

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำโครงงานเรื่องการฟื้นคืนสภาพของเครื่องฉีดพลาสติก จำเป็นจะต้องศึกษาความรู้หลายๆด้าน ซึ่งในบทนี้จะนำเรื่องที่ได้ศึกษาหาความรู้เพื่อมาใช้ในการทำโครงงานดังนี้

2.1 เครื่องฉีดพลาสติก

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

2.3 ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System)

2.4 พีแอลซี

2.5 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples)

2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องฉีดพลาสติก

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก

การฉีดพลาสติก ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกโดยเฉพาะ แต่ก็สามารถใช้ฉีดพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตได้เช่นกัน การฉีดพลาสติกจะเป็นวิธีที่สามารถผลิตได้ทีละปริมาณมากๆและรวดเร็ว โดยการฉีดพลาสติกสามารถแบ่งออกเป็น 5 กรรมวิธี ได้แก่

2.1.1.1 การฉีดแบบ (Injection Molding) เป็นการฉีดพลาสติกแบบธรรมดาที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยจะใช้สกรูเป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อดันพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์

2.1.1.2 การฉีดแบบ (Injection Blow Molding) เป็นการฉีดพลาสติกที่ดัดแปลงมาจากการผลิตแบบเป่า โดยกรรมวิธีนี้

จะใช้สำหรับผลิตขวดที่มีขนาดเล็กเท่านั้น และความหนาของงานจะต้องมีลักษณะใกล้เคียงกัน

2.1.1.3 การฉีดแบบ (Inject Stretch Blow Molding) เป็นการฉีดพลาสติกที่คล้ายกับการเป่าทั่วไป แต่แตกต่างกันตรงที่จะต้องทำการยืดพลาสติกก่อนที่จะทำการเป่า

2.1.1.4 การฉีด

แบบ (Reactive Injection Molding : RIM) เป็นกรรมวิธีที่ใช้ฉีดพลาสติกโมโนเมอร์เข้าไปในแม่พิมพ์แทนการฉีดพลาสติกเหลวที่ร้อน แต่เป็นกรรมวิธีที่ยังไม่สามารถใช้ได้กับพลาสติกทั่วไปได้ ที่ใช้ได้ผลก็คือ โพลียูรีเทน (Polyurethane) เรซิน (Resin) และไนลอน (Nylon) เป็นต้น

2.1.1.5 การฉีดแบบ (Injection Stamping) เป็นกรรมวิธี การผลิตแบบพิเศษสำหรับงานที่ต้องการควบคุมความละเอียด สูง คือ แม่พิมพ์สามารถปรับขนาดได้ เพื่อป้องกันการหดตัวหรือ การบิดงอของชิ้นงาน ซึ่งยังไม่เป็นที่นิยมใช้กัน ส่วนมากนิยมใช้ ผลิตเกี่ยวกับเลนส์ (Lenses)

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของเครื่องฉีดพลาสติก
เครื่องฉีดพลาสติกโดยทั่วไป สามารถแบ่งตามลักษณะ โครงสร้างของเครื่องได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

2.1.2.1 เครื่องฉีดพลาสติกแบบแนวนอน (Horizontal Injection Machine)



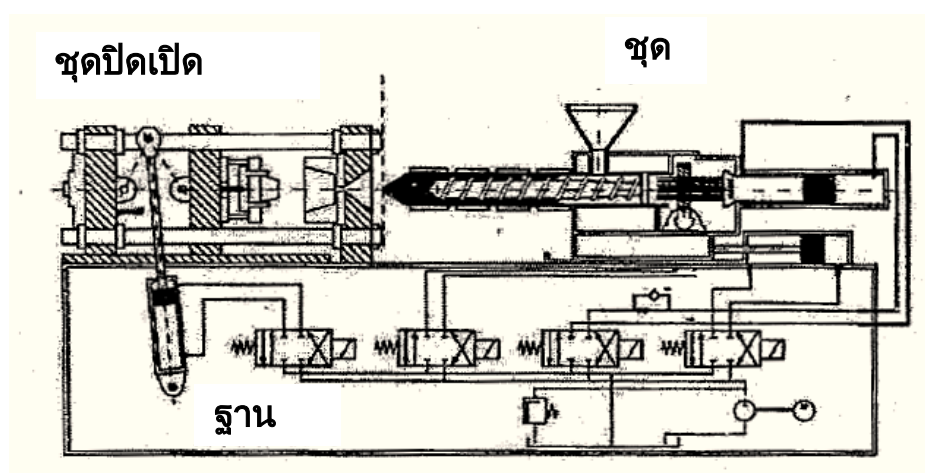
ภาพที่ 2-1 ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกแบบแนวนอน

2.1.2.2 เครื่องฉีดพลาสติกแบบแนวตั้ง (Vertical Injection Machine)



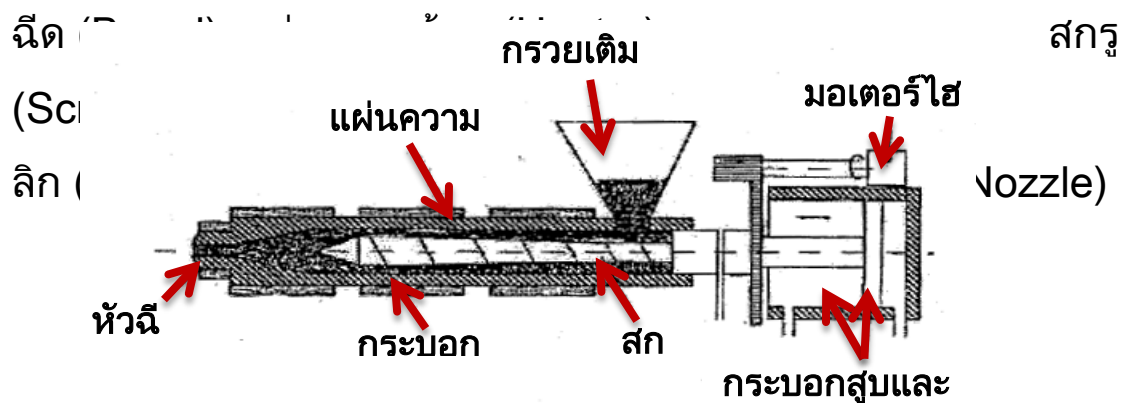
ภาพที่ 2-2 ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกแบบแนวตั้ง

2.1.3 โครงสร้างพื้นฐานทั่วไปของเครื่องฉีดพลาสติก
 เครื่องฉีดพลาสติกจะมีโครงสร้างส่วนประกอบ
 สำคัญ ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนชุด
 ฉีด (Injection Unit) ส่วนชุดปิดเปิดแม่พิมพ์ (Clamping Unit)
 และส่วนฐานของ
 เครื่องฉีด (Base)



ภาพที่ 2-3 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องฉีด

2.1.3.1 ส่วนชุดฉีด จะทำหน้าที่ดึงพลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีด โดยหลอมเหลวและส่งพลาสติกเหลวไปที่หัวฉีดและทำหน้าที่ในการฉีดและรักษาความดัน ซึ่งจะมีส่วนประกอบพื้นฐานต่อไปนี้เป็น กรวยเติมพลาสติก (Hopper) กระบอก



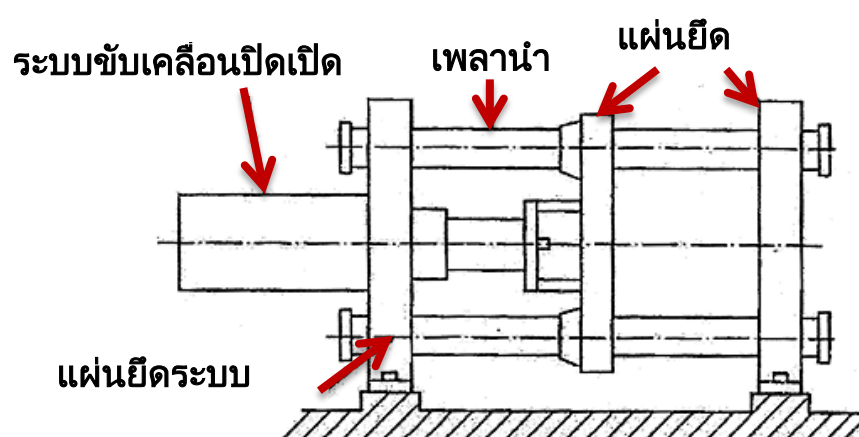
ภาพที่ 2-4 ส่วนประกอบของชุดฉีด

ตารางที่ 2-1 ชื่อและหน้าที่การทำงานของชุดฉีด

ชื่อ	หน้าที่การทำงาน
1.กรวยเติมพลาสติก	- รับเม็ดพลาสติกเพื่อเติมเข้ากระบอกสูบ

(Hopper)	
2.กระบอกฉีด (Barrel)	- เป็นห้องที่เก็บพลาสติกซึ่งมีฮีตเตอร์ฝังอยู่
3.แผ่นความร้อน (Heater)	- สร้างความร้อนให้ฮีตเตอร์หลอมละลาย
4.สกรู (Screw)	- หมุนพาให้เม็ดพลาสติกเคลื่อนที่ และ คลุกเคล้าเม็ดพลาสติก ให้เป็นเนื้อเดียวกัน
5.หัวฉีด (Nozzle)	- ฉีดพลาสติกที่ออกจากกระบอกฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์
6.ชุดไฮดรอลิก (Hydraulic)	- ให้ชุดหัวฉีดเคลื่อนที่เข้าออกจากแม่พิมพ์

2.1.3.2 ส่วนชุดปิดเปิดแม่พิมพ์ ทำหน้าที่ในการยึดแม่พิมพ์ทั้งสองส่วน โดยจะเลื่อนชุดปิดเปิดแม่พิมพ์ โดยให้แรงในการล็อกแม่พิมพ์หล่อเย็นขึ้นงานฉีดพลาสติกและปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ซึ่งจะประกอบไปด้วย แผ่นยึดแม่พิมพ์ซึ่งมีส่วนที่เคลื่อนที่และอยู่กับที่ เพลาหน้า ระบบขับเคลื่อนปิดเปิดแม่พิมพ์และแผ่นยึดระบบขับเคลื่อน



ภาพที่ 2-5 ส่วนประกอบของชุดปิดเปิดแม่พิมพ์

ตารางที่ 2-2 ชื่อและหน้าที่การทำงานของชุดปิดเปิดแม่พิมพ์

ชื่อ	หน้าที่การทำงาน
1.แผ่นยึดแม่พิมพ์	- ยึดแม่พิมพ์ให้สามารถเคลื่อนที่ปิดเปิด
2.เพลานำเลื่อน	- รองรับการเคลื่อนที่ของหน้าแปลนเครื่องฉีดพลาสติก
3.ระบบขับเคลื่อนปิดเปิดแม่พิมพ์	- ดันให้แกนสูบเคลื่อนไปกลับ
4.แผ่นยึดระบบขับเคลื่อน	- ยึดแม่พิมพ์กับระบบขับเคลื่อน

2.1.3.3 ส่วนฐานของเครื่องฉีด ทำหน้าที่คอยรับน้ำหนักของชุดฉีดและชุดปิดเปิดแม่พิมพ์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ยึดติดอุปกรณ์ไฮดรอลิกทั้งหมดในเครื่อง และยังทำหน้าที่เป็นถังน้ำมันไฮดรอลิก โดยส่วนใหญ่แล้วตัวฐานเครื่องจะทำด้วยเหล็กเหนียว

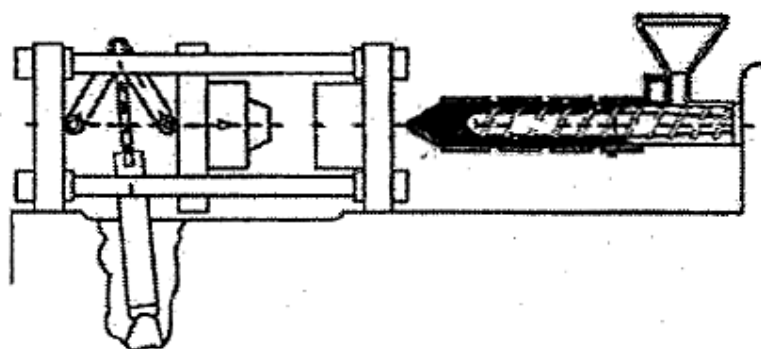
ที่เชื่อมประกอบเข้าเป็นฐานเครื่อง
เพื่อความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักมากๆได้ดี

2.1.6 ขั้นตอนการฉีดพลาสติก

การฉีดพลาสติกแบบนี้ เครื่องฉีดจะประกอบด้วยสกรู
และเคลื่อนที่ไปตามแนวแกน เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กไป
จนถึงชิ้นงานขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถผลิตชิ้นงานได้หลาย
ลักษณะงาน จึงทำให้มีความนิยมในการฉีดพลาสติกแบบนี้มาก
ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนของ

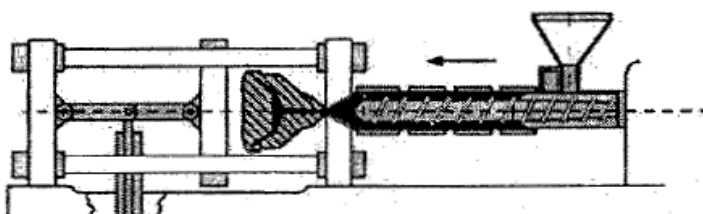
การฉีดพลาสติกได้ 9 จังหวะ ดังต่อไปนี้

จังหวะที่ 1 : แม่พิมพ์เคลื่อนที่เข้าปิดและล็อกแน่น เพื่อ
ป้องกันการเปื้อนด้วยแรงต้านภายในแม่พิมพ์



ภาพที่ 2-6 ขั้นตอนการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ เพื่อปิดแม่พิมพ์

จังหวะที่ 2 : ชุดฉีดเคลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์ จนกระทั่งชนกับ
แม่พิมพ์และค้างไว้ด้วยแรงที่พอเหมาะ เพื่อป้องกันชุดฉีดถอยหลัง

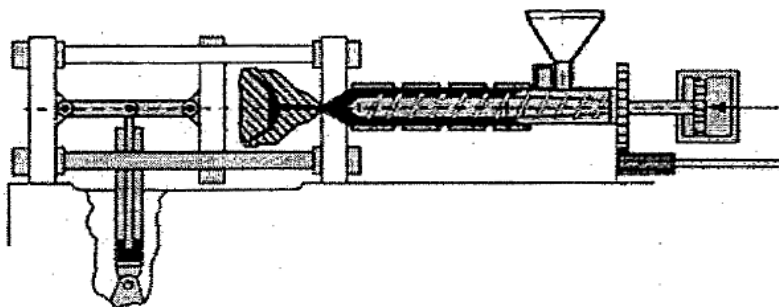


กลับในขณะที่ทำการฉีด

ภาพที่ 2-7 ขั้นตอนการเลื่อนของชุดฉีด

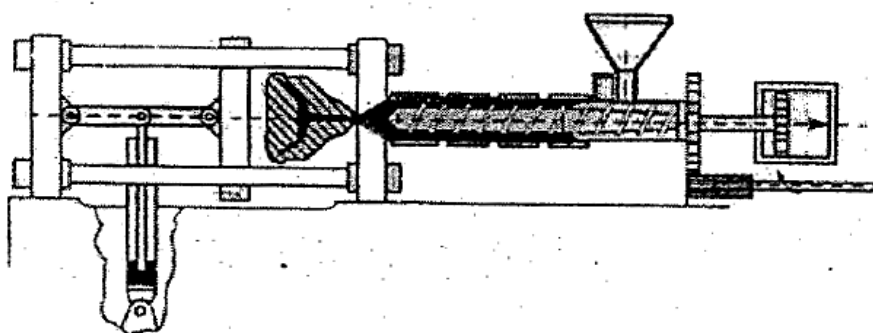
จังหวะที่ 3 : ฉีดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ โดยตัวเกลียวหนอนจะเคลื่อนที่ตามแนวแกนและมีตัวแหวนกันพลาสติกไหลย้อนกลับซึ่งทำหน้าที่เป็นลูกสูบ จังหวะฉีดนี้บางครั้งจะเรียกว่าเป็นจังหวะเติมพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ (Filling)

จังหวะที่ 4 : ย่ำรักษาความดัน (Holding) แกะพลาสติกเหลวเข้าในแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ชิ้นงานฉีดที่มีเนื้อพลาสติกเต็มแม่พิมพ์ (ความหนาแน่นของวัสดุพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง) และไม่เกิดรอยยุบที่ผิวชิ้นงาน



ภาพที่ 2-8 ขั้นตอนการย่ำ เพื่อรักษาความดันให้กับพลาสติกในแม่พิมพ์

จังหวะที่ 5 : หล่อเย็นชิ้นงานฉีดในแม่พิมพ์ (Cooling)
เวลาในการหล่อเย็นนี้สามารถกำหนดได้เอง และขั้นตอนนี้จะต้องใช้เวลานานกว่าเวลาในการหลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าปลายเกลียวหนอน



ภาพที่ 2-9 ตำแหน่งของชุดฉีดขณะหล่อเย็น

จังหวะที่ 6 : หลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าปลายเกลียวหนอน โดยเกลียวหนอนจะหมุนรอบตัวเองเพื่อดึงเม็ดหรือผงพลาสติกจากกรวยเติมเข้ามาในกระบอกฉีดอีกครั้ง และส่งต่อไปยังหน้าปลายเกลียวหนอนพร้อมกับหลอมเหลวไปด้วย และในขณะที่เกลียวหนอนหมุนรอบตัวเองอยู่นั้น เกลียวหนอนจะเคลื่อนตัวถอยหลังกลับไปโดยอัตโนมัติ เนื่องจาก

ภาพที่ 2-11 การเปิดออกของแม่พิมพ์

จังหวะที่ 9 : ทำการปลดชิ้นงาน (Ejecting) หลังจากแม่พิมพ์เปิดออกสุดแล้ว ส่วนตัว เข็มกระทุ้ง (Ejector) จะทำหน้าที่ดันชิ้นงานให้หลุดออก ซึ่งอาจทำเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้ง

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือ ขดลวดในสเตเตอร์ (Stator) และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกลนั้น คือ ตัวหมุนหรือโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบๆ สเตเตอร์ได้นั้น เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า โดยในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะมีทิศทางพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรมอเตอร์หรือขดลวดของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการ

เคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดพลังงานกล สามารถนำไปขับภาระที่ต้องการหมุนได้



ภาพที่ 2-12 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.2.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ใหญ่ๆ คือ มอเตอร์อะซิงโครนัส (Asynchronous) และมอเตอร์ซิงโครนัส (Synchronous) ซึ่งที่กล่าวจะเป็นมอเตอร์อะซิงโครนัส หรือเรียกว่า มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (Induction Motor) จะมี

ขนาดตั้งแต่แรงม้าต่ำๆไปจนถึงขนาดหลายร้อย

แรงม้า (Horse Power) มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟส (Phase) และชนิดที่เป็นมอเตอร์ 3 เฟส มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำนี้นั้นส่วนมาก จะหมุนด้วยความเร็วคงที่แต่ก็มีบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ เช่น มอเตอร์ชนิดขดลวดพัน (Would Rotor Motor) หรือมอเตอร์สลีปรिंग (Slip Ring Motor) ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ ชนิด 3 เฟส มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิดเหนี่ยวนำเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โรเตอร์ไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้าโดยตรงแต่จะได้อาจจากการเหนี่ยวนำ ดังนั้น จึงเรียกว่า มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ มอเตอร์ชนิดกรงกระรอก (Squirrel Cage) ซึ่งมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟสและชนิดที่เป็น 3 เฟส และมอเตอร์ชนิดขดลวดพันหรือมอเตอร์สลีปรिंग ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส โดยแล้วทั่วไปมอเตอร์ทุกประเภทก็จะมีส่วนประกอบหลัก หรือส่วนประกอบเบื้องต้นคล้ายกับสเตเตอร์หรือตัวที่อยู่กับที่และโรเตอร์หรือตัวหมุน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของรายละเอียดของส่วนประกอบปลีกย่อยอื่นๆ

2.2.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.2.2.1 สเตเตอร์หรือตัวอยู่กับที่ จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ ซึ่งจะประกอบด้วยโครงของมอเตอร์ แกนเหล็กสเตเตอร์และ ขดลวด

- โครงมอเตอร์จะทำด้วยเหล็กหล่อทรงกระบอก กลวง ฐานส่วนล่างเป็นขาตั้ง มีกล่องสำหรับต่อสายไฟอยู่ด้านบน หรือด้านข้างของโครง จะทำหน้าที่ยึดแกนเหล็กสเตเตอร์ ให้แน่น อยู่กับที่ผิวด้านนอกของโครงมอเตอร์ จะออกแบบให้มีลักษณะที่เป็นครีปเพื่อช่วยในการระบายความร้อนในกรณีที่เป็นมอเตอร์ที่มี ขนาดเล็กโครงมอเตอร์จะทำด้วยเหล็กหล่อ



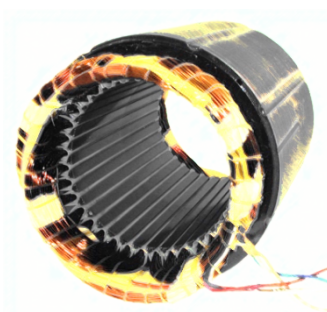
ภาพที่ 2-13 โครงของมอเตอร์

- แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator Core) จะทำด้วย แผ่นเหล็กบางๆลักษณะกลมมีรูเจาะตรงกลางและเจาะร่องภายใน โดยรอบแผ่นเหล็กชนิดนี้เรียกว่า ลามิเนต (Laminate) ซึ่งจะมี ส่วนผสมของซิลิกอน (Silicon) ผสมอยู่ เหล็กแต่ละแผ่นมีความ หนาประมาณ 0.025 นิ้ว หลังจากนั้นจึงนำไปอัดเข้าด้วยกันจนมี ความหนาที่เหมาะสมเรียกว่าแกนเหล็กสเตเตอร์



ภาพที่ 2-14 แกนเหล็กสเตเตอร์

- ขดลวด (Stator Winding) จะมีลักษณะเป็น
เส้นลวดทองแดงที่มีการเคลือบฉนวนที่เรียกว่า อีนา
เมล (Enamel) พันอยู่ในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์ตามรูปแบบ
ต่างๆของการพันมอเตอร์



ภาพที่ 2-15 ขดลวด

2.2.2.2 โรเตอร์หรือตัวหมุนของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ

จะมีโรเตอร์ 2 ชนิด คือ
โรเตอร์แบบกรงกระรอกและโรเตอร์แบบขดลวดพัน ซึ่งจะมี
ส่วนประกอบดังนี้คือ แกนเหล็ก โรเตอร์
ขดลวด ไบพัส และเพลลา

- โรเตอร์แบบกรง

กระรอก (Squirrel Cage Rotor) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆที่เรียกว่า แผ่นเหล็กลามิเนต ซึ่งเป็นแผ่นเหล็กชนิดเดียวกันกับสเตเตอร์มีลักษณะเป็นแผ่นกลมๆเซาะร่องผิวภายนอกเป็นร่อง โดยรอบตรงกลางจะเจาะรูสำหรับสวมเพลาลูกเบี้ยวและจะเจาะรูรอบๆรูตรงกลางที่สวมเพลาลูกเบี้ยวทั้งนี้เพื่อช่วยในการระบายความร้อน และยังทำให้โรเตอร์มีน้ำหนักเบา

เมื่อนำแผ่นเหล็กไปสวมเข้ากับแกนเพลาลูกเบี้ยวแล้วจะได้เป็นแกนเหล็กโรเตอร์ หลังจากนั้นก็จะใช้แท่งทองแดงหรือแท่งอะลูมิเนียมที่หล่ออัดเข้าไปในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์ เข้าไปวางทั้งสองด้านด้วยวงแหวนตัวนำ ทั้งนี้เพื่อให้ขดลวดครบวงจรไฟฟ้าหรืออาจนำแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปในแบบพิมพ์ แล้วฉีดอะลูมิเนียมเหลวเข้าไปในร่องก็จะได้อะลูมิเนียมอัดแน่นอยู่ในร่อง และจะได้ขดลวดตัวนำ

แบบกรงกระรอกฝังอยู่ในแกนเหล็กขดลวดในโรเตอร์จะเป็นลักษณะของตัวนำที่เป็นแท่ง ซึ่งอาจใช้ทองแดงหรืออะลูมิเนียมประกอบเข้าด้วยกันเป็นลักษณะคล้ายกับกรงกระรอก



ภาพที่ 2-16 โรเตอร์แบบกรงกระรอก

- โรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวา

วนด์ (Wound Rotor) โรเตอร์ชนิดนี้จะมีส่วนประกอบคล้ายๆกับโรเตอร์แบบกรงกระรอก คือ จะมีแกนเหล็กที่เป็นแผ่นลามิเนตอัดเข้าด้วยกันแล้วสวมเข้าที่เพลาลูกเบี้ยว แต่จะแตกต่างกันตรงที่ขดลวดจะ

เป็นเส้นลวดชนิดที่หุ้มด้วยน้ำยานวน

อีนาเมลพันลงไปในเรื่องสลิต (Slot) ของโรเตอร์จำนวน 3 ชุด ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับที่พันบนสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟสแล้วต่อวงจรขดลวดเป็นแบบสตาร์ (Star) โดยนำปลายทั้ง 3 ที่เหลือต่อเข้ากับวงแหวนตัวนำ



ภาพที่ 2-17 โรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์

2.2.2.3 ฝาครอบ (End Plate) ส่วนมากจะทำด้วยเหล็กหล่อ เจาะรูตรงกลางและคว้านเป็นรูปกลมใหญ่เพื่ออัดแบร็ง (Bearing) หรือตลับลูกปืนรองรับแกนเพลลาของโรเตอร์

2.2.2.4 ฝาครอบใบพัด (Fan End Plate) จะมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กเหนียว ขึ้นรูปให้มีขนาดสวมฝาครอบได้พอดี มีรูเจาะเพื่อระบายอากาศและยึดติดกับฝาครอบด้านที่มีใบพัด ส่วนใหญ่

จะมีในมอเตอร์ 3 เฟส และมอเตอร์ 1 เฟสขนาดใหญ่

2.2.2.5 ใบพัด (Fan) จะทำด้วยเหล็กหล่อที่มีลักษณะที่เท่ากันทุกครีบ จะสวมยึดอยู่บนเพลลาด้านตรงข้ามกับเพลลาแกนใบพัด ซึ่งจะช่วยในการระบายอากาศและความร้อนได้มาก ใบพัดนี้ส่วนใหญ่จะมีในมอเตอร์ 3 เฟส และมอเตอร์ 1 เฟส ขนาดย่อยถึงขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับฝาครอบใบพัด

2.2.2.6 สลักเกลียว (Bolt) จะทำด้วยเหล็กเหนียวจะมีลักษณะเป็นเกลียวตลอดถ้าเป็นมอเตอร์ 3 เฟส จะประกอบด้วยสลักเกลียว 8 ตัว ทำหน้าที่ยึดฝาครอบให้ติดกับโครงถ้ำเป็นมอเตอร์ 1 เฟสขนาดเล็ก เช่น มอเตอร์สปลิตเฟส (Split Phase Motors) จะเป็นสลักเกลียวยาวตลอดความยาวของตัวมอเตอร์ทำเกลียวเฉพาะด้านปลายดั่งนั้นจึงมีเพียง 4 ตัว

2.3 ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System)

ระบบการทำงานที่ใช้ของไหลเป็นตัวการส่งถ่ายกำลัง ทำให้เกิดการเคลื่อนที่และแรงกระทำเกิดขึ้น ปัจจุบันระบบไฮดรอลิกได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากกับการทำงานของเครื่องมือเครื่องจักร ในปัจจุบัน เนื่องจากระบบไฮดรอลิกมีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถส่งถ่ายกำลังได้แรงจำนวนมากโดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างนิ่มนวลและแน่นอน เป็นระบบที่สามารถหล่อลื่นอุปกรณ์ได้ด้วยตัวเองทำให้เกิดการสึกหรอน้อยมาก หลักการทางฟิสิกส์ของระบบไฮดรอลิก จะเกี่ยวข้องกับเรื่องความเร็ว ความดัน เวลาและอุณหภูมิ ซึ่งสามารถวัดได้

