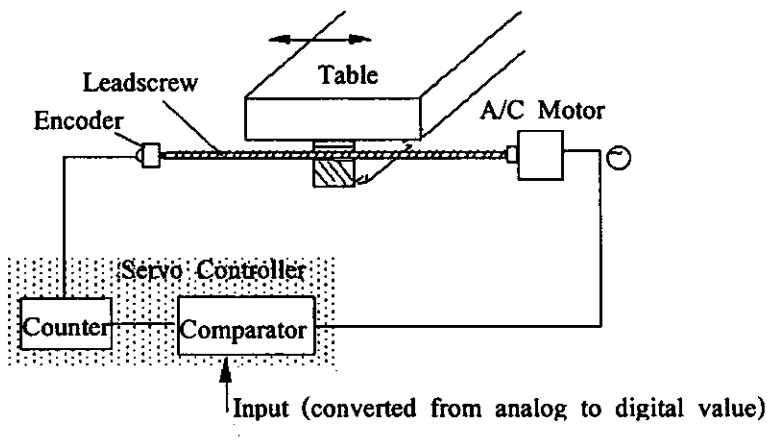
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบซีเอ็นซี (CNC Systems)

NC (numerical control) ได้ถูกประยุกต์ใช้ในแวดวงอุตสาหกรรมมาเป็นเวลานานมาแล้ว NC หมายถึงวิธีการควบคุมเครื่องจักรเชิงตัวเลข โดยขึ้นอยู่กับตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์พิเศษอื่นๆ ซึ่งประกอบกันและถูกเรียกว่า "โปรแกรม" โดยโปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้จะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อใช้ในการป้อนข้อมูลให้มอเตอร์ทำให้เกิดการขับเคลื่อนชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร โปรแกรมสำหรับควบคุมเครื่องจักร NC นี้ อาจถูกประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้มือควบคุมหรือการใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ในกรณีที่ใช้คอมพิวเตอร์จะถูกเรียกว่า "Computer-aided-programming" เครื่องจักร CNC เป็นเครื่อง NC ที่มีการเปลี่ยนรูปแบบการทำงานโดยอาศัยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย

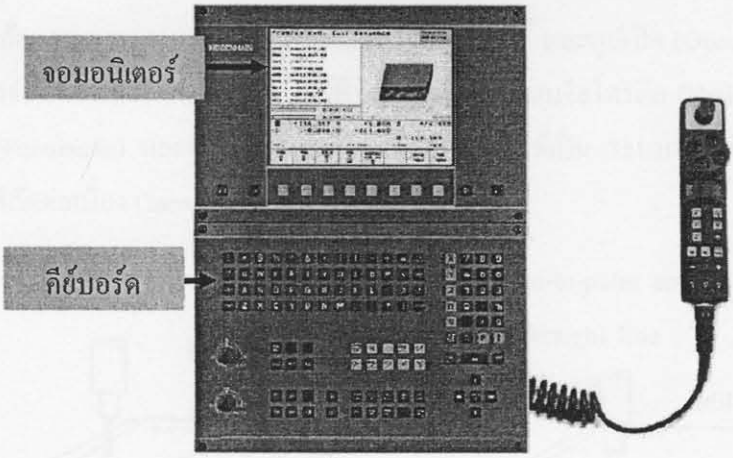
เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Computerize Numerical Control Machine; CNC machine) หมายถึงเครื่องจักรกลที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งรับคำสั่งเป็นโค้ดตัวเลขและตัวอักษร โดยได้รับการพัฒนามาจากระบบเอ็นซี เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นเครื่องจักรกลการผลิตที่เข้ามาทดแทนเครื่องจักรกลธรรมดาที่ใช้มนุษย์ควบคุมโดยเฉพาะงานที่มีความสลับซับซ้อน มีความเที่ยงตรงสูงและมีความรวดเร็วในการผลิต โดยทั่วไปการควบคุมเครื่องซีเอ็นซี นิยมใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ในการส่งกำลังขับเคลื่อนเครื่องจักรขนาดใหญ่ ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยระยะทางสั้น ๆ ต่อการสั่งงาน 1 ครั้ง ทำให้เครื่องจักรมีความเที่ยงตรงสูงตามหลักการที่เรียกว่า BLU (Basic Length Unit) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การใช้เซอร์โวมอเตอร์ควบคุมฮาร์ดแวร์

ที่มา : Mfg Engg & Tech , Kalpakjian

เครื่องซีเอ็นซี (CNC Machine) จะมีชุดควบคุมคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าใจตัวเลขและตัวอักษรหรือโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปและในขณะเดียวกัน จะใช้ชุดควบคุมคอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมเครื่องจักรจากคำสั่งหรือโค้ดในโปรแกรมที่ป้อนให้ การป้อนโปรแกรมดังกล่าวสามารถป้อนเข้าโดยใช้แป้นพิมพ์ (ดังแสดงในรูปที่ 2.2) สื่อบันทึกความจำ เช่น แผ่นดิสก์ เทปแม่เหล็ก และเทปกระดาษ และระบบสายสื่อสารเชื่อมโยงข้อมูล เช่น RS232 RS485 ระบบ LAN เป็นต้น



รูปที่ 2.2 การป้อนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี
ที่มา http://www.kmitnb.ac.th/nc and cnc machine/i1.pdf

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีองค์ประกอบ 3 ส่วนด้วยกันได้แก่

1. ชุดควบคุม ของเครื่องซีเอ็นซี เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม (Memory) และแก้ไขดัดแปลงโปรแกรมได้ คอมพิวเตอร์เข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำการควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานตามคำสั่งในโปรแกรมดังกล่าว โดยชุดควบคุมประกอบด้วยแผงควบคุม (Control panel) จอภาพ (Monitor) แป้นพิมพ์ (Keyboard หรือ Keypad) และปุ่มสวิตช์ควบคุมต่าง ๆ เช่น ความเร็วฟีด (Feed) และความเร็วสปินเดิล (Spindle) เป็นต้น

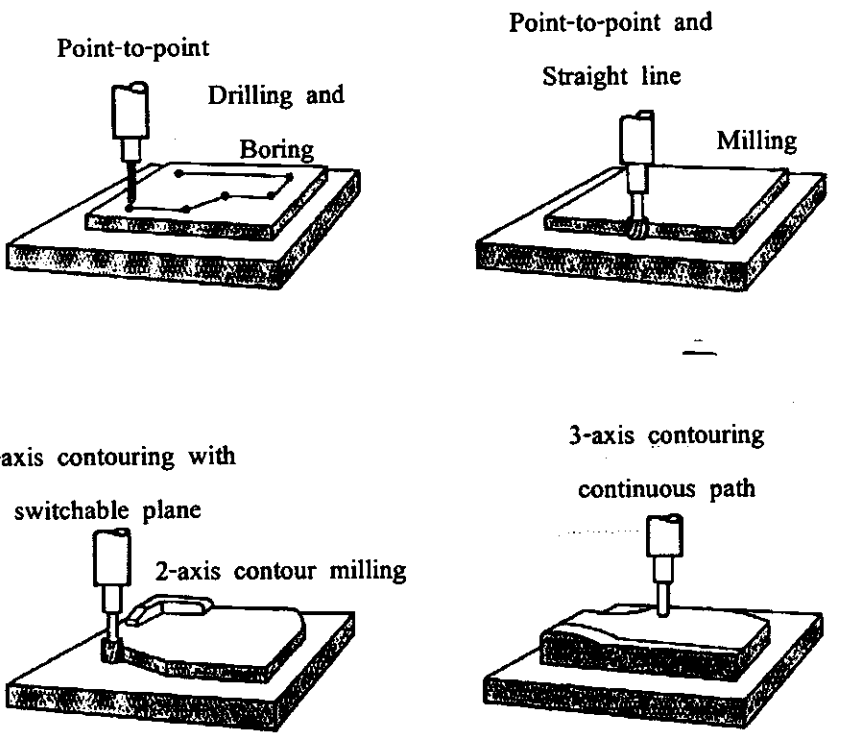
2. กลไกการเคลื่อนที่ ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (Feed motor) โดยทั่วไปใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ โดยมีบอลสกรู (Ball screw) ทำหน้าที่แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear motion) โดยตำแหน่งและระยะการเคลื่อนที่จะถูกควบคุมโดยการรับสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ยังมีรางนำเลื่อน (Guide way) รองรับการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ

3. ตัวเครื่องจักร คือโครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามประเภทของเครื่องจักรนั้น ๆ ตัวเครื่องจักรมีส่วนประกอบหลัก เช่น แท่นเครื่อง (Machine base)

โต๊ะจับยึดชิ้นงาน (Table-สำหรับงานกัด) ชุดสปินเดิล (Spindle) และมอเตอร์สปินเดิล (Spindle motor) เป็นต้น

2.1.1 การจำแนกประเภทของเครื่องซีเอ็นซี

เครื่องซีเอ็นซีสามารถจำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดได้ 2 ประเภทคือ แบบจุดต่อจุด (Point -to- Point) และแบบเส้นทางเดินต่อเนื่อง (Continuous path) ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งจำแนกตามลักษณะการควบคุมได้เป็น ลูปปิด (Closed-loop) และลูปเปิด (Open-loop) จำแนกตามระบบแหล่งจ่ายต้นกำลังได้เป็น ระบบไฟฟ้า (Electric) ระบบไฮโดรลิก (Hydraulic) และระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic) และจำแนกตามระบบพิกัดตำแหน่งได้เป็น ระบบพิกัดสัมบูรณ์ (Absolute) และระบบพิกัดต่อเนื่อง (Incremental)

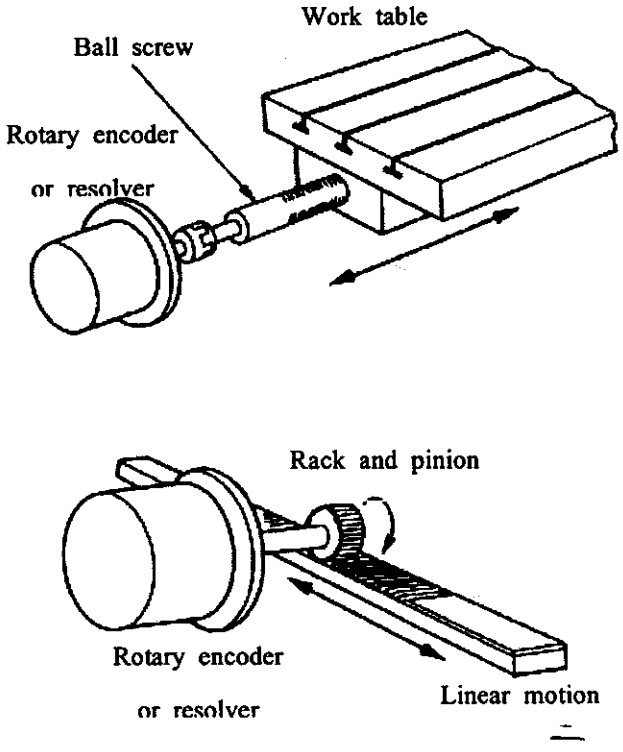


รูปที่ 2.3 ความแตกต่างของการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องซีเอ็นซี
ที่มา : Mfg Engg & Tech , Kalpakjian

2.1.2 พื้นฐานการควบคุมการเคลื่อนที่และการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเครื่องซีเอ็นซี

เครื่องซีเอ็นซีสมัยใหม่ส่วนใหญ่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ ในการขับเคลื่อนและควบคุมระบบเป็นแบบลูปปิด (Closed loop) ซึ่งมีเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบสัญญาณและ

ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน นอกจากนี้สัญญาณ Feedback ยังควบคุมความเร็วของการเคลื่อนที่อีกด้วย ดังรูปที่ 2.4



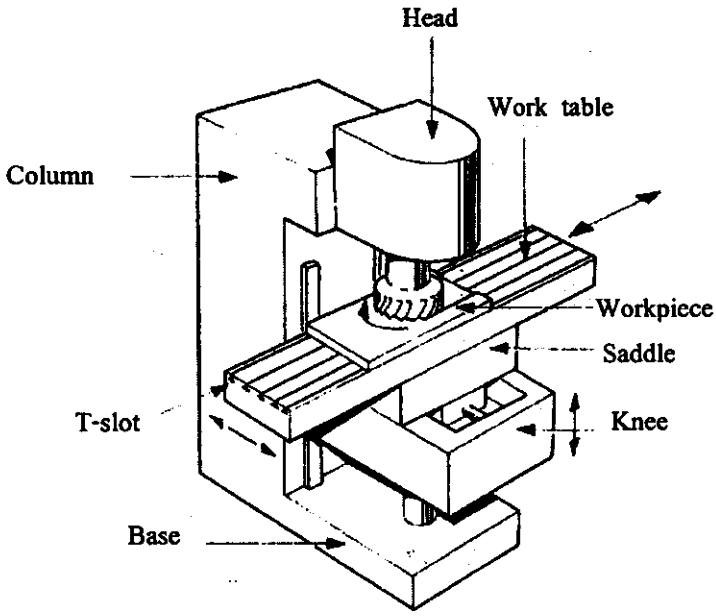
รูปที่ 2.4 ลักษณะการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์
ที่มา : Mfg Engg & Tech , Kalpakjian

2.2 เครื่องกัดระบบซีเอ็นซี (Machining center)

เครื่องกัดแบบดั้งเดิมมีการออกแบบโครงสร้างตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ลักษณะคือ เครื่องกัดแนวตั้ง (Vertical milling) และเครื่องกัดแนวนอน (Horizontal milling) โดยทั้งสองอาศัยหลักการทำงานให้เครื่องมือตัด (Cutting tool) หมุนตัดชิ้นงานในส่วนที่ไม่ต้องการออกให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ รูปที่ 2.5 และ 2.6 แสดงถึงความแตกต่างระหว่างเครื่องกัดแนวตั้งและเครื่องกัดแนวนอน โดยทั่วไปเครื่องกัดจะมีแนวแกนการเคลื่อนที่ 3 แนวแกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z

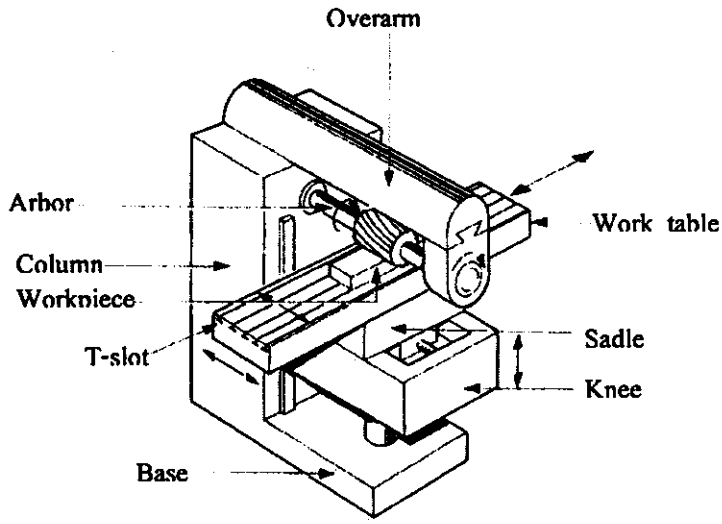
เครื่องกัดซีเอ็นซี (Milling machine) และเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Machining center) เครื่องจักรทั้งสองมีลักษณะการทำงานเหมือนกัน ต่างกันที่เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์มีอุปกรณ์เปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer หรือ ATC) ดังนั้นซีเอ็นซีแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์จึง

เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพราะไม่ต้องเสียเวลาหยุดสปินเดิลเพื่อเปลี่ยนทูล ทั้งเครื่องกัดซีเอ็นซี และแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ สามารถแยกตามแกนของการติดตั้งสปินเดิลได้เป็นแบบแนวตั้ง (Vertical) และแบบแนวนอน (Horizontal) ดังรูปที่ 2.7



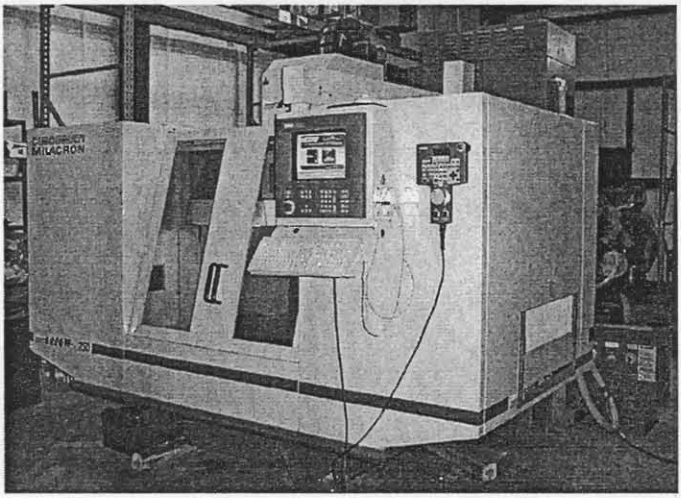
รูปที่ 2.5 เครื่องกัดแนวตั้ง

ที่มา : Mfg Engg & Tech , Kalpakjian



รูปที่ 2.6 เครื่องกัดแนวนอน

ที่มา : Mfg Engg & Tech , Kalpakjian

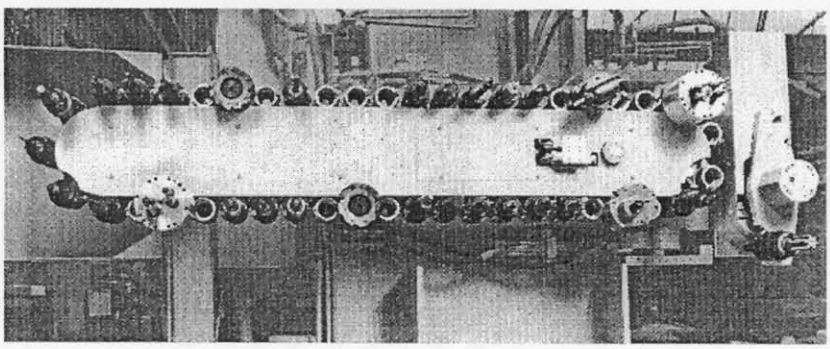


รูปที่ 2.7 เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบแนวตั้ง
ที่มา http//www.cincinnati.com/machining center/cincinnati_Arrow-750_1

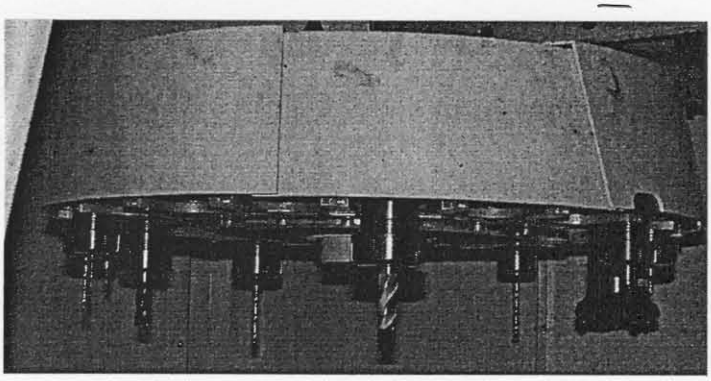
ส่วนประกอบหลักของเครื่องกัดแนวตั้งมีดังนี้

- **แท่นเครื่อง** (Machine base) เป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่องจักรสำหรับรองรับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง
- **หมอนรอง** (Saddle) เคลื่อนที่ได้ 1 แกนบนแท่นเครื่อง เช่น แกน X หรือแกน Y
- **โต๊ะงาน** (Table) สำหรับวางชิ้นงาน โดยทั่วไปโต๊ะงานจะเคลื่อนที่อยู่บนหมอนรอง มีร่องรูปตัวที (T-slot) ไว้สำหรับจับยึดชิ้นงานให้แนบติดกับโต๊ะ โดยระนาบของโต๊ะจะตั้งฉากกับระนาบของเสา
- **เสา** (Column) เป็นโครงสร้างหลักสำหรับติดตั้งชุดสปินเดิล เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์รุ่นใหม่นิยมสร้างแบบเสาคู่ (Double column) เพราะให้ความแม่นยำที่ดีกว่า
- **สปินเดิล** เป็นแกนเพลาหมุนสำหรับจับทูล โดยมีมอเตอร์สปินเดิลเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนผ่านชุดเฟืองหรือสายพาน หรือต่อตรงรวมเป็นชุดเดียวกัน
- **อุปกรณ์ขับเคลื่อน** ประกอบด้วยชุดฟีดมอเตอร์ ในปัจจุบันใช้เอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC servo motor) ขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ในแกน X , Y และ Z โดยมีบอลสกรู (Ball screw) และรางเลื่อน (Slide way) หรือรางนำทาง (Guide way) ควบคุมการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear motion) ของแกนนั้น ๆ สำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำสูงจะมีลิเนียร์สเกล (Linear scale) เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบการเคลื่อนที่ หรือเซ็นเซอร์บอกตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแต่ละแกน
- **อุปกรณ์การเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ** หรือ ATC ที่มีการติดตั้งในเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบแนวตั้ง (Vertical machining center หรือ VMC) และแบบแนวนอน (Horizontal

machining center) สามารถเก็บทูลจากที่เก็บทูล (Tool storage) หรือทูลแมคกาซีน (Tool magazine) ประเภทของ ATC สามารถแยกได้เป็นแบบโซ่ (Chain - type) (ดูรูปที่ 2.8) และแบบจานหมุน (Carousel - type) โดยแบบโซ่สามารถเก็บทูลได้มากกว่าแบบจานหมุน โดยทั้งสองแบบจะมีแขนจับทูล (Tool changing arm) ระหว่างที่เก็บทูลกับสปินเดิล หรือบางรุ่นอาจจะไม่ใช้แขนจับทูล (Armless) แต่ใช้วิธีการเลื่อนชุดจับทูลทั้งชุดมาที่ตำแหน่งของสปินเดิล (ดูรูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.8 ชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติแบบโซ่ (Chain - type)



รูปที่ 2.9 ชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติแบบ Armless type tool changer

2.3 หุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial robot) เป็นเครื่องจักรอเนกประสงค์ที่โปรแกรมได้ ซึ่งมีลักษณะสมบัติบางประการคล้ายมนุษย์ ส่วนที่คล้ายมนุษย์มากที่สุดของหุ่นยนต์ในยุคปัจจุบันคือ

แขนกล (Mechanical arm) ของหุ่นยนต์ซึ่งใช้ทำงานต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม ลักษณะสมบัติที่คล้ายมนุษย์น้อยที่สุดของหุ่นยนต์ก็คือ ความสามารถในด้านการตัดสินใจ การตอบสนองต่อข้อมูลที่เกี่ยวกับการรับรู้ และการสื่อสารกับเครื่องจักรชนิดอื่น เป็นต้น จากความสามารถเหล่านี้เองทำให้มนุษย์นำเอาหุ่นยนต์มาใช้งานอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง งานในอุตสาหกรรมที่ใช้หุ่นยนต์ทำได้แก่ งานเชื่อมจุด งานขนย้ายวัสดุ งานโหลดชิ้นงานเข้า / ออกจากเครื่องจักร งานพ่นสี และงานประกอบชิ้นส่วน

Robotics Industries Association (RIA) ได้นิยามหุ่นยนต์อุตสาหกรรมไว้ดังนี้คือ "อุปกรณ์สำหรับหยิบหรือยักย้ายที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้ และทำงานได้หลายหน้าที่ ซึ่งถูกออกแบบมาใช้งานเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายวัสดุ ชิ้นงาน เครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษ โดยการโปรแกรมแบบแผนของการเคลื่อนที่ลักษณะต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับงานที่ต้องการทำ" ดังนั้นถ้าพิจารณาจากคำนิยามที่กล่าวมานี้ เราจะพบว่าหุ่นยนต์ก็คือ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อัตโนมัติที่สามารถโปรแกรมได้นั่นเอง

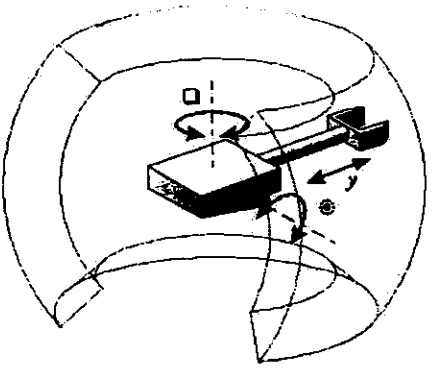
2.3.1 การจัดประเภทของหุ่นยนต์

ข้อต่อของหุ่นยนต์มีหน้าที่คล้ายกับข้อต่อที่อยู่ในตัวมนุษย์ กล่าวคือข้อต่อจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่สัมพันธ์ระหว่างส่วน 2 ส่วนของร่างกาย ข้อต่อแต่ละอันจะทำให้หุ่นยนต์มีระดับขั้นของความเสรี (Degree of Freedom หรือ D.O.F.) ของการเคลื่อนที่ขึ้น และในเกือบทุกกรณี 1 D.O.F. จะสัมพันธ์กับ 1 ข้อต่อเท่านั้น ในทางปฏิบัติหุ่นยนต์จะถูกแยกประเภทตามจำนวนของ D.O.F. ส่วนประกอบสองท่อนจะต่ออยู่กับข้อต่ออันหนึ่ง โดยที่ท่อนหนึ่งเป็นส่วนประสานขาเข้า (Input link) และอีกท่อนหนึ่งเป็นส่วนประสานขาออก (Output link) ซึ่งส่วนประสานดังกล่าวมีการควบคุมการเคลื่อนที่ที่สัมพันธ์กัน

ถ้ากำหนดให้มีข้อต่ออยู่ 5 ชนิด ที่สามารถนำมาใช้ประกอบเป็นหุ่นยนต์ได้ ดังนั้นจะมี 5*5*5* = 125 ชนิดของข้อต่อผสมที่เป็นไปได้สำหรับการประกอบแขน และลำตัวของหุ่นยนต์ที่มี 3 D.O.F. ซึ่งจำนวนนี้ยังไม่ได้รวมถึงความแตกต่างในด้านการออกแบบสำหรับข้อต่อแต่ละชนิด เช่น ขนาด พิสัยของการเคลื่อนที่ การจัดเรียงทิศทาง เป็นต้น หรือว่าลำตัวและแขนอาจจะมีข้อต่อมากกว่าหรือน้อยกว่า 3 ข้อต่อก็เป็นไปได้ แต่ในทางธุรกิจของหุ่นยนต์แล้ว รูปร่างของหุ่นยนต์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมมีอยู่เพียง 5 ลักษณะด้วยกันคือ

- Polar configuration

หุ่นยนต์แบบ Polar configuration ใช้สัญลักษณ์ TRL หมายถึงส่วนแขนของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไถลเลื่อนเป็นแนวเชิงเส้น (ข้อต่อ L) สัมพัทธ์กับส่วนลำตัว ลำตัวจะหมุนรอบแกนดิ่ง (ข้อต่อ T) และแกนระดับ (ข้อต่อ R) ดังแสดงในรูปที่ 2.10

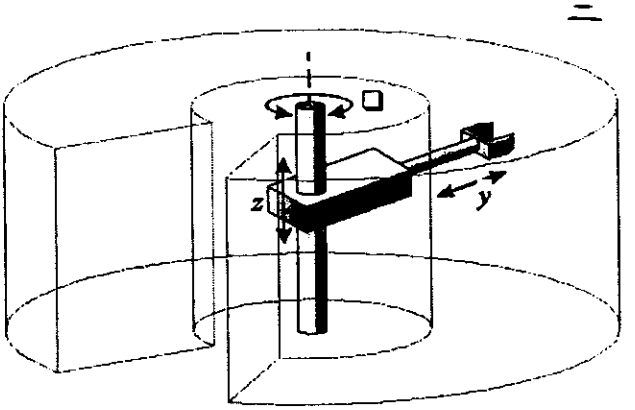


รูปที่ 2.10 หุ่นยนต์แบบ Polar

ที่มา http://www.anser.com/industrial robot/wikipedia/industrial-robot.html

- Cylindrical configuration

การจัดรูปร่างของหุ่นยนต์แบบ Cylindrical configuration ประกอบด้วยเสากลมวางในแกนตั้ง ส่วนของแขนสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้เมื่อเทียบกับเสานี้ และปลายแขนสามารถเคลื่อนที่เข้าออกเมื่อเทียบกับแกนของเสา ดังแสดงในรูปที่ 2.11 หุ่นยนต์ลักษณะนี้สามารถที่จะสร้างได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น TLO และ LVL เป็นต้น



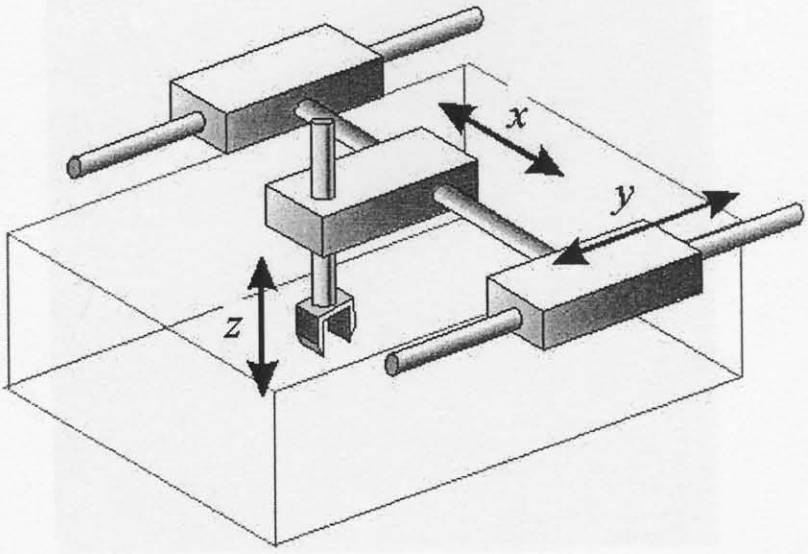
รูปที่ 2.11 หุ่นยนต์แบบ Cylindrical

ที่มา http://www.anser.com/industrial robot/wikipedia/industrial-robot.html

- Cartesian coordinate robot

บางครั้งหุ่นยนต์ลักษณะเช่นนี้ถูกเรียกว่า Rectilinear robot หรือ x – y –z Robot ดังรูปที่ 2.12 หุ่นยนต์ลักษณะนี้ประกอบด้วยข้อต่อแบบไถลเลื่อน 3 ข้อต่อโดยที่ข้อต่ออันหนึ่งเป็นแบบ L

และข้อต่อ 2 ข้อต่อที่เหลือเป็นแบบ O ตัวอย่างของสัญลักษณ์ของหุ่นยนต์ลักษณะนี้คือ LOO และ OLO เป็นต้น



รูปที่ 2.12 หุ่นยนต์แบบ Cartesian
ที่มา http://www.anser.com/industrial robot/wikipedia/industrial-robot.html

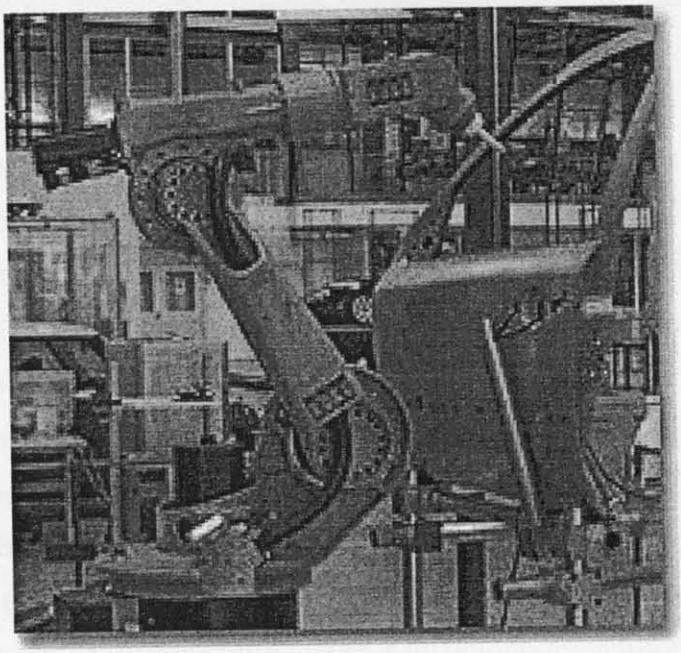
- Articulated robot

หุ่นยนต์แบบ Articulated robot มีโครงร่างคล้ายกับแขนของมนุษย์ กล่าวคือ แขนของหุ่นยนต์จะมีข้อต่อบ่า (Shoulder joint) และข้อต่อข้อศอก (Elbow joint) และแขนของหุ่นยนต์นี้สามารถที่จะแกว่งรอบฐานได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ลักษณะของโครงร่างที่เป็นไปได้ของหุ่นยนต์ลักษณะนี้คือ TRR และ VVR เป็นต้น

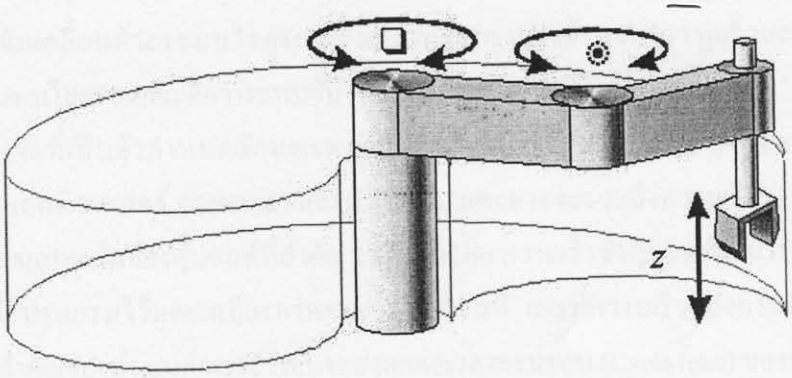
- SCARA

คำว่า SCARA ย่อมาจาก Selective Compliance Assembly Robot Arm โครงร่างของหุ่นยนต์แบบ SCARA นี้จะคล้ายกับหุ่นยนต์แบบ Jointed – Arm แตกต่างกันที่แกนหมุนของไหล่และข้อศอกจะอยู่ในแนวดิ่ง ดังรูปที่ 2.14 ซึ่งหมายความว่าเราสามารถสร้างแขนของหุ่นยนต์ลักษณะนี้ให้มั่นคงแข็งแรงในแนวดิ่ง แต่ยอมให้มีการหมุนหรือเคลื่อนที่แบบยืดหยุ่นได้ในแนวระดับซึ่งทำให้หุ่นยนต์ทำงานเกี่ยวกับการใส่ของเข้าไปในที่ว่างในสายงานประกอบ ในทิศ ทางที่อยู่ในแนวดิ่งได้เป็นอย่างดี โดยที่อาจจะต้องมีการปรับแต่งในแนวระดับหรือเคลื่อนที่ทางด้านข้างเล็กน้อยเพื่อให้ชิ้นงานที่จะสอดใส่กับช่องว่างที่มีอยู่สวมตรงกันพอดี ตัวอย่างของสัญลักษณ์ของหุ่นยนต์แบบ SCARA คือ VRO

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร



รูปที่ 2.13 หุ่นยนต์แบบ Articulated
ที่มา http://kuka.com/robot1



รูปที่ 2.14 หุ่นยนต์แบบ SCARA
ที่มา http://www.anser.com/industrial robot/wikipedia/industrial-robot.html

หุ่นยนต์แบบ SCARA เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะคือ หุ่นยนต์แบบนี้ไม่ต้องมีข้อมือแยกออกมาต่างหาก ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นว่าหุ่นยนต์ชนิดนี้ถูกใช้ในงานประกอบที่เกี่ยวกับการสอดใส่ชิ้นงานในตำแหน่งที่กำหนด และการสอดใส่นี้จะทำจากด้านบนลงมา ดังนั้นความต้องการในด้านของการจัดเรียงทิศทางของข้อมือจะมีน้อยมาก ซึ่งหมายความว่าข้อมืออาจจะเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็นสำหรับหุ่นยนต์ชนิดนี้เลย แต่ทว่าการจัดเรียงทิศทางของวัตถุที่จะสอดแทรกลง

ไปในแนวดิ่งบางครั้งอาจจะเป็นสิ่งจำเป็น และดังนั้นข้อต่อแบบหมุนจะต้องใส่เติมเข้าไปเพื่อทำงานนี้ ซึ่งเราจะพบว่าสัญลักษณ์ของหุ่นยนต์ SCARA แบบนี้อาจจะเป็น VROT

2.3.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์

กิจกรรมของข้อต่อแต่ละอันจะต้องถูกควบคุมเพื่อว่าหุ่นยนต์จะได้เคลื่อนที่หรือทำงานตามที่เราต้องการ ข้อต่อจะเคลื่อนที่โดยแอกทิวเอเตอร์ (Actuator) ซึ่งมีระบบขับเคลื่อนเป็นตัวส่งกำลังให้ระบบขับเคลื่อนที่ใช้กับหุ่นยนต์คือ ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนไฮดรอลิก และระบบขับเคลื่อนนิวเมติกส์ ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเอกทิวเอเตอร์ให้แก่ข้อต่อ ตัวอย่างเช่น เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง และสเตปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเดียวกันกับที่ใช้ในเครื่องจักรกลเอ็นซี ระบบขับเคลื่อนนิวเมติกส์และไฮดรอกลิกใช้อุปกรณ์ เช่น Piston actuator หรือ Rotary vane actuator เป็นตัวทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของข้อต่อ

ระบบขับเคลื่อนนิวเมติกส์โดยมากแล้วจะใช้กับหุ่นยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งทำงานประเภทขนส่งวัสดุแบบง่าย ๆ ส่วนระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าและไฮดรอลิกใช้กันมากในหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่มีการทำงานซับซ้อนมากกว่าระบบขับเคลื่อนนิวเมติกส์ ถ้าเปรียบเทียบกันแล้วหุ่นยนต์ที่ผลิตขึ้นมาขายในปัจจุบันจะใช้ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเป็นส่วนมากทั้งนี้เนื่องจากว่าระบบขับเคลื่อนแบบนี้ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กับตัวควบคุมหุ่นยนต์ในปัจจุบันพร้อมที่จะต่อเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจะมีความแม่นตรงในการทำงานมากกว่าหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิก แต่ถ้าพิจารณาทางด้านของความเร็วและกำลัง ระบบขับเคลื่อนแบบไฮดรอลิกจะดีกว่าระบบอื่น ๆ

ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดลักษณะผลตอบพลวัตของหุ่นยนต์ประกอบด้วยชนิดของระบบขับเคลื่อนแอกทิวเอเตอร์ (Actuator) และตำแหน่ง (และอาจจะรวมถึงความเร็ว) ของเซนเซอร์ ลักษณะผลตอบพลวัตของหุ่นยนต์ที่สำคัญ 2 ประการคือ ความเร็วซึ่งหุ่นยนต์สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปยังจุดที่โปรแกรมไว้และเสถียรภาพของการเคลื่อนที่ การที่ความเร็วของการตอบสนองเป็นลักษณะที่สำคัญของหุ่นยนต์เพราะว่ามันจะส่งผลต่อเวลาครบรอบ (Cycle time) ของหุ่นยนต์ ซึ่งค่านี้จะเป็นตัวกำหนดอัตราการผลิตที่เกี่ยวกับการใช้งานหุ่นยนต์ สำหรับเสถียรภาพของหุ่นยนต์หมายถึง จำนวนของระดับหรือปริมาณที่เกินไป (Overshoot) หรือการสั่น (Oscillation) ที่เกิดขึ้นในขณะที่หุ่นยนต์พยายามที่จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ยิ่งมีการสั่นในขณะเคลื่อนที่มากขึ้นก็ยิ่งแสดงให้เห็นถึงความมีเสถียรภาพที่น้อยลง ดังนั้นความจริงก็คือว่าหุ่นยนต์ที่มีเสถียรภาพสูงก็ย่อมต้องมีการตอบสนองช้า

ฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมหุ่นยนต์ในปัจจุบันส่วนมากแล้วจะใช้ตัวควบคุม (Controller) ที่มีส่วนประกอบของไมโครโพรเซสเซอร์ โครงสร้างของตัวควบคุมจะถูกออกแบบให้เป็นลำดับชั้น เพื่อว่าข้อต่อของแต่ละอันจะได้มีระบบควบคุมป้อนกลับเป็นของตนเอง และตัวควบคุมที่มี

หน้าที่กำกับดูแล (Supervisory controller) จะทำหน้าที่คอยประสานการทำงานโดยรวมของข้อต่อทั้งหมด และจัดลำดับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้เป็นไปตามลำดับที่กำหนดไว้ในโปรแกรม

ความเร็วของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง ในการคำนวณรอบเวลา (Cycle time) ของการทำงาน ความเร็วสูงสุดของหุ่นยนต์ขนาดใหญ่อาจจะสูงถึง 2 เมตร/วินาที เราสามารถโปรแกรมค่าของความเร็วที่เกิดขึ้นในรอบเวลาของการทำงานได้เพื่อว่าหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ในความเร็วที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละส่วนของรอบเวลาที่ต่างกัน แต่ในบางครั้งสิ่งที่สำคัญกว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ก็คือความสามารถในการเร่งหรือหน่วงในขณะเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการ ทั้งนี้เนื่องจากว่าการเคลื่อนที่ส่วนมากของหุ่นยนต์จะเกิดขึ้นภายในพื้นที่ทำงานที่ค่อนข้างจำกัด ซึ่งทำให้หุ่นยนต์อาจจะเร่งความเร็วไปไม่ถึงค่าความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่เลยก็ได้ และดังนั้นในกรณีเช่นนี้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเกี่ยวข้องกับการเร่งและการหน่วงมากว่าการเคลื่อนที่แบบความเร็วคงที่

ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความเร็วของรอบการเคลื่อนที่ก็คือ น้ำหนัก (มวล) ของวัตถุซึ่งหุ่นยนต์จะต้องเคลื่อนที่ เพื่อจะนำวัตถุชนิดนี้ไปยังจุดหมายที่กำหนดให้ ด้วยความแม่นยำ ความสามารถในการยกโหลดนี้ขึ้นอยู่กับขนาดทางกายภาพและโครงสร้างของหุ่นยนต์ นอกจากนั้นแล้วยังขึ้นกับแรงและกำลังที่ส่งผ่านไปยังปลายข้อมือของหุ่นยนต์อีกด้วย ค่าของโหลดที่หุ่นยนต์สามารถยกได้มีค่าระหว่าง 1 ปอนด์ จนถึง 2,000 ปอนด์ สำหรับหุ่นยนต์ขนาดกลางที่ออกแบบมาสำหรับใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีความสามารถในการยกน้ำหนักประมาณ 25 ปอนด์ จนถึง 100 ปอนด์

2.3.3 การใช้งานหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม

ในปัจจุบันนี้หุ่นยนต์ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม โดยที่การนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาใช้งานนั้นเริ่มต้นครั้งแรกประมาณ ปี ค.ศ.1961 ซึ่งในตอนนั้นหุ่นยนต์ถูกนำมาใช้เพื่อนำชิ้นงานที่หล่อเสร็จแล้วออกจากเครื่องหล่อดายแบบโลหะ (Die casting machine) ทั้งนี้เพราะว่าสภาวะแวดล้อมในบริเวณเครื่องหล่อโลหะนั้นไม่เป็นสิ่งที่พึงปรารถนาของมนุษย์เนื่องจากความร้อนและไอระเหยที่ปล่อยออกมาจากเครื่องหล่อโลหะ ดังนั้นการนำหุ่นยนต์มาใช้แทนที่มนุษย์ในงานสภาวะแวดล้อมเช่นนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ

สภาวะการทำงาน เป็นเงื่อนไขที่สำคัญประการหนึ่งในการพิจารณาเอาหุ่นยนต์มาใช้งาน ลักษณะของงานทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลให้มีการทดแทนมนุษย์ด้วยหุ่นยนต์มีดังต่อไปนี้

1. สภาพการทำงานที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

ถ้าสภาพการทำงานมีลักษณะที่ไม่ปลอดภัย ส่งผลร้ายต่อสุขภาพ เต็มไปด้วยอันตรายก่อให้เกิดความรำคาญ หรือเป็นที่ไม่พึงปรารถนาต่อมนุษย์แล้ว เราควรจะพิจารณาการทดแทนการทำงานของมนุษย์ด้วยหุ่นยนต์ นอกเหนือจากตัวอย่างของการหล่อดายแบบโลหะที่กล่าวมาข้างต้น

แล้ว งานดังต่อไปนี้ถูกจัดรวมไว้เป็นงานที่ก่อให้เกิดสภาพการทำงานที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ด้วย เช่น งานหลอมหรือตีโลหะ งานพ่นสี งานเชื่อมไฟฟ้า งานเชื่อมจุด เป็นต้น

2. งานที่มีรอบงานซ้ำ

ถ้าลำดับของการทำงานในรอบงานแต่ละรอบ มีลักษณะที่เหมือนกันและมีการเคลื่อนที่แบบง่าย ๆ แล้วหุ่นยนต์จะมีความสามารถในการทำงานประเภทนี้ได้ดีกว่ามนุษย์กล่าว คือ หุ่นยนต์จะสามารถทำงานได้อย่างคงเส้นคงวาจะมีความสามารถในการทำซ้ำได้ดีกว่ามนุษย์ ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้เป็นสิ่งที่เราต้องการโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคุณภาพสูง

3. งานที่ก่อให้เกิดความลำบากในการขนย้าย

ถ้างานเกี่ยวข้องกับการขนย้ายชิ้นงาน หรือเครื่องมือที่มีน้ำหนักมากหรือยากในการขนย้ายแล้ว เราควรจะพิจารณานำเอาหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาใช้เนื่องจากว่าชิ้นงานหรือเครื่องมือที่มีน้ำหนักมากเกินกว่ามนุษย์จะขนย้ายไหวนั้น โดยมากแล้วจะอยู่ภายใต้ความสามารถในการยกโหลดของหุ่นยนต์ขนาดใหญ่

4. งานในกะบ่ายและดึก

การทำงานในบางบริษัทต้องทำทั้งกะบ่ายและดึก ซึ่งส่วนมากแล้วเป็นที่ไม่พึงปรารถนาของมนุษย์ การทดแทนมนุษย์ด้วยหุ่นยนต์อาจจะเป็นวิธีการที่ก่อให้เกิดผลตอบแทนทางด้านการเงินที่ดีกว่า ทั้งนี้เพราะหุ่นยนต์หนึ่งตัวอาจจะใช้แทนการทำงานของมนุษย์ได้ถึงสองหรือสามคน และยังมีผลงานที่คงเส้นคงวามากกว่าโดยเฉพาะในกะดึก

5. งานที่มีการเปลี่ยนการจัดตั้งเครื่องจักรไม่บ่อย

การทำงานแบบเป็นรุ่นหรือแบบตามงานส่วนมากต้องมีการเปลี่ยนการจัดตั้งเครื่องจักรใหม่ก่อนที่จะผลิตชิ้นงานชิ้นต่อไป เวลาที่ใช้ในการจัดตั้งเครื่องนี้เป็นเวลาสูญเสียที่เปล่าประโยชน์ เพราะว่าในระหว่างนั้นเราไม่สามารถทำการผลิตชิ้นงานได้ ในงานที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์แล้วนอกจากเราจะต้องเปลี่ยนการจัดตั้งเครื่องจักรใหม่แล้ว เรายังต้องเสียเวลาในการป้อนโปรแกรมใหม่ให้แก่หุ่นยนต์อีกด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการเพิ่มเวลาสูญเสียขึ้นอีก ดังนั้นงานที่มีการเปลี่ยนการจัดตั้งเครื่องบ่อย ๆ จึงเป็นงานที่ไม่เหมาะสมต่อการนำเอาหุ่นยนต์เข้ามาใช้

6. การวางตำแหน่งและทิศทางของชิ้นงานมีการกำหนดไว้อย่างแน่นอน

หุ่นยนต์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันนี้ส่วนมากแล้วจะทำงานโดยปราศจากระบบวิชัน ดังนั้นความสามารถในการหยิบจับชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับว่าตำแหน่งและทิศทางการวางตัวของชิ้นงานนั้นได้ถูกกำหนดให้ไว้เป็นอย่างดีแล้วหรือไม่ ดังนั้นเราจะต้องหาวิธีการในการที่จะวางชิ้นงานที่เหมาะสมเพื่อให้หุ่นยนต์รับทราบ

2.4 ระบบการผลิตอัตโนมัติ (Process Automation Control Systems)

ระบบการผลิตอัตโนมัติ เป็นระบบที่นำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมการทำงานของเครื่องจักร รวมถึงระบบการขนถ่ายวัสดุในการผลิต โดยมีเซนเซอร์ทำหน้าที่ตรวจเช็คสถานการณ์ทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัว และตอบโต้กับคอมพิวเตอร์ควบคุม ระบบการผลิตแบบอัตโนมัตินี้นิยมใช้กับระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง มีการผลิตจำนวนมาก จุดเริ่มต้นของการผลิตอัตโนมัติเกิดจากความต้องการที่จะลดค่าใช้จ่ายของคนงานในการผลิต เนื่องจากเป็นการลงทุนครั้งเดียวความต้องการในการควบคุมคุณภาพของชิ้นงาน โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาความชำนาญของคนหรือ การผลิตที่ต้องการความปลอดภัย สำหรับโรงงานที่มีสภาพการทำงานที่เสี่ยงภัยสูง เป็นต้น

การออกแบบผลิตภัณฑ์ในระบบการผลิตอัตโนมัติ ผู้ทำการออกแบบต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบและระบบการผลิต เนื่องจากทั้งระบบมีความเชื่อมโยงข้อมูลจากคอมพิวเตอร์กลาง หากเกิดความผิดพลาดตั้งแต่การออกแบบจะทำให้เกิดความเสียหายสูง และยากแก่การนำมาแก้ไขใหม่ ดังนั้น ระบบการผลิตอัตโนมัติต้องมีการวางแผนอย่างรัดกุมก่อนที่จะทำการผลิต

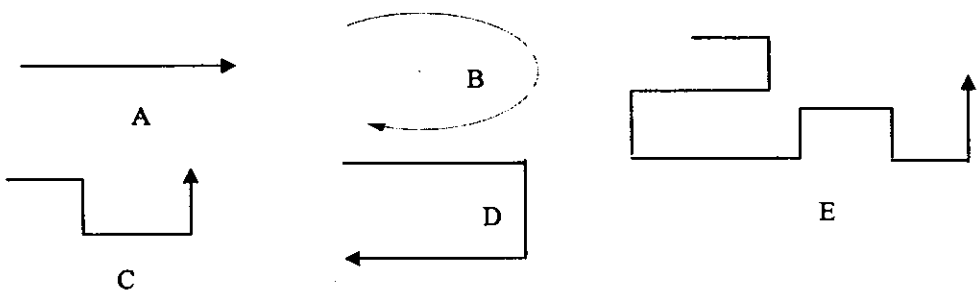
2.4.1 เซลล์การผลิต (Production Cells)

โดยทั่วไปโรงงานมักจะมีสถานีการทำงานมากกว่า 1 สถานีการทำงานเช่น สถานีงานกลึง งานกัด งานเจียระไน งานประกอบ เป็นต้น ซึ่งสถานีการทำงานดังกล่าวแม้จะทำงานต่างหน้าที่กันแต่ต่างก็มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เนื่องจากงานหนึ่งชิ้นอาจต้องใช้การผลิตหลายขั้นตอน โรงงานที่มีการผลิตจำนวนมาก ๆ จึงรวมเอาสถานีการทำงานหลาย ๆ สถานีมาเป็นสถานีการทำงานเดียวกัน เรียกว่า เซลล์การผลิต (Production cell) สำหรับโรงงานที่มีลักษณะการทำงานรูปแบบอู่ (Garage style) ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่และรูปแบบการทำงานที่หลากหลาย การเชื่อมต่อระหว่างสถานีจะใช้ระบบสายพานลำเลียง (Conveyor) ถ้าเป็นการผลิตชิ้นส่วนที่มีความแน่นอนหรือผลิตชิ้นส่วนแค่ชนิดเดียว เซลล์การผลิตจะถูกออกแบบให้เป็นเส้นทางการขนส่งแบบอัตโนมัติ (Automated transfer line) เซลล์การผลิตลักษณะนี้จะเหมาะสำหรับการออกแบบชิ้นงานที่ไม่ซับซ้อนและจำนวนน้อยชิ้น ระยะทางในการลำเลียงสั้น และมีการผลิตและจัดเก็บที่ไม่ยุ่งยาก

การผลิตที่ไม่เหมือนรูปแบบอู่ มีการนำเอาเทคโนโลยีขั้นสูงเข้ามาใช้ในเซลล์การผลิต เครื่องซีเอ็นซี (CNC machine) ต่างถูกป้อนชิ้นงานด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ซึ่งถูกควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ต่อโดยตรงกับเครื่องจักