จะมีจุดอ่อนในบริเวณจุดต่อของคาน

ลักษณะของคานในอาคาร มี 3 ลักษณะคือ

1. **คานช่วงเดียว** รับน้ำหนักแล้วถ่ายน้ำหนักไปที่ปลายคานทั้งสองด้านคือหัวเสา
2. **คานแบบต่อเนื่อง** เป็นคานที่ต่อเนื่องกันตั้งแต่ 2 ช่วงคานขึ้นไป มีแรงมากระทำบนคาน มีความต่อเนื่องเรียงกันไป
3. **คานยื่น** เป็นคานยื่นออกไปจากอาคาร มีจุดยึดที่ปลายคานด้านเดียวของอาคารเท่านั้น เช่น คานรองรับพื้นกันสาด หรือระเบียงอาคาร

เสา (column) เป็นส่วนของอาคารที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักตั้งแต่หลังคา โครงหลังคา ผนัง และคาน รวมทั้งน้ำหนักของสิ่งของที่อยู่ในอาคาร มีรูปร่าง วงกลม สี่เหลี่ยม หลายเหลี่ยม ตามแต่จะออกแบบ แต่ต้องมีความมั่นคง แข็งแรง รับน้ำหนักได้ มี 4 ประเภท

1. **เสาไม้ (timber column)** ทำจากไม้เนื้อแข็ง ไม้สัก ไม้แดง ไม้พยุง เป็นต้น ปัจจุบันราคาแพงหายาก
2. **เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก (reinforce concrete column)** ทำจากคอนกรีตใส่เหล็กเสริมเพื่อเพิ่มกำลังในแรงรับแรงอัดและแรงดัด
3. **เสาเหล็ก (steel column)** เป็นเสาที่ทำจากเหล็กรูปพรรณล้วนๆ หรือนำเหล็กแผ่นมาประกอบกัน หรือท่อเหล็กกลม เป็นที่นิยมเพราะน้ำหนักน้อยกว่า แต่ข้อด้อยคือทนความร้อนได้ไม่ดี
4. **เสาเหล็กผสมคอนกรีต** เป็นเสาที่ใช้เหล็กรูปพรรณจากข้อ 3 เทคอนกรีตหุ้มทับอีกครั้ง เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น ทนไฟ ได้มากขึ้น

พื้น (slab) เป็นส่วนของอาคารที่รับน้ำหนักของสิ่งต่างๆ รวมทั้งน้ำหนักของบุคคลผู้อยู่อาศัยอยู่ในอาคาร ก่อนจะส่งน้ำหนักไปลงที่คานของอาคาร พื้นของอาคารยังมีส่วนที่ช่วยยึดให้โครงสร้างของอาคารมีความมั่นคงแข็งแรงมากยิ่งขึ้น มี 2 ประเภท คือ

1. **พื้นไม้**
2. **พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก**

แรงกระทำบนพื้น แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

1. **น้ำหนักบรรทุกคงที่ (dead load)** คือน้ำหนักของพื้นทั้งหมด รวมถึงน้ำหนักของอุปกรณ์สิ่งของที่นำมาวางถาวร เช่น สุขภัณฑ์ เครื่องกึ่งตู้เย็นขนาดใหญ่ เป็นต้น
2. **น้ำหนักบรรทุกจร (live load)** คือน้ำหนักบรรทุกที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่ง เช่น รถบรรทุก คน เคน

ผนังและฝ้าเพดาน

ผนัง (wall) เป็นส่วนของอาคารทำหน้าที่ปิดกั้นความเป็นสัดส่วนของอาคาร มีทั้งผนังภายนอกอาคาร ผนังภายในอาคาร ทำหน้าที่หลายอย่างเช่น กันแดด กันฝน กันลม สร้างความเป็นส่วนตัว ลดเสียงดัง ช่วยให้อาคารสวยงามน่าอยู่ มี 4 ประเภท

1. **ผนังเบา (light wall)** ผนังที่มีน้ำหนักน้อย แยกประเภทได้ง่าย เช่น ผนังไม้แปรรูป ผนังกระเบื้องแผ่นเรียบ ผนังกระจก ผนังไม้อัด หรือผนังเหล็กแผ่นบาง
2. **ผนังก่อด้วยวัสดุประสาน** ได้แก่ ผนังก่อด้วยอิฐมวลฉนวน อิฐบล็อก คอนกรีตบล็อก อิฐมวลเบา บล็อกแก้ว หรือแผ่นหินเรียง ผนังประเภทนี้จะต้องมีปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน มีความแข็งแรงคงรูป ผนังประเภทนี้ มีน้ำหนักมากกว่าประเภทแรกมาก
3. **ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป** ได้แก่ ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กที่หล่อสำเร็จจากโรงงาน นำมาติดตั้ง โดยมีสลักยึด ปัจจุบันนิยมสูง ก่อสร้างได้เร็ว ราคาถูกกว่าแบบที่ 2

4. **ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก** ผนังของอาคารก่อสร้างในสถานที่ก่อสร้าง โดยเสริมเหล็กรูปพรรณ ทำหน้าที่คล้ายกับคานของอาคาร มีน้ำหนักสูง นิยมก่อสร้างในชั้นใต้ดินของอาคารที่สัมผัสกับดิน น้ำ เช่น ผนังของสระว่ายน้ำ หรือผนังที่ด้านหนึ่งเป็นบ่อน้ำ

ฝ้าเพดาน (ceiling) คือ แผ่นที่ติดครุหลังคา เพดาน หรือปิดใต้ตง เพื่อปิดส่วน โครงหลังคา หรือส่วนล่างของพื้น ฝ้าเพดานแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ ไม้ กระเบื้องแผ่นเรียบ แผ่นยิบซั่ม อลูมิเนียม

ประโยชน์ 1. ช่วยปิดส่วนต่างๆที่ไม่เรียบร้อย 2. ช่วยป้องกันความร้อนใต้หลังคา 3. ช่วยซ่อนอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

4. ช่วยป้องกันเสียงจากห้องบนชั้นถัดไป 5. ช่วยตกแต่งเพิ่มบรรยากาศต่างๆ ภายในห้องให้น่าอยู่อาศัยมากขึ้น

6. สำหรับฝ้าที่เป็นวัตถุทนไฟ ช่วยป้องกันไฟได้

ฐานราก (footing) เป็นส่วนสุดท้ายของอาคารที่รับน้ำหนักทั้งหมดของอาคารลงสู่พื้นดิน ดังนั้นอาคารจะมั่นคงหรือไม่ก็ต้องอยู่ที่ฐานราก หลักการทำงานคือ น้ำหนักทั้งหมดที่มาจากอาคารจะผ่านที่เสา แล้วเสาจะส่งต่อมาที่ฐานราก หากฐานรากไม่แข็งแรง ฐานรากรับน้ำหนักไม่ได้ อาคารจะทรุด แบ่งเป็น 2 ลักษณะ

1. ประเภทของฐานรากตามลักษณะของที่รองรับ

- **ฐานรากแผ่ (bearing footing)** เป็นฐานรากแบบกระจายออก โดยที่ให้ดินเป็นที่รองรับน้ำหนักทั้งหมด มักจะก่อสร้างที่ดินทรายแข็งแรง รับน้ำหนักได้เช่นดินตามที่ราบสูง เขิงเขา

ฐานรากบนเสาเข็ม (pile footing) เป็นฐานรากแบบที่น้ำหนักทั้งหมดถ่ายลงสู่เสาเข็มที่รองรับฐานราก ดันเดียวหรือหลายต้น เข็มทำจากไม้หรือคอนกรีต เหมาะกับดินที่รับน้ำหนักมากๆ ไม่ได้ เช่น ดินเหนียวอ่อน ดินฝุ่นแป้ง

2. ประเภทของฐานรากตามลักษณะของน้ำหนักบรรทุก ได้แก่

- ฐานรากต่อเนื่องรับกำแพง (wall footing) เป็นฐานรากที่รับน้ำหนักของอาคารที่ถ่ายเทลงตามผนังหรือกำแพงเป็นทางยาว

- ฐานรากเดี่ยว (single footing) เป็นฐานรากรองรับน้ำหนักจากเสาเป็นจุดๆ โดยเสาหนึ่งต้นต่อฐานรากหนึ่งฐาน นิยมใช้กับอาคารขนาดเล็ก เช่น บ้านพักอาศัย

- ฐานรากร่วม (combined footing) เป็นฐานรากรองรับน้ำหนักจากเสาหลายๆ ต้น ซึ่งมีตำแหน่งของเสาอยู่ใกล้กัน

- ฐานรากแพ (raft footing) เป็นฐานรากที่แผ่กระจายบนพื้นที่ก่อสร้าง เสาทุกเสาอยู่บนฐานรากเดียวกัน เหมาะกับอาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารสูงเพื่อป้องกันการทรุดตัวไม่เท่ากันของอาคาร

- ฐานรากดินเปิด (strap footing) ฐานรากที่ติดกับพื้นที่ของผู้อื่นไม่สามารถก่อสร้างฐานรากแพกับน้ำหนักของอาคารลงสู่จุดศูนย์กลางของฐานรากได้ จึงต้องทำเป็นรูปดินเปิดและใช้คานรัด (strap beam) ระหว่างเสา 2 เสา ของอาคารก่อนจะลงฐานรากดินเปิด

ข้อกำหนดของมาตรฐานฐานราก ตาม วสท. ได้กำหนดค่าต่ำสุดของฐานราก

- ในฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนาของคอนกรีตส่วนที่อยู่เหนือเหล็กเสริมที่อยู่ขอบฐานรากจะต้องไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร

- ในฐานรากคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ความหนาของคอนกรีตที่ขอบนอกของฐานรากจะต้องไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร สำหรับฐานรากที่รองรับด้วยดิน หรือไม่น้อยกว่า 35 เซนติเมตร จากหัวเสาเข็มสำหรับฐานรากที่รองรับด้วยเสาเข็ม

เสาเข็ม (pile) แบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ

1. เสาเข็ม ไม้ (timber piles) ทำจากไม้ที่มีลำต้นตรง เช่น ไม้สนประติพัทธ์ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้โกงกาง เหมาะกับอาคารขนาดเล็ก เช่นบ้านพักอาศัย

2. เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก (reinforce concrete pile) ผลิตจากการหล่อคอนกรีตแล้วเสริมด้วยเหล็กเส้น เหมาะกับอาคารขนาดเล็กที่รับน้ำหนักไม่มาก

3. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (prestressed concrete pile) ผลิตด้วยเทคนิคการอัดแรงที่สามารถรับน้ำหนักได้มากเป็นพิเศษ ซึ่งในปัจจุบันเสาเข็มแบบนี้ได้รับความนิยมมาก

4. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงแบบกลม (prestressed concrete spun pile) ผลิตด้วยเทคนิคการอัดแรงใช้แรงเหวี่ยง รับน้ำหนักได้มากกว่าเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง จะเป็นทรงกลมกลวง เหมาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่รับน้ำหนักได้มาก ๆ

5. เสาเข็มเหล็ก (steel pile) ทำจากเหล็กรูปพรรณต่างๆ ใช้ชั่วคราว เสาเข็มแบบแผ่นเรียกเข็มพีลด์(sheet pile) ป้องกันดินพังทลายขณะทำงานก่อสร้าง

6. **เสาเข็มเจาะ (bored pile)** ผลิตในพื้นที่ก่อสร้างในกรณีที่ไม่สามารถตอกเข็มได้เพราะสะท้อนรบกวนอาคารอื่น อาจแตกร้าวและพัง จึงจำเป็นต้องเจาะดิน เสริมเหล็กเส้นแล้วเทคอนกรีต บางชนิดเสริมด้วยเหล็กรูปพรรณขนาดใหญ่เพื่อรับน้ำหนักที่มากขึ้น

การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง

งานดิน ดิน (soil) เป็นส่วนแรกที่รองรับน้ำหนักทั้งหมดของอาคารที่ถ่ายน้ำหนักจากฐานรากลงสู่ดิน ดินจะต้องแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนัก บางกรณีต้องเพิ่มเสาเข็มมาช่วยรับน้ำหนักของอาคาร การก่อสร้างจึงต้องทำการตรวจสอบลักษณะของดิน

ดินที่ไม่เหมาะสมในการรับน้ำหนัก ความสามารถในการรับกำลังค่า ได้แก่ ดินเหนียว ดินเหนียวที่มีทรายปน หรือมีทรายปนแป้ง ดินทรายแป้ง มีสารอินทรีย์พวกฮิวมัสปน

ดินที่เหมาะสมในการรับน้ำหนัก ดินทรายที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ดินทรายผสมกรวด กรวดปนทรายขนาดเล็ก มีความเหมาะสมเป็นบานรากให้กำลังสูง

การสำรวจดิน เจาะลึก 10-20 เมตร งานก่อสร้างอาคารทั่วไป 30-40 เมตรอาคารขนาดใหญ่ (ตาม พรบ. ควบคุมอาคาร 2522) 10-12 เมตร อาคารบ้านพักอาศัย 2-3 ชั้น โดยวิศวกรปฐพี ในสภาพธรรมชาติลักษณะที่ตั้ง ดินเหนียวจะพบบริเวณริมแม่น้ำหรือปากแม่น้ำ ดินทรายบริเวณต้นน้ำ ดินทรายแข็งบริเวณที่ราบที่น้ำท่วมถึง

งานไม้ พิจารณาจากความแข็งแรงทางกลและความทนทานของไม้เป็นสำคัญ ได้แก่

- ไม้เนื้อแข็ง หมายถึง ไม้ที่มีน้ำหนักมาก มีความถ่วงจำเพาะสูง มีความทนทานดี
- ไม้เนื้ออ่อน หมายถึง ไม้ที่มีน้ำหนักเบา มีความถ่วงจำเพาะต่ำ มีความทนทานต่ำ

มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) จำแนกประเภทของไม้ 5 ประเภท

1. ไม้เนื้ออ่อนมาก
2. ไม้เนื้ออ่อน
3. ไม้เนื้อแข็งปานกลาง
4. ไม้เนื้อแข็ง
5. ไม้เนื้อแข็งมาก

การเลือกใช้ไม้สำหรับงานก่อสร้าง

- **ทำเสา** คำนึงถึงการรับน้ำหนักและความทนทานสูง
- **พื้นภายในอาคาร** ต้องเลือกไม้มีความทนทาน และมีลายสวยงาม เช่น ไม้สัก แดง ตะเคียนทอง เต็ง ประดู่ กระบาก รั้ง กะท้อน นนทรี กราด กว้าว

- **ทำคานและดง** ต้องเป็นไม้เนื้อแข็งมีความทนทานสูง เช่น ไม้เต็ง รั้ง
- **ทำโครงหลังคา** เช่น ออกไก่ จันทน์ ใช้ไม้มีความทนทานสูงน้ำหนักเบา เช่น ตะแบก นนทรี พลวง
- **ทำฝาและคร่าวฝา** ไม้เนื้อแข็ง น้ำหนักเบา เช่น เต็ง รั้ง
- **พื้นภายนอกอาคาร** ต้องเป็นไม้เนื้อแข็งทนทานต่อสภาพแวดล้อม เช่น ไม้แดง ตะเคียนทอง เต็ง รั้ง

มาตรฐานกรมโยธาธิการเกี่ยวข้องกับงานไม้ ได้แก่ มยช . 104-2533 มาตรฐานงานไม้

งานคอนกรีต (concrete) เป็นวัสดุที่เกิดจากการผสมกันของวัสดุหลัก 4 ชนิด น้ำ ปูนซีเมนต์ ทราย หิน

ปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่ประสาน ยึด กับวัสดุก่อสร้าง ตามมาตรฐานสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ASTM) แบ่งเป็น 5 ประเภท

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ใช้กับงานทั่วไป ไม่มีสภาพอากาศรุนแรงหรือที่มีซัลเฟตสูง
2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง ใช้กับสถานที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ดี
3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ให้กำลังอัดเร็ว ที่ใช้งานต้องการความรวดเร็วหรือถอดแบบเร็วในเวลาอันสั้น
4. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดความร้อนต่ำ เป็นปูนที่ใช้ในงานที่ก่อให้เกิดความร้อนต่ำ ลดการแตกร้าว
5. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตสูง เป็นปูนที่ต้องการก่อสร้างภายในบริเวณที่มีอิทธิพลของซัลเฟต เช่น น้ำ หรือดินที่มีค่าสูง

งานเหล็ก

ประเภทของเหล็กเส้นปัจจุบัน มี 2 ชนิด 1 เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ (RB) 2 เหล็กเส้นข้ออ้อย (DB) มีครีบริบเพื่อจับ ยึดต่อได้ดีกับคอนกรีต

เหล็กรูปพรรณที่ใช้ในงานโครงสร้างเหล็ก มี 2 ประเภท 1 เหล็กรูปพรรณจากเหล็กรีดร้อน 2. เหล็กรูปพรรณจากการรีดเย็น

มาตรฐานงานก่อสร้างและมาตรฐานทดสอบวัสดุก่อสร้างที่สำคัญในประเทศไทยมี 3 หน่วยงานคือ 1 กรมโยธาธิการ 2 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 3. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

หน่วยที่ 4 วัสดุและความแข็งแรงของวัสดุ

คำนิยามพื้นฐานเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุ

1. **การขึ้นรูปเย็น (Cold working)** เป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปร่างโลหะหรือขึ้นรูปโลหะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการตกผลึกใหม่
2. **การขึ้นรูปร้อน (hot working)** เป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปร่างของโลหะที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการตกผลึกใหม่การใช้อุณหภูมิที่สูงเพื่อลดพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปของโลหะ
3. **ความยืดหยุ่น (elasticity)** เป็นความสามารถของวัสดุเมื่อได้รับแรงกระทำจะเกิดการยืดตัวแล้วกลับคืนสู่สภาพเดิมได้เมื่อนำแรงที่มากระทำออก หรือสามารถเรียกได้ว่า สภาพการเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น
4. **ความอ่อน (malleability)** เป็นสมบัติของโลหะที่เปลี่ยนรูปได้มากขณะรีดหรือตีอัดถ้าโลหะมีความอ่อนมากจะทำให้เป็นแผ่นได้บางมาก
5. **ความอ่อนเหนียว (ductility)** หรือสภาพยืดดึงได้ เป็นสมบัติของโลหะเมื่อได้รับแรงกระทำจนเปลี่ยนรูปถาวร ถ้านำวัสดุนั้นมาทดสอบการดึงจนทดสอบยาว 50 mm เมื่อดึงแล้วยืดได้มากกว่า 5% จะจัดให้เป็นวัสดุเหนียว แต่ถ้ายืดแล้วได้น้อยกว่า 5% จะเป็นวัสดุเปราะ

6. **สภาพตัดแปดผิวได้ (machinability)** คือระดับความสามารถของวัสดุในการถูกตัดแปดเอาผิวของวัสดุออกไปได้ด้วยคมของเครื่องมือตัดเฉือน

7. **สภาพชุบแข็งได้ (hardenability)** คือระดับความสามารถที่วัสดุจะรับการชุบแข็งที่ผิวได้มากน้อยระดับใด โดยสังเกตจาก ความลึกของผิวชุบแข็งของวัสดุ ปกติการแข็งที่ผิวจะสูงกว่าเนื้อใน เนื่องจากอัตราเย็นตัวที่ผิวจะสูงกว่าเนื้อใน

8. **การชุบผิวแข็ง (surface hardening)** เป็นกรรมวิธีที่ทำให้ผิวด้านวัสดุมีความแข็งมากขึ้น โดยที่เนื้อในยังคงอ่อนเหมือนเดิม

9. **การชุบ (quenching)** เป็นการลดอุณหภูมิของโลหะที่มีอุณหภูมิสูงอย่างรวดเร็ว โดยนำโลหะนั้นไปลงในตัวกลางที่ใช้ชุบ เช่น น้ำ น้ำมัน หรืออากาศ เพื่อเพิ่มความแข็งของโลหะ

10. **การบ่มหรือการบ่มแข็ง** เป็นการเปลี่ยนโครงสร้างของโลหะจากสถานะที่ไม่เสถียร (unstable) อันเนื่องมาจากการชุบหรือการขึ้นรูปเย็นให้เป็นโครงสร้างที่เสถียร การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเกิดขึ้นเนื่องจากการแตกตัวของสารละลายของแข็งอิ่มตัว ทำให้โลหะแข็งขึ้น แข็งแรงขึ้น แต่ความเหนียวลดลง การบ่มจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งอาจจะเร่งให้เกิดเร็วขึ้นได้ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นกว่าอุณหภูมิของห้องเล็กน้อย

11. **การสูญเสียคาร์บอน (decarbonization)** เป็นการที่เหล็กกล้าสูญเสียคาร์บอนที่ผิวไปในระหว่างการรีดร้อน (hot rolled) การตีอัด (forging) และกรรมวิธีทางความร้อน (heat treatment) เนื่องจากสารที่อยู่รอบๆ ทำปฏิกิริยากับคาร์บอน

แรงกระทำทางกลที่มีผลต่อสมบัติของวัสดุ

1. **แรงดึงและแรงกด** ที่กระทำกับวัสดุ

1.1 **ความเค้น (stress)** คือ แรงต้านภายในเนื้อวัสดุ ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำ ความเค้นดึง หรือความเค้นกด ตามลักษณะของแรงภายนอกที่กระทำ หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร

1.3 **ความเครียด (strain)** คือการเปลี่ยนแปลงขนาด ระยะ ของรูปทรงตามแรงภายนอกที่มากระทำ เช่น เดิมวัตถุยาว 10 มิลลิเมตร เราออกแรงดึง ยาว 12 มิลลิเมตร ส่วนที่เพิ่มขึ้น 2 มิลลิเมตร คือความเครียด

. **แรงเฉือน** คือ แรงภายนอกที่กระทำกับวัสดุให้หลุดขาดออกจากกัน เช่น วัสดุ 2 ชิ้นต่อประกบด้วยกาว เราพยายามดึงออกจากกัน (คือ แรงเฉือน) กาวก็จะออกแรงต้านไม่ให้หลุด(แรงต้านเรียกว่า **ความเค้นเฉือน**) เพื่อรักษาภาวะสมดุล ถ้าวัสดุทนแรงดึงไม่ไหวมีการบิดงอ หรือเปลี่ยนระยะไประยะที่เพิ่มขึ้นคือ **ความเครียดเฉือน**

ความเค้นเฉือนที่เกิดจากแรงบิด เช่น เผลา เมื่อ โคนบิดจะเกิดแรงต้านคือความเค้นเฉือนที่เกิดจากแรงบิด ถ้าระยะมุมหัวท้ายเปลี่ยนไปเสียรูปทรงคือ บิดเบี้ยว เรียกว่าระยะที่บิด คือ**ความเครียดเฉือนที่เกิดจากแรงบิด** หน่วยวัดตามวัสดุ นั้น

3. **แรงกระแทก (impact force)** คือแรงที่กระทำกับวัสดุในเวลาไม่นานแต่ส่งผลให้วัสดุได้รับความเสียหาย ความสามารถในการรับแรงกระแทกของวัสดุคือค่าความเหนียว (toughness)

4. **แรงกระทำเป็นคาบเวลา** คือแรงที่กระทำกับวัสดุต่อเนื่อง จะทำให้วัสดุเกิดความเค้นล้าตัว คือความแข็งแรงของวัสดุลดลง ถ้ามีแรงกระทำอย่างต่อเนื่อง นานเข้าก็อาจจะหัก ตัวอย่าง เช่น เราทำการบิดหักลวดไปมา

- แรงดึง (tensile force) ทำให้เกิดความเค้นดึง (tensile stress) ความเครียดดึง (tensile strain)

- แรงเฉือน (shear force) ทำให้เกิดความเค้นเฉือน (shear stress) ความเครียดเฉือน (shear strain)

- แรงบิด (torsion force) ทำให้เกิดความเค้นเฉือนบิด (torsion shear stress)

- แรงกระแทก (impact force) ทำให้เกิดความเค้นกระแทก (impact stress)

- แรงกระทำเป็นคาบเวลา (fatigue force) ทำให้เกิดความเค้นล้าตัว (fatigue stress)

ดัชนีที่ใช้เป็นเครื่องชี้วัดความแข็งแรงของวัสดุ

ความหมายและที่มาของสมบัติทางกลที่ใช้เป็นเครื่องมือชี้วัดความแข็งแรงของวัสดุประเภทต่างๆ

1. **มอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity)** ใช้ในการวัดความต้านทานต่อความเครียดของวัสดุในช่วงที่มีพฤติกรรมยืดหยุ่นและยังใช้ประเมินความสามารถในการกลับคืนสู่ขนาดและรูปทรงเดิมของวัสดุเมื่อนำแรงกระทำออก

2. **อัตราส่วนของปัวซองต์** ใช้ในการประเมินความสามารถในการเปลี่ยนรูปได้ในแนวแกนซึ่งวัสดุอยู่ในช่วงยืดหยุ่นพลาสติก

3. **ความเค้นครากและความต้านแรงดึงสูงสุด**

ความเค้นคราก เป็นความเค้นที่ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปถาวร ใช้เป็นดัชนีชี้วัดเพื่อการประเมินสภาพจุดเปลี่ยนรูปถาวรของวัสดุ ความต้านทานแรงดึงสูงสุด ใช้เป็นเครื่องชี้วัดค่าความเค้นที่วัสดุสามารถต้านทานรับไว้ได้ ถ้าค่าความเค้นมากกว่านี้ วัสดุจะเกิดการฉีกขาดเสียหาย

4. ความอ่อนเหนียวและความเหนียวของวัสดุ

ความอ่อนเหนียว เป็นดัชนีที่ใช้ชี้วัดความสามารถในการยืดตัวได้ของวัสดุหลังจากวัสดุเปลี่ยนรูปถาวรแล้ว

ความเหนียวของวัสดุ เป็นเครื่องมือชี้วัดความสามารถของวัสดุที่จะต้านทานต่อแรงกระทำตั้งแต่เริ่มรับแรงจนแตกหักเสียหาย วัสดุที่มีความเหนียวมากจะรับแรงกระแทกได้ดี

5. ความแข็งของวัสดุ เป็นเครื่องมือชี้วัดความสามารถต้านทานต่อแรงกดของวัสดุ

6. การลึบ เป็นดัชนีที่ใช้เป็นเครื่องชี้วัดความสามารถต้านทานการเปลี่ยนรูปของวัสดุเมื่อวัสดุนั้นรับความเค้นครากที่อุณหภูมิสูง

7. ความต้านแรงล้า เป็นดัชนีที่ใช้เป็นเครื่องชี้วัดความสามารถของวัสดุที่ต้านทานต่อแรงที่มากระทำแบบกลับ ไปกลับมา

การแตกหักของวัสดุภายใต้แรงกระทำทางกล

1. ชิ้นงานทรงตันรับแรงดึงและแรงกด มีลักษณะความเสียหายแบ่งตามประเภทของวัสดุได้ดังนี้

- วัสดุเหนียว เมื่อรับแรงดึงและแรงกด ตามแนวแกนของวัสดุ จะขาดออกจากกัน ในแนว 45 องศา กับแนวแกน
- วัสดุเปราะ เมื่อมีแรงดึงและแรงกดกระทำ ตามแนวแกนของวัสดุ จะขาดออกจากกัน ในแนว 90 องศา กับแนวแกน

2. ชิ้นงานทรงตันรับแรงบิด มีลักษณะความเสียหายแบ่งตามประเภทของวัสดุได้ดังนี้

- วัสดุเหนียว เมื่อมีแรงบิดมากกระทำกับวัสดุ จะแตกหักตามแนวความเค้นเฉือนสูงสุดคือตามแนวแกนหรือแนวขวาง

3. ชิ้นงานทรงกระบอกกลวงเมื่อรับแรงบิดจะเกิดการข่นเข้าหากันเนื่องจากแรงกดตามแนว 45 องศา กับแนวแกน

4. ชิ้นงานทรงกระบอกกลวงภายใต้การรับแรงกด เมื่อรับแรงกดจะเกิดการโก่งงอที่ผนัง โคนท่อยังไม่ขาด ถ้ากดอัดแรงต่อไปอีกผนังของท่อจะข่นมากขึ้นไปตามลำดับ

พฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงทางกล แรงภายนอกที่มากระทำจะทำให้วัสดุมีพฤติกรรม 2 รูปแบบคือ

1. **พฤติกรรมสภาพยืดหยุ่น** เมื่อวัสดุได้รับแรงกระทำทำให้เกิดความเค้นกระทำกับวัสดุ โดยที่ค่าความเค้นนี้ไม่เกินค่าความเค้นจุดครากตัวของวัสดุ วัสดุจะเกิดการเปลี่ยนรูปร่าง แต่เมื่อนำแรงกระทำออกจะทำให้วัสดุยืดตัวหดกลับมาอยู่ในสภาพรูปร่างเดิมก่อนที่จะมีแรงกระทำ

2. **พฤติกรรมสภาพพลาสติก** เมื่อวัสดุได้รับแรงกระทำ ทำให้เกิดความเค้นกระทำกับวัสดุ เมื่อให้แรงต่อไปจนค่าความเค้นเกินค่าความเค้นครากตัวของวัสดุ วัสดุจะเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร โดยเมื่อปล่อยแรงออกจะทำให้วัสดุไม่กลับมาเป็นรูปร่างเหมือนเดิม

กฎของฮุก (Hook's law) กล่าวคือ ความเค้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียด โดยที่ไม่ขึ้นอยู่กัเวลา

โลหะในกลุ่มเหล็กในงานอุตสาหกรรม

โลหะในกลุ่มเหล็กจะถูกนำมาใช้มากที่สุดประมาณถึงร้อยละ 94 ของกลุ่มโลหะทั้งหมด ราคาค่อนข้างถูกถ้าเทียบกับโลหะอื่น เหล็กหล่อ เหล็กกล้า เหล็กกล้าไร้สนิม เหล็กเครื่องมือ

เหล็กหล่อ (cast iron) เป็นเหล็กที่นิยมใช้มากที่สุด ราคาถูก ออกแบบซับซ้อนได้ ตามแม่พิมพ์ แบ่งเป็น 4 ชนิด 1. เหล็กหล่อเทา 2.

เหล็กหล่อเหนียว 4. เหล็กหล่ออบเหนียว

เหล็กกล้า เป็นวัสดุที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับทำชิ้นส่วนเครื่องกล เนื่องจากมีสมบัติที่ดี ความต้านทานสูง ความแข็งดึงสูง ทนทานและแปรรูปค่อนข้างง่าย เหล็กกล้าเกิดจากการผสมกันของเหล็กกับคาร์บอนและธาตุอื่นๆ แบ่งเป็น 6 ชนิดคือ

1. เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา แบ่งเป็น 3 กลุ่ม 1.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 1.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง 1.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง 0.5% ขึ้น

2. เหล็กกล้าผสมต่ำ ความต้านแรงสูง 3. เหล็กกล้าโครงสร้างผสมต่ำ 4. เหล็กกล้าหล่อ

เหล็กกล้าไร้สนิม มีความคงทนต่อการตกระเด็น มีความต้านแรงที่อุณหภูมิสูงดี แต่มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณโครเมียมที่ผสมอยู่ โดยทั่วไปเหล็กกล้าไร้สนิมมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดี ขึ้นรูปได้ดี มีความเหนียวที่อุณหภูมิสูงและต่ำ หาได้ง่าย ราคาไม่แพง

1. เหล็กกล้าไร้สนิมที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูป

เหล็กเครื่องมือ ผลิตจากเหล็กกล้าโลหะผสมสูง (high alloy steels) ที่สะอาดและหลอมด้วยเตาไฟฟ้าที่ควบคุมเนื้อโลหะให้มีส่วนผสมถูกต้อง สม่ำเสมอ ทั่วกัน เพื่อให้เหล็กเครื่องมือมีสมบัติเท่ากันทุกส่วน โลหะที่ผสมในเหล็กเครื่องมือ ได้แก่ โมลิบดีนัม ทังสเทน โครเมียม วานเดียม และแมงกานีส เหล็กเครื่องมือมีสมบัติเด่น ดังนี้

- มีความแข็งและความต้านแรงสูง ขณะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง
- สามารถรับแรงกระแทก และแรงกระตุกแบบกะทันหันได้เป็นอย่างดี
- ทนทานต่อการสึกหรอ การชุบแข็ง ได้เป็นอย่างดี ขณะใช้งานอย่างต่อเนื่องเหล็กเครื่องมือสามารถนำไปทำเป็นเครื่องมือตัด เหมือน แม่พิมพ์ ขึ้นรูปโลหะ แม่พิมพ์ตัด ดอกสว่าน มีดกลึง มีดไส

ชนิดของเหล็กเครื่องมือ

1. **เหล็กเครื่องมือชนิดชุบแข็งด้วยน้ำ** (hardening with water tool steels) มีคาร์บอนผสมเป็นธาตุหลักทำให้แข็งกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา มี 2 ชนิด ชุบแข็งที่ผิว และ ชุบแข็งได้ลึก สามารถชุบแข็งได้ดี ราคาถูก กรรมวิธีการชุบแข็งไม่ยุ่งยาก เช่น ทำ ตะไบ

2. **เหล็กเครื่องมือชนิดทนแรงกระแทกกะทันหัน** (shock impact resistant tool steels) เป็นเหล็กกล้าที่มีความแข็งแรงและเหนียวแต่ไม่ทนการสึกหรอเหมือนเหล็กเครื่องมืออื่นๆ เหมาะสำหรับใช้งานที่รับแรงกะทันหันหรือรับและคายแรงสลับกัน เช่น ค้อนลม(jack hammer) อุปกรณ์ลม ลิว ใบมีด

3. **เหล็กเครื่องมือสำหรับงานขึ้นรูปเย็น** (cold work tool steels) แบ่งเป็นชนิดชุบแข็งด้วยน้ำมัน ชุบแข็งด้วยลม และชนิดงานขึ้นรูปเย็น ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงการบิดงอจากการชุบแข็งด้วยน้ำความแข็งจะได้ใกล้เคียงกัน ใช้ทำ แม่พิมพ์ขึ้นรูปลึก แม่พิมพ์ตัดเฉือน

4. **เหล็กเครื่องมือสำหรับการขึ้นรูปร้อน** (hot work tool steels) สามารถรักษาความแข็งให้คงเดิมอยู่ได้แม้จะอยู่ในที่อุณหภูมิสูง นำไปใช้ทำ ดัดขึ้นรูปร้อน แม่พิมพ์งานร้อน

5. **เหล็กเครื่องมือความเร็วสูง** (high speed tool steels) เป็นเหล็กกล้าทำอุปกรณ์การตัด ไส กลึง เจาะรู เช่น มีดไส มีดกลึง ดอกสว่าน เพราะสามารถคงความแข็งอยู่ได้แม้อุณหภูมิใช้งานจะสูงขึ้นจนร้อนแดง เรียกว่า red-hardness ทนแรงกระทำได้สูงมากแต่ทนแรงกระแทกได้ไม่ดี

โลหะนอกกลุ่มเหล็กและโลหะในงานอุตสาหกรรม

อะลูมิเนียม (aluminium) โลหะที่มีน้ำหนักเบา นำมาใช้มากเป็นที่สองรองจากเหล็ก มีคุณสมบัติที่ดี ดังนี้

1. มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา และมีความแข็งแรงของวัสดุต่อหน่วยน้ำหนักสูง
2. มีความเหนียวมาก สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้ง่ายโดยไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก
3. จุดหลอมเหลวต่ำ หล่อหลอมง่าย
4. มีความสามารถในการนำไฟฟ้าไม่สูงนัก
5. มีค่าการนำความร้อนสูง
6. ไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์
7. ผิวหน้าอะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีดัชนีการสะท้อนกลับของแสงสูงมาก
8. ทนทานต่อการเกิดสนิมและการผุกร่อน
9. ซื้อง่ายในท้องตลาดและราคาไม่แพงนัก

แมกนีเซียม (magnesium) จัดเป็นโลหะเบาที่สุดที่ใช้ในงานวิศวกรรม (ลิเทียมเป็นโลหะที่เบาที่สุดในโลก) มีความแข็งแรงสูงมาก ตัดปาดผิวดี โลหะผสมแมกนีเซียม มี 3 ชนิดดังนี้

1. โลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับแมงกานีส แมงกานีสที่ผสมลงไปในแมกนีเซียม เพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านความทนทานต่อการผุกร่อน และความแข็งแรงของวัสดุให้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

2. โลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับอะลูมิเนียม โลหะผสมแมกนีเซียมชนิดนี้มี อะลูมิเนียมเป็นธาตุผสมหลักและมีแมงกานีสและสังกะสีเป็นธาตุผสมรอง มีความแข็งแรงสูง สามารถนำไปผ่านกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อเพิ่มสมบัติด้านต่างๆ ได้ และยังใช้งานได้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 170 องศาเซลเซียส

3. โลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับสังกะสี สังกะสีช่วยเพิ่มความแข็งแรงของโลหะแมกนีเซียมให้มีค่าสูงขึ้น พร้อมทั้งสามารถนำไปป่นแข็งได้เพื่อเพิ่มความแข็งแรง มีความต้านทานกัดกร่อนสูงขึ้น

ทองแดง (copper) มนุษย์รู้จักใช้ประโยชน์ของทองแดง ทำเครื่องมือใช้สอยและอาวุธต่างๆ ตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์ ที่เรียกว่า ยุคสำริด (bronze age) มีสมบัติเด่นในด้าน

1. มีความแข็งแรงในช่วงที่พอใช้งานได้ ทั้งยังสามารถปรับปรุงสมบัติทางกลได้
2. ความเหนียวของทองแดงสูงมาก สามารถขึ้นรูปโดยไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก
3. เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีมาก และเป็นตัวนำความร้อนที่ดีมาก
4. ตัดปาดผิวได้ง่าย เมื่อผสมธาตุบางตัวเข้าไป
5. ด้านทานความล้าได้ดีพอควร
6. ไม่เป็นสารแม่เหล็ก
7. ทนทานต่อการกัดกร่อน โดยเฉพาะเมื่อใช้กับกรดและน้ำทะเล
8. ทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดีพอควร

ทองแดงผสม แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ ทองเหลือง และบรอนซ์

ทองเหลือง เป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงกับสังกะสี สังกะสีในทองเหลืองมีสมบัติการต้านทานแรงดึงและความเหนียวสูงขึ้น ความแข็งแรงสูงกว่าทองแดงมาก สมบัติจะดีขึ้นเรื่อยๆแต่ถ้าสังกะสีเกิน 40% ความเหนียวจะลดลง

บรอนซ์ (bronze) ความหมายเดิมหมายถึงโลหะผสมระหว่างดีบุกกับทองแดง ความหมายใหม่หมายถึงโลหะผสมระหว่างทองแดงกับธาตุอื่นๆไม่เกิน 12% มี บรอนซ์ดีบุก บรอนซ์อะลูมิเนียม บรอนซ์ซิลิกอน

โลหะผสมทองแดงกับนิกเกิล มีนิกเกิลผสมอยู่ ประมาณ 4-30% ทำปดลอกกระสุนปืน ทำเหรียญกษาปณ์ เช่นเหรียญบาท เหรียญห้าบาท

ทองแดงที่ใช้กับน้ำทะเลเช่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและกังหันเรือเดินสมุทรและวาล์ว

นิกเกิล สังกะสี และตะกั่ว โลหะผสมระหว่างนิกเกิลและทองแดงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเคมี เกษษกรรม การต่อเรือ ไฟฟ้า การซักรีดผ้า ท่อฟ้า การทำกระดาษ

สังกะสี สมบัติของสังกะสีหล่อ

- หล่อหลอมง่าย - มีความแข็งแรงสูงมาก – สามารถควบคุมผลิตภัณฑ์ได้ใกล้เคียงกัน – ตัดปาดผิวได้ง่าย – ทนทานต่อการผุกร่อนภายใต้บรรยากาศทั่วไป – ราคาไม่แพง

ธาตุที่นำไปผสมตะกั่ว มี

- พลวง เมื่อผสมในเนื้อตะกั่ว ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้สูงขึ้น ใช้ทำตะกั่วแผ่นสำหรับทำปดลอกหุ้มรอยเชื่อมต่อของสายส่งไฟฟ้าและสายโทรศัพท์
- แคลเซียม ผสมลงไปเนื้อตะกั่วเพื่อเพิ่มสมบัติด้านความต้านทานต่อการเกิดการคืบ(การเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรขึ้นอย่างช้าๆ) นิยมใช้ทำอวัยวะน้ำที่ทนต่อการกัดกร่อน

พลาสติกและวัสดุคอมโพสิต

สมบัติพิเศษที่เด่น

คุณสมบัติทางกายภาพ มีความแข็งแรง เหนียว ชีดหยุ่นได้

คุณสมบัติทางไฟฟ้า เป็นฉนวนไฟฟ้า

คุณสมบัติทางเคมี ทนกรด ด่าง และสารเคมีอื่นๆ ได้

ปัจจุบันมีพลาสติกประมาณ 40 ตระกูลใหญ่ๆ

พลาสติกแบ่งเป็น 2 ประเภท

1.เทอร์โมเซตติง (thermosettings) หรือ เทอร์โมเซต (thermosets) เป็นพลาสติกที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างกรรมวิธีการผลิต การขึ้นรูปและการหล่อด้วยพลาสติกเหลว (casting) ด้วยการผสมสารเคมีทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไป เป็นโมเลกุลที่สร้างเครือข่ายยาวไม่สามารถเปลี่ยนรูปได้อีก เหมือนไข่เมื่อนำไปทำให้สุกแล้วจะทำให้เหลวเหมือนเดิมอีกไม่ได้

2. เทอร์โมพลาสติก (thermoplastics) เป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกหลังจากนำไปหล่อเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว เปรียบเหมือนน้ำแข็งเมื่อถูกความร้อนก็จะกลายเป็นน้ำ

เทอร์โมเซตติง

อีพอกซี – สมบัติ รับแรงดึงและแรงอัดได้ดีมาก และรับแรงกระแทกได้ดีพอสมควร สามารถติดแนบได้ดีกับวัสดุอื่น เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด ด่าง และการละลายได้ดี

- การใช้ประโยชน์ ในรูปของเหลวใช้ทำกาวติดวัตถุ และวัสดุเคลือบผิวต่างๆ นำไปหล่อทำแม่พิมพ์ชนิดทดลองแม่พิมพ์ นำไปทำไฟเบอร์กลาสชนิดดี ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องบิน เฮลิคอปเตอร์ รถยนต์

โพลีเอสเตอร์ – สมบัติ รับแรงดึง แรงอัด และบิดงอได้ดี ผิวหน้ามีความแข็งพอสมควร ถูกแดดจะซีด ทนสภาพอากาศภายนอกได้ดี มีความสามารถหดตัวได้เล็กน้อยแต่มากกว่าอีพอกซี เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนกรด่างชนิดอ่อนได้

- การใช้ประโยชน์ นิยมใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสมากที่สุด เช่น เรือ รถยนต์ ชิ้นส่วนในเครื่องบิน ถังบรรจุของเหลว ถังบรรจุของท่อของเหลว เฟอร์นิเจอร์ ซิลิโคน

ซิลิโคน - สมบัติ รับแรงดึงและแรงบิดได้ปานกลาง ทึบแสง เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี แต่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี ทนกรด่างได้ทุกชนิด

- การใช้ประโยชน์ ซิลิโคนถูกนำไปใช้ทำขางแม่แบบชนิดทนความร้อน ขางขอบบานปิดเปิดในยานอวกาศ ซิลิโคนในรูปของแข็ง ใช้ทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากนั้นซิลิโคนยังใช้ทำเป็นน้ำยาถอดชิ้นงานออกจากแบบในอุตสาหกรรมหลายประเภท พร้อมกันนี้ได้นำไปใช้ในกลุ่มศัลยกรรมตกแต่งทางการแพทย์

เทอร์โมพลาสติก

โพลีเอทิลีน (polyethylene)

- สมบัติ รับแรงกดและแรงดึงได้น้อย มีความสามารถยึดตัวได้สูง ฉีกขาดได้ยากเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีมาก ทนความร้อนได้น้อย แต่ทนความเย็นได้มาก

- การใช้ประโยชน์ ถูกบรรจุภัณฑ์ บรรจุอาหารและเสื้อผ้า ดอกไม้พลาสติก ภาชนะในครัวเรือน ถาดน้ำแข็งใส่ตู้เย็น ภาชนะบรรจุของเหลว สายเคเบิล แผ่นกันความชื้นในอาคาร

โพลีโพรพิลีน (polypropylene)

- สมบัติ โดยทั่วไปคล้ายกับโพลีเอทิลีนแต่มีคุณภาพดีกว่า ทนทานและแข็งแรงกว่าโพลีเอทิลีน ทนความร้อนได้ดีกว่ามีความสามารถใช้งานได้ดีในอุณหภูมิสูง คล้ายกับโพลีเอทิลีน แต่คุณภาพดีกว่า ทดสอบอย่างง่ายคือใช้เล็บขีดดู หากเป็นโพลีเอทิลีนจะขีดออก หากเป็นโพลีโพรพิลีนจะขีดออกยากกว่าเนื่องจากมีผิวแข็งกว่า

- การใช้ประโยชน์ ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้มากมาย เช่น ถังบรรจุอาหารร้อน พลาสติกหุ้มของบุหรี เชือกปอพลาสติก แถบพลาสติกมัดของ รั้วบิ้น สายไฟฟ้า สายเคเบิล ก่องแบตเตอรี่ ถังดักน้ำ ฝาปิด โถส้วม หมวกกันน็อค กระเป๋าใส่ของภาชนะ และเครื่องใช้ในบ้าน

โพลีสไตรีน (polystyrene)

- สมบัติ มีน้ำหนักเบาที่สุดในพลาสติก มีความสามารถหดตัวได้น้อยมาก โพลีสไตรีนมีความคงรูปได้ดีแต่เปราะ ทนความร้อนได้พอสมควร ทนกรดและด่างชนิดอ่อนได้

- การใช้ประโยชน์ ใช้ทำกล่องบรรจุอาหารชนิดใส กล่องบรรจุของใช้อื่นๆ เช่น แปรงสีฟัน ถังบรรจุเครื่องดื่ม ไม้บรรทัดราคาถูก วิทยุ ไฟท้ายรถ

การทดสอบเพื่อหาสมบัติทางกลของวัสดุ

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทดสอบวัสดุ

วัสดุที่นำมาใช้ในงานวิศวกรรมต้องมีสมบัติที่ใช้งานในลักษณะต่างกันเพื่อให้ใช้งานได้อย่างปลอดภัย ต้องทดสอบเพื่อการประเมินสมบัติด้านต่างๆ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

การทดสอบแบบทำลาย (destructivetesting; DT) เป็นการทดสอบเพื่อหาสมบัติทางกล ดังเช่นการทดสอบหาค่าดัชนีที่บ่งชี้ถึงความแข็งแรงของวัสดุ เช่น

- การทดสอบการดึง เพื่อหาค่าความเค้นคราก ความต้านการดึง
- การทดสอบความแข็ง เพื่อหาความสามารถของวัสดุที่ต้านทานการเปลี่ยนรูป
- การทดสอบแรงกระแทก เพื่อหาค่าความเหนียวและความสามารถในการรับแรงกระแทกของวัสดุ
- การทดสอบความล้าทำเพื่อเป้าประสงค์ในการในการหาค่าความสามารถที่วัสดุจะรับแรงแบบคาบเวลาหรือแรงกระทำแบบซ้ำๆ กัน ตลอดเวลา
- การทดสอบการคืบตัวที่อุณหภูมิสูง เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงของวัสดุที่ยังมีแรงต้านทานภายในขณะที่รับแรงที่ไม่มากเกินไปกว่าความเค้นคราก ที่อุณหภูมิสูงในระยะเวลาที่ไม่จำกัด

การทดสอบแบบไม่ทำลาย (nondestructive testing; DNT) เป็นการตรวจสอบเพื่อหาสิ่งบกพร่องในวัสดุ เช่น รอยร้าว หรือความไม่สมบูรณ์ของรูปร่างชิ้นงาน ที่เกิดขึ้นบริเวณผิว ได้ผิวเล็กน้อย และในเนื้อวัสดุเช่น

- การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็กเป็นการตรวจสอบหาสิ่งบกพร่องที่ผิวและใต้ผิวชิ้นงานเล็กน้อย
- การตรวจสอบด้วยการถ่ายภาพรังสีสามารถแสดงภาพของสิ่งบกพร่องออกมาบนฟิล์มถ่ายภาพและสามารถตรวจสอบสิ่งบกพร่องในเนื้อวัสดุได้
- การตรวจสอบด้วยอัลตราโซนิกสามารถตรวจสอบสิ่งบกพร่องในเนื้อวัสดุได้เช่นเดียวกับภาพถ่ายรังสี
- การตรวจสอบด้วยสายตา เป็นการตรวจสอบที่สะดวก โดยใช้ความสามารถพื้นฐานตรวจสอบได้ด้วยตัวเองและไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษและความชำนาญการของผู้ตรวจสอบ

การทดสอบแบบทำลาย ที่สำคัญและใช้กันมากในอุตสาหกรรม มี 6 วิธีคือ

1. การทดสอบการดึง (tensile testing) เป็นการทดสอบวัสดุที่สำคัญที่สุด เพราะในการออกแบบส่วนใหญ่จะใช้ค่าซึ่งได้จากการทดสอบนี้ไปใช้ในการคำนวณ เพื่อกำหนดขนาดรูปร่างของชิ้นงาน วัสดุประสงค์ เพื่อหาค่าความต้านแรงดึงสูงสุด ความเค้นคราก และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของวัสดุ โดยทั่วไปจะดึงชิ้นทดสอบจนขาดออกจากกันในขณะที่เดียวกันก็จะบันทึกแรงที่ใช้ในการดึงและระยะยืดของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องบันทึก

2. การทดสอบความแข็ง (hardness test) ค่าความแข็งเป็นสมบัติทางกลที่สำคัญค่าหนึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปถาวรของวัสดุ เนื่องจากการกดหรืออัด มีการทดสอบดังนี้

2.1 การทดสอบความแข็งของบริเนลล์ (brinell hardness test) ชาวสวีเดนใช้ลูกบอลเหล็กกด แล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยกด

2.2 การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ ใช้ตัวกดทำด้วยเพชรเจียรระโน วัดเส้นทแยงมุม ของรอยกด

2.3 การทดสอบความแข็งแบบรอกเวลล์ ลูกกดทำด้วยเพชรเม็ดเล็ก ความลึกของหัวกดซึ่งทำด้วยเพชรทรงกรวย

2.4 การทดสอบความแข็งด้วยก้อนโพลีดี ใช้ก้อนมีน้ำหนัก 100g ตีแกนสลักที่มีลูกบอลกับวัสดุทดสอบ

2.5 การทดสอบความแข็งโดยการกระดอนแบบชอร์ ใช้ค้อนน้ำหนัก 0.2 N ตกจากความสูง 112 mm กระแทกกับผิวชิ้นทดสอบวัดความกระดอนค้อนน้ำหนักถ้าวัสดุทดสอบมีความแข็งสูงค้อนน้ำหนักก็กระดอนสูง

3.การทดสอบแรงกระแทก (impact testing) เป็นการใช้แรงกระทำเคลื่อนที่ด้วยความเร็วกระแทกชิ้นทดสอบให้แตกหักในเวลาอันสั้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมของวัสดุเมื่อถูกแรงกระแทกใช้หลักการค้อนเหวี่ยง และชิ้นทดสอบต้องมีร่องบากนิยมใช้แบบชาร์ปี

4.การทดสอบการล้า หาความต้านล้าของวัสดุ หมายถึงความเค้นสูงสุดแบบเปลี่ยนแปลงที่กระทำต่อชิ้นงานเป็นจำนวนครั้งไม่สิ้นสุด โดยชิ้นงานไม่เสียหาย ถ้าความเค้นที่กระทำต่อชิ้นงานมีค่าสูงกว่าความเค้นล้าของวัสดุ ก็จะทำให้ชิ้นงานแตกหักแบบล้าได้ อาจจะภายในไม่กี่นาทีหรือได้รับแรงเป็นระยะเวลาอันยาวนานเป็นปี

5.การทดสอบความแข็งแรงของวัสดุที่อุณหภูมิสูง เพื่อหาค่าความเค้นครากที่อุณหภูมิสูง

6. การทดสอบการคืบ การคืบ (creep) คือการที่วัสดุได้รับความเค้นนำไปสู่การยืดตัว

ค่าความต้านการคืบ(creep strength) ที่อุณหภูมิหนึ่ง คือค่าความเค้นสูงสุดเมื่อเริ่มต้นมีความคืบและเวลาผ่านไปจนหยุดความคืบ แต่ถ้าความเค้นสูงกว่าค่านี้อาจนำไปสู่การแตกหัก

การทดสอบแบบไม่ทำลาย (nondestructive-testing) หรือ NDT ที่สำคัญใช้มากมี 5 วิธี

1. การตรวจสอบด้วยสายตา (visual inspection) เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก แต่ผู้ตรวจสอบต้องมีความรู้ในด้านทฤษฎีและปฏิบัติเกี่ยวกับการผลิตลักษณะที่ผิดปกติต่างๆ

2. การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (penetrant testing; PT) เพื่อหาความบกพร่องในเนื้อวัสดุ โดยสารแทรกซึมสามารถซึมเข้าไปในช่องว่างแคบๆ ที่เป็นรอยร้าวขนาดเล็กได้ ใช้ได้ผลดีกับชิ้นงานที่เป็นโลหะ

3. การตรวจสอบโดยอนุภาคแม่เหล็ก (magnetic particle testing; MT) ใช้กับวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก ได้แก่ เหล็ก นิกเกิล และ โคบอลต์ สิ่งบกพร่องที่อยู่บนผิววัสดุ ผงแม่เหล็กจะจัดเรียงตัวตามรอยร้าว สิ่งบกพร่องอยู่ใต้ผิวเล็กน้อย ผงแม่เหล็กจะจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ

4. การตรวจสอบวัสดุด้วยอัลตราโซนิก (ultrasonic testing; UT) นำไปใช้ในการทดสอบเหล็กโครงสร้างประเภท I-Beam ขณะอยู่ในสายการผลิต รางรถไฟ ท่อส่งความร้อน เหล็กแผ่น

5. การตรวจสอบด้วยการถ่ายภาพรังสี (radiographic testing; RT) อาศัยหลักการของรังสีที่ผ่านเข้าไปสู่วัสดุที่ทึบแสงแล้วทะลุอีกด้านหนึ่ง ปริมาณที่ทะลุผ่านออกมาของรังสี จะบ่งชี้ให้ทราบถึงสิ่งบกพร่องและปริมาณของเนื้อวัสดุ

หน่วยที่ 5 อนุภาคในบรรยากาศ

ละอองลอย (aerosol) คืออนุภาคมีลักษณะเป็นของแข็งหรือของเหลว

อนุภาคอาจเกิดจากการแตกกระจาย (dispersion) หรือการควบแน่น (condensation) ตัวอย่างของการเกิดจากการแตกกระจาย เช่น การบด การขีด การระเบิด ส่วนการควบแน่นเกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลของสสารเนื่องจากความร้อนหรือความเย็นอนุภาคมีชนิด รูปร่าง ขนาด และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน คุณสมบัติที่สำคัญของอนุภาคด้านอาชีวอนามัย ดังนี้

1. ชนิดของอนุภาค แบ่งเป็นชนิดต่างๆ ได้

1.1 ฝุ่น (dusts) เกิดจากการแตกกระจายของวัสดุที่เป็นของแข็ง จากการบดหรือย่อยวัสดุหรือขนส่ง ฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 ไมครอนจะตกตะกอนได้เร็วมาก

1.2 ฟูม (fumes) เกิดจากการควบแน่นของไอร้อนของวัสดุที่เป็นของแข็ง เกิดในโรงงานหล่อหลอมโลหะและอุตสาหกรรมโลหะ

1.3 ละออง (mists) เกิดจากการแตกกระจายของของเหลวโดยการกระทำด้วยกลไกทางกายภาพหรือจากการควบแน่นของไอระเหย (vapours) โดยทั่วไปเกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เช่น โรงงานผลิตยาฆ่าแมลง อุตสาหกรรมโลหะต่างๆ โรงชุบโลหะ โรงพ่นสี

1.4 ควัน (smokes) เป็นอนุภาคที่เกิดจากการรวมตัวของของแข็งและของเหลวขนาดเล็ก โดยเกิดขึ้นจากขบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของวัสดุคาร์บอน ส่วนใหญ่ควันจะมีสารก่อมะเร็งเป็นส่วนประกอบ

2. รูปร่างของอนุภาค (shape) จะแตกต่างกันตามลักษณะของวิธีการเกิดขึ้นและธรรมชาติของวัสดุของอนุภาคนั้นๆ แบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.1 อนุภาคที่มีขนาดเท่ากันทั้งสามมิติ (isometric particles) เป็นอนุภาคที่มี ขนาด ความกว้าง ความยาว และความสูงเท่ากัน หรือเกือบเท่ากัน โดยอาจมีรูปร่างกลม เกือบกลม หรือหลายเหลี่ยม ตัวอย่างของอนุภาค ได้แก่ คาร์บอนแบล็ค สนิมเหล็ก เถ้าบิน ละอองเกสรดอกไม้

2.2 อนุภาคที่มีรูปร่างแผ่นแบน (platelets) เป็นอนุภาคที่มีขนาดความกว้างและความยาวมากแต่มีความหนาน้อย ทำให้มีรูปร่างเป็นแผ่นแบน ได้แก่ เศษไม้ก้ำ เศษใบชา เศษใบยาสูบ

2.3 อนุภาคที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย (fibers) มีขนาดความยาวมากเมื่อเทียบกับอีก 2 มิติ โดยอาจมีรูปร่างคล้ายปรีซึม เข็ม ด้ายทอ หรือเส้นด้าย เช่น ใยฝุ่นฝ้าย ขนสัตว์ แอสเบสตอส ไฟเบอร์กลาส

3. ขนาดของอนุภาค ถ้าอนุภาคกลมหรือเกือบกลมจะบอกขนาด (size) เป็นเส้นผ่าศูนย์กลาง มีวิธีบอกขนาดอนุภาคที่ไม่กลมได้หลายวิธี ดังนี้

3.1 เฟอเรต ไดอะมิเตอร์ และมาร์ติน ไดอะมิเตอร์ เป็นการบอกขนาดของอนุภาคโดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางผ่านการมองด้วยกล้องจุลทรรศน์ เฟอเรต ไดอะมิเตอร์ คือระยะที่ยาวที่สุดจากขอบด้านหนึ่งถึงอีกด้านหนึ่งของอนุภาค ส่วนมาร์ติน ไดอะมิเตอร์ คือความยาวของเส้นที่แบ่งพื้นที่ของอนุภาคออกเป็นสองส่วนเท่ากันพอดี

3.2 แอโรไดนามิก ไดอะมิเตอร์ เป็นการบอกขนาดของอนุภาคโดยการตกของอนุภาคในอากาศนิ่งซึ่งเกิดจากแรงโน้มถ่วง อนุภาคที่มีขนาดรูปร่างและความหนาแน่นต่างกัน หากมีความเร็วปลายในการตกเท่ากัน จะมีค่าแอโรไดนามิก ไดอะมิเตอร์เท่ากันเสมอ

3.3 สะดักไดอะมิเตอร์ บอกขนาดของอนุภาคโดยการตกของอนุภาคในอากาศนิ่งเช่นเดียวกับแอโรไดนามิก ไดอะมิเตอร์ แต่เพิ่มเติม ให้ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคทรงกลมต้องมีทั้งความหนาแน่นและความเร็วปลายในการตกเท่ากับอนุภาคที่ต้องการวัดขนาด โดยอาจมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันได้

ค่าแอโรไดนามิก ไดอะมิเตอร์เป็นค่าที่นิยมใช้บอกขนาดของอนุภาคมากที่สุดเนื่องจากเป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของอนุภาคที่เข้าสู่ทางเดินหายใจและการเกาะติดอยู่ในบริเวณดังกล่าว อนุภาคเริ่มต้นที่ 0.01-100 ไมครอนหรือไมครอนเล็กกว่า 0.01 ไมครอน จะเป็นโมเลกุลอนุภาคที่มีขนาดแอโรไดนามิก ไดอะมิเตอร์ 5-10 ไมครอน จะถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยระบบทางเดินหายใจส่วนบนได้ตามธรรมชาติ ถ้าหากมีขนาดใหญ่กว่านี้ก็จะไม่สามารถอยู่ในระบบทางเดินหายใจได้นานเนื่องจากจะถูกขับออกมาได้เร็วขึ้น แต่ถ้ามีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน ก็จะสามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจส่วนปลายในบริเวณถุงลมปอดและไม่สามารถกำจัดออกจากร่างกายได้

4. โครงสร้างของอนุภาค อนุภาคอาจลอยในบรรยากาศในลักษณะอนุภาคเดี่ยวหรือบางชนิดอาจจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนในลักษณะที่เป็นเส้นยาว ทรงกลม หรือลูกบาศก์ เรียกว่า แอโกเมอเรต หรือฟล็อก ตัวอย่างเกิดจากการจับตัวกันของขนาดเล็กที่มีประจุไฟฟ้า ตัวอย่างของอนุภาคแบบนี้ได้แก่ ควันที่มีความหนาแน่นสูง หรือฟูมโลหะ อนุภาคบางชนิดเกิดขึ้นโดยมีขนาดใหญ่และมีด้านในกลวงบรรจุด้วยก๊าซ หรือด้านในกลวงบรรจุด้วยอนุภาคขนาดเล็ก ชนิดที่มีด้านในกลวงบรรจุด้วยอนุภาคขนาดเล็กได้แก่ เถ้าบิน

5. คุณสมบัติของผิวอนุภาค มีขนาดเล็ก ดังนั้นจึงมีพื้นที่ผิวมากและมีโอกาสที่จะเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การติดไฟ การดูดซับ การดูดซึม หรือผลจากไฟฟ้าสถิตได้ง่าย ขนาดของพื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของอนุภาคเล็กลง ในอนุภาคต่างกลุ่มกันซึ่งมีค่าเฉลี่ยของขนาดเท่ากันและมี

น้ำหนักเท่ากัน อนุภาคกลุ่มที่มีความแตกต่างของขนาด มากจะทำให้มีพื้นที่ผิวรวมน้อยกว่าอนุภาคกลุ่มที่มีความแตกต่างของขนาดน้อยกว่าหรือมีขนาดเท่าๆ กัน

การวัดขนาดและนับจำนวนอนุภาค มีวิธีดังนี้

1. การใช้กล้องจุลทรรศน์ เก็บตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง หรือมิดเจ็ด อิมฟิงเจอร์
2. การใช้อิเล็กทรอนิกส์ไมโครสโคป คือกล้องจุลทรรศน์ชนิดหนึ่งซึ่งมีกำลังขยายสูงกว่ากล้องจุลทรรศน์ธรรมดา
3. การใช้เครื่องมือที่ใส่วาง ใช้วิธีส่งลำแสงไปกระทบกับอนุภาคที่ลอยอยู่ในอากาศที่ถูกดูดให้ไหลผ่านเครื่องมือ
4. การใช้เครื่องมือที่ใส่ประจุไฟฟ้า ใช้วิธีดูดอากาศที่มีอนุภาคแขวนลอยอยู่ให้ไหลผ่านเครื่องมือแล้วให้ประจุไฟฟ้าแก่โมเลกุลของอากาศ
5. การใช้เครื่องมือที่ใส่แรงกระทบ เป็นเครื่องมือที่จัดเก็บและตรวจวัดในเครื่องเดียวกัน อนุภาคในกระแสอากาศจะถูกดูดเข้ามาในเครื่องด้วยความเร็วสูง แล้วกระทบกับวัตถุที่ถูกจัดวางขวางกั้นทิศทางการไหล อนุภาคใหญ่จะติด อนุภาคเล็กก็จะไปกระทบอีกชั้นถัดไป
6. การใช้เครื่องมือที่ใส่แรงเหวี่ยง เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดและเก็บตัวอย่างในเครื่องเดียวกัน ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ไซโคลน (cyclone) การกระจายขนาดของอนุภาค การแสดงการกระจายตัวของอนุภาคทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยและมัธยฐาน

1.1 เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย หากค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์

1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางมัธยฐาน ใช้วิธีหาค่ามัธยฐานโดยการสร้าวดารงประกอบ

2. ฮิสโตแกรมเป็นการใช้วิธีแสดงการกระจายขนาดของอนุภาค โดยใช้กราฟเส้นหรือกราฟแท่งหรือฮิสโตแกรม (histogram)

พฤติกรรมของอนุภาคของไหล

การเคลื่อนที่ของอนุภาคในของไหล ปกติอนุภาคจะแขวนลอยหรือเคลื่อน ไหวอยู่ในกระแสก๊าซหรือกระแสอากาศหรือในบรรยากาศ การเคลื่อน ไหวของอนุภาคในก๊าซหรืออากาศหรือในบรรยากาศซึ่งเป็นของไหลชนิดหนึ่ง สามารถอธิบายได้โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ดังนี้ แรงลาก ในขณะที่ อนุภาคเคลื่อน ไหวในของไหล ทั้งอนุภาคและของไหลต่างเคลื่อน ไหวด้วยกัน ขณะเดียวกันของไหลได้มีแรงลาก (drag force) กระทำต่ออนุภาคในทิศทางสวนกันกับการเคลื่อนที่ของอนุภาค

ความเข้มของสนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าบนอนุภาคแปรผกผันกับรัศมีของการเหนี่ยวนำของประจุไฟฟ้าบนอนุภาค

หน่วยที่ 6 อุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน

1. มวลควบคุม (Control mass) หรือระบบปิด (close system)

เมื่อกล่าวถึงระบบหนึ่งๆ ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ภายนอกจะเรียกว่าสิ่งแวดล้อม (surrounding) มวลควบคุมจะแยกออกจากสิ่งแวดล้อม โดยมีขอบเขตของระบบ (bound) เป็นเครื่องแบ่งพรมแดน

2. ปริมาตรควบคุม (control volume) หรือระบบเปิด (open System) หมายถึงปริมาตรของสารหนึ่ง ที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมทางอุณหพลศาสตร์ พื้นผิวของปริมาตรควบคุมที่เลือกขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่เป็นพรมแดนระหว่างปริมาตรควบคุมกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่าผิวควบคุม (control surface) หรือขอบเขต (boundary)

3. สถานะ (phase) หมายถึงปริมาณของสารที่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด ปกติจะมี 3 สถานะ ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ การเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่งของสารพิจารณาได้ดังนี้

การหลอมตัว (melting) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว

การแข็งตัว (Freezing) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง

การระเหย (vaporization) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นไอหรือก๊าซ

การควบแน่น (condensation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งไปเป็นไอหรือก๊าซ

4. พลังงาน (energy) หมายถึงความสามารถในการทำงานได้ หรือสามารถเปลี่ยนแปลงจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้ ถ้าหากกล่าวถึงระบบ พลังงานนั้นหมายถึงคุณสมบัติของระบบซึ่งเปลี่ยนแปลงไป เมื่อระบบมีงานและความร้อน หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง ข้ามขอบเขตของระบบ หน่วยเป็น N.m หรือ Joule แยกเป็น 2 ประเภท

- พลังงานสะสม ได้แก่ พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ พลังงานเคมี พลังงานการเคลื่อน ไหวของโมเลกุล

- พลังงานถ่ายเท ความร้อนสัมผัส ความร้อนแฝง และงาน

5. พลังงานศักย์ (potential energy) คือ พลังงานของมวลใดมวลหนึ่ง ที่เป็นผลมาจากแรงดึงดูดของโลก เมื่อมวลนั้นอยู่ที่ตำแหน่งซึ่งมีความสูงเหนือระดับอ้างอิง

6. พลังงานจลน์ (kinetic energy) คือ พลังงานของระบบที่เป็นผลมาจากระบบ (หรือมวล) นั้นมีการเคลื่อนที่ พลังงานจลน์มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดความเร็วและมวลของระบบนั้น

7. งานของระบบที่ไม่มีที่ไหล เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า งานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของขอบเขตของระบบ หรือ งานเนื่องจากการแทนที่ (displacement work) ขอบเขตของระบบเคลื่อนที่เมื่อระบบเปลี่ยนแปลงสถานะ (ขยายหรือหดตัว) ซึ่งทำให้ระบบนั้นเปลี่ยนแปลงปริมาตรและเกิดงานเนื่องจากการแทนที่

การเคลื่อนที่ของลูกสูบที่มีมวลน้อยมาก และขับเคลื่อนที่ผ่านหน้าตัดของภาชนะบรรจุ

9. ความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่สารนั้นสามารถรับไว้ (หรือคายออก) ต่อหนึ่งหน่วยมวลของสาร แล้วทำให้สารนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง หนึ่งองศา มีหน่วยเป็น kJ/kg.K หรือ kJ/kg.C

10. ความร้อน สำหรับระบบหนึ่งๆ ความร้อนจะเกิดการถ่ายเทเมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกัน 2 บริเวณ โดยความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ การถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออกจากระบบจะกำกับด้วยเครื่องหมาย บวกหรือลบ

- ความร้อนมี เครื่องหมายลบ เมื่อระบบสูญเสียความร้อนหรือมีความร้อนถ่ายเทออกจากระบบ

- ความร้อนมี เครื่องหมายบวก เมื่อระบบได้รับความร้อนหรือมีความร้อนถ่ายเทเข้าระบบ

รูปแบบของความร้อนแยกเป็นสามประเภทคือ ความร้อนสัมผัส ความร้อนแฝง ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี

- ความร้อนสัมผัส (sensible heat) คือ ปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งที่ทำให้สารหนึ่งๆมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง โดยไม่ทำให้สถานะของสารนั้นเปลี่ยนแปลง

- ความร้อนแฝง (latent heat) คือ ปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งที่ทำให้สารหนึ่งๆ (หรือดึงออกจากสาร) แล้วทำให้สารนั้นเปลี่ยนแปลงสถานะภายใต้อุณหภูมิกคงที่

- ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี คือ พลังงานความร้อนของสารเชื้อเพลิง ขณะที่สารเชื้อเพลิงเผาไหม้จะปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา

11. พลังงานภายใน พิจารณากระบวนการให้ความร้อนแก่ระบบปิด (มวลควบคุม) ภายใต้ปริมาตรคงที่ ภายในภาชนะปิดสนิทและหุ้มฉนวนเป็นอย่างดีโดยรอบ จึงไม่มีความร้อนสูญเสียออกสู่ภายนอก

12. เอนทัลปี (H) เป็นคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์อีกตัวหนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของพลังงานภายใน (U) กับงานเนื่องจากการไหล (PV) ดังนั้นเอนทัลปีของระบบหนึ่งจึงเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

13. กฎอนุรักษ์พลังงาน (principle of energy conservation) กฎอนุรักษ์พลังงานเป็นกฎพื้นฐานแห่งธรรมชาติ ซึ่งมีใจความดังนี้ พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายให้หมดไปได้ แต่พลังงานนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่งได้โดยพลังงานทั้งหมดยังคงเดิมเสมอ ซึ่งถ้าหากปราศจากการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทาน พลังงานทั้งหมดของวัตถุหรือระบบที่ตำแหน่งใดๆ (หรือสถานะใดๆ) มีค่าคงที่เสมอ

คุณสมบัติของสารบริสุทธิ์

สารบริสุทธิ์ หมายถึง สารที่มีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกันทั้งมวลสาร ตัวอย่างเช่น น้ำ ไนโตรเจน ฮีเลียม และคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ฟรีออน-12 เป็นต้น สารบริสุทธิ์อาจจะประกอบด้วยส่วนประกอบทางเคมีหลายอย่าง แต่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น อากาศ ที่ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด

1. สถานะของสารบริสุทธิ์ สลายดำรงอยู่ได้ในสถานะที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

2. การเปลี่ยนสถานะ เช่น ในหม้อต้มน้ำ (boiler) น้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำ หรืออุปกรณ์ควบแน่น (condenser) อยู่ในสภาพของผสมระหว่างของเหลวและไอ สารทำความเย็นในตู้เย็น

เมื่ออุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ อุณหภูมิคงที่ การเปลี่ยนสถานะจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งของเหลวกลายเป็นไอน้ำจนหมด สถานะนี้เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว (saturated vapor)

ถ้ายังมีการถ่ายเทความร้อนให้กับไอน้ำอิ่มตัวต่อไป ก็จะทำให้อุณหภูมิจึงทำให้ไอน้ำและปริมาณจำเพาะเพิ่มขึ้น เรียกว่าไอน้ำ (superheated vapor)

3. อุณหภูมิอิ่มตัวและความดันอิ่มตัว การเดือดของน้ำที่ 100 องศา C เกิดที่ความดันบรรยากาศ (1 atm) ดังนั้นในสภาวะความดันอื่นๆ อุณหภูมิสำหรับการเดือดของน้ำก็จะแตกต่างกันไป

4. ไดอะแกรม T-v เป็น ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) และ ปริมาตรจำเพาะ (V)

5. ไดอะแกรม P-v

6. ไดอะแกรม P-T

7. ตารางคุณสมบัติ

- ตารางคุณสมบัติของเหลวอิ่มตัวและไออิ่มตัว

- ตารางคุณสมบัติไอดีง (superheated vapor)

การถ่ายเทความร้อน คือ คือการที่พลังงานได้มีการส่งผ่านเนื่องจากมีความแตกต่างของอุณหภูมิ นั่นคือเมื่อใดก็ตามที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในตัวกลาง หรือระหว่างตัวกลางจะต้องมีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น การถ่ายเทความร้อนมี 3 รูปแบบคือ

1. การนำความร้อน (conduction) หมายถึงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นตกร้อมระหว่างตัวสื่อกลาง

2. การพาความร้อน (convection) หมายถึงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นตกร้อมระหว่างพื้นผิวและของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ผิว และมีอุณหภูมิต่างกัน

3. การแผ่รังสีความร้อน (radiation) ทุกๆ พื้นผิวมีอุณหภูมิต่างๆ จะมีการส่งพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และโดยที่ไม่ต้องมีสื่อกลางใดๆ จะมีการส่งผ่านความร้อนระหว่างสองพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิต่างกัน

หน่วยที่ 7 กลศาสตร์ของไหล

กลศาสตร์ของไหล (fluid mechanic) เป็นสาขาหนึ่งของกลศาสตร์ประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับพลวัตของของเหลวและก๊าซ สาขาวิชานี้สามารถแบ่งออกได้เป็น สถิตยศาสตร์ของไหล (ของไหลอยู่กับที่) และพลศาสตร์ของไหล (ของไหลที่มีการเคลื่อนที่) การศึกษาทางด้านนี้สามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และแก้ไขปัญหาต่างๆ เช่น การไหลของน้ำดีและน้ำเสีย การไหลของน้ำในระบบท่อดับเพลิง การระบายอากาศ การดูดควันหรือสารเคมีอันตรายออกจากพื้นที่ทำงาน เป็นต้น

สถิตยศาสตร์ของของไหล

ของไหลที่อยู่หนึ่งไม่มีความเคลื่อน มีแต่แรงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวเนื่องมาจากความดันในแนวตั้งฉาก หน่วยของความดันในระบบเมตริกใช้เป็น ปาสคาล (Pascal) หรือ PA หรือนิวตันต่อตารางเมตร หน่วยของความดันในระบบอังกฤษใช้เป็น ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi หรือ pound per square inch)

ความดันเป็นข้อมูลที่สำคัญหนึ่งของๆไหล อุปกรณ์เทคนิคหลายๆ อย่างจึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการวัดค่าความดัน โดยทั่วไปจะใช้ค่าความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) และความดันสัมบูรณ์ที่เป็นศูนย์ (absolute zero pressure) เป็นค่าความดันอ้างอิง ค่าความดันที่วัดเทียบกับความดันบรรยากาศเรียกว่า ความดันเกจ (gauge pressure) ส่วนความดันที่วัดเทียบกับความดันสัมบูรณ์ที่เป็นศูนย์เรียกว่าความดันสัมบูรณ์ (absolute zero pressure) ความดันเกจที่เป็นศูนย์จะเท่ากับความดันบรรยากาศ

1. ความหมายของของไหล ของไหลคืออะไร ความแตกต่างระหว่างของแข็งและของไหล พิจารณาที่โครงสร้างโมเลกุล คือ ของแข็ง เช่น โลหะคอนกรีต มีโมเลกุลที่อยู่ชิดติดกัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูง ซึ่งทำให้ของแข็งสามารถคงรูปร่าง และไม่เปลี่ยนรูปร่างง่าย ธรรมชาติของเหลวเช่น น้ำ น้ำมัน มีระยะห่างระหว่างโมเลกุลมากกว่า มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลต่ำกว่า โมเลกุลมีอิสระในการเคลื่อนที่มากกว่า จึงสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย สามารถเหลวในภาชนะบรรจุได้ หรือบังคับให้ไหลไปในท่อหรือรางได้กรณีก๊าซ เช่น อากาศ ออกซิเจน ยังมีระยะห่างระหว่างโมเลกุล และแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยกว่าของเหลว จึงสามารถเปลี่ยนรูปร่างและถูกกดดันได้ง่าย

2. คุณสมบัติของของไหล ก๊าซมีความเบาและกดอัดได้ ของเหลวหนักและกดอัดไม่ได้ น้ำเชื่อมไหลช้าจากภาชนะบรรจุ แต่น้ำไหลอย่างรวดเร็ว เพราะคุณสมบัติเหล่านี้ ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าปริมาตรจำเพาะ ค่าน้ำหนักจำเพาะ และค่าความถ่วงจำเพาะ

หลักการและเครื่องมือวัดความดัน ความดันเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากอันหนึ่งของของไหล จึงมีอุปกรณ์หลายอย่างถูกออกแบบและพัฒนา มาเพื่อทำหน้าที่ในการตรวจวัดความดัน เช่น บาร์โรมิเตอร์ พีโซมิเตอร์ ทิวูทิว มาโนมิเตอร์ มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง และเกจวัดความดันแบบบูดอง

กฎของก๊าซอุดมคติ ก๊าซเป็นของไหลที่กดดันได้ เมื่อเปรียบเทียบกับของเหลว การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของก๊าซมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความดันและอุณหภูมิ ตามกฎเกณฑ์ของก๊าซ

กฎของบอยล์ กฎนี้กล่าวไว้ว่า ที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรก๊าซจะเปลี่ยนแปลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับความดันก๊าซนั้น

กฎของเกย์ลุคแซก ถ้าปริมาตรคงที่ในขณะที่ก๊าซหรืออากาศจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ การวิเคราะห์ค่าความดันสูญเสีย

1. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันสูญเสีย หรือความดันตกคร่อมและความหนืด
2. เสดความดัน
3. ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน ภายในท่อ สูญเสียจากข้อต่อและอื่นๆ สูญเสียที่วาล์ว ทางเข้าท่อ ทางออกท่อ ที่ท่อลด ที่ท่อขยาย

หลักการและเครื่องมือวัดอัตราการไหล

1. มิเตอร์วัดอัตราการไหล 3 ประเภทคือ ออริฟิซ (orifice) หัวฉีด (nozzle) และแบบเวนทูรี (venturi) มิเตอร์ทั้ง 3 แบบทำงานโดยใช้หลักการลดพื้นที่หน้าตัดของการไหลทำให้ความเร็วของการไหลสูงขึ้นพร้อมกับความดันที่ลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ลดลงและความเร็วที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดเป็นแนวคิดหลักของการวัดอัตราการไหล

หน่วยที่ 8 ระบบท่อ ปัม เครื่องอัดอากาศและเครื่องระบายอากาศ

วัสดุท่อและการเลือกใช้ใช้งาน ท่อแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ ท่อโลหะ และท่อพลาสติก

1. ท่อโลหะ นิยมนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมทำจากวัสดุ 4 ชนิด

- เหล็กกล้า - เหล็กหล่อ - ทองแดงและทองแดงผสม - อลูมิเนียม

2. ท่อพลาสติก แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ - ชนิดเทอร์โมพลาสติก - ชนิดเทอร์โมเซต

อุปกรณ์ขับเคลื่อน แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- อุปกรณ์ขับเคลื่อนแบบใช้มือ มือหมุน ก้านหมุน โช้และเกียร์
- อุปกรณ์ขับเคลื่อนแบบใช้กำลังขับเคลื่อน จะใช้ ไฟฟ้า นิวแมติก หรือไฮดรอลิกมาช่วยขับเคลื่อน

การออกแบบระบบท่อ แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การออกแบบระบบท่อลม และการออกแบบระบบท่อน้ำ

แบบแปลนระบบท่อ มี 2 ลักษณะ คือ

- แบบออร์โธกราฟิก (orthographic) เป็นภาพ ด้านบน ด้านข้าง ภาพระดับ
- แบบรูปภาพ (pictorial) ภาพที่ได้จะเป็นภาพไอโซเมตริกและภาพมุมเฉียง

ออกแบบ พิจารณาส่งต่อไปนี้

- ความดันลดผ่านท่อวาล์ว (pipe friction loss)
- ความเร็วของน้ำในท่อ (water velocity) พิจารณาตามชนิดการใช้งาน การกัดกร่อน
- อัตราความดันลดผ่านท่อต่างๆ (friction rate)

ประเภทและลักษณะการทำงานของปั๊ม

1. ปั๊มแบบลูกสูบชัก มีลักษณะการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเกิดแรงดูดและแรงอัด

2. ปั๊มโรตารี ทำงานโดยการเกิดช่องว่างดูดของเหลวเข้าและอัดออก

3. ปั๊มแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง จะอาศัยการหมุนของใบพัดหรืออิมพีลเลอร์ทำให้คลีปใบพัดผลักดันของเหลวที่อยู่รอบๆ ทำให้เกิดการไหลแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง

4. ปั๊มลักษณะพิเศษ (special pump) ออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์การใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะเท่านั้น

หลักการการทำงานของเครื่องอัดอากาศเพื่อเพิ่มแรงดันลมหรือก๊าซ โดยสามารถสร้างแรงดันแตกต่างระหว่างทางออกและทางเข้า มี 3 ประเภท แบบลูกสูบชัก แบบโรตารี แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

เครื่องเป่า อากาศมี 3 ประเภท เหมือนอัดอากาศ

หน่วยที่ 10 ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า

1. ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า ในการผลิตไฟฟ้าแบ่งตามลักษณะการแปรรูปพลังงานได้ 2 แบบ

- โรงไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เช่น พลังน้ำ แสงอาทิตย์ ลม พลังงานไฟฟ้าได้พิภพ
- โรงไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน น้ำมันเตา ก๊าซ พลังงานนิวเคลียร์

ในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะมีการลดทอนแรงดันต่ำจนมีค่าเหมาะสมกับผู้ใช้ ระดับแรงดันที่ใช้ในประเทศไทย

- 1.1 ระดับแรงดันสำหรับสายส่งแรงสูง ส่งจากโรงไฟฟ้า ระหว่างสถานีไฟฟ้า 69kv 115kv 230kv 500kv อยู่ในความรับผิดชอบของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต
- 1.2 ระดับแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายแรงสูง สถานีไฟฟ้าย่อยระบบจำหน่าย ไปยังหม้อแปลงระบบจำหน่าย 11kv 22kv 33kv 22kv 24kv
- 1.3 ระดับแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายแรงต่ำ 1 เฟส 2 สาย 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์

2 ประจุไฟฟ้า มี 2 ชนิดคือ ประจุบวก ถูกพาเคลื่อนที่ด้วยโปรตอน และประจุลบถูกพาเคลื่อนที่ด้วยอิเล็กตรอน

2.1 ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current : DC) คือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีทิศทางการไหลในทิศทางเดียวจากขั้วลบไปยังขั้วบวก เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ 24 volt ถ่านไฟฉาย 1.5 volt

2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current: AC) เป็นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีทิศทางไหลกลับไปกลับมาตลอดเวลา โดยการเคลื่อนที่ประจุไฟฟ้าบวกและลบสลับกันในตัวนำสาย เช่น ไฟฟ้าตามบ้าน 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์

3.1 การกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส แรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 เฟส เกิดจากการเคลื่อนที่ของขดลวด 1 ชุด ตัดสนามแม่เหล็กคงที่ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เป็นกระแสสลับ ที่มีการเปลี่ยนขนาดทิศทางเป็นรูปคลื่นไซน์

3.2 การกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส แรงเคลื่อนไฟฟ้า 3 เฟสเกิดจากการเคลื่อนที่ของแกนแม่เหล็ก ตัดขดลวดตัวนำ 3 ชุด มีมุมมองต่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า

หน่วยวัดและสมการทางไฟฟ้า

1. หน่วยวัดทางไฟฟ้า

1.1 ความต้านทานไฟฟ้า (resistance) เป็นคุณสมบัติของสสารที่ต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า สสารที่มีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่าเรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า ส่วนสสารที่มีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าเรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า ความต้านทานมีหน่วยเป็น โอห์ม

1.2 แรงดันไฟฟ้า (voltage) เป็นแรงที่ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ หรือแรงที่ทำให้เกิดการไหลของไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ V

1.3 กระแสไฟฟ้า (current) เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ภายในตัวนำไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมแปร์ A

1.4 กำลังงานไฟฟ้า (power) อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน หรืออัตราการทำงาน มีหน่วยเป็น วัตต์ watt W

1.5 พลังงานไฟฟ้า (energy) คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไประยะหนึ่ง มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง (watt-hour) หรือ ยูนิท(unit)

1.6 ความถี่ (frequency) คือจำนวนรอบของกระแสไฟฟ้าสลับ มีหน่วยเป็น เฮิร์ตซ์ Hz

1.7 รอบ (cycle) คือการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าครบ 360 องศาซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้าค่าบวกและค่าลบได้สมบูรณ์

1.8 แรงม้า (horse power) หรือกำลังม้า เป็นหน่วยวัดกำลังหรืออัตราการทำงาน 1 แรงม้า = 550 ฟุต-ปอนด์ หรือ 745.7 วัตต์ ประมาณ 746 วัตต์

2. สมการไฟฟ้า

2.1 กฎของโอห์ม (ohm's law) ค.ศ. 1862 นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน George Simon Ohm กล่าวว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและแปรผกผันกับค่าความต้านทาน $E = IR$

2.2 สมการกำลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ $P=EI$

2.3 สมการกำลังงานไฟฟ้า $W = Pt$ กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หรือยูนิท(unit)

1. อุปกรณ์ไฟฟ้าพื้นฐาน

- ตัวต้านทาน (resistor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า ความต้านทานมีหน่วยเป็นโอห์ม มีชนิดคงที่ ปรับค่าได้ ชนิดเปลี่ยนค่าได้

- ตัวเก็บประจุ (capacitor) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ป้องกันการไหลของกระแสไฟฟ้า สามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ได้ มีชนิด ค่าคงที่ ปรับค่าได้ และชนิดเลือกค่าได้

- ตัวเหนี่ยวนำ (inductor) เป็นอุปกรณ์นำมาใช้ในวงจรไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้านำมาใช้เกี่ยวกับความถี่วิทยุ หน่วยเป็นเฮนรี่ H มีชนิด ตัวเหนี่ยวนำแบบ โซลิดแกนเหล็กในย่านความถี่ต่ำๆ แบบ โซลิดแกนอากาศใช้ในย่านความถี่วิทยุ แบบ โซลิดแกนเฟอร์ไรท์ใช้ในย่านความถี่สูง

. ประเภทของสายไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ สายไฟฟ้าแรงดันสูง และสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

- สายไฟฟ้าแรงดันสูง มีสายเปลือย และสายหุ้มฉนวน

- สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 โวลต์

1. ข้อพิจารณาในการเลือกสายไฟฟ้า

- พิกัดแรงดัน มอก. 11-2531 ได้กำหนดแรงดัน 2 ระดับ คือ 300 โวลต์ และ 750 โวลต์ การใช้งานต้องคำนึงพิกัดแรงดันให้เหมาะสม

- พิกัดกระแส ความสามารถของสายไฟฟ้าในการนำกระแส มีตัวแปรได้แก่ ขนาดสายไฟฟ้า ชนิดของฉนวน อุณหภูมิโดยรอบ ลักษณะการติดตั้ง

- สายควม สายหลายเส้นต่อขนาน

- แรงดันตก (voltage drop) ความแตกต่างระหว่างแรงดันต้นทางและปลายทาง

2. อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า

- ฟิวส์ (fuse) อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ทำมาจากโลหะผสมสามารถนำไฟฟ้าได้ดี มีจุดหลอมละลายต่ำ ฟิวส์ที่ดี เมื่อกระแสไหลเกิน 2.5 ของขนาดทนกระแสของฟิวส์ ฟิวส์ต้องขาด

- เซอร์คิตเบรกเกอร์ (circuit breaker :CB) อุปกรณ์ทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสเกินหรือลัดวงจร สามารถกลับมาใช้ใหม่ได้ไม่เปลี่ยนใหม่เหมือนฟิวส์ การทำงานมี 2 แบบคือ เชิงความร้อน และเชิงแม่เหล็ก

3. การเลือกขนาดของอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าที่เหมาะสม

- อุปกรณ์ป้องกันวงจรย่อย ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน สอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ นิยมใช้เซอร์คิตเบรกเกอร์ ตามมาตรฐาน IEC (International Electrotechnical Commission)

- อุปกรณ์ป้องกันวงจรสายป้อน ต้องมีการป้องกันกระแสเกิน และขนาดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

- อุปกรณ์ป้องกันวงจรประธาน หมายถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปลดวงจรบริษัทประธาน ประกอบด้วย อุปกรณ์ปลดวงจร และอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

โหลดไฟฟ้าที่นิยมนมี 2 ประเภท หลอดไส้ หลอดเรืองแสง

1. ประเภทของมอเตอร์

- มอเตอร์เหนี่ยวนำ (induction motor) นิยมใช้มา มี 1 เฟส และ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และ แบบวาวด์โรเตอร์

- มอเตอร์ซิงโครนัส (synchronous motor) เป็นมอเตอร์ 3 เฟส มีขดลวดอาร์เมเจอร์ และขดลวดสนาม ความเร็วคงที่

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) มีขดลวดสนามอยู่บนสเตเตอร์และขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่บนสเตเตอร์ สามารถควบคุมความเร็วได้ดี แรงบิดเริ่มเดินเครื่องสูง

การต่อลงดิน หมายถึงการต่อสายไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังสายดิน โดยสายดินคือแท่งตัวนำทองแดงที่ต่อลงไปในดิน เพื่อป้องกันไฟรั่ว ช็อตบุคคลผู้ใช้งาน

ปรากฏการณ์ฟ้าผ่าและอันตรายจากฟ้าผ่า

1. ฟ้าผ่า เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดประจุไฟฟ้าอิสระที่ละอองน้ำในอากาศ เมื่อละอองน้ำเหล่านี้รวมตัวกันหนาแน่นเป็นก้อนเมฆ โดยเฉพาะเมฆฝนที่มีประจุไฟฟ้าอิสระรวมกันอยู่มากมาย หากก้อนเมฆที่ประจุในขั้วที่ต่างกัน เคลื่อนตัวเข้าใกล้กันจะทำให้เกิดการทำให้ประจุไฟฟ้าทั้งสองชนิด กระโดดเข้าหากัน ด้วยความเร็ว เสียงลึกับอากาศ เกิดความรุนแรงและเผาไหม้ แสงสว่างเรียกว่าฟ้าแลบ แต่ถ้าประจุไฟฟ้าอิสระกระโดดไปมาระหว่างก้อนเมฆกับแผ่นดิน เรียกว่าฟ้าผ่า อาจเกิดจากประจุไฟฟ้าวิ่งอย่างรวดเร็วไปยังแผ่นดิน หรือกลับกันจากแผ่นดินไปยังก้อนเมฆได้เช่นกัน

2. อันตรายจากฟ้าผ่า

- ถูกฟ้าผ่าโดยตรง

- ถูกฟ้าผ่าโดยอ้อม แรงดันช่วงก้าว แรงดันสัมผัส

หลักการป้องกันฟ้าผ่า

1. การป้องกันฟ้าผ่าภายนอก ประกอบด้วย การติดตั้ง ตัวนำล่อฟ้า ตัวนำลงดิน รากสายดิน

2. การป้องกันฟ้าผ่าภายใน ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกัน ไฟกระชากในแผงไฟฟ้าต่างๆ เพื่อป้องกันมิให้แรงดันกระชากหรือค่ากระแสสูงไหลเข้าไปหาอุปกรณ์ไฟฟ้า

1. ส่วนประกอบระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

- ตัวนำหรือล่อฟ้า มีหลักล่อฟ้า สายชิงตัวนำ ตัวนำลงดิน
- ตัวนำลงดิน เป็นตัวนำที่เชื่อมต่อกับระบบตัวนำล่อฟ้าเพื่อทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าลงดินโดยเร็วที่สุด มีแบบภายนอกแยกอิสระและไม่แยกอิสระ

หน่วยที่ 11 ระบบควบคุมทางวิศวกรรม

การผลิต หรือกระบวนการผลิต (manufacturing process) หมายถึง การนำเอาวัตถุดิบที่เป็นสสารหรือสารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งที่อยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ที่เรียกว่าสารตั้งต้น (reactant) มาทำการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมี ให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้า (product หรือ goods) การทำให้คุณสมบัติของสารเปลี่ยนไป

ขอบเขตของระบบการควบคุมทางวิศวกรรม

ตัวแปรนำเข้า (input variable) หมายถึง ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อสภาพหรือสถานะของกระบวนการโดยตรง ทำให้สภาพของกระบวนการ ตัวแปรนี้ประกอบด้วยสัญญาณการรบกวนจากภายนอก เช่น สภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถกำหนดและควบคุมได้โดยตรง ต้องกำหนดค่าโดยผ่านอุปกรณ์อื่น หรือสัญญาณควบคุม

ตัวแปรออก (output variable) หมายถึง สภาพต่างๆ ของกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงค่าไปเนื่องจากผลกระทบของตัวแปรนำเข้า ประกอบด้วยตัวแปรที่วัดค่าได้ ได้แก่ สถานะของกระบวนการที่สามารถวัดค่าได้ ตรวจสอบค่าได้โดยตรงจากเครื่องมือวัด หรือตรวจสอบไม่ได้ใช้คำนวณเอา

ตัวแปรควบคุม (controlled variable) คือ ตัวแปรของกระบวนการ (process) ที่เราต้องการควบคุม ค่าตัวแปรควบคุมที่ใช้ส่วนมาก ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล ระดับ เช่น ในการควบคุมอุณหภูมิของไอน้ำ ตัวแปรควบคุม ก็คือ อุณหภูมิ

ตัวแปรตรวจวัด (measured variable) เป็นการวัดค่าของตัวแปรที่เราต้องการควบคุม อาจจะเป็นตัวเดียวกับตัวแปรควบคุมหรือไม่ก็ได้
ค่าเป้าหมาย (set point) เป็นค่าเป้าหมายในการควบคุม เช่น อุณหภูมิของไอน้ำ ค่าเป้าหมายควบคุมเท่ากับ 560 °C เป็นต้น

นิยามศัพท์ของระบบการควบคุมทางวิศวกรรม

อัตโนมัติ (automation) เป็นเทคนิคการดำเนินการควบคุมการทำงานของระบบ ของกระบวนการ เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่สามารถให้ทำงานได้โดยอัตโนมัติ ไม่ต้องใช้คนควบคุม

คัลเลอร์ิเมตรี (colorimetry) วิธีการจำแนกแยกแยะ หาความแตกต่างระหว่างสารเคมีแต่ละชนิด โดยวิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบสีที่เกิดขึ้นของสารเคมีในสารละลาย

การควบคุม (control) หมายถึง การควบคุมในการดำเนินงานของระบบเพื่อให้สามารถควบคุมค่าต่างๆ ตามที่ออกแบบหรือกำหนดไว้

ไซลินเดอร์ (cylinder) ลำท่อ กระบอกสูบ หรือช่องว่างที่ ลูกสูบ (piston) สามารถวิ่งผ่านไปมาได้ในการทำงาน

พลังงาน (energy) พลังงานเป็นขีดความสามารถในการทำงาน

แหล่งกำเนิดพลังงาน (energy source) แหล่งกำเนิดของพลังงานที่ถูกนำมาใช้งาน

ความดันเท่ากับความสูงของของไหล (head) ความดันที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อของเหลว

ไฮดรอลิก (hydraulics) เป็นสาขาวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ หรือทางด้านวิศวกรรมที่ว่าด้วยการถ่ายเทพลังงาน สามารถทำให้ของเหลวเกิดการเคลื่อนที่

เครื่องมือ (instruments) เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด การบันทึก หรือเป็นดัชนีบ่งชี้สภาพ หรือใช้ในการควบคุมในขั้นตอนของการดำเนินการ

ภาระงาน (load) ภาระเป็นผลลัพธ์ของระบบ (output of system) หรือการทำงานของระบบที่ หมายถึง ปริมาณงานทั้งหมดที่ระบบทำได้

ไมโครโพรเซสเซอร์ (microprocessor) หมายถึง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือชิปชิ้นส่วน (chip) ที่มีหน่วยสมองที่ใช้ในการประมวลข้อมูล ควบคุมสั่งการ และสามารถกำหนดการทำงานของกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงผลลัพธ์สุดท้ายออกมา

แมสสเปกโตรมิเตอร์ (mass spectrometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ก๊าซ ไอระเหย หรือธาตุที่เป็นของแข็ง โดยอาศัยหลักการของการจำแนกจำนวนอะตอมของสารแต่ละชนิด

ออสซิลโลสโคป (oscilloscope) เป็นเครื่องมืออุปกรณ์ที่ท่อแคโทดเรย์ (cathode ray tube) ที่ใช้แสดงค่าของแรงดัน หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า (voltage) ในช่วงระยะเวลาต่างๆ

นิวแมติก (Pneumatic) เป็นสาขาวิชาหนึ่งทางด้านเครื่องกลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานของอากาศ ของไอรระเหย หรือของก๊าซ ทำให้เกิดแรงดันในการขับเคลื่อนที่ทางกลของระบบ เครื่อง หรืออุปกรณ์

ความดัน (pressure) ความดัน หรือแรงดัน หมายถึง แรงที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่

กระบวนการ (process) กระบวนการเป็นกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้หลักการด้านต่างๆ มาร่วมกันกระทำที่วัตถุ เช่น การเพิ่มความร้อน การทำให้เย็นลง การตัด การบรรจุ การอัดรวม การบดอัด กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมา

ระบบ (system) หมายถึง มวลของวัสดุหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของเครื่องมือที่นำมาใช้ ระบบจะถูกแยกออกจากสิ่งแวดล้อม (environment) อธิบายเกี่ยวกับขอบเขตของระบบ (system boundary) ระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลเข้าออกจาขอบเขตระบบจะเรียกว่าระบบปิด (close system) หรือเรียกอีกอย่างว่าระบบที่ไม่มีการไหล (nonflow system) ส่วนระบบที่มีการถ่ายเทมวลเข้าออกระบบเรียกว่าระบบเปิด (open system) หรือระบบที่มีการไหล (flow system)

ระบบยังหมายถึงส่วนหนึ่งขององค์กร หรือกระบวนการ ที่ส่งต่อประสานกัน ร่วมกันทำให้เครื่องจักร ระบบเกิดการทำงานเป็นกระบวนการต่อเนื่องกัน

เส้นทางเดินของระบบ (transmission path) หมายถึง ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือเส้นทางของระบบที่ทำหน้าที่ในการถ่ายเทพลังงาน

อุณหภูมิ (temperature) เป็นดัชนีแสดงค่าของความร้อน ความเย็นของวัตถุ ที่สามารถส่งผ่านพลังงานความร้อน ความเย็นสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบ

อัลตราโซนิค (ultrasonic) เป็นสภาวะการเคลื่อนไหวกวของอากาศ คล้ายกับการเคลื่อนที่ของเสียง การเคลื่อนไหวกดังกล่าวอยู่ในสภาพที่คนไม่สามารถได้ยิน

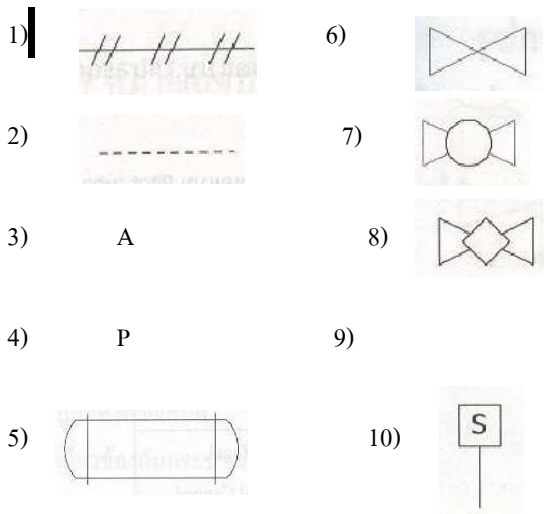
วาล์ว (valve) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบที่ของไหล เช่น ก๊าซ ของเหลว อากาศ หรือแม้แต่เม็ดเล็กๆ ของของแข็ง สามารถไหลผ่านได้ ปกติจะใช้วาล์วในการควบคุมของไหล เช่น ปิดกั้น ควบคุมการไหล กำหนดอัตราไหล ลดความเร็ว ลดความดัน

ตัวแปร (variables) เป็นปริมาณทางกระบวนการที่สามารถวัด ควบคุม หรือใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจทางด้านการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งาน (work) งานเป็นพลังงานที่ถ่ายเทระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม ที่มีแนวแรง (vector force) กระทำบนขอบเขตของระบบทำให้ระบบเคลื่อนที่ไปในแนวแรงกระทำ (vector displacement)

1. จงยกตัวอย่างขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุม

2. จงให้ความหมายของสัญลักษณ์ในแผนภาพการผลิตต่อไปนี้



แนวตอบกิจกรรม 11.1.2

1. ตัวอย่างขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมมีดังนี้

- เริ่มจากกำหนดวัตถุประสงค์ของการควบคุม
- เลือกสัญญาณตรวจวัดเพื่อตรวจสอบสภาพของกระบวนการ
- เลือกสัญญาณควบคุมในการปรับสถานะของระบบ
- กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่าตรวจวัดและสัญญาณควบคุม
- กำหนดคุณสมบัติของเครื่องควบคุม

2. 1) สัญญาณลม 6) GATE VALVE
- 2) สัญญาณไฟฟ้า 7) BALL VALVE
- 3) AGITATOR 8) PLUG VALVE
- 4) PUMPS 9) CYLINDER/PISTON
- 5) HEAT EXCHANGER 10) SOLENOID VALVE

1. องค์ประกอบของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ คือ

- 1) เครื่องจักรอุปกรณ์ในการผลิต 2) เครื่องมือวัด 3) เครื่องส่งสัญญาณ
- 4) สายสัญญาณ 5) เครื่องควบคุม 6) เครื่องบันทึกสัญญาณ

2. ระบบควบคุมการผลิต แบ่งเป็นหลักๆ ได้ 2 ระบบ คือ ระบบควบคุมการทำงานแบบใช้คนบังคับ และระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามระบบควบคุมการทำงานแบบใช้คนบังคับยังแบ่งย่อยเป็น 2 ระบบ คือ ระบบที่ผู้ควบคุมต้องใช้ประสบการณ์ของตนเองในการตรวจวัด สังเกต สัมผัส กับระบบที่ผู้ควบคุมไม่ต้องใช้ประสบการณ์ของตนเอง กล่าวคือ จะมีอุปกรณ์ช่วยในการตรวจวัด

1. ปัจจัยพื้นฐานสำหรับการออกแบบระบบควบคุมด้วยเทคนิคทางระบบไฟฟ้า มีดังนี้

- 1) ความปลอดภัย 2) ความเชื่อถือได้ 3) ความง่ายในการใช้งาน 4) ความสามารถในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้สม่ำเสมอ
- 5) ความคล่องตัว 6) ค่าใช้จ่าย 7) การดูแลรักษา

2. ข้อควรพิจารณาในการออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับระบบควบคุมทางอุตสาหกรรม คือ

- 1) ระบบการจ่ายพลังงานให้กับเครื่องอุปกรณ์ควบคุม 2) ระบบแรงเคลื่อนไฟฟ้า 3) ระบบสายไฟฟ้าต้องเหมาะสมกับการใช้งาน
- 4) ระบบการเดินสายไฟต้องเหมาะสม 5) ต้องพิจารณาค่าแรงดันตก

ระบบควบคุมโดยใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ หมายถึง ระบบควบคุมทางไฟฟ้าที่ใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด-เปิดหลักเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์หลักคือ

- 1) ติดตั้งเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับผู้สัมผัสใช้งานหรือผู้เกี่ยวข้อง 2) เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย
- 3) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยตรง

2. อุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ร่วมกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์ มีดังนี้

- 1) สวิตช์กดบังคับหรือหมุนบังคับ 2) สวิตช์ปุ่มกดมีและไม่มีหลอดสัญญาณแสดงการทำงาน
- 3) สวิตช์ปิดเปิดแบบใช้เท้าบังคับ 4) สวิตช์ปุ่มกดแบบกระแทก 5) สวิตช์แบบค้ำตำแหน่ง 6) ลิมิตสวิตช์

1. หลักการประยุกต์ใช้เทคนิคการควบคุมในพื้นที่อันตรายมีดังนี้

- 1) การจำแนกพื้นที่อันตราย 2) การกำหนดชนิดของสารไวไฟ 3) การกำหนดระดับอุณหภูมิพื้นผิวของอุปกรณ์
- 4) การดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์โดยใช้เทคนิคที่เหมาะสม รวมทั้งกำหนดวิธีการทำงานให้เหมาะสมกับพื้นที่

พื้นที่อันตรายดิวิชัน 1 และดิวิชัน 2

ดิวิชัน 1 เป็นบริเวณที่สารไวไฟสามารถรั่วไหลออกมาได้ตลอดเวลา และเป็นระยะเวลายาวนาน

ดิวิชัน 2 เป็นบริเวณที่สารไวไฟสามารถรั่วไหลออกมาได้ในช่วงเวลาสั้นๆ หรือเกิดการรั่วไหลเมื่อเกิดความผิดปกติในกระบวนการผลิต หรือเกิดการรั่วไหลที่อุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิต

หน่วยที่ 12 หน่วยการผลิตและกระบวนการผลิตทางวิศวกรรมเคมี

งานวิศวกรรมเคมี (Chemical Engineering) หรือวิศวกรรมระบบ (Process Engineering) เป็นการศึกษาการออกแบบ การควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมที่เน้นการเลือกกระบวนการปฏิกิริยาเคมี เลือกเงื่อนไขการผลิต การควบคุมการปฏิบัติการที่เหมาะสม **นิยามศัพท์ที่สำคัญในด้านการผลิตทางอุตสาหกรรม**

สารตั้งต้น (Reactant) หมายถึงสารหรือสารเคมีที่นำมาใช้เป็นทรัพยากรตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาเคมีเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ หรือสินค้า(Product) **ผลิตภัณฑ์ (Product)** เป็นสารหรือองค์ประกอบที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจากสารตั้งต้น

ตัวทำปฏิกิริยาจำกัด (Limiting Reactant) เป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมีที่มีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสัดส่วนมวลสารสัมพัทธ์ของสารปฏิกิริยาจริง

ตัวทำปฏิกิริยาเกินพอ (Excess Reactant) เป็นสารทำปฏิกิริยาที่มีมากกว่าที่ต้องการเมื่อเทียบกับสัดส่วนที่ต้องการตามทฤษฎี

ส่วนร้อยละที่เกินพอ (per cent excess) หมายถึงปริมาณหรือโมลของสารปฏิกิริยาเกินพอที่มีมากกว่าปริมาณที่ต้องการเพื่อจะทำปฏิกิริยากับสารทำปฏิกิริยาจำกัดได้หมดพอดี เมื่อเทียบกับปริมาณที่ต้องการตามทฤษฎี

อัตราความสมบูรณ์ (Completion degree) หมายถึงร้อยละหรือสัดส่วนของสารทำปฏิกิริยาจำกัดที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นผลผลิต

การเปลี่ยนแปลงร้อยละ (per cent concentration) หมายถึงร้อยละของสารตั้งต้นหรือสารป้อน (Feed) ที่ทำปฏิกิริยาที่เปลี่ยนไปเป็นผลผลิต โดยหลักการของปฏิกิริยานั้นต้องระบุให้ชัดเจนว่าตัวใดเป็นตัวทำปฏิกิริยา

ผลได้หรือผลลัพท์ (Yield) หมายถึงปริมาณหรือโมลของผลผลิตสุดท้ายที่ได้ต่อปริมาณมวลสารตั้งต้นของสารปฏิกิริยาที่มีตัวทำปฏิกิริยาและผลผลิตเป็นเพียงสารเดียว ถ้าหากมีสารปฏิกิริยาหลายสารต้องระบุให้ชัดเจนว่าเป็นสารใดที่ได้ผลผลิตใด

ค่าการเลือก (Selectivity) หมายถึงร้อยละหรือค่าเศษส่วนของปริมาณของผลผลิตหนึ่งๆ ที่ควรจะได้ตามทฤษฎีจากปริมาณสารตั้งต้น ซึ่งเทอมที่กล่าวนี้อาจจะเทียบเคียงกับนิยามของประสิทธิภาพ (Efficiency) หรือประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลง (Conversion Efficiency) หรือผลได้ (Yield)

สมการแห่งสถานะ (Equation of State) หมายถึงสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความดัน (P) ปริมาตร (V) และอุณหภูมิ (T) ของก๊าซจริง (Real Gaseous) โดยการหาความสัมพันธ์แบบสูตรสำเร็จ หรือเอมพิริคัล โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวจากข้อมูลการทดลอง ข้อมูลการสังเกตในถึงปฏิกิริยาเคมีทดลองในห้องปฏิบัติการ

เฟสหรือวัฏภาค (phase) หมายถึงขั้นตอนในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีเครื่องเดียวกันซึ่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีในเครื่องปฏิกรณ์เคมีอาจจะเกิดเพียงเฟสเดียวหรือวัฏภาคเดียว หรืออาจจะเกิดตั้งแต่สองเฟสขึ้นไป จนถึงหลายเฟส (multiphase) ในเครื่องเดียวกันได้ เช่นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยอากาศไปเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ โดยมีสารวานาเดียมเพนทอกไซด์ ที่เป็นของแข็งมีรูพรุนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) จะเป็นกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีหลายเฟส หรือหลายขั้นตอน หรือหลายวัฏภาค (multiphase)

กฎการอนุรักษ์มวลสาร (Conservation of Mass Law) กล่าวว่าภายในระบบที่แยกตัวจากระบบอื่นๆ (Isolated System) มวลของระบบจะมีค่าคงเดิมไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเกิดขึ้นในระบบจากกฎข้อนี้หมายความว่าในระบบหนึ่งๆ แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาอย่างใดมวลสารจะต้องไม่สูญหายไปไหน มวลสารนี้จะเท่ากับน้ำหนักต่อแรงดึงดูดของโลก ณ. ที่นั้น ซึ่งมาตรฐานเท่ากับ $32.17 \text{ ฟุต/วินาที}^2$ หรือ $980 \text{ เซ็นติเมตร/วินาที}^2$ โดยทั่วไปในการคำนวณ แรงดึงดูดของโลกมีผลน้อยมาก มวลจึงเท่ากับน้ำหนักของสารนั่นเอง

มวลสารสัมพันธ์ (Stoichiometry) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวทำปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอัตราพอดีกันทำให้ได้ผลผลิตออกมาจำนวนหนึ่งๆ แน่นนอน เช่น ปฏิกิริยาเคมีของธาตุเหล็กกับกรดกำมะถัน

กฎของเฮนรี (Henry Law) ภาวะที่ความดันย่อย (P) แปรเปลี่ยนเป็นสัดส่วนกับสารประกอบ หรือเศษส่วนเชิงมวล (X) ขององค์ประกอบนั้นในของเหลวที่อุณหภูมิคงที่ หมายถึงในกรณีที่ความดันสัมพัทธ์ต่อไปนี้ เป็นจริง จะกล่าววาระบบนั้นเป็นไปตามกฎของเฮนรี

ระบบ (System) หมายถึงมวลของวัสดุหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของเครื่องมือที่นำมาใช้ ระบบจะถูกแยกออกจากสิ่งแวดล้อม (Environment) อธิบายเกี่ยวกับขอบเขตของระบบ (System Boundary) ระบบที่ไม่มีการถ่ายเทมวลเข้าออกจากขอบเขตระบบจะเรียกว่าระบบปิด (Close System) หรือเรียกอีกอย่างว่าระบบที่ไม่มีไหล (Non-flow System) ส่วนระบบที่มีการถ่ายเทมวลเข้าออกระบบเรียกว่าระบบเปิด (Open System) หรือ ระบบที่มีการไหล (Flow System)

คุณสมบัติ (Property) เป็นคุณลักษณะของสารหรือวัสดุที่ต้องการวัดหรือคำนวณ เช่น ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ พลังงานรูปแบบต่างๆ คุณสมบัติของระบบจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไข หรือสภาวะและช่วงเวลาที่กำหนดนำมาคิดคำนวณ คุณสมบัติยังแบ่งเป็นคุณสมบัติรวม (Extensive Property) ที่มีค่าเท่ากับผลรวมของระบบย่อยที่เกิดขึ้นเป็นระบบรวม เช่น มวล หรือปริมาตร และคุณสมบัติเฉพาะ (Intensive Property) เป็นคุณสมบัติที่ไม่สามารถนำค่ามารวมกันได้ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และความหนาแน่น

สภาวะ (State) หมายถึงสารหรือวัสดุที่มีคุณสมบัติชุดหนึ่งๆ ที่เวลาหนึ่งใด สภาวะของระบบจะไม่ขึ้นกับรูปร่าง หรือการจัดตัวของสาร

ความร้อน (Heat) นิยามกฎข้อแรกของวิชาการด้านเทอร์โมไดนามิกส์ นั้น ความร้อนหมายถึง ความร้อนที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของระบบและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการถ่ายเทมวลของความร้อนในระดับอะตอม ลักษณะของการถ่ายเทมวลความร้อนมีความสำคัญมากมีการนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมการผลิตมากมาย

งาน (Work) เป็นพลังงานที่ถ่ายเทระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม ที่มีแนวแรง (Vector Force) กระทำบนขอบเขตของระบบทำให้ระบบเคลื่อนที่ไปในแนวแรงกระทำ (Vector Displacement)

พลังงานจลน์ (Kinetic Energy : ki) เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบบมีความเร็วสูงกว่าสิ่งแวดล้อม

พลังงานศักย์ (Potential Energy : Po) เป็นพลังงานของระบบ เมื่อระบบมีแรงดึงดูดของโลกกระทำ แรงดังกล่าวจะมีค่าเท่าใดจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของระบบเหนือพื้นผิวโลก หรือระดับความสูงของระบบ ยมารถคำนวณได้จากสมการ

พลังงานภายใน (Internal Energy) หมายถึงพลังงานทั้งหมดที่ระบบจะมีได้ เมื่อรวมกันระหว่างระดับพลังงานของโมเลกุล ของอะตอม และหน่วยที่เล็กกว่าลงไป พลังงานภายในไม่สามารถจะวัดออกมาได้ แต่สามารถคำนวณได้จากตัวแปรที่วัดได้ เช่น ความดัน อุณหภูมิ ปริมาตร ส่วนประกอบ เป็นต้น

เอนทัลปี (Enthalpy : H) ในกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน ปริมาตร และพลังงานภายในแล้ว ในกำหนดความสัมพันธ์ใหม่ที่เราเรียกว่าเอนทัลปี โดยใช้กฎข้อแรกของเทอร์โมไดนามิกส์มาอธิบาย ซึ่งผลรวมของฟังก์ชันสภาวะใช้ 3 ตัวแปรสำคัญ คือ พลังงานภายใน (U) ความดัน (p) และปริมาตร (V) เขียนเป็นความสัมพันธ์อย่างง่ายดังนี้

อัตราเร็วของปฏิกิริยาเคมี หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงต่อเวลาที่ผ่านไปในการทำปฏิกิริยาเคมี

2. ประเภทของปฏิกิริยาเคมี

2.1 ปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ (Homogeneous Reaction) อัตราเร็วของปฏิกิริยาเอกพันธ์หมายถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงมวล หรือจำนวน โมล เนื่องจากปฏิกิริยาของสารทำปฏิกิริยาต่อเวลาต่อปริมาตรของสารตั้งต้นหรือสารผสมในถังปฏิกิริยาเคมี

2.2 ปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ (Heterogeneous Reaction)

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกิริยาเคมีโดยมีเฟส (Phase) เข้ามาเกี่ยวข้องตั้งแต่สองเฟสขึ้นไป เรียกว่าปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ ซึ่งอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทมวลของสารตั้งต้น (Transfer) และผลิตภัณฑ์ (product) ที่เกิดขึ้น ผิวสัมผัสของเฟสที่เกี่ยวข้อง และปัจจัยอื่นๆ

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องปฏิกิริยาเคมี

1. ทฤษฎีมวลสารสัมพันธ์ (Chemical Equation and Stoichiometric)

1.1 กฎการอนุรักษ์มวลสาร (Conservation of Mass Law) ซึ่งกฎการอนุรักษ์มวลสารหมายถึง ภายในระบบที่แยกตัวจากระบบอื่นๆ

1.2 มวลสารสัมพันธ์ (Stoichiometry) ในการทำปฏิกิริยาเคมี การเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นหรือต้องทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นในอัตราพอเหมาะกัน

2. ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วของปฏิกิริยาเคมี

2.1 ความเข้มข้นของสารตั้งต้น (Reactant หรือ Feed)

2.2 ปัจจัยด้านอุณหภูมิ (Temperature)

2.3 ปัจจัยด้านความดันไอของสาร (Vapor Pressure) ความดันไอของสารแต่ละตัวจะมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ลักษณะจำเพาะของสาร คุณสมบัติ และขนาดของโมเลกุลของสารนั้น

2.4 กำลังขับของใบกวนผสมในเครื่องปฏิกิริยาเคมี การเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารตั้งต้นในถังกวนผสม การกวนผสม (Mixing) เป็นกระบวนการสำคัญที่จะช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้รวดเร็วขึ้น

วัตถุประสงค์หลักของการกวนผสมในถังกวน เพื่อเหตุผลดังต่อไปนี้

- 1) เพิ่มความเร็วในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของกระบวนการ เช่นกระบวนการตกผลึก
- 2) เพื่อเพิ่มความเร็วของปฏิกิริยาเคมีในถังหรือเครื่องปฏิกิริยา
- 3) เพิ่มความเร็วในการถ่ายเทมวล และความร้อนในถังหรือเครื่องปฏิกิริยา
- 4) ช่วยทำให้ความเข้มข้นของสารในถังกวนมีความสม่ำเสมอมากขึ้น
- 5) เพิ่มอัตราการละลายของสารตั้งต้นที่เป็นของแข็งให้มากยิ่งขึ้น

จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาแบบกวนผสม

เครื่องปฏิกิริยาเคมีแบบกะ (Batch Reactor)

เป็นถังกวนผสมสารเคมีที่ในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างหลาย โรงงานอุตสาหกรรมใช้เป็นถังปฏิกิริยาพื้นฐานในกระบวนการผลิต เพื่อใช้ผลิตสินค้าหรือผลิตผลิตภัณฑ์ หลักการทำงานเบื้องต้นของถังปฏิกิริยาเคมีคือการนำสารตั้งต้น หรือสารนำเข้า (reactants หรือ feed) ใส่เข้าไปในถังปฏิกิริยาเคมีในปริมาณที่คำนวณไว้ แล้วให้มีการกวนผสม (Mixing) ให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอย่างสมบูรณ์

เครื่องปฏิกิริยาหลายถังแบบต่อเนื่อง (Multiple Continuous Reactor)

เป็นเครื่องปฏิกิริยาเคมีที่มีการเอาถังกวนผสมแบบสมบูรณ์หลายถัง (Continuous Stirred Tank Reactor : CSTR) ต่ออนุกรมกันซึ่งสามารถกำหนดให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นในแต่ละถังมีค่าสม่ำเสมอ (Uniform) และเท่ากับค่าความเข้มข้นในของไหลที่ไหลออกของแต่ละถัง

เครื่องปฏิกิริยาเคมีแบบท่อไหล (Tubular Reactor หรือ Plug Flow Reactor)

เป็นเครื่องปฏิริยาเคมีที่มีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระบบท่อ (Heat Exchanger) ที่มีการไหลในท่อไหลขนานกันหลายท่อ

กระบวนการผลิตและระบบการผลิตในงานอุตสาหกรรม

ปฏิริยาดูดซับระหว่างก๊าซกับของแข็ง

กระบวนการของปฏิริยาเคมีระหว่างก๊าซกับของแข็งในอุตสาหกรรมเคมีนั้น เป็นกระบวนการดูดซับของก๊าซบนพื้นผิวของของแข็ง (Gaseous Adsorption) โดยที่โมเลกุลของก๊าซจะรวมตัวและถูกดูดด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเข้าหาผิวของส่วนจับก๊าซ ณ อุณหภูมิเดียวกันปริมาณก๊าซที่ถูกดูดจะเป็นสัดส่วนกับความดันของก๊าซส่วนนั้น

องค์ประกอบสำคัญของประสิทธิภาพการดูดซับสารได้แก่

1. พื้นผิวจำเพาะ (Specific Area) สำหรับดูดซับต้องมาก แต่ต้องมีช่องว่างระหว่างชั้นสารสูงเพื่อให้ก๊าซไหลผ่านได้สะดวก
2. คุณสมบัติของสารดูดซับต้องพิจารณาคุณสมบัติว่าเป็นสารชนิดโพล่า
3. สารดูดซับต้องไม่ทำปฏิริยาเคมีกับก๊าซที่ต้องการดูดซับ
4. สารดูดซับต้องมีคุณสมบัติคงทนอยู่ในระดับหนึ่ง แรกหักได้ยาก
5. สารดูดซับจะมีความสามารถในการดูดซับที่แน่นอน
6. อุณหภูมิในกระบวนการดูดซับ ถ้ากระบวนการดูดซับมีอุณหภูมิสูงประสิทธิภาพในการดูดซับจะต่ำ ประสิทธิภาพการดูดซับจะสูงเมื่อใช้ในการดูดซับสารที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น ไฮโดรเจน ไนโตรเจน

ปฏิริยาดูดซึมระหว่างก๊าซกับของเหลว

ปฏิริยาเคมีระหว่างก๊าซกับของเหลว เป็นปฏิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อองค์ประกอบของก๊าซละลายตัวลงในของเหลว แล้วทำปฏิริยากับของเหลว ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมมีการใช้ปฏิริยานี้ช่วยในการแยกก๊าซที่ไม่ต้องการออกจากผลิตภัณฑ์ หรือเมื่อต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่ในรูปของก๊าซและของเหลว เช่น กระบวนการแยกก๊าซคาบอนไดออกไซด์โดยใช้สารละลายต่างหรือน้ำต่างมาเป็นตัวดักจับก๊าซดังกล่าว

กระบวนการดูดซึม (Absorption Process) เป็นกระบวนการที่ก๊าซจากบรรยากาศ หรือ โมเลกุลของก๊าซเฉพาะอย่างละลายลงสู่ของเหลว

ปฏิริยาระหว่างก๊าซกับของแข็ง และของเหลว

ปฏิริยาระหว่างก๊าซกับของเหลว และของแข็ง ในกรณีของแข็งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิริยา (Catalyst) เป็นปฏิริยาเคมีชนิดที่เรียกว่า ปฏิริยาแบบสามสถานะ (Three Phase Reaction) หรือ ปฏิริยาแบบสลูอรี (Slurry Reaction) เป็นปฏิริยาระหว่างก๊าซและของเหลวที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของอนุภาคของแข็งที่ลอยในของเหลว

ในงานอุตสาหกรรมได้ประยุกต์ระบบฟลูอิด ไดส์เบดใช้ในกระบวนการผลิต เช่น การแยกแร่บางชนิดออกจากกัน การแยกสลายน้ำมัน การเผาอย่างเร็ว ในกระบวนการทำให้แห้ง อบแห้งเมล็ดพืช ข้าวโพด ข้าว การป้อนเชื้อเพลิงของแข็งเข้าไปในหม้อไอน้ำ กระบวนการเติมอากาศของแข็งในเตาเผา (Incineration) ใช้ในปฏิริยาการดูดซึม (Adsorption Process) และการควบคุมมลพิษทางอากาศ การควบคุมมลพิษทางน้ำ เช่น การออกแบบให้ใช้ฟลูอิด ไดส์เบดในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

ถ้าต้องการประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีของระบบ ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น

1. อัตราความเร็วของก๊าซ หรืออากาศที่ผ่านฟลูอิด ไดส์เบด ต้องควบคุมไม่ให้เกินกว่าความเร็วปลายในการตกลงของอนุภาคของแข็ง เพื่อป้องกันการสูญเสียเม็ดของแข็งออกไปนอกระบบ
2. ความสูงของชั้นอนุภาคของแข็ง หรือของชั้นเบด ซึ่งเป็นความดันที่กดทับลงบนเบด และเท่ากับน้ำหนักของอนุภาค หรือเม็ดของแข็งที่กดทับลงมานั่นเอง จะมีผลต่อความเร็วที่ไหลผ่านระบบฟลูอิด ไดส์เบด
3. ความดันลดของชั้นของเหลว (Pressure Drop) จะเป็นผลต่างระหว่างความดันด้านล่าง และความดันด้านบนของชั้นเบด หรือชั้นอนุภาค
4. คุณสมบัติ และชนิดของเม็ดของแข็งที่นำมาใช้ในการทำเบด ต้องแข็ง ทนการสึกกร่อนจากการเสียดสี การไหลขึ้นลง น้ำหนักต้องไม่มากและน้อยเกินไป ถ้าน้ำหนักมากจะเกิดความดันลดมาก ถ้าเบาเกินไปเม็ดของแข็งจะไม่จมตัว หรือลอยตกลงไป
5. ลักษณะการไหลของลำอากาศภายในหอ (Tower) หรือถังฟลูอิด ไดส์เบด ลักษณะการไหลส่วนใหญ่จะเป็นการไหลแบบกวนผสม เป็นเนื้อเดียวกันอย่างทั่วถึง บางครั้งจะเป็นการไหลแบบท่อไหล หรือแบบลูกสูบ บางครั้งสามารถออกแบบควบคุมการไหลให้เป็นการไหลแบบไม่ทั่วถึง หรือการไหลแบบกวนผสมชนิดไม่สมบูรณ์ เป็นต้น

หน่วยที่ 13 พื้นฐานวิศวกรรมอุตสาหกรรม

โรงงาน หมายถึง อาคาร สถานที่ หรือยานพาหนะ ที่ใช้เครื่องจักรมีกำลังรวมตั้งแต่ 5 แรงม้า หรือกำลังเทียบเท่าตั้งแต่ 5 แรงม้าขึ้นไป หรือใช้คนงานตั้งแต่ 7 คน ขึ้นไป โดยจะใช้เครื่องจักร หรือไม้ก็ต่อสำหรับทำการผลิต ประกอบ บรรจุ ซ่อม ซ่อมบำรุง ทดสอบ ปรับปรุง แปรสภาพ ลำเลียง เก็บรักษา หรือทำลายสิ่งหนึ่งสิ่งใดตามประเภท หรือชนิดของโรงงานตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง

พิจารณาความหมายของโรงงานเชิงบริหารจัดการจะหมายถึง อาคารสถานที่ที่นำเอาปัจจัยการผลิต (input) ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุดิบ พลังงาน ทรัพยากรน้ำ คน เครื่องจักร อุปกรณ์ เข้าไปผ่านกระบวนการแปรรูป (process) ทำให้เกิดผลผลิต (output) ที่อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ (product) และ/หรือบริการ (service) รวมทั้งกากของเสีย ของเสียที่เหลือออกมาจากการผลิต ดังแสดงแผนภาพจำลองการผลิต

ของเสีย (waste) หมายถึง ของเหลือใช้จากกระบวนการผลิตทั้งที่อยู่ในรูปของกากของเสีย น้ำเสีย ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ ในกระบวนการผลิตจะต้องบริหารจัดการให้มีของเสียน้อยสุดหรือไม่มีเลย (zero waste & zero defective)

วิศวกรรมอุตสาหกรรม (industrial engineering) คือการวิเคราะห์อย่างละเอียดถึงการทำงาน และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับแรงงาน วัตถุดิบ เครื่องจักร อุปกรณ์ เพื่อให้องค์กรสามารถเพิ่มผลผลิต มีกำไรและประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น

การเพิ่มผลผลิตภาพ (productivity) หมายถึง ความสามารถในการใช้ปัจจัยการผลิตให้คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดผลผลิตสูงสุด ประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดผลผลิตสูงสุด ดังแสดงตามสมการดังนี้

$$\text{ผลิตภาพ (productivity)} = \frac{\text{ผลผลิต (output)}}{\text{ปัจจัยการผลิต (input)}} = \frac{\text{PQCDS}}{4 M'S}$$

ปัจจัยผลผลิต 1. ปริมาณ (P) 2. คุณภาพ (Q) 3. ต้นทุน (C) 4. การส่งมอบ (D) 5. ความปลอดภัย (S) 6. สิ่งแวดล้อม (E)

ปัจจัยการผลิต 1. เครื่องจักร (machine) 2. วัตถุดิบ (material) 3. แรงงาน (man) 4. การจัดการ (management)

การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานต้องคำนึงถึงปัจจัย ดังนี้

1. แหล่งวัตถุดิบ 2. ตลาด 3. แรงงานและค่าจ้าง 4. สาธารณูปโภค 5. การจราจรขนส่ง 6. สิ่งแวดล้อม 7. ภูมิศาสตร์ที่ดิน 8. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

- การวางผังโรงงานมี 4 ประเภทคือ**
- 1) การวางผังโรงงานตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ประกอบตามสายพาน ประเภทเดียวกันน้อยชนิด ผลิตมาก
 - 2) การวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต งานวิ่งเข้าหาเครื่องจักร สินค้าหลายประเภท ผลิตน้อย
 - 3) การวางผังโรงงานแบบตำแหน่งงานคงที่ ประกอบเครื่องบิน ต่อเรือ
 - 4) การวางผังโรงงานแบบผสม

2. แผนภูมิการไหลของวัสดุ (flow of material)

การวิเคราะห์การไหลของวัสดุเป็นหัวใจที่สำคัญของการวางผังโรงงานเพื่อให้ทราบถึงเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัสดุ ระยะทาง ระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน โดยแสดงเป็นภาพเชิงเส้นเขียนเป็นแผนภูมิ (flow diagram) ที่มีมาตรฐานสากลยอมรับกันทั่วไป

ตารางที่ 13.5 สัญลักษณ์แสดงในแผนภูมิการไหลของวัสดุ

สัญลักษณ์	ความหมาย
○	ทำงาน/ผลิต
⇒	ขนส่ง/เคลื่อนย้าย
□	ตรวจ/ตรวจสอบ
D	รอคอย/เกิดเหตุขัดข้อง
▽	เก็บ
→	ลำดับขั้นตอนกระบวนการผลิต
↓	การป้อนวัสดุเข้าสู่กระบวนการ

ขั้นตอนในการสร้างแผนภูมิ 1) เลือกชิ้นส่วนที่สำคัญ/ชิ้นส่วนหลัก ของงานนั้นๆ มาเขียนแผนภูมิ

2) เขียนรายการปฏิบัติงาน (operation) การตรวจสอบ (inspection) การขนส่ง (transportation) ที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนนั้นตามลำดับขั้นตอนก่อนหลัง พร้อมทั้งคำอธิบายในแต่ละขั้นตอนอย่างสั้นกะทัดรัดแต่ได้ความสมบูรณ์

3) เริ่มจากปลายของหัวลูกศร เขียนเส้นตรงในแนวตั้งลงมาเพื่อแสดงถึงขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องกัน และหัวลูกศรในแนวระดับที่แสดงถึงปัจจัยการผลิตที่นำเข้าไปแต่ละขั้นตอนการทำงานพร้อมข้อความคำบรรยายสั้นๆ

รูปแบบในการไหลของวัสดุ การไหลของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัสดุ วิธีการขนถ่ายวัสดุ กระบวนการผลิต พื้นที่อาคาร โรงงาน บุคลากร ดังนั้นรูปแบบการไหลของวัสดุสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) การไหลแบบเส้นตรง เป็นการไหลของวัสดุง่ายๆ ตามขั้นตอนการผลิต พื้นที่อาคาร โรงงานจะต้องมีความยาวเพียงพอ ด้านข้างของอาคารทั้ง 2 ด้านอาจจะออกแบบเป็นสำนักงานหรือหน่วยงานสนับสนุน เช่น แผนกซ่อมบำรุง แผนกออกแบบ เป็นต้น
- 2) การไหลแบบตัวเอส หรือซิกแซก เหมาะสำหรับกระบวนการผลิตที่ยาวมากและมีพื้นที่โรงงานที่สั้นกว่า มีการป้อนเข้าของวัตถุดิบและการไหลออกของผลิตภัณฑ์คนละด้านของอาคาร โรงงาน
- 3) การไหลแบบตัว ยู เหมาะสำหรับกระบวนการผลิตที่ยาวมาก แต่มีพื้นที่โรงงานที่สั้นกว่า มีการป้อนวัตถุดิบและการไหลออกของผลิตภัณฑ์ด้านเดียวกัน
- 4) การไหลแบบวงกลม เหมาะสำหรับกระบวนการผลิตที่มีความยาวมาก อาคารโรงงานที่มีลักษณะทรงจัตุรัส วัสดุและสินค้าเข้า – ออก จุดเดียวกัน เช่น แผนกรับ-ส่งสินค้าและวัตถุดิบอยู่ ณ จุดเดียวกัน
- 5) การไหลแบบไม่เป็นรูปแบบ เหมาะสำหรับอาคารโรงงานที่มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่และจุดติดตั้งเครื่องจักรขนาดใหญ่ สิ่งอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งถาวรอยู่ก่อนแล้ว จำเป็นต้องจัดสายการผลิตให้เข้ากับสิ่งที่มีอยู่

การวางแผนและควบคุมการผลิต (production planning & control) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่น่าสนใจในการบริหารจัดการ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และให้เป็นที่ยังพอใจของลูกค้า

การพยากรณ์การผลิต (production forecasting)

การพยากรณ์เป็นวิธีทางสถิติเชิงคุณภาพและปริมาณ เพื่อคาดคะเนอุปสงค์ของสินค้า (demand) และบริการในอนาคต เพื่อนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจวางแผนการผลิตในระยะสั้น ระยะกลางและระยะยาว

การพยากรณ์สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

1) **ประเภทของการพยากรณ์ตามช่วงเวลาหรือฤดูกาล**ที่การพยากรณ์ครอบคลุม แบ่งออกเป็น การพยากรณ์ระยะสั้น ช่วงเวลาไม่เกิน 3 เดือนหรือรายไตรมาส เช่น ระดับอุปสงค์ของสินค้าประเภทแฟชั่น เสื้อผ้า รองเท้า กระเป๋าสตรี เป็นต้น การพยากรณ์ระยะปานกลาง ในช่วงเวลา 3 เดือน ถึง 1 ปี เพื่อนำค่าการพยากรณ์มาใช้ในการวางแผนการผลิตหลักเพื่อจัดหาทรัพยากร เครื่องจักร อุปกรณ์ บุคลากร วัตถุดิบ ระยะเวลาที่นิยมพยากรณ์กันมากที่สุดคือ 1 ปี เพราะเป็นหนึ่งรอบระยะเวลาบัญชีพอดี และการพยากรณ์ระยะยาว โดยปกติจะใช้เวลามากกว่า 2 ปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนกลยุทธ์ (strategic plan) การวางแผนกำลังการผลิต การเลือกทำเลที่ตั้ง โรงงานและสิ่งอำนวยความสะดวก สาธารณูปโภค

2) **ประเภทของการพยากรณ์แบ่งตามวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์** แบ่งออกเป็น การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (qualitative forecasting) ที่อาศัยความรู้สึก ประสบการณ์ที่ผ่านมาประกอบการตัดสินใจของฝ่ายบริหาร และการพยากรณ์เชิงปริมาณ (quantitative forecasting) ที่อาศัยข้อมูลทางสถิติ การวิจัยตลาด (marketing research) ผลของการพยากรณ์จะมีความน่าเชื่อถือมากกว่าการพยากรณ์เชิงคุณภาพ

3) **การพยากรณ์อย่างง่าย (naive forecasting)** เป็นการพยากรณ์ยอดขายในอนาคตจะเท่ากับยอดขายในปัจจุบัน เช่น เดือนมกราคม ขายได้ 500 หน่วย เดือนกุมภาพันธ์ ก็ควรจะขายได้ 500 หน่วย เช่นกัน ไตรมาสแรกขายได้ 2,000 ชิ้น ไตรมาสที่ 2 ก็น่าจะขายได้ 2,000 ชิ้นเช่นกัน หรืออาจจะหาจากค่าเฉลี่ยเคลื่อนตัว (moving average) โดยการนำข้อมูลยอดขายที่ผ่านมาช่วงเวลาหนึ่งมาเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาถัดไป

ความสำคัญของการบริหารพัสดุคงคลัง ในกระบวนการผลิตปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญอย่างยิ่งตัวหนึ่งก็คือวัตถุดิบ ชิ้นส่วนและวัสดุต่างๆ ที่เตรียมพร้อมสำหรับการผลิตหรือจัดส่งให้ลูกค้า หรือที่เรียกว่าพัสดุคงคลัง ซึ่งต้องเตรียมพร้อมทั้งด้านคุณภาพและปริมาณเพื่อรองรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการภายในระยะเวลาที่กำหนด

พัสดุคงคลัง (inventory) จัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนชนิดหนึ่ง ซึ่งองค์การต้องมีไว้เพื่อจัดจำหน่ายหรือผลิตสินค้าภายในระยะเวลาที่กำหนด

พัสดุคงคลัง ประกอบด้วย

- 1.1 วัตถุดิบ (raw material) คือ สิ่งของหรือชิ้นส่วนที่ซื้อมาเพื่อใช้ในการผลิต เช่น เหล็ก เม็ดพลาสติก สารเคมี บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ฯลฯ
- 1.2 วัสดุในงานระหว่างทำ (work-in-process) คือ ชิ้นงานที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตในขั้นตอนต่อไปให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป
- 1.3 วัสดุซ่อมบำรุง (maintenance/repair/operating supplies) คือ ชิ้นส่วนหรืออะไหล่เครื่องจักรที่สำรองไว้เพื่อเปลี่ยน เมื่อชิ้นส่วนเดิมเสียหายทันทีทันใดหรือหมดอายุใช้งานของชิ้นส่วนนั้นๆ

1.4 สินค้าสำเร็จรูป (finished goods) คือ สินค้าที่ผ่านทุกกระบวนการผลิตอย่างครบถ้วนพร้อมที่จะนำไปขายหรือส่งมอบให้กับลูกค้าได้

2. วัตถุประสงค์ของการบริหารพัสดุคงคลัง

การบริหารพัสดุคงคลังมีจุดมุ่งหมายหลักอยู่ 2 ประการใหญ่คือ

2.1 เพื่อให้มีลงทุนในพัสดุคงคลังต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ทำต้นทุนการผลิตต่ำลงด้วย

2.2 เพื่อสร้างความมั่นใจในการบริการลูกค้าในปริมาณที่เพียงพอและทันต่อความต้องการของลูกค้าเสมอ เพื่อสร้างและรักษาระดับของส่วนแบ่งตลาดไว้

3. หน้าที่ของพัสดุคงคลัง

พัสดุคงคลังมีบทบาทหน้าที่สำคัญต่างๆ ในองค์การธุรกิจดังต่อไปนี้

3.1 ตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ประมาณการไว้ในแต่ละช่วงเวลา ทั้งในและนอกฤดูกาลโดยการเก็บของคงคลังไว้ในคลังชั้นส่วนอุปกรณ์ หรือสินค้า

3.2 รักษาสายการผลิตให้มีอัตราคงที่สม่ำเสมอ เพื่อรักษาระดับการว่าจ้างแรงงาน การเดินเครื่องจักร ฯลฯ ให้สม่ำเสมอได้ สินค้าที่ขายไม่หมดในช่วงขายไม่ดี ก็จะเก็บไว้ขายตอนช่วงขายดีซึ่งสายการผลิตอาจจะผลิตไม่ทัน

3.3 ทำให้ธุรกิจได้ส่วนลดจากปริมาณการจัดซื้อครั้งละมากๆ เกินกว่าที่จะใช้หมดภายในคราวเดียวจากค่าขนส่งและดำเนินการในแต่ละครั้ง

3.4 ป้องกันการเปลี่ยนแปลงราคาเมื่อวัตถุดิบขาดตลาด และผลกระทบจากเงินเฟ้อ เมื่อสินค้าในท้องตลาดมีราคาสูงขึ้น

3.5 ป้องกันวัตถุดิบขาดมือด้วย การเก็บจำนวนเผื่อเพื่อความปลอดภัย (safety stock) เมื่อวัสดุที่สั่งเกิดส่งมาล่าช้าหรือบังเอิญได้คำสั่งเพิ่มขึ้นกะทันหัน

3.6 ทำให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินการต่อเนื่องอย่างราบรื่น ไม่มีการหยุดชะงักเพราะวัตถุดิบขาดมือจนเกิดความเสียหายแต่กระบวนการผลิต เช่น คนงานว่างงาน เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน ผลิตไม่ทันคำสั่งซื้อของลูกค้าจนเป็นเหตุให้ลูกค้ายกเลิกคำสั่งซื้อหรือถูกปรับ

4. ต้นทุนของพัสดุคงคลัง

พัสดุคงคลังเป็นทรัพย์สินหมุนเวียนที่จำเป็นต่อการผลิต ปริมาณพัสดุคงคลังมีผลต่อต้นทุนการผลิต ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับพัสดุคงคลังมีดังต่อไปนี้

4.1 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (ordering cost) ค่าเอกสารใบสั่งซื้อ ค่าจ้างพนักงานจัดซื้อ ค่าโทรศัพท์ติดต่อ ค่าขนส่งสินค้า ค่าใช้จ่ายในการชำระเงิน

4.2 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (carrying cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับมอบพัสดุคงคลังไว้เรียบร้อยแล้ว

4.3 ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลน (shortage cost หรือ stock out cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการมีพัสดุคงคลังไม่เพียงพอต่อการผลิตหรือ

การจัดจำหน่าย ทำให้ลูกค้ายกเลิกคำสั่งซื้อขาดรายได้ที่ควร

4.4 ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรใหม่ (setup cost)

ในบรรดาค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพัสดุคงคลังต่างๆ เหล่านี้ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาจะสูงขึ้นถ้ามีระดับพัสดุคงคลังสูง และจะต่ำลงถ้ามีระดับของพัสดุคงคลังต่ำ แต่สำหรับค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลน และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องจักรใหม่ จะมีลักษณะตรงกันข้าม กล่าวคือ จะสูงขึ้นถ้ามีระดับของพัสดุคงคลังต่ำและจะต่ำลงถ้ามีระดับพัสดุคงคลังสูงขึ้น ดังนั้นต้นทุนเกี่ยวกับสินค้าคงคลังที่ต่ำสุดจะอยู่ในระดับที่ค่าใช้จ่ายทุกตัวรวมกันแล้วต่ำสุด หรือที่เรียกว่า ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (economic order quantity: EOQ)

5. ระบบควบคุมพัสดุคงคลัง มีอยู่ 3 วิธี คือ

5.1 ระบบของพัสดุคงคลังอย่างต่อเนื่อง (continuous inventory system และ perpetual system) เป็นระบบพัสดุคงคลังที่มีวิธีการลงบัญชีทุกครั้งที่มีการรับและจ่ายของ ทำให้บัญชีแสดงยอดคงเหลือที่แท้จริงของสินค้าอยู่เสมอ

5.2 ระบบของพัสดุคงคลังเมื่อสิ้นงวด (periodic inventory system) เป็นระบบของพัสดุคงคลังที่มีวิธีการลงบัญชีเฉพาะในช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่านั้น เช่น ตรวจสอบและลงบัญชีทุกปลายสัปดาห์หรือสิ้นเดือน เมื่อของถูกเบิกไปก็จะมีคำสั่งซื้อเข้ามาเติมให้เต็มในระดับที่ปลอดภัย (safety stock) ที่ตั้งไว้ ระบบนี้จะเหมาะกับสินค้าที่มีการสั่งซื้อ และเลิกใช้เป็นเวลาแน่นอน เช่น การเบิกจ่ายอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่มีการกำหนดให้มีการเบิกจ่ายเป็นช่วงเวลาทุกๆ เดือน หรือไตรมาส

5.3 ระบบการจำแนกพัสดุคงคลังเป็น ABC ระบบ ABC เป็นวิธีการจำแนกพัสดุคงคลังออกเป็นแต่ละประเภท โดยพิจารณาปริมาณและมูลค่าของของคงคลังแต่ละรายการเป็นเกณฑ์

- A: พัดศุดคกคลังที่มีปริมาณน้อย ประมาณ 5-15% ของวัสดุคกคลังทั้งหมด แต่จะมีมูลค่ารวมค่อนข้างสูงประมาณ 70-80% ของมูลค่าทั้งหมด
- B: พัดศุดคกคลังที่มีปริมาณปานกลาง ประมาณ 30% ของวัสดุคกคลังทั้งหมด มีมูลค่ารวมปานกลางประมาณ 15% ของมูลค่าทั้งหมด
- C: พัดศุดคกคลังที่มีปริมาณสูงประมาณ 50-60% ของวัสดุคกคลังทั้งหมด จะมีมูลค่ารวมค่อนข้างต่ำประมาณ 5-10 % ของมูลค่าทั้งหมด การจำแนกของคกคลังเป็น ABC จะทำให้ความเข้มงวดของการควบคุมของคกคลังแตกต่างกันดังต่อไปนี้

พัดศุดคกคลังกลุ่ม A: จะต้องควบคุมอย่างเข้มงวดมาก ด้วยการลงบัญชีทุกครั้งที่มีการรับจ่าย และมีการตรวจนับจำนวนจริงเพื่อเปรียบเทียบกับจำนวนในบัญชีอยู่บ่อยๆ เช่นทุกสัปดาห์ การควบคุมพัดศุดคกคลังกลุ่ม A จึงควรใช้ระบบของคกคลังอย่างต่อเนื่อง เก็บของไว้ในที่ปลอดภัย ในด้านการจัดซื้อก็ควรหาผู้ขาย (supplier) ไว้หลายรายเพื่อลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนสินค้าและการเจรจาต่อรองราคาได้

พัดศุดคกคลังกลุ่ม B: ควรจะควบคุมอย่างเข้มงวดปานกลาง ด้วยการมีบัญชีคุมยอดบันทึกเสมอเช่นเดียวกับพัดศุดคกคลังกลุ่ม A ควรจะมีการเบิกจ่ายอย่างเป็นระบบเพื่อป้องกันการสูญหาย การตรวจนับจำนวนจริงก็ทำเช่นเดียวกับพัดศุดคกคลังกลุ่ม A แต่ความถี่น้อยกว่า เช่น ทุกสิ้นเดือนหรือทุกไตรมาส การควบคุมพัดศุดคกคลังกลุ่ม B จึงควรใช้ระบบของคกคลังอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับพัดศุดคกคลังกลุ่ม A

พัดศุดคกคลังกลุ่ม C: อาจจะ ไม่มีการจดบันทึกหรือมีก็เพียงเล็กน้อย พัดศุดคกคลังประเภทนี้จะวางให้หยิบใช้ได้ตามสะดวก เนื่องจากเป็นของราคาถูกและมีปริมาณมาก ถ้าทำการควบคุมอย่างเข้มงวด จะทำให้มีค่าใช้จ่ายมาก ไม่คุ้มค่ากับประโยชน์ที่ป้องกันไม่ให้ของสูญหาย การตรวจนับพัดศุดคกคลังกลุ่ม C จะใช้ระบบของคกคลังแบบสิ้นงวดคือวันสักระยะจะมาตรวจนับดูว่าพร่องไปเท่าใดแล้วก็ซื้อมาเติม หรืออาจใช้ระบบสองถัง (two-bin system) ซึ่งมีกล่องวัสดุอยู่ 2 กล่องเป็นการเตือนสำรองไว้ พอใช้ของในกล่องแรกหมดก็นำเอากล่องสำรองมาใช้แล้วรีบซื้อของเติมใส่กล่องแรกทั้งหมดไปไว้เป็นกล่องสำรองแทนซึ่งจะทำให้ไม่มีการขาดมือเกิดขึ้น

6. การตรวจนับวัสดุคกคลังจริง

สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

6.1 ปิดบัญชีตรวจนับ โดยการกำหนดวันใดวันหนึ่งที่จะทำการปิดบัญชีแล้วห้ามมิให้มีการเบิกจ่ายเพิ่มเติม หรือเคลื่อนย้ายของคกคลังทุกรายการ หยุดการซื้อ-ขายตามปกติ แล้วการตรวจนับพัดศุดคกคลังทั้งหมดวิธีนี้จะแสดงมูลค่าของของคกคลัง ณ วันที่ตรวจนับได้อย่างเที่ยงตรง แต่จะเสียเวลาทำงานและบริการลูกค้าบ้าง

6.2 เวียนกันตรวจนับ (cycle counting) โดยการปิดการเคลื่อนย้ายพัดศุดคกคลังเป็นส่วนๆ เพื่อตรวจนับ เมื่อส่วนใดตรวจนับเสร็จก็เปิดขายหรือเบิกจ่ายได้ตามปกติ และปิดแผนกอื่นตรวจนับต่อไปจนครบทุกแผนก วิธีนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้เมื่อมีความจำเป็นต้องเร่งรัดการผลิต

การควบคุมการผลิต (production control) หมายถึง การกำกับดูแลการผลิตให้เป็นไปตามแผนงานการผลิต การติดตามผลและรายงานความก้าวหน้าของงาน การบริหารจัดการเพื่อทำให้การผลิตเป็นไปตามแผนงานให้เสร็จทันตามเวลาและได้ปริมาณตามที่กำหนด ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญๆ ดังนี้

1. การบันทึกและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความก้าวหน้าของงาน
2. วิเคราะห์ความก้าวหน้าของงาน โดยเปรียบเทียบกับแผนการผลิตที่ได้วางไว้
3. ดำเนินการเปลี่ยนแปลงการผลิต หรือปรับปรุงตารางการผลิตตามความจำเป็น เพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ
4. วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ หลังจากเสร็จสิ้นงานการผลิตแต่ละครั้ง เพื่อใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงการวางแผนและควบคุมการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

เทคนิคที่ใช้จะแสดงความก้าวหน้าของงานแต่ละชนิดเทียบกับเวลาที่ใช้สำหรับการควบคุมที่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้กันคือ แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) และการจัดสมดุลสายการผลิต (line balancing)

การศึกษาการทำงาน (work study) คือ การศึกษาวิธีการทำงาน (method study) และการวัดผลงาน (work measurement) ในกระบวนการทำงานและองค์ประกอบต่างๆ เพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

เทคนิคการควบคุมคุณภาพการผลิตที่สำคัญคือ

- แผนภูมิควบคุมคุณภาพการผลิต
- การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

หน่วยที่ 14 อันตรรกะจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

การผลิตจำแนกได้ 3 ชนิดคือ

1. การผลิตเป็นจำนวนมาก
2. การผลิตแบบพอประมาณ
3. การผลิตแบบรับงานย่อยเป็นช่วง

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

แบ่งประเภทการผลิตฯ ได้ 4 ประเภท 1. กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง 2. กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง 3. กระบวนการผลิตแบบผลิตซ้ำ

4. กระบวนการผลิตแบบงานโครงการ

ปัจจัยสำคัญๆ เหล่านี้ได้แก่

1. ปัจจัยผลิตภัณฑ์ 2. ปัจจัยทางวัสดุ 3. ปัจจัยเครื่องจักร 4. ปัจจัยการผลิต 5. ปัจจัยต้นทุน สิ่งแวดล้อมในการทำงานที่

ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานทางด้านอุตสาหกรรมแบ่งออกได้ 5 ประเภท

1. สิ่งแวดล้อมทางด้านกายภาพ 2. สิ่งแวดล้อมทางด้านเคมี 3. สิ่งแวดล้อมทางด้านชีวภาพ

4. สิ่งแวดล้อมทางด้านเออร์โกโนมิกส์ 5. สิ่งแวดล้อมทางด้านจิตสังคม

อันตรายจากอุตสาหกรรมหลอมเหล็กเกิดจาก ฝุ่น ความร้อน ก๊าซ CO โลหะหนักหลายชนิดนิเกิล เหล็ก แมงกานีส พลวงเซลเลนียม เทล

เนียมการเตรียมเชื้อกระดาษมี 2 วิธีการคือ การเตรียมเชื้อกระดาษโดยกระบวนการทางเคมีและการเตรียมเชื้อกระดาษโดยใช้เครื่องจักร

จากกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์นั้นมีหลายขั้นตอนในการผลิตที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

สรุปได้ดังนี้

1. กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ สิ่งที่เกิดผลกระทบทับสุขภาพ ได้แก่ ฝุ่นที่เกิดจากการตัด

แผ่นเวเฟอร์ที่ออกมาจากกระบวนการผลิตซึ่งมีขนาดเล็ก (10 pm) จะอยู่ในรูปของตะกอนเปียก และ

ปนเปื้อนในน้ำที่ใช้หล่อลิ้นแผ่นเวเฟอร์ขณะเครื่องจักรทำการตัดแผ่นเวเฟอร์ สารประกอบของเวเฟอร์ที่

เป็นอันตราย ได้แก่ สารหนู (arsenic) ทั้งนี้สารประกอบอันตรายอาจขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ทาง

สูรร่างกาย ได้แก่ ทางผิวหนังจากการสัมผัสกับตะกอน และน้ำเสียที่ปนเปื้อนเศษตะกอนและการหายใจจากการใช้ปืนลมเป่าทำความสะอาด

เครื่องจักรขณะทำการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

2. กระบวนการเชื่อมขีปนาวุธบนแผ่นเฟรม สิ่งที่เกิดผลกระทบทับสุขภาพ ได้แก่ ไอระเหยอะซิโตน ในกระบวนการนี้มีการใช้ อะ

ซิโตน ทำความสะอาดขีปนาวุธออกจากหัวฉีดขีปนาวุธ (nozzle) ทั้งนี้ อาจใช้สารเคมีแตกต่างกัน สารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ได้แก่ ไอ

ระเหยอะ

ซิโตน ทางที่เข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ การหายใจและทางผิวหนังจากการสัมผัสขณะทำการล้างหัวฉีดขีปนาวุธ

3. กระบวนการหุ้มฉนวนและเส้นลวดด้วยเรซิน สิ่งที่เกิดผลกระทบทับสุขภาพ ได้แก่ สารพลวง สารประกอบโบรมีน ซึ่งเป็น

ส่วนประกอบอยู่ในเรซิน แต่ทั้งนี้อาจมีการใช้สารเคมีที่แตกต่างกัน ในกระบวนการนี้จะมีการอบชิ้นงานด้วยความร้อนอุณหภูมิประมาณ 180

องศาเซลเซียส นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตจะมีการฟุ้งกระจายของฝุ่นเรซินที่เกิดจากการถ่ายเทเรซินทางเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ การหายใจ

4. กระบวนการขจัดเรซินที่ไม่ต้องการออก สิ่งที่เกิดผลกระทบทับสุขภาพ ได้แก่ ฝุ่นไอสารเคมีจากกระบวนการล้างขจัดเรซิน

ส่วนเกินออกและการสูดสารเคมีเพื่อป้องกันสนิมสารเคมีอันตรายที่ใช้ ได้แก่ ตะกั่ว ดีบุก หรือบิสมีส กรดซัลฟูริก โปรแตสเซียมคลอไรด์ กรด

ไฮโดรคลอริก กรดไนตริก เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละโรงงาน สามารถเข้าสู่ร่างกาย ได้โดยการหายใจและทางผิวหนังจากการสัมผัส

5. กระบวนการตัดขาไอซีที่ไม่ต้องการออก สิ่งที่เกิดผลกระทบทับสุขภาพ ได้แก่ เสียงซึ่งในกระบวนการนี้จะมีเสียงดังจาก

เครื่องจักรทำงาน ประมาณ 75-90 เดซิเบลเอ ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเครื่องจักรและขนาดห้อง นอกจากนี้ในกระบวนการนี้ยังมีฝุ่นจาก

เศษโลหะและเรซินจากตัดขาไอซี ที่เข้าสู่ร่างกายได้แก่ การหายใจ

6. การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์จะมีความละเอียดสูงมีขนาดเล็ก ในการตรวจสอบคุณภาพงานจะต้อง

มองผ่านกล้องไมโครสโคปกำลังขยายสูง อยู่ที่ประมาณ 100 เท่า ผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นแก่ สายตาและความเครียด ปัจจัยเสริมที่มี

ผลต่อการเกิดผลกระทบสายตาและความเครียด ได้แก่ ระยะเวลาการทำงานและแสงสว่างในการทำงานด้วย

วิธีการจัดทำหรือพัฒนาแผนภาพการไหล ของกระบวนการมีขั้นตอนดังนี้

1. การวางแผนภาพการไหลทางวิศวกรรม 2. เส้นทางการไหล

3. การแสดงว่าลิ้นบนแผนภาพการไหล 4. อุปกรณ์เครื่องมือวัด

5. ข้อมูลอุปกรณ์การผลิต 6. ข้อมูลกระบวนการสำหรับอุปกรณ์การผลิต

7. การระบุอุปกรณ์ 8. การระบุลักษณะการใช้งานของไหลบนแผนภาพการไหล

9. การแสดงการจัดการของ 10. การสมดุลวัสดุ

หลักการที่ใช้ในการออกแบบและเขียนแบบอุปกรณ์เครื่องมือวัดในแผนภาพระบบท่อและอุปกรณ์เครื่องมือวัด

1. เฉพาะหน้าที่ของอุปกรณ์เครื่องมือวัดเท่านั้นที่นำมาแสดง การแสดงอุปกรณ์เครื่องมือวัดบนแผนภาพระบบท่อและอุปกรณ์เครื่องมือวัดเป็นการแสดงด้วยสัญลักษณ์หน้าที่ของอุปกรณ์ที่ไม่ใช่ตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัด
2. หน้าที่ของอุปกรณ์เครื่องมือวัด ได้แก่ เพื่อตรวจรู้ เพื่อส่งผ่าน เพื่อบันทึก เพื่อควบคุม
3. วิธีการระบุลักษณะอุปกรณ์เครื่องมือวัด อุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้งานมากที่สุด คือ มาตรฐานความดันและมาตรฐานอุณหภูมิ
4. การติดตั้งและการแสดงอุปกรณ์เครื่องมือวัดหลายหน้าที่ สามารถกระทำได้ใน 2 ลักษณะ คือ ติดตั้งในส่วนควบคุมหรือห้องควบคุม (console) ที่เรียกว่าติดตั้งบนบอร์ด (board mounting) และติดตั้งบริเวณระบบท่อ ถึงอุปกรณ์ เป็นต้น ซึ่งเรียกว่าติดตั้งในงาน (local mounting)
5. อุปกรณ์เครื่องมือวัดที่นำมาต่อรวมกัน ตามมาตรฐาน ISA ใช้คำว่า วงรอบ (loop) เพื่ออธิบายถึงกลุ่มของอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่นำมาต่อรวมกัน
6. การนำสัญญาณ อุปกรณ์ตรวจรับ อุปกรณ์บันทึก อุปกรณ์แจ้งให้ทราบ และตัวควบคุม จะสื่อสารระหว่างกันได้โดยวิธีการนำสัญญาณ (signal lead) ซึ่งในแผนภาพระบบท่อและอุปกรณ์เครื่องมือวัดแทนด้วยเส้นลักษณะต่างๆ

หน่วยที่ 15 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เศรษฐศาสตร์ หมายถึง การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อตอบสนองความต้องการที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม หมายถึง การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในทางวิศวกรรมอย่างมีประสิทธิภาพโดยวัดจากคุณค่าของผลงานด้านวิศวกรรม

2. ประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ในทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมสามารถจำแนกประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรหรือการวัดคุณค่าของผลงานด้านวิศวกรรมได้ใน 2 ลักษณะ คือ ประสิทธิภาพเชิงฟิสิกส์ และประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์

2.1 **ประสิทธิภาพเชิงกายภาพ** คือ การเปรียบเทียบผลที่ได้รับ (output) กับงานที่ใช้ไป (input) ดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงกายภาพ} = \frac{\text{ผลที่ได้รับ (output)}}{\text{งานที่ใช้ไป (input)}} \times 100$$

ประสิทธิภาพเชิงกายภาพมักมีค่าไม่เกิน 100% เนื่องจากจะต้องมีการสูญเสียพลังงานไปกับสภาพแวดล้อม ผลที่ได้รับมักจะน้อยกว่างานที่ใช้ไปเสมอ

2.2 **ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์** คือ การนำเอามูลค่าของเงินที่ได้ (worth) หาค่ามูลค่าของเงินที่จ่าย (cost) ดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์} = \frac{\text{มูลค่าของเงินที่ได้ (worth)}}{\text{มูลค่าของเงินที่จ่าย (cost)}} \times 100$$

ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์มักมีค่ามากกว่า 100% เพราะถ้าหากน้อยกว่า 100% ถือว่าโครงการนั้นขาดทุน

ในระบบเศรษฐกิจแบบเปิด ส่วนครัวเรือนและส่วนธุรกิจทำหน้าที่เป็นทั้งผู้ซื้อและผู้ขาย ดังแสดงในแผนภาพ



จากแผนภาพสามารถสรุปบทบาทหน้าที่ของส่วนครัวเรือนและส่วนธุรกิจได้ดังนี้ คือ

- ส่วนครัวเรือนเป็นผู้ซื้อและส่วนธุรกิจเป็นผู้ขาย กรณีนี้ส่วนครัวเรือนทำหน้าที่เป็นผู้ซื้อสินค้าและบริการเพื่อการบริโภคจากส่วนธุรกิจซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ขาย
- ส่วนครัวเรือนเป็นผู้ขายและส่วนธุรกิจเป็นผู้ซื้อ กรณีนี้ส่วนธุรกิจจะเป็นผู้ซื้อปัจจัยการผลิตจากส่วนครัวเรือนเพื่อนำมาทำการผลิตสินค้าและบริการ

เมื่อส่วนครัวเรือนมีรายได้จากการขายปัจจัยการผลิต ก็จะนำไปซื้อสินค้าและบริการที่ส่วนธุรกิจผลิตขึ้นมา ทำให้เกิดการหมุนเวียนการซื้อขายของส่วนครัวเรือนและส่วนธุรกิจในระบบเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง

2. การคำนวณรายได้ประชาชาติ มี 3 วิธี คือ

- การคำนวณรายได้ประชาชาติด้านผลิตภัณฑ์

- การคำนวณรายได้ประชาชาติด้านรายได้
- การคำนวณรายได้ประชาชาติด้านรายจ่าย

รายได้ประชาชาติ (national income) เป็นตัวเลขที่แสดงถึงรายได้หรือฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศ

อุปสงค์ หมายถึง ปริมาณความต้องการสินค้าหรือบริการที่ผู้บริโภคมีความสามารถที่จะซื้อได้และมีความเต็มใจที่จะซื้อ

อุปทาน หมายถึง ปริมาณการเสนอขายสินค้าหรือบริการที่ผู้เสนอขายยินดีขายสินค้าหรือบริการนั้น ๆ ด้วยความเต็มใจ

จุดดุลยภาพ หมายถึง จุดที่เส้นอุปสงค์และเส้นอุปทานตัดกัน ซึ่งมีปริมาณอุปสงค์เท่ากับปริมาณอุปทาน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งเป็นจุดที่ทั้งผู้ซื้อและผู้ขายยินดีจะซื้อและจะขายสินค้าหรือบริการชนิดนั้น

ต้นทุน (cost) หมายถึง “รายจ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการ โดยคาดหวังว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์หรือได้ผลตอบแทนกลับมาไม่ว่าในปัจจุบันหรืออนาคต ซึ่งการได้มาซึ่งสินค้าและบริการนั้นอาจใช้เงินสด สินทรัพย์อื่นๆ หรือการให้บริการเพื่อแลกมาก็ได้

ดอกเบี้ย (interest) คือ จำนวนเงินที่ต้องจ่ายเป็นผลตอบแทนให้กับผู้เป็นเจ้าของเงินที่ให้ผู้ยืมมา แต่ถ้าเป็นการลงทุนบางครั้งจะหมายถึงผลกำไรหรือผลตอบแทนที่ได้รับกลับคืนจากการลงทุน อัตราดอกเบี้ยของธนาคาร = 5% ต่อปี จะหมายความว่า หากเรานำเงินไปฝากธนาคาร 1 บาท เมื่อถึงสิ้นปีจะได้รับผลตอบแทนเท่ากับ 0.05 บาท เป็นต้น

ระบบการคำนวณอัตราดอกเบี้ยจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ คือ ระบบดอกเบี้ยเชิงเดี่ยวและระบบดอกเบี้ยเชิงซ้อน

การคิดดอกเบี้ยแบบเชิงเดี่ยวเป็นการคิดดอกเบี้ยแบบไม่ทบต้น คือ ทุกปีจะคิดดอกเบี้ยจากเงินต้นเท่านั้น ไม่รวมดอกเบี้ยที่ได้รับในแต่ละปีมาเป็นเงินต้น ดังนั้น ผลตอบแทนในแต่ละปีจึงเท่ากัน

ดอกเบี้ยแบบเชิงซ้อนหรือดอกเบี้ยทบต้น จะเป็นการคิดดอกเบี้ยในกรณีที่เมื่อครบกำหนดเวลา 1 ปี หากผู้ยืมไม่ถอนดอกเบี้ยที่ได้รับออกมาเงินดอกเบี้ยดังกล่าวจะถูกรวมกับเงินต้นเดิม และนำมาใช้คำนวณอัตราดอกเบี้ยที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์โครงการที่มีอายุแตกต่างกันโดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน (present worth - comparison of different-lived alternatives) เป็นการวิเคราะห์ในกรณีที่โครงการที่เปรียบเทียบ หรืออุปกรณ์การใช้งานที่ซื้อมีอายุไม่เท่ากัน

การเปรียบเทียบโครงการโดยวิธีเงินทุนนิรันดร์ (capitalized cost comparison of two alternatives) เป็นการวิเคราะห์ในกรณีที่โครงการบางโครงการมีอายุในการใช้งานยาวมาก เช่น โครงการลงทุนทำถนน สร้างเขื่อน สร้างสะพาน

การคำนวณระยะเวลาคืนทุน เป็นการเปรียบเทียบกระแสเงินที่ไหลเข้ากับเงินที่ได้ลงทุนไป เพื่อให้ทราบว่าต้องใช้ระยะเวลาเท่าใดจึงจะได้ทุนคืน

การคำนวณอัตราผลตอบแทน (rate of return) เป็นการหาอัตราที่ทำให้เงินทุนหรือรายจ่ายเท่ากับรายได้พอดี หรือทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์

ค่าเสื่อมราคา (depreciation) หมายถึง การลดคุณค่าของทรัพย์สินตามกาลเวลา หรือ ตามปริมาณการผลิต ดังนั้น ทรัพย์สินต่างๆ อาทิ เครื่องจักรกล อุปกรณ์ เครื่องใช้ อาคารสถานที่ ฯลฯ เมื่อใช้ไปเรื่อยๆ จะมีมูลค่าต่ำลงจนหมดอายุการใช้งาน หรือ หมดสภาพการใช้งาน (salvage value)