2.3.1 กฎของนิวตัน เป็นกฎสากลที่ใช้ได้กับการเคลื่อนที่ของวัตถุหลายชนิดทั้งบนโลกและนอกโลก โดยกฎการเคลื่อนที่ทั้งสามของนิวตันจะแสดงถึงธรรมชาติของสภาพการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 : วัตถุจะคงสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในแนวตรงนอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์มากระทำ

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 : เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุนั้น วัตถุจะมีความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ และขนาดของความเร่งนี้จะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 : ทุกแรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยา ซึ่งมีขนาดเท่ากันและทิศทางตรงข้ามกันเสมอ

2.3.2 กฎความดันไฮดรอลิก เป็นวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแรงและการส่งถ่ายกำลังโดยใช้มวลของไหล ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่แสดงให้เห็นถึงแมคคานิกส์ ของไหลเกิดขึ้นจากการกระทำ

สถิตศาสตร์ของไหล (Hydrostatics) และกลศาสตร์ของไหล (Hydrodynamic)

$$P_s = h' r' g \quad (2-1)$$

โดยที่ P_s หมายถึง ความดันของของไหล (พาสคัล)

h หมายถึง ความสูงของของไหล (เมตร)

p หมายถึง ความหนาแน่นของ

ไหล (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

g หมายถึง แรงดึงดูดของโลก (เมตรต่อวินาที²)

2.3.3 สัญลักษณ์อุปกรณ์ของระบบไฮดรอลิก เป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในระบบไฮดรอลิก เนื่องจากสัญลักษณ์จะช่วยให้

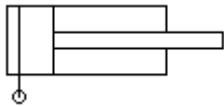
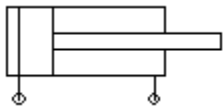
อ่านและทำความเข้าใจวงจรไฮดรอลิกได้ง่ายขึ้น และทำให้การ
ออกแบบการทำงานของวงจรระบบไฮดรอลิกได้อย่างถูกต้อง
รวมถึงใช้ตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบ
ไฮดรอลิกได้อย่างรวดเร็วและประหยัดเวลามากขึ้น อุปกรณ์ใน
ระบบไฮดรอลิกมีจำนวนค่อนข้างมาก

และอุปกรณ์ส่วนใหญ่ของระบบไฮดรอลิกมีการทำงานค่อนข้าง
ซับซ้อน ในที่นี้ขอกล่าวถึงสัญลักษณ์อุปกรณ์ที่
สำคัญๆ เช่น อุปกรณ์ทำงาน อุปกรณ์ควบคุม อุปกรณ์ต้น
กำลัง อุปกรณ์ท่อต่อ วิธีการบังคับให้อุปกรณ์ทำงานและอุปกรณ์
อื่นๆที่ช่วยในการทำงานของระบบไฮดรอลิก เป็นต้น

2.3.3.1 สัญลักษณ์กระบอกสูบไฮดรอลิก กระบอกสูบ

จะทำงานในลักษณะการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง (Linear motion)
สัญลักษณ์ของกระบอกสูบจะมีส่วนประกอบของกระบอกสูบคือ
กระบอกสูบ ลูกสูบ และก้านสูบ สัญลักษณ์กระบอกสูบไฮดรอลิก
จะประกอบด้วย กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว อาจใช้แทน
อุปกรณ์ทำงานแบบไดอะแฟรมหรือเชิงเส้นอื่นๆได้ กระบอกสูบ
แบบทำงานสองทางมีก้านสูบเดียว กระบอกสูบแบบทำงานสองทาง
มีสองก้านสูบ กระบอกสูบแบบมี
ชุดกันกระแทกอยู่ภายใน กระบอกสูบมีชุดกันกระแทกปรับค่าได้
กระบอกสูบแบบทำงานสองทาง
ก้านสูบขนาดใหญ่ เป็นต้น

ตารางที่ 2-3 สัญลักษณ์และชื่อของกระบอกสูบไฮดรอลิก

สัญลักษณ์	ชื่อ
	- กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว (Single Acting Cylinder)
	- กระบอกสูบแบบทำงานสองทาง (Double Acting Cylinder)

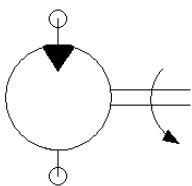
2.3.3.2 สัญลักษณ์มอเตอร์ไฮดรอลิก มอเตอร์ไฮดรอลิกเป็นอุปกรณ์ทำงานในระบบ

ไฮดรอลิกแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้กัน โครงสร้างโดยทั่วไปก็คล้ายคลึงกับปั๊มไฮดรอลิก แตกต่างกันที่การทำงานคือ ปั๊มไฮดรอลิกจะเปลี่ยนพลังงานจลน์ในน้ำมันที่ได้รับจากวาล์วหรือปั๊มในระบบให้เป็นพลังงานกลด้วยการหมุน สัญลักษณ์ของมอเตอร์ไฮดรอลิกจะคล้ายๆกับปั๊มคือ มีลักษณะเป็นวงกลม มีลูกศรทึบแสดงทิศทางการไหลของน้ำมัน เนื่องจากสัญลักษณ์ของมอเตอร์ไฮดรอลิกคล้ายคลึงกับปั๊มไฮดรอลิกมากนี้เองทำให้บางคนเข้าใจผิดได้โดยง่าย

ดังนั้นจึงต้องสังเกตความแตกต่างให้ดีคือ ทิศทางการไหลของน้ำมันที่เข้ามอเตอร์ไฮดรอลิก จะเปลี่ยนพลังงานจลน์ของน้ำมันให้เป็นแรงบิดจากการเคลื่อนที่แบบหมุน จุดที่สำคัญที่แสดงให้เห็นทิศทางการไหลของน้ำมันก็คือ ลูกศรทึบซึ่งหัว

ลูกศรทึบในสัญลักษณ์ของมอเตอร์ไฮดรอลิกนั้นจะมีทิศทางแตกต่างกับปั๊มไฮดรอลิก ตัวอย่างจากตารางที่ 2-4 สัญลักษณ์มอเตอร์ไฮดรอลิก ซึ่งจะประกอบด้วย มอเตอร์แบบมีทิศทางการไหลได้ทางเดียว มีลูกศรทึบ 1 ตัว

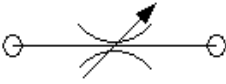
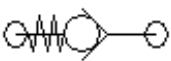
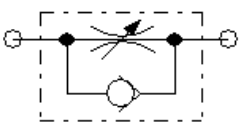
ตารางที่ 2-4 สัญลักษณ์และชื่อของมอเตอร์ไฮดรอลิก

สัญลักษณ์	ชื่อ
	- มอเตอร์ไฮดรอลิกหมุนทิศทางเดียว (Hydraulic motor)

2.3.3.3 อุปกรณ์ควบคุมการไหล อุปกรณ์ควบคุมการ

ไหลแบบง่ายๆ ชนิดที่นิยมใช้กันคือ แบบประตู (Gate) การควบคุมอัตราการไหลของวาล์วแบบนี้จะควบคุมได้ไม่แน่นอนเท่าที่ควร ดังนั้น หากต้องการควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันที่ผ่านวาล์วได้อย่างแม่นยำจึงจำเป็นต้องใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับอัตราการไหลได้ สัญลักษณ์อุปกรณ์ควบคุมการไหลประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลปรับช่องคอคอดไม่ได้ อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลที่ปรับช่องคอคอดได้มีวาล์วกันกลับแต่ไม่มีการขัดเซย อุปกรณ์ควบคุมการไหล อุปกรณ์ควบคุมการไหลทางเดียว อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลแบบช่องคอคอดปรับได้ เป็นต้น

ตารางที่ 2-5 สัญลักษณ์และชื่อของอุปกรณ์ควบคุมการไหล

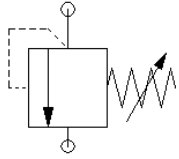
สัญลักษณ์	ชื่อ
	- วาล์วคอคอดแบบปรับได้ (Adjustable throttle Value)
	- วาล์วกันกลับ (Check Value)
	- วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว (One way flow control value)

2.3.3.4 อุปกรณ์ควบคุมความดัน อุปกรณ์ควบคุม

ความดันลักษณะนี้จะแทนสัญลักษณ์ด้วยรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นอุปกรณ์ที่ให้น้ำมันไหลผ่านหรือปิดกั้นเอาไว้ ลักษณะของอุปกรณ์ควบคุมความดันมีอุปกรณ์ควบคุมความดันชนิดระบายความดัน อุปกรณ์ควบคุมความดันชนิดจัดอันดับ

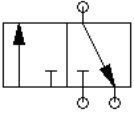
การไหลและอุปกรณ์ควบคุมความดันชนิดลดไหลหรือปลดความดัน

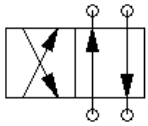
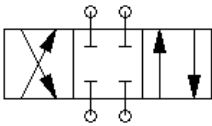
ตารางที่ 2-6 สัญลักษณ์และชื่อของอุปกรณ์ควบคุมความดัน

สัญลักษณ์	ชื่อ
	- วาล์วจำกัดความดัน (Pressure Relief Value)

2.3.3.5 อุปกรณ์ควบคุมทิศทาง อุปกรณ์ควบคุมทิศทางมีสัญลักษณ์ของวาล์วแบบทำงานหลายตำแหน่งจะแทนด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสหลายรูป ทั้งนี้อาจจะมีสี่เหลี่ยมตั้งแต่ 2 รูปขึ้นไป ซึ่งสี่เหลี่ยมแต่ละรูปจะหมายถึง ตำแหน่งของวาล์วและภายในตำแหน่งจะมีทิศทางการไหลผ่านของน้ำมันจะแสดงด้วยเส้นลูกศรภายในสี่เหลี่ยม ซึ่งสัญลักษณ์อุปกรณ์ควบคุมทิศทางประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมทิศทาง การไหล 3 ทาง 2 ตำแหน่ง อุปกรณ์ควบคุมทิศทาง การไหล 4 ทาง 2 ตำแหน่ง อุปกรณ์ควบคุมทิศทาง การไหลแบบ 4 ทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางปิด เป็นต้น

ตารางที่ 2-7 สัญลักษณ์และชื่อของอุปกรณ์ควบคุมทิศทาง

สัญลักษณ์	ชื่อ
	- วาล์วบังคับทิศทางแบบ 3 ทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด (3/2 Way valve closed normal)

	position)
	- วาล์วบังคับทิศทางแบบ 4 ทาง 2 ตำแหน่ง (4/2 Way valve)
	- วาล์วบังคับทิศทางแบบ 4 ทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางปิด (4/3 Way valve closed neutral position)

2.3.3.6 ปั๊มไฮดรอลิก เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำมันในระบบไฮดรอลิกให้มีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยได้รับกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านเพลาชักมาหมุนปั๊ม จากสัญลักษณ์ปั๊มจะประกอบด้วย ปั๊มแบบอัตราการไหลคงที่มีทิศทางการไหลทางเดียวเป็นต้น

ตารางที่ 2-8 สัญลักษณ์และชื่อของปั๊มไฮดรอลิก

สัญลักษณ์	ชื่อ
	- ปั๊มแบบมีทิศทางการไหลทางเดียว (Fixed Displacement)

2.3.3.7 อุปกรณ์ท่อและข้อต่อ มีหน้าที่เพื่อให้ น้ำมันสามารถไหลผ่านเข้าไปยังอุปกรณ์ต่างๆจะมีผลทำให้ระบบไฮดรอลิกสามารถทำงานได้ตามความต้องการ จากอุปกรณ์ท่อและข้อต่อจะประกอบด้วย ท่อใช้งาน ท่อควบคุม ท่อระบายน้ำมัน จุดต่อรวม ท่อไฮดรอลิกแบบหักงอได้ ท่อใช้งานต่อกัน ท่อใช้งานคร่อมกัน ทิศทางการไหลของน้ำมันไหลทางเดียว ทิศทางการไหลของน้ำมันไหลได้ทั้งสองทาง เป็นต้น

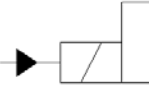


ภาพที่ 2-18 อุปกรณ์ท่อและข้อต่อ

2.3.3.8 สัญลักษณ์วิธีการบังคับให้อุปกรณ์ทำงาน วิธีการเปลี่ยนตำแหน่งการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมทิศทางนั้น มีการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน คือ การควบคุมแบบธรรมดาด้วยแรงจากคน การควบคุมแบบทางกล การควบคุมด้วยไฟฟ้าและการควบคุมด้วยลม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของการนำไปใช้งานที่แตกต่างกันออกไป สัญลักษณ์วิธีการบังคับให้อุปกรณ์ทำงาน จะประกอบด้วย การบังคับแบบร่องยี่ดให้ค้างตำแหน่ง การบังคับให้วาล์วทำงานแบบธรรมดาด้วยแรงคน การบังคับแบบ

ลูกกลิ้ง การบังคับโดยใช้ความดันท่อควบคุม การบังคับแบบ
ปุ่มกด การบังคับแบบคันโยกมือ การบังคับแบบคันเหยียบ การ
บังคับแบบเดือย การบังคับแบบโซลินอยด์ การบังคับแบบใช้เซอร์
โวและการบังคับแบบรวม เป็นต้น

ตารางที่ 2-9 สัญลักษณ์และวิธีการบังคับให้อุปกรณ์ทำงาน

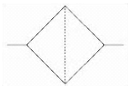
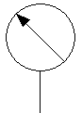
สัญลักษณ์	ชื่อ
	- การบังคับโดยใช้ปุ่มกด (Push Button)
	- การบังคับโดยใช้ลูกกลิ้ง (Roller Lever)
	- การบังคับโดยใช้โซลินอยด์ (Solenoid)
	- การบังคับแบบโดยใช้ความดันลม (Pneumatic pilot)
	- การบังคับแบบโดยความดันลมและโซลิ นอยด์ (Pressure and Solenoid)

2.3.3.9 อุปกรณ์ที่ช่วยในการทำงานของระบบไฮ

ดรอลิก ยังมีอยู่อีกมากมายหลายอย่าง เช่น ถังพักน้ำมัน ถังสะสม
ความดัน เกจวัดความดัน กรองน้ำมัน เป็นต้น นอกจากนี้
สัญลักษณ์อุปกรณ์อื่นๆที่ช่วยในการทำงานของระบบไฮดรอลิกจะ
ประกอบด้วย สัญลักษณ์เส้นกรอบอุปกรณ์ สัญลักษณ์ถังพักน้ำมัน
แบบเปิดและแบบปิด สัญลักษณ์เกจวัดความดัน สัญลักษณ์เกจวัด
อุณหภูมิ สัญลักษณ์อุปกรณ์วัดอัตราการไหล สัญลักษณ์มอเตอร์

ไฟฟ้า สัญลักษณะถึงสะสมความดัน สัญลักษณะกรองน้ำมัน
 สัญลักษณะตัวเพิ่มความร้อน สัญลักษณะระบายความร้อนและสวิตซ์
 ความดัน เป็นต้น

ตารางที่ 2-10 สัญลักษณะและชื่อของอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำงาน
 ของระบบไฮดรอลิก

สัญลักษณ์	ชื่อ
	- ถังพักน้ำมัน (Tank)
	- ใส่น้ำมัน (Filter)
	- เกล็ดความดัน Pressure

2.4 พีแอลซี (Programmable Logic Controller : PLC)

2.4.1 ประวัติความเป็นมา

เมื่อปี พ.ศ.2511 ในฝ่าย Hydromatic ของ
 บริษัทเจเนอรัลมอเตอร์ (General Motors) ประเทศสหรัฐอเมริกา
 ได้คิดค้นอุปกรณ์ควบคุมแบบใหม่เพื่อใช้ทดแทนวงจรไฟฟ้า
 แบบเดิม ใช้กันอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัทและในปี
 พ.ศ. 2512 พีแอลซี ได้ถูกผลิตขึ้นจำหน่ายในประเทศ
 สหรัฐอเมริกาเป็นแห่งแรก ส่วนประเทศญี่ปุ่นนั้น พีแอลซีได้ถูก
 พัฒนาขึ้นภายหลังจากที่บริษัท

ออมรอน (OMRON Co.,Ltd) ของประเทศญี่ปุ่นประสบ
 ความสำเร็จในการผลิตโซลิตสเตทรีเลย์

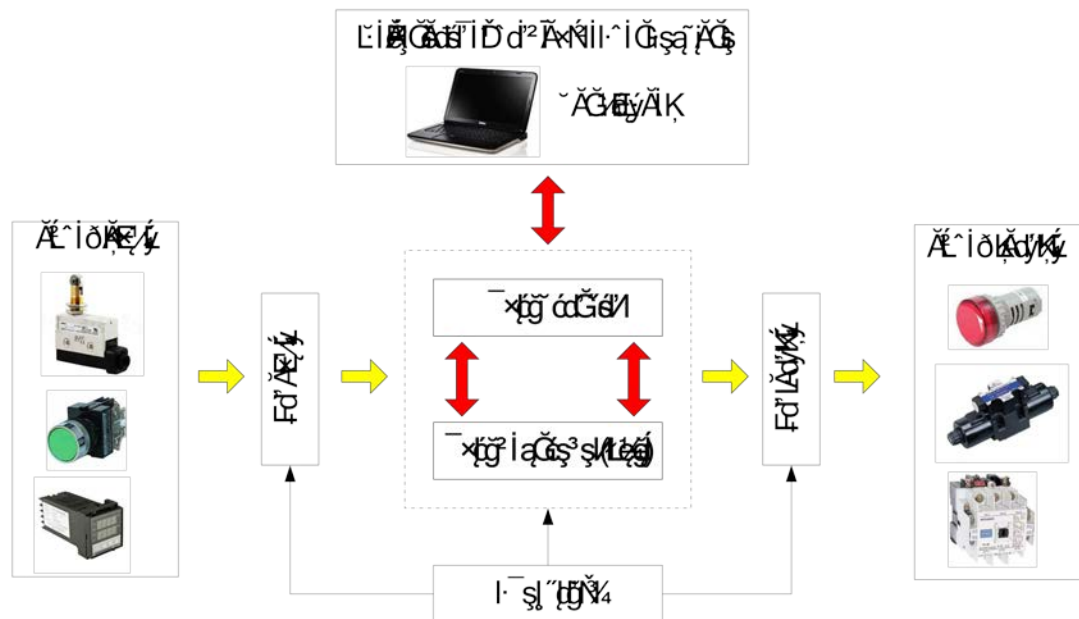
(Solid State Relay) ในปี พ.ศ. 2508 หลังจากนั้น 5 ปี พีแอลซีก็
 ถูกนำออกจำหน่ายสู่ท้องตลาดจนเป็นที่แพร่หลายในเวลาต่อมา

2.4.2 ความหมายของพีซี/พีแอลซี

พีซี (Programmable Controller : PC) หรือเรียกว่าพีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบกระบวนการต่างๆ โดยที่ภายในมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นมันสมองสั่งการการควบคุมการทำงาน สามารถทำได้โดยวิธีการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีซี/พีแอลซี โดยในพีซี/พีแอลซีจะมีอุปกรณ์ต่างๆให้ใช้ เช่น รีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับ ฯลฯ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้อยู่ในรูปแบบของซอฟต์แวร์ (Software) ไม่มีตัวตนในรูปของวัตถุ แต่จะอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันการทำงานที่ตรงกับของจริงและเหตุผลที่นิยมนำพีซี/พีแอลซี มาใช้ในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากข้อดีของพีซี/พีแอลซีเมื่อเทียบกับการใช้รีเลย์แบบเก่า คือ ขนาดของระบบเล็กลง ใช้โปรแกรมแทนการเดินสาย เปลี่ยนแปลงลักษณะการควบคุมและขยายระบบได้ง่าย ลดเวลาในการออกแบบและการติดตั้ง มีเสถียรภาพดีกว่าการควบคุมด้วยรีเลย์ ซึ่งยังมีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตหลายแบบและสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้

2.4.3 โครงสร้างของพีแอลซี

โครงสร้างภายในของพีแอลซีแต่ละส่วนจะประกอบกันทำงานเป็นระบบควบคุม ที่เราเรียกว่าพีแอลซี ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญดังภาพที่ 2-19



ภาพที่ 2-19 โครงสร้างภายในของพีแอลซี

พีแอลซีจะมีส่วนประกอบสำคัญด้วยกันทั้งหมด 5 ส่วน
ดังนี้

2.4.3.1 ซีพียู Central Processing Unit : CPU)

2.4.3.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

2.4.3.3 ภาคอินพุต (Input Unit)

2.4.3.4 ภาคเอาต์พุต (Output Unit)

2.4.3.5 ภาคแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply Unit)

ยูนิตทั้ง 5 ส่วนเมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วก็จะกลายเป็นพีแอลซีชุดหนึ่ง ที่สามารถทำงานได้แต่ละยูนิตจะมีหน้าที่และคุณสมบัติดังนี้

2.4.3.1 ซีพียู Central Processing Unit : CPU)

ซีพียูหรือหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานตามคำสั่งของส่วนต่างๆตามที่ได้รับมา ผล

จากการประมวลผลก็จะถูกส่งออกไปส่วนต่างๆตามที่ระบุไว้ด้วย คำสั่งนั่นเอง ซีพียูจะใช้เวลาในการประมวลซ้ำหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับ การเลือกขนาดของซีพียู และความยาวของโปรแกรมที่เขียนด้วย ปกติแล้วซีพียูจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

ขนาดตั้งแต่ 4 บิต 8 บิต 16 บิต

32 บิต 64 บิต หรือ 128 บิตมาทำงาน โดยที่ซีพียูแต่ละขนาดก็จะ มีความสามารถจำกัดไม่เท่ากัน

จึงทำให้พีแอลซีในแต่ละรุ่นมีความสามารถต่างกันนั่นเอง หรือ แม้กระทั่งว่าภายในพีแอลซีบางรุ่นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

ถึง 2 ตัวช่วยกันทำงาน ซึ่งทำให้เวลาการประมวลผลก็จะเร็วกว่า พีแอลซีที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงแค่ตัวเดียว

โดยปกติแล้วการเลือกใช้งานพีแอลซี จะเลือกจาก

การประยุกต์ใช้งานจึงทำให้ผู้ใช้งาน (User) ไม่รู้ว่าผู้ผลิตใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นหรือเบอร์อะไรในการสร้างเครื่องพีแอลซี ดังนั้น

เวลาพิจารณาเลือกใช้พีแอลซี ซึ่งไม่มีการระบุเบอร์หรือรุ่น ของไมโครโปรเซสเซอร์ผู้ใช้งานสามารถ

เลือกจากคุณสมบัติอื่น เช่น จำนวนอินพุต/เอาต์พุต ความเร็วใน การประมวลผลของคำสั่ง ขนาดความจุโปรแกรมและข้อมูล เป็นต้น

2.4.3.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

หน่วยความจำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บ

โปรแกรมและข้อมูลต่างๆของพีแอลซี กรณีที่สั่งให้พีแอลซีทำงาน (RUN) พีแอลซีก็จะนำเอาโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจำ มาประมวลผลการทำงาน สำหรับหน่วยความจำที่ใช้งานมีด้วยกัน

2 ชนิด คือ

2.4.3.2.1 หน่วยความจำชั่วคราว (Random

Access Memory : RAM)

โปรแกรมและข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้ จะถูกจัดเก็บในส่วนนี้ คุณสมบัติของหน่วยความจำชั่วคราว เมื่อไม่มีไฟเลี้ยงจะทำให้โปรแกรมและข้อมูลหายไปทันที ดังนั้นภายในพีแอลซี จะพบว่าจะมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล (Backup Battery) เอาไว้สำรองข้อมูล (Backup Data) กรณีที่ไฟหลัก (Main Power Supply) ไม่จ่ายไฟให้กับพีแอลซี ข้อควรระวังคือไม่ควรที่จะถอดแบตเตอรี่สำรอง กรณีที่ไม่มีไฟจ่ายให้พีแอลซี

2.4.3.2.2 หน่วยความจำถาวร (Read Only

Memory : ROM)

เป็นหน่วยความจำอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ข้อมูลในหน่วยความจำถาวร ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล แต่ก็มีปัญหาเรื่องเวลาในการเข้าถึงข้อมูล (Time Access) ซึ่งช้ากว่าหน่วยความจำชั่วคราว จึงปรากฏให้ผู้ใช้เห็นว่าพีแอลซี จะมีหน่วยความจำใช้งานทั้ง หน่วยความจำชั่วคราวและหน่วยความจำถาวรรวมกันอยู่

หน่วยความจำถาวร แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

ดังนี้

- PROM (Programmable ROM)
- EPROM (Erasable Programmable ROM)
- EEPROM (Electrical Erasable Programmable ROM)

PROM จัดเป็นหน่วยความจำถาวร รุ่นแรก เขียนข้อมูลลงชิปได้เพียงครั้งเดียว ถ้าเขียนข้อมูลไม่สมบูรณ์ชิปก็จะเสียทันที ไม่สามารถนำกลับมาเขียนใหม่ได้อีก จึงได้มีการพัฒนามาเป็นรุ่น EPROM ซึ่งสามารถที่จะเขียนข้อมูลลงชิปได้หลายครั้ง เพียงแค่นำชิปไปฉายแสงอุลตราไวโอเลตก็จะเป็นการลบข้อมูลในชิปด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าได้เลย จึงทำให้เกิดความสะดวกมากขึ้น แต่เรื่องเวลาในการเข้าถึงข้อมูลก็ยังช้ากว่าหน่วยความจำชั่วคราวอยู่

2.4.3.3 ภาคอินพุต (Input Unit)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ รับข้อมูลเข้ามาและทำการส่งข้อมูลที่ได้ออกไปยังตัวประมวลผล เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป โดยข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณอินพุตนี้ได้มาจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เซนเซอร์ (Sensor) สวิตช์ (Switch) และเอนโค้ดเดอร์ (Encoder) เป็นต้น สัญญาณอินพุตส่วนใหญ่จะเป็นสัญญาณแบบรีเลย์ พัลส์ แรงดัน หรือกระแสไฟฟ้า สัญญาณเหล่านี้จะถูกส่งมาจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ เมื่อพีแอลซีได้รับสัญญาณอินพุตมาแล้วจะนำสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลต่อไป สามารถแสดงตัวอย่างอุปกรณ์ภาคอินพุต ได้ดังตารางที่ 2-11

ตารางที่ 2-11 ภาพและชื่อของอุปกรณ์ภาคอินพุต

ภาพ	ชื่ออุปกรณ์
	- ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller)
	- ตัวจับเวลา (Timer)

	- ปุ่มกด
	- สวิตช์จำกัดระยะ

ซึ่งวงจรภาคอินพุตแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ
คือ

2.4.3.3.1 ดิจิตอลอินพุต (Digital Input Type)

ดิจิตอลอินพุต หมายถึง อินพุต

ที่รับรู้สัญญาณได้เพียงแค่ “ON” หรือ “OFF” เท่านั้น ตาม

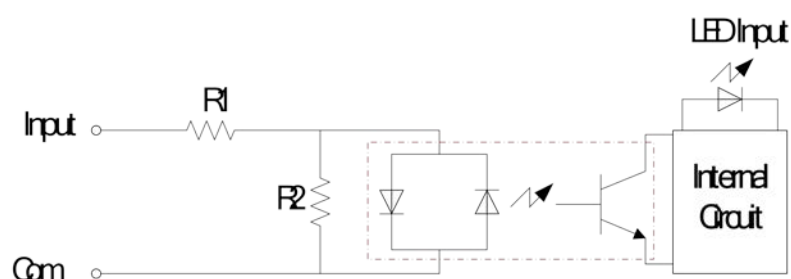
โครงสร้างจะมีดิจิตอลอินพุต 2 แบบคือ

- วงจรอินพุตไฟตรง (DC Input) จะใช้

อุปกรณ์ที่ทำงานด้วย

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ตัวอย่างวงจรอินพุตไฟตรงแสดงดังภาพ

ที่ 2-20

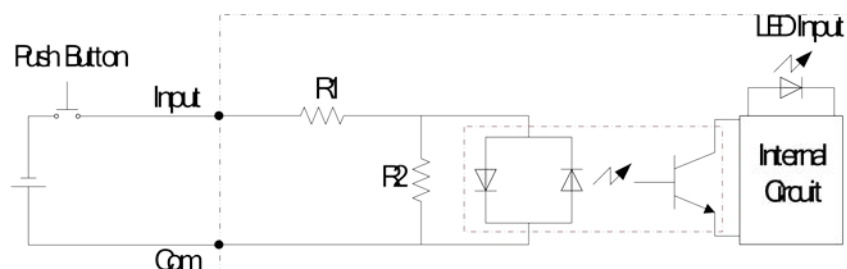


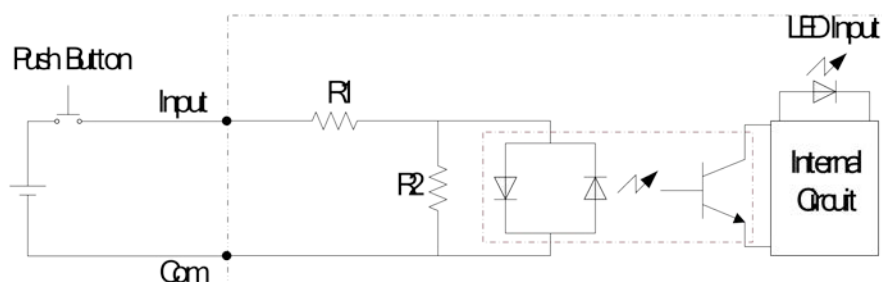
ภาพที่ 2-20 วงจรอินพุตไฟตรง

หมายเหตุ : ค่าความต้านทาน R1 และ R2 ดูได้จากคู่มือของพีแอลซีรุ่นนั้นๆ

จากภาพที่ 2-20 ภาคนิพุตจะใช้วงจรลดทอนแรงดัน แล้วจึงขับอปโตทรานซิสเตอร์ จากอปโตทรานซิสเตอร์ก็จะไปขับภาคนิพุตของไอซี เพื่อส่งสัญญาณไปให้ซีพียูอีกทีหนึ่ง ซึ่งการใช้อุปกรณ์ประเภทอปโต (Opto) ทำให้ระบบพีแอลซี สามารถแยกสัญญาณกราวด์ (Ground) ของภาคนิพุตออกจากวงจรภายในได้

สำหรับวงจรภาคนิพุต ดังภาพที่ 2-20 จะพบว่า ภาคนิพุตของอปโตทรานซิสเตอร์มีไดโอด (Diode) ต่อสลับขั้วกันอยู่ เพื่อเวลาใช้งานสามารถเลือกต่อวงจรได้ 2 แบบ ตัวอย่างดังภาพที่ 2-21



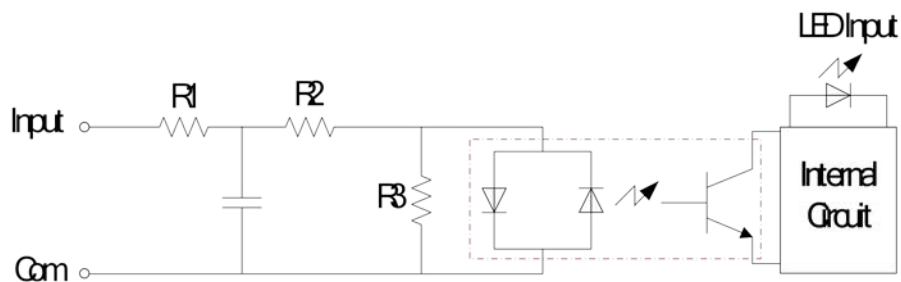


(ก)

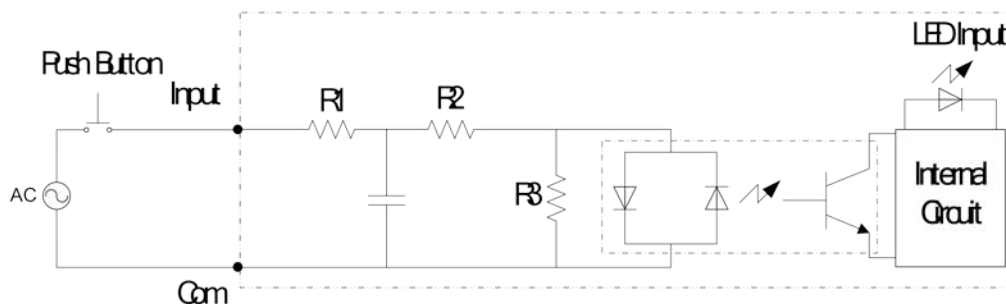
(ข)

ภาพที่ 2-21 (ก) การต่ออินพุตแบบ Source (ข) การต่ออินพุตแบบ Sink

- วงจรอินพุตไฟสลับ (AC Input) ใช้ไฟสลับผ่านแรงดันทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องแรงดันตกคร่อมในสายมากเกินไป เหมือนวงจรอินพุตไฟตรงโดยที่ผ่านแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุตตั้งแต่ 100 ถึง 220 โวลต์เอซี สำหรับพีแอลซีบางรุ่นก็จะแบ่งอินพุตแบบนี้ออกเป็น 2 ย่านคือ 100 ถึง 120 และ 200 ถึง 240 โวลต์เอซี ลักษณะวงจรอินพุตไฟสลับ แสดงดังภาพที่ 2-22



ภาพที่ 2-22 วงจรอินพุตไฟสลับ



ภาพที่ 2-23 การต่อวงจรอินพุตไฟสลับ

2.4.3.3.2 อนาล็อกอินพุต (Analog Input Type)

อนาล็อกอินพุตจัดเป็นอินพุตที่สามารถรับ

สัญญาณที่บอกเป็นปริมาณที่เปลี่ยนแปลงค่าได้เช่น 0 ถึง 10 โวลต์ดีซี ±10 โวลต์ดีซี 1 ถึง 5 โวลต์ และ 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์

2.4.3.4 ภาควาต์พุต (Output Unit)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผล

แล้วส่งต่อไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น มอเตอร์ (Motor)

รีเลย์ และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

เป็นต้น สัญญาณที่ออกมาจากภาควาต์พุตของพีแอลซี เป็น

เอาต์พุตแบบรีเลย์หรือเป็นเอาต์พุตแบบทรานซิสเตอร์ ก่อนที่สัญญาณจะผ่านไปยังอุปกรณ์เอาต์พุตได้ต้องผ่านวงจรขับก่อน จึงจะสามารถต่อเข้าโหลดได้ เช่น ถ้าต้องการสัญญาณเอาต์พุตไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน ต้องผ่านวงจรขับก่อน เนื่องจากกระแสที่จ่ายออกมาจากพีแอลซี มีค่าน้อยเกินไป สามารถแสดงตัวอย่างอุปกรณ์ภาคเอาต์พุต ได้ดังตารางที่ 2-12

ตารางที่ 2-12 ภาพและชื่อของอุปกรณ์ภาคเอาต์พุต

ภาพ	ชื่ออุปกรณ์
	- ไฟแสดงสถานะ (Lamp)
	- รีเลย์
	- แมกเนติกคอนแทกเตอร์
	- โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

ชนิดเอาต์พุตของพีแอลซีจะมีให้เลือกใช้

อยู่ 2 ลักษณะเช่นเดียวกับภาคอินพุตคือ

2.4.3.4.1 ดิจิตอลเอาต์พุต (Digital Output)

อุปกรณ์ที่สามารถสั่งการทำงานได้

เพียง “ON” หรือ “OFF”
จัดว่าเป็นการควบคุมแบบดิจิตอลเอาต์พุต โดยมีชนิดของเอาต์พุต
ให้เลือกใช้ 3 แบบ คือ

- เอาต์พุตชนิดรีเลย์ (Relay Contact Output) เอาต์พุตชนิดรีเลย์สามารถนำเอาต์พุตไปขับโหลดเอซีหรือดีซีก็ได้

- เอาต์พุตชนิดทรานซิสเตอร์ (Transistor Output) เอาต์พุตแบบทรานซิสเตอร์ มีให้เลือกใช้อยู่ 2 ประเภท คือ เอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็น และเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบพีเอ็นพี ซึ่งภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบพีเอ็นพี จะมีคุณสมบัติในเรื่องอัตราการทำงานสูงสุด (Max Switching Capacity) เหมือนกับภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็น

- เอาต์พุตชนิดโซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay : SSR) เอาต์พุตประเภทนี้จะนำมาใช้ควบคุมโหลดเอซี ที่ต้องการควบคุมความเร็วในการตอบสนองที่ดีกว่าใช้เอาต์พุตแบบรีเลย์ อุปกรณ์ภาคเอาต์พุตที่ใช้จะใช้ไทรแอดเป็นสวิตช์ควบคุมโหลด ซึ่งคุณสมบัติของไทรแอดจะทำให้สามารถควบคุมโหลดเอซี ได้ทั้งซีกบวกและซีกลบของรูปคลื่นไซน์ (Sine wave) ส่วนวงจรทริกเกอร์ ทำหน้าที่กระตุ้นไทรแอดให้ทำงานสอดคล้องกับรูปคลื่นไซน์ อย่างน้อยก็เป็นการป้องกันไทรแอดได้ระดับหนึ่ง

2.4.3.5 ภาคแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply Unit)

ภาคแหล่งจ่ายไฟ จะทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ภายในพีแอลซี ได้แก่ อุปกรณ์ไอซี ไฟเลี้ยงวงจร

กำหนดการทำงานแบบต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังจ่ายไฟเลี้ยงวงจรที่จะนำมาต่อกับพีแอลซีอีกด้วย

2.4.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมตาม

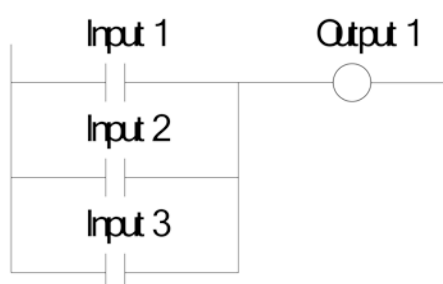
มาตรฐาน IEC 1131-3 กำหนดไว้ 5 ภาษา ถึงแม้ว่าลักษณะโครงสร้างของแต่ละภาษาจะมีความแตกต่างกัน แต่ในแต่ละภาษาจะมีส่วนประกอบต่างๆ ในโปรแกรมมีลักษณะเดียวกันตาม

มาตรฐาน IEC 1131-3 เช่น ลักษณะการประกาศตัวแปร ฟังก์ชัน และฟังก์ชันบล็อก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามก็สามารถที่จะเขียนโปรแกรมโดยนำรูปแบบการเขียนในภาษาต่างๆมารวมกันได้

2.4.4.1 ภาษาวงจรขั้นบันได (Ladder Diagram : LD)

จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของกราฟิก

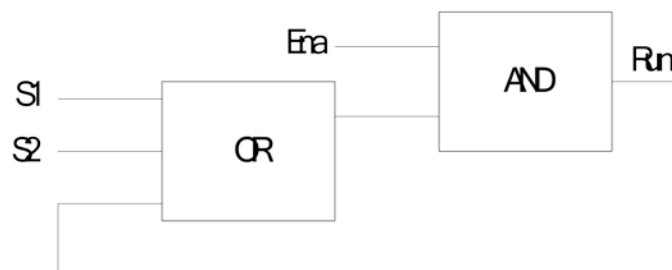
ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลตเตอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วยราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวาของไดอะแกรม เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดหรือคอยล์เป็นเอาต์พุต



ภาพที่ 2-24 รูปแบบของภาษาวงจรชั้นบันได

2.4.4.2 ภาษาการทำงานแบบกล่อง (Function Block Diagram : FBD)

เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชันการทำงาน ในรูปของกราฟิกเช่นเดียวกันและเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยการเขียนโปรแกรมในรูปของฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม



ภาพที่ 2-25 รูปแบบของภาษาการทำงานแบบกล่อง

2.4.4.3 ภาษาในรูปข้อความ (Instruction list : IL)

จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความ

และมีลักษณะคล้ายกับภาษา แอสเซมบลี (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine code) ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมจะประกอบด้วย ส่วนปฏิบัติการ (Operator) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand) จะเห็นว่าในปัจจุบันภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม ภาษาฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมและภาษาแบบรายการคำสั่ง เป็นภาษาที่บริษัทผู้ผลิตพีแอลซี/พีซี ในปัจจุบันกำหนดให้ใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งในแต่ละบริษัทจะมีการพัฒนารูปแบบของฟังก์ชันและฟังก์ชันบล็อกมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการเขียน

โปรแกรมควบคุมการทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในแต่ละยี่ห้อ ควรจะศึกษารูปแบบของฟังก์ชันและฟังก์ชันบล็อกให้เข้าใจเสียก่อน

Label:	LD	a1	(* result := a1 *)
	ADD(	a2	(* delayed ADD, result := a2 *)
	MUL(	a3	(* delayed MUL, result := a3 *)
	SUB	a4	(* result := a3 - a4 *)
	)		(* execute delayed MUL, *)
			(* result := a1 + (a2 * (a3 - a4) * a5) *)
	ADD	a6	(* a1 + (a2 * (a3 - a4) * a5) + a6 *)
	ST	res	(* store current result in res *)

ภาพที่ 2-26 รูปแบบของภาษาในรูปข้อความ

2.4.4.4 ภาษาระดับสูง (Structure Text : ST)

จะเป็นภาษาในระดับสูง โดยมีพื้นฐานมาจากภาษาปาสคาล (Pascal) ซึ่งประกอบไปด้วย นิพจน์และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกทำงาน เช่น IF THEN ELSE เป็นต้น คำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR WHILE เป็นต้น

```

D := B*B - 4*A*C ;
IF D < 0.0 THEN Nroots := 0 ;
ELSIF D = 0.0 THEN
    Nroots:=1 ;
    X1 := -B/(2.0*A) ;
ELSE Nroots := 2;
    X1 := (-B+sqrt(D))/(2.0*A) ;
    X2 := (-B-sqrt(D))/(2.0*A) ;
END_IF

```

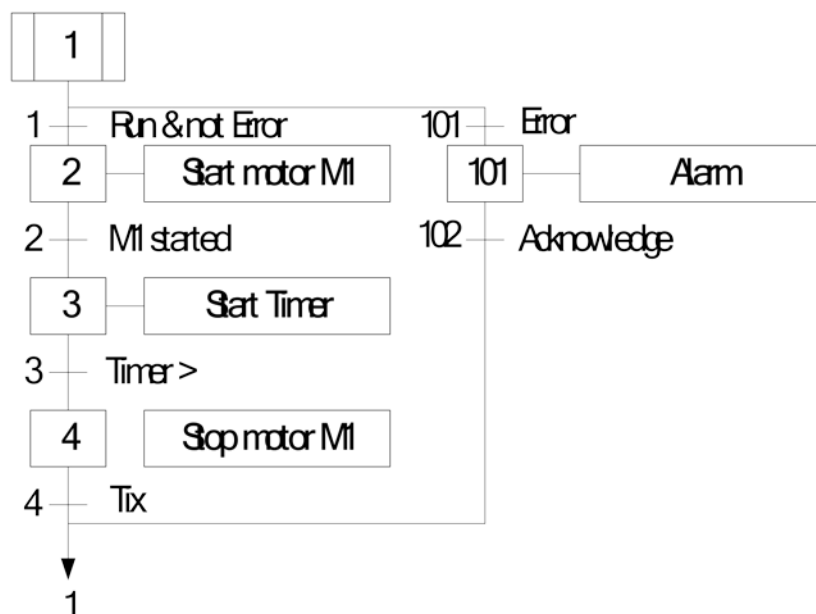
ภาพที่ 2-27 รูปแบบของภาษาระดับสูง

2.4.4.5 ภาษาแสดงการทำงาน

แบบต่อเนื่อง (Sequential Function : SFC)

จะเป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรม ที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบลำดับหรือซีควেনซ์ ซึ่ง ส่วนประกอบของภาษาแบบลำดับหรือซีควেনซ์ จะประกอบด้วย การปฏิบัติ

งานย่อย (Step) และเงื่อนไขที่กำหนดให้ปฏิบัติงานตามคำสั่ง ย่อย (Transition) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงานเป็นแบบ Linear , Alternative และ Parallel Step Sequence เป็นต้น

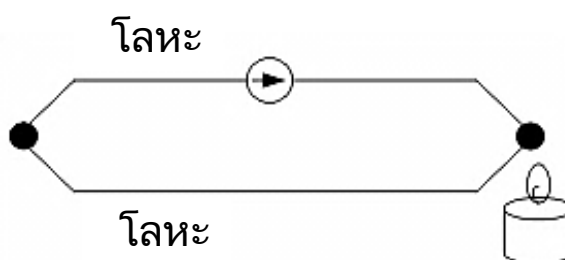


ภาพที่ 2-28 รูปแบบของภาษาแสดงการทำงานแบบต่อเนื่อง

2.5 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples)

ความเป็นมา ในปี ค.ศ.1821 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน Thomas Seebeck พบว่า เมื่อนำลวดโลหะ 2 เส้นที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเส้นลวดทั้ง

สองนี้ และปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้านี้ จะเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสองและถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออกจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ปลายด้านเปิด แรงดันไฟฟ้านี้เรียกว่า ซีเบ็คโวลต์เตจ



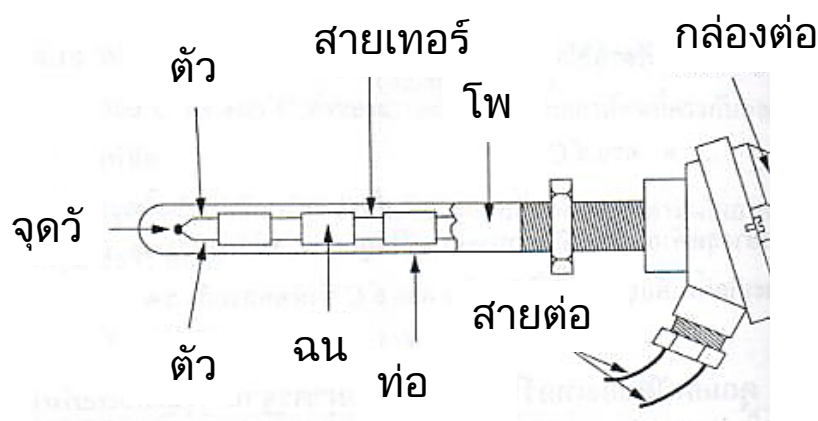
ภาพที่ 2-29 วงจรการทดลองของ Thomas Seebeck

2.5.1 คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ

มาตรฐาน (Characteristic of Standard Thermocouples)

2.5.1.1 ความไว (Sensitivity) ย่านของแรงดันไฟฟ้าจากเทอร์โมคัปเปิลจะมีค่า

น้อยกว่า 100 มิลลิโวลต์ แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้วงจรปรับสภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง



ภาพที่ 2-30 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

2.5.1.2 โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะ ดังภาพที่ 2-30 โดยต้องมีลักษณะดังนี้คือ มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากสแตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อ ป้องกันทั้งเยอร์มันเนียมและซิลิคอน จะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอร์โมอิเล็กทริก จึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (Peltier Element) มากกว่าที่จะใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ

2.5.1.3 ย่านการใช้งาน (Range) ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละตัว จะแตกต่างกันตามแต่ละสมาคมจะกำหนดในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิ จะต้องอ้างอิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ

2.5.1.4 เวลาตอบสนอง (Time Response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล

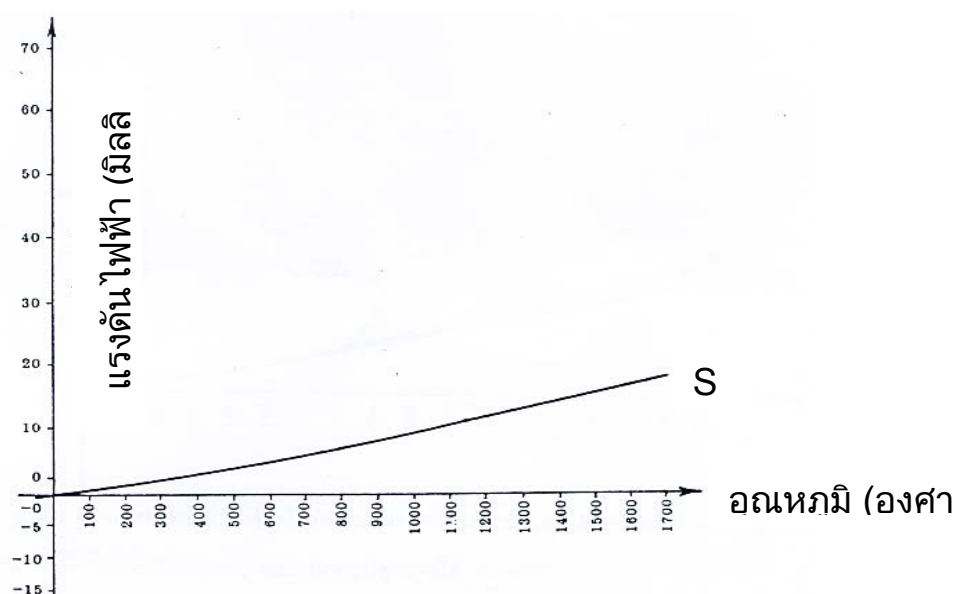
2.5.1.5 การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning) ปกติแล้วโดยทั่วไปแรงดันไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดเล็กมาก จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

2.5.2 การใช้งานเทอร์โมคัปเปิล

มาตรฐาน (Characteristic in Application of Thermocouple Standard Type)

2.5.2.1 เทอร์โมคัปเปิลแบบ S

ในปี 1886 Le Chatelier ได้ประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิล โดยสายลอบทำจาก พลาตินัมและสายบวกทำจากโลหะผสม 90 เปอร์เซ็นต์ของพลาตินัม + 10 เปอร์เซ็นต์ของโรเดียม และสามารถวัดค่าของอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 1400 องศาเซลเซียส ซึ่งต่อมาเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้ได้กลายเป็นแบบ S (มาตรฐานสากล ตาม IPTS 68) ซึ่งระบุว่าสามารถใช้ในการสอบเทียบค่าและเปรียบเทียบเป็นค่ามาตรฐาน (Calibration and Comparision) ตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.74 องศาเซลเซียส) จนถึงจุดแข็งตัวของทอง (1064.43 องศาเซลเซียส)



ภาพที่ 2-31 กราฟความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิของ เทอร์โมคัปเปิลแบบ S

เทอร์โมคัปเปิลแบบ S นี้สามารถใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบ

ออกซิไดซิง (Oxidizing) และในสภาวะงานเฉื่อย (Inert) ได้ดี โดยสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1400 องศาเซลเซียสหรือกับการใช้งานในระยะเวลาสั้นๆ สามารถทนได้ถึง 1482 องศาเซลเซียส แต่ไม่เหมาะสำหรับสภาวะงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง (Reducing) งานที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum) หรือสภาพงานที่มีไอของโลหะ เช่น ตะกั่ว สังกะสี และไอของอโลหะ เช่น อาเซนิก ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส ซึ่งจะทำให้มีอายุการใช้งานสั้นลง

ตารางที่ 2-13 ข้อดีและข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S

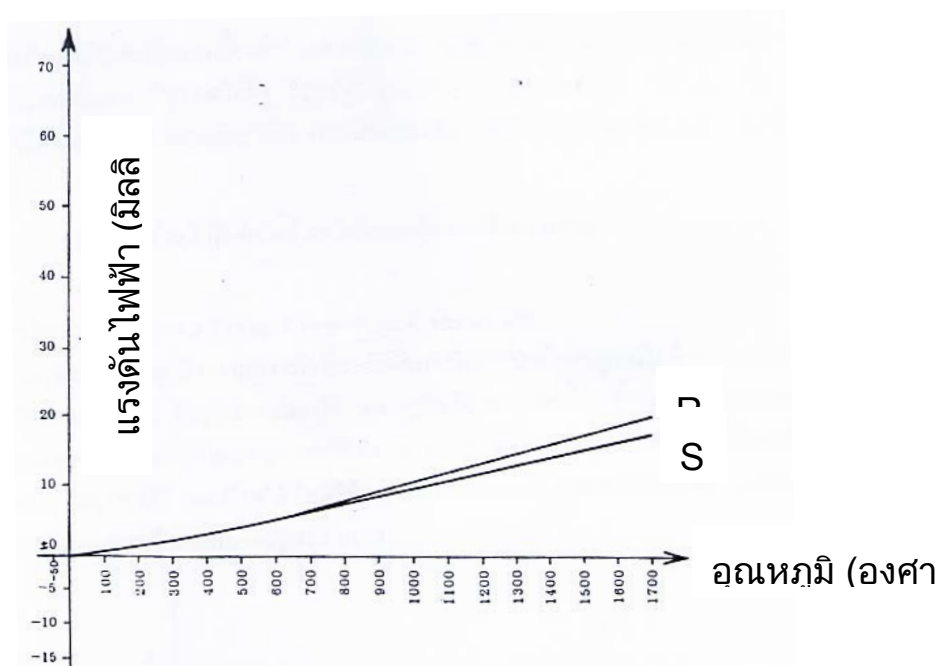
ข้อดี	1. เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง 2. เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานเฉื่อยคืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาใดๆได้ง่ายๆ 3. นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก 4. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1550 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ -50 ถึงประมาณ 1700 องศาเซลเซียส 5. หากอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะให้ความเที่ยงตรง
-------	--

	สูงที่สุด
ข้อเสีย	1. ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ 2. ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง 3. ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสุญญากาศ 4. ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว 5. ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของโลหะ เช่น จำพวก อาเซนิก ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส เพราะจะมีอายุการใช้งานสั้นลง

2.5.2.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบ R

เทอร์โมคัปเปิลแบบ R สายบวกทำจากพลาตินัม
สายลบทำจากพลาตินัม

87 เปอร์เซ็นต์ + โรเดียม 13 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้จะทำให้แบบ R
ให้เอาต์พุตสูงกว่าแบบ S ตามกราฟแสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบกับแบบ S



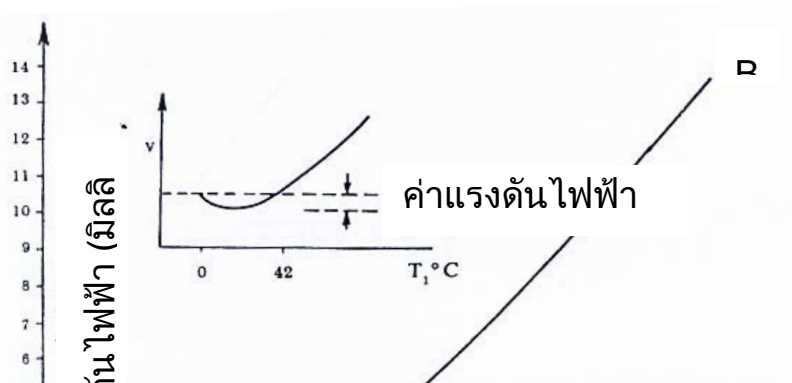
ภาพที่ 2-32 กราฟความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิของ
เทอร์โมคัปเปิลแบบ R

ตารางที่ 2-14 ข้อดีและข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลแบบ R

ข้อดี	1. ให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตสูงกว่าแบบ S 2. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600 องศาเซลเซียส 3. วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วง -50 ถึงประมาณ 1700 องศาเซลเซียส 4. เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูงๆ เช่น ในเตาหลอมเหล็ก อุตสาหกรรมแก้ว 5. ทนทานต่อการกัดกร่อนและให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดี ส่วนลักษณะข้อเสียเช่นเดียวกับแบบ S แต่ส่วนที่เพิ่มเติมคือ ให้ความเป็นเชิงเส้นต่ำเพิ่มอุณหภูมิต่ำกว่า 540 องศาเซลเซียส
-------	---

2.5.2.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบ B

ผลิตขึ้นครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน สายบวกทำจากแพลตินัม 70เปอร์เซ็นต์ + โรเดียม 30 เปอร์เซ็นต์ สายลบทำจากแพลตินัม 94 เปอร์เซ็นต์ + โรเดียม 6 เปอร์เซ็นต์คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B แสดงดังภาพที่ 2-33



ภาพที่ 2-33 กราฟความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิของ
เทอร์โมคัปเปิลแบบ B

เทอร์โมคัปเปิลแบบ B จะให้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ S และ แบบ R แต่คุณสมบัติที่เด่นกว่า คือ แข็งแรงและทนทานกว่า สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1704 องศาเซลเซียส (3100 องศาฟาเรนไฮต์) ในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิงหรือในสภาวะงานเฉื่อย แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิงหรืองานที่เป็นสุญญากาศ และงานที่มีไอของโลหะและอโลหะ เช่นเดียวกับแบบ R และแบบ S

ตารางที่ 2-15 ข้อดีและข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B

ข้อดี	1. วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึงประมาณ 1600 องศาเซลเซียส 2. วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 1750 องศาเซลเซียส 3. แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R 4. เหมาะกับการใช้งานในสถานะที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงและสถานะเฉื่อย ให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (linearity) ดี
ข้อเสีย	1. ให้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแบบอื่นๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน 2. ไม่เหมาะสมกับสถานะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง 3. ไม่เหมาะสมกับสถานะที่เป็นสุญญากาศ 4. ไม่เหมาะสมกับสภาพงานที่มีไอของโลหะและอลูมิเนียม เช่นเดียวกับแบบ R และ S 5. ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าสองค่า (Double Value Region) จากอุณหภูมิในช่วง 0 ถึง 42 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าที่แรงดันไฟฟ้านั้นมีอุณหภูมิเป็นเท่าใด 6. ให้ความชัน (การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิ) ของสัญญาณต่ำกว่าแบบอื่นๆ

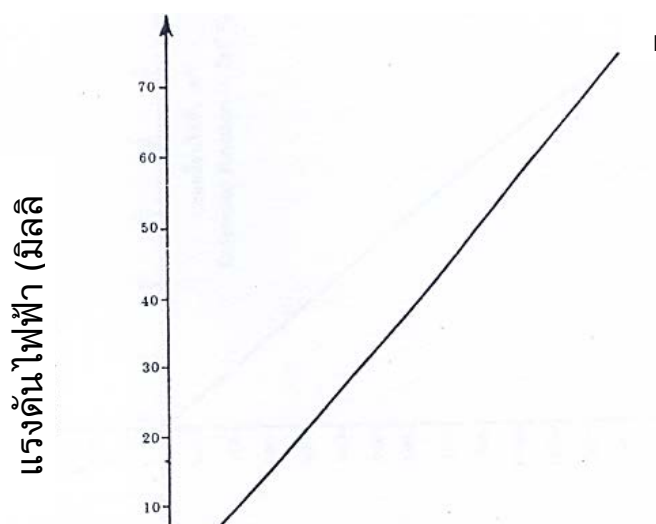
2.5.2.4 เทอร์โมคัปเปิลแบบ J

เนื่องจากพลาทินัมเป็นธาตุที่มีราคาแพง เพื่อที่จะ
ทำให้เทอร์โมคัปเปิลมีราคา

ถูกลง ได้มีการค้นคว้าหาวัสดุที่มีราคาถูกกว่า เพื่อใช้แทนพลา
ตินัม วัสดุที่เริ่มทดลองใช้ เช่น เหล็ก
นิกเกิล นิกเกิลบริสุทธิ์ เพราะมากในสภาพงานที่เป็นสภาวะที่
เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง

การทดลองต่อมาพบว่าโลหะผสมระหว่าง 60 เปอร์เซนต์ ของ
ทองแดง + 40 เปอร์เซนต์ของนิกเกิล ที่ต่อมาเรียกว่า Constantan
สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้สายบวกทำด้วยเหล็ก
และ

สายลบทำด้วย Constantan จึงถือกำเนิดขึ้น และต่อมากลายเป็น
แบบมาตรฐานแบบ J



ภาพที่ 2-34 กราฟความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิของ เทอร์โมคัปเปิลแบบ J

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J เหมาะ
สำหรับสภาพงานที่เป็สุญญากาศ
สภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง สภาวะงานที่มีปฏิกิริยา
แบบรีดิวซิงหรือสภาวะงานเฉื่อย
ที่อุณหภูมิไม่เกิน 760 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะสำหรับงานที่มี
อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส และ
ที่อุณหภูมิสูงกว่า 538 องศาเซลเซียส (1000 องศาฟาเรนไฮต์)
สายที่เป็นเหล็กจะเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิงด้วยอัตรา
สูงกว่าปกติ สำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่า 538 องศาเซลเซียส จะต้อง
ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่ จะช่วยให้อายุการใช้งานยืน
ยาวขึ้น จากการทดลองใช้งานภายใน 20 ปี พบว่าส่วนผสมของ
โลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเปลี่ยนไป 0.5 เปอร์เซ็นต์ (แมงกานีส
เพิ่มขึ้นในเนื้อเหล็ก)

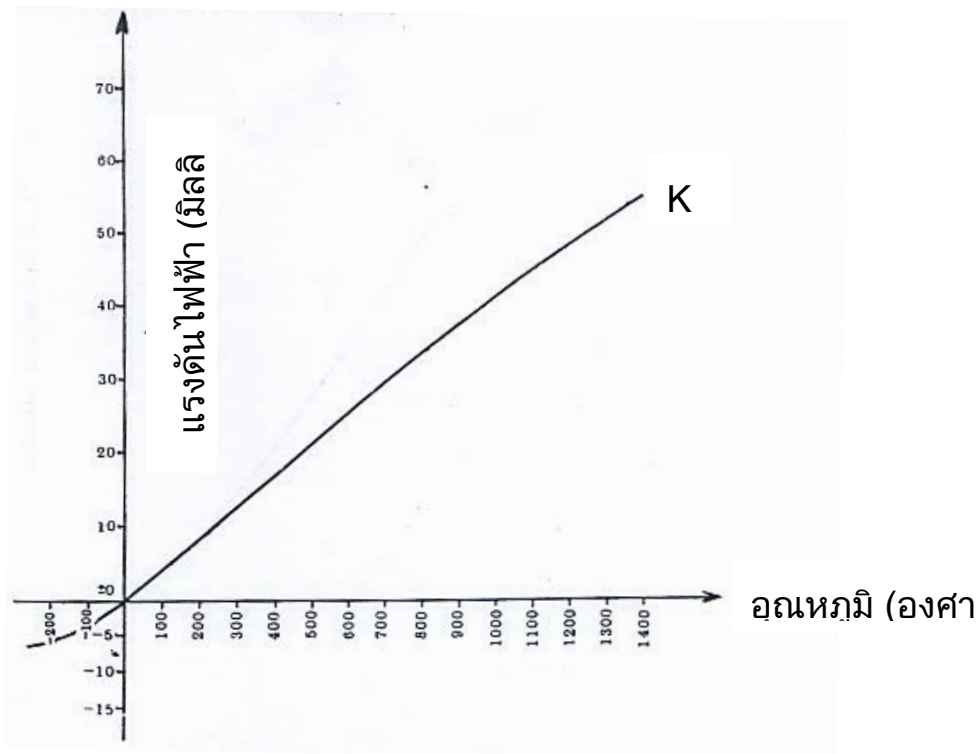
ตารางที่ 2-16 ข้อดีและข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J

ข้อดี	1. ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี 2. มีราคาถูกกว่าแบบที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์ 3. ตามมาตรฐาน BS 7937 Part 30 สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่อเนื่องจากช่วงประมาณ -210 ถึง 1200 องศาเซลเซียส 4. เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิง และงานที่อยู่ในสภาพเฉื่อย เมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760 องศาเซลเซียส 5. นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกเป็นแบบที่นิยมใช้ราคาไม่แพง
ข้อเสีย	1. วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T 2. ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส 3. หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สายซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตรา

	สูง 4. หากใช้งานนานเกินช่วง 20 ปี ส่วนผสมทางเคมี คือ แมงกานีสในเหล็กจะเพิ่มขึ้น 0.5เปอร์เซ็นต์ ทำให้คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย
--	---

2.5.2.5 เทอร์โมคัปเปิลแบบ K

เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่า จึงได้มีผู้ประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิลแบบใหม่ที่สายบวกทำจากโลหะผสมระหว่าง นิกเกิล 10เปอร์เซ็นต์ + โครเมียม 90 เปอร์เซ็นต์ และสายลบทำจากโลหะผสมระหว่าง นิกเกิล 95 เปอร์เซ็นต์ + 5 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนผสมระหว่างอลูมิเนียม แมงกานีสและซิลิกอน ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นแบบมาตรฐานแบบ K เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด สามารถใช้กับสภาวะงานที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิงหรือในสภาวะงานเฉื่อยได้ดีกว่าแบบอื่น สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1260 องศาเซลเซียส (2300 องศาฟาเรนไฮต์) และอุณหภูมิต่ำถึง -250 องศาเซลเซียส (-420 องศาฟาเรนไฮต์) ในสภาพงานที่ต้องรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อน แบบ K ก็สามารถใช้งานได้ดีเช่นกัน



ภาพที่ 2-35 กราฟความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับอณหภูมิของ
เทอร์โมคัปเปิลแบบ K

คุณสมบัติที่เด่นมากของเทอร์โมคัปเปิล

แบบ K คือให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตสูงกว่าแบบอื่นๆ ถ้าจำเป็นต้องใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K นี้ประมาณ 20 ปี เพราะหลังจากนั้นส่วนผสมจะเปลี่ยนไปโดยจะมีเหล็กเพิ่มขึ้น

ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และส่วนผสมบางอย่าง เช่น แมงกานีส จะลดปริมาณลง

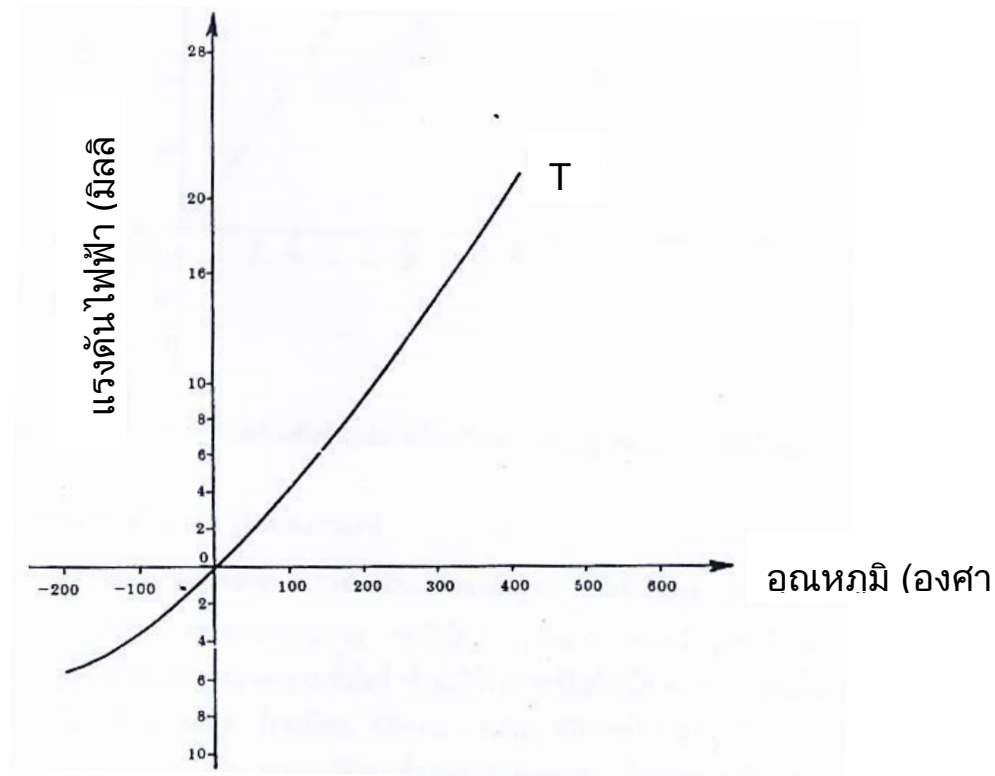
ตารางที่ 2-17 ข้อดีและข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

ข้อดี	1. เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด 2. สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้นๆจะวัดได้จาก -180 ถึง ประมาณ $1,350$ องศาเซลเซียส 3. สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิงหรือสภาวะแบบเฉื่อย ได้ดีกว่าแบบอื่นๆ 4. สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี 5. ให้อัตราการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่นๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วยกัน
ข้อเสีย	1. ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง 2. ไม่เหมาะกับการงานที่มีไอของซัลเฟอร์ 3. ไม่เหมาะกับการสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้

	ในช่วงเวลาสั้นๆ) 4. หลังการใช้งานไป 30 ปี ทำให้ส่วนผสมทางเคมีเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนไป
--	--

2.5.2.6 เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

เป็นเทอร์โมคัปเปิลที่เหมาะสมสำหรับการวัดอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ สายบวกรของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T ทำจากทองแดง และสายลบทำจาก Constantan ในสภาพการใช้งานปกติสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำถึง -184 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิทางบวกรวัดได้ต่ำกว่าแบบอื่นๆ คือ ประมาณ 370 องศาเซลเซียสเท่านั้น เพราะที่อุณหภูมิสูงกว่า 370 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดออกไซด์ของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเพิ่มมากขึ้น เป็นแบบที่ทนการกัดกร่อนในบรรยากาศที่มีความชื้นได้ดีเป็นพิเศษ และสามารถใช้งานในสภาวะที่เป็นสุญญากาศ สภาวะงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิงหรือสภาวะงานเฉื่อยได้ดี



ภาพที่ 2-36 กราฟความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิของ
เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

การใช้งานที่ต้องมีการสัมผัสกับการแผ่รังสี
โดยตรง จะทำให้ส่วนผสมของ
เทอร์โมคัปเปิลเปลี่ยนไปได้ จึงไม่เหมาะกับการใช้งานลักษณะนี้ จากการ
ทดลองใช้งานใน 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสี จะเพิ่มขึ้น
ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2-18 ข้อดีและข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T

ข้อดี	1. ดีกว่าแบบ K ตรงที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า นั่นคือเหมาะกับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เช่นในห้องเย็น ตู้แช่แข็ง 2. ให้ความแม่นยำในการวัดดีกว่าแบบ K (ช่วงที่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ความแม่นยำจะเป็น ± 0.5 เปอร์เซ็นต์) 3. มีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิดี 4. การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงรีดิวซิงและงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้ดี 5. วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องได้จากช่วง -185 ถึง 300 องศาเซลเซียสและวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้นๆ ได้จากช่วง -250 ถึง 400 องศาเซลเซียส 6. ทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนได้ดี
-------	---

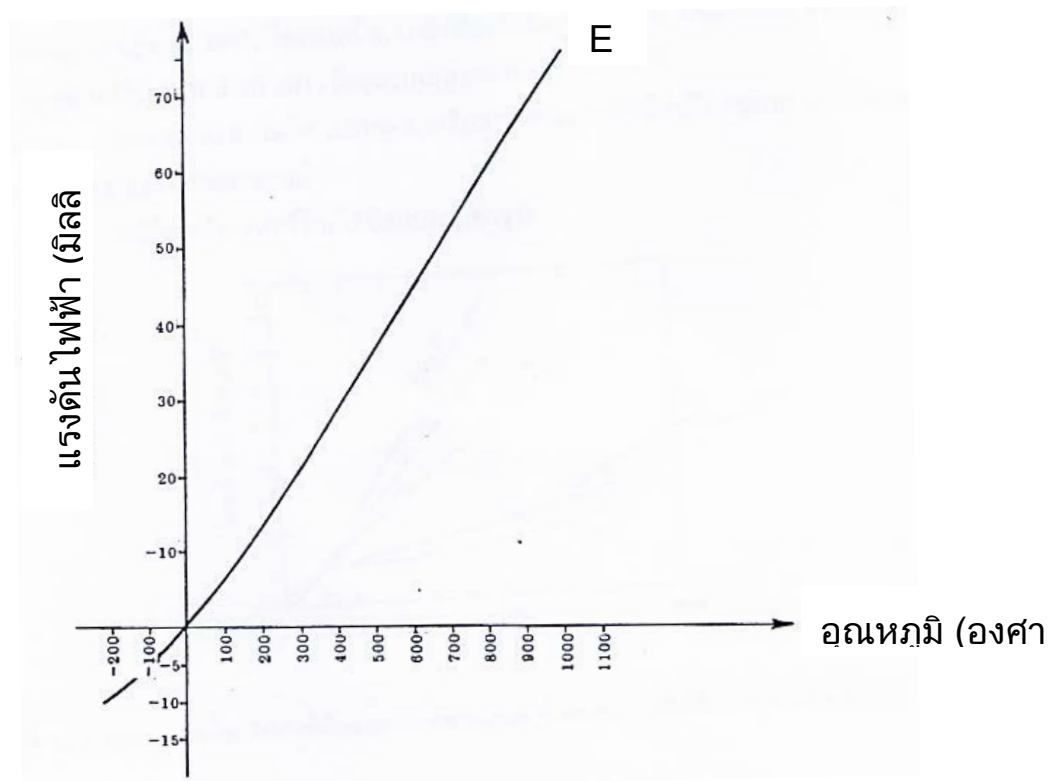
ข้อเสีย	1. เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกได้น้อยกว่าแบบอื่นๆ 2. หากใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า 370 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดออกซิซึมมาก 3. ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง (ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย) 4. เมื่อใช้งานไปนานๆ ในช่วง 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสี จะเพิ่มประมาณ 10เปอร์เซ็นต์ ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน 5. คุณสมบัติของแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (แต่ก็ปรับปรุงได้จากวงจรปรับสภาพสัญญาณ)
---------	--

2.5.2.7 เทอร์โมคัปเปิลแบบ E

สายบวกทำจากส่วนผสมระหว่าง 10

เปอร์เซ็นต์ของโครเมียม + 90 เปอร์เซ็นต์ของนิเกิลและสายลบทำจาก Constantan ซึ่งมีอุณหภูมิที่ใช้งานปกติอยู่ระหว่าง -250 องศาเซลเซียส ถึง 871 องศาเซลเซียส เหมาะกับสภาพงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิงคุณสมบัติด้านอื่นๆคล้ายกับ

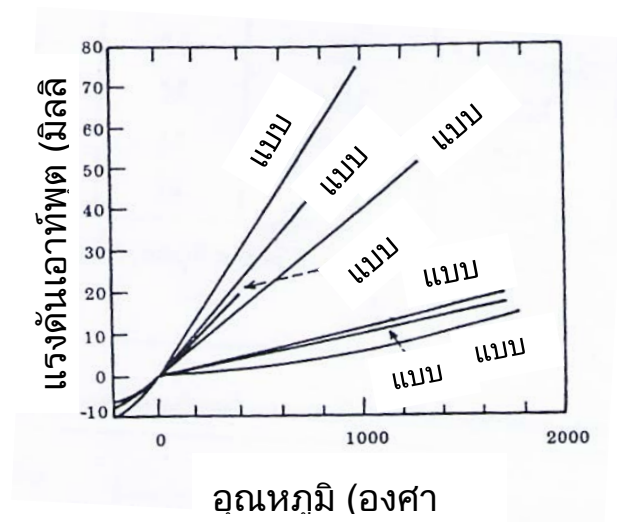
เทอร์โมคัปเปิลแบบ K



ภาพที่ 2-37 กราฟความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับอหฺมึของ
เทอร์โมคัปเปิลแบบ E

ตารางที่ 2-19 ข้อดีและข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลแบบ E

ข้อดี	1. ให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอหฺมึเทียบกับแบบอื่นๆ ในสภาวะเดียวกัน 2. วัดอหฺมึต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800 อหฺมึเซลเซียส 3. คุณสมบัติอื่นๆ คล้ายกับแบบ K
-------	---



ภาพที่ 2-38 แรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากผลต่างของอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานทั้ง 7 แบบ

ตารางที่ 2-20 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

แบบ	ส่วนผสม	ย่านอุณหภูมิใช้งาน		แรงดันไฟฟ้า ที่ได้
		องศา เซลเซียส (°C)	องศาฟา เรนไฮต์ (°F)	
B	แพลทินัม - 30% โรเดียม แพลทินัม - 6% โรเดียม	0 ถึง 1820	32 ถึง 3310	0 ถึง 13.814
R	แพลทินัม - 13% โรเดียม แพลทินัม	- 50 ถึง 1768	- 60 ถึง 3210	- 02.26 ถึง 21.108
S	แพลทินัม - 10% โรเดียม แพลทินัม	- 50 ถึง 1768	- 60 ถึง 3210	- 0.236 ถึง 18.698
J	เหล็ก/คอนสแตน แตน	- 210 ถึง 760	- 350 ถึง 1400	- 8.096 ถึง 42.922
K	โครเมล/อะลูเมล	- 270 ถึง 1372	- 450 ถึง 2500	- 6.458 ถึง 54.875
T	ทองแดง/คอนส แตนแตน	- 270 ถึง 400	- 450 ถึง 750	- 6.258 ถึง 20.869
E	โครเมล/คอนส แตนแตน	- 270 ถึง 1000	- 450 ถึง 1830	- 9.835 ถึง 76.358

ตารางที่ 2-21 สภาวะแวดล้อมในการใช้งานเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานโดยไม่ต้องใช้ท่อป้องกัน

ความเหมาะสมในการใช้งาน							
ชนิด	บรรยากาศ Oxidizing	บรรยากาศ Reducing	บรรยากาศ Inert	Vacuum	บรรยากาศ Sulfurous	อุณหภูมิ < 0 °C	มีไอ ของโลหะ
B	ได้	ไม่ได้	ได้	ได้ในช่วง สั้นๆ	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
R	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
S	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
J	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้ ถ้า > 500 °C	ไม่ได้	ได้
K	ได้*	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ได้
T	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ได้
E	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ได้

* ใช้งานได้ดีกว่าแบบ E , J และ T เมื่ออุณหภูมิ > 550 องศาเซลเซียส

โดยเฉพาะกับอุณหภูมิ < 0 องศาเซลเซียส

Oxidizing : กระบวนการทางเคมีที่ดึงออกซิเจนจากภายนอกเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารนั้น

Reducing : กระบวนการทางเคมีที่ออกซิเจนถูกดึงออกจากสารนั้นเพื่อไปทำปฏิกิริยากับสารภายนอก

Vacuum : ค่าความดันที่ต่ำกว่าบรรยากาศจนถึงสถานะสุญญากาศ

Inert : สภาวะเฉื่อยที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี

2.6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 เรื่องการศึกษาการปรับตั้งพารามิเตอร์ที่สำคัญของเครื่องฉีดพลาสติก (A Hybrid Approach to Setup Critical Parameter of A Plastic Injection Molding Machine)

นางสาวพรนภา สอนงบุญ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ภาควิชาวิศวกรรมอุต
สาหการ ที่ปรึกษา ดร.สุขสันต์ พรหมบุญพงศ์ ปีการศึกษา 2543

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัลกอริทึม ในการ
คำนวณค่าพารามิเตอร์
ในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก สำหรับเทอร์โมพลาสติก แล้วนำ
อัลกอริทึมที่ได้นี้มาพัฒนาเป็นโปรแกรมคำนวณเพื่ออำนวยความสะดวก
สะดวกในการนำไปใช้งาน มีข้อสมมุติฐานคือไม่พิจารณาผล
อันเนื่องมาจากการออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่ถูกต้อง โดยพารามิเตอร์
ที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิพลาสติกเหลว อุณหภูมิกระบอกลัด
ระยะชักสกรู ระยะลำรอง เวลาที่พลาสติกเหลวแช่ในกระบอกลัด
อุณหภูมิแม่พิมพ์ ความเร็วรอบสกรู ความดันด้านการถอยกลับของ
สกรู ระยะเปลี่ยนจากความดันฉีดเป็นฉีดย้ำ ความเร็วฉีด ความดัน
ฉีด ความดันฉีดย้ำ เวลาฉีดย้ำ แรงปิดแม่พิมพ์ อุณหภูมิปลด
ชิ้นงานและเวลาในการหล่อเย็น

วิธีดำเนินการวิจัย จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนแรก
เป็นวิเคราะห์พารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีด
พลาสติก ส่วนที่สองเป็นการศึกษาความรู้และประสบการณ์
จากผู้เชี่ยวชาญในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกจากโรงงาน
สำหรับส่วนที่สามของงานวิจัยคือการนำความรู้ที่ได้จาก

ผู้เชี่ยวชาญมาทดสอบด้วยโปรแกรม C-MOLD และวิเคราะห์ด้วย
ทฤษฎีเพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสม ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการ
ตัดสินใจคุณภาพชิ้นงานที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม

C-MOLD คือ การกระจายอุณหภูมิในชิ้นงานและการเกิดรอย
เชื่อมประสานในชิ้นงาน ซึ่ง
จากการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อ
ค่าพารามิเตอร์ในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก คือ ชนิดพลาสติก
ความหนาของชิ้นงาน และระยะทางการไหลที่ยาวที่สุดในชิ้นงาน

ผลของการวิจัย หลังจากที่ได้นำอัลกอริทึมที่ได้ไปพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการทดสอบผลโดยการทดลองฉีดจริง เปรียบเทียบคุณภาพของชิ้นงานและเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าอัลกอริทึมนี้สามารถช่วยลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกได้ โดยไม่สูญเสียเวลาในการทดลองแบบลองผิดลองถูก และเพิ่มเติมส่วนที่เป็นคำแนะนำในการแก้ปัญหาการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก เพื่อเป็นแนวทางสำหรับปรับและแก้ไขเมื่อฉีดชิ้นงานออกมาแล้วมีปัญหาหรือมีข้อบกพร่องในชิ้นงาน ทำให้ผู้ปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกที่มีประสบการณ์ทำงานไม่มากนัก สามารถฉีดชิ้นงานได้คุณภาพดี ลดเวลาและต้นทุนในการทดลองฉีด และช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทยให้มีคุณภาพสูงขึ้น

2.6.2 เรื่องการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ชิ้นส่วนตลับแบ่งด้วยระบบ CAD/CAE

(Design and Construction of Plastic Injection Mold of Powder Case Component with CAD/CAE System) นาย กิตติชัย เครืออินทร์ นายขจรเกียรติ นิสสิริ นายวินิจ คิตติจริง บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

ที่ปรึกษา รศ.เชาวลิต ถาวรสิน อาจารย์ พิระวัตร นันวงศ์ ปีการศึกษา 2554

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหลของพลาสติกสำหรับ

การคำนวณสภาวะของการฉีด ซึ่งสามารถช่วยลดเวลาในการ
ปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดได้

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า จากการทดลอง
เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ได้ใช้ฉีดจริงกับค่าพารามิเตอร์ที่ได้
จากการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกด้วยคอมพิวเตอร์ ได้ค่า
ความคลาดเคลื่อนดังนี้ อุณหภูมิในการฉีด 0.17 เปอร์เซ็นต์ ความ
ดันฉีดช่วงแรก 3.75 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์
ช่วงที่สอง 2.22 เปอร์เซ็นต์ และช่วงที่สาม 0 เปอร์เซ็นต์ ความดัน
ย่ำ 1.53 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ใช้
ในการฉีด 2.53 เปอร์เซ็นต์ และแรงปิดแม่พิมพ์ 15.29 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดสอบจากเครื่องฉีดพลาสติกรุ่น HXF 88
J5 พบว่าชิ้นงานมีความสมบูรณ์ เมื่อมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่
อุณหภูมิในการฉีด 230 องศาเซลเซียส ความดันฉีด 80 45 และ
28 บาร์ ความดันย่ำ 65 บาร์ แรงปิดแม่พิมพ์ 85 บาร์ และเวลาที่
ใช้ต่อวัฏจักรการทำงาน 37.1 วินาที
ส่วนขนาดของชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อนจากแบบในข้างต้น แต่
ยังอยู่ที่พิสัยความเผื่อที่กำหนดไว้ ± 0.2 มิลลิเมตร สามารถ
นำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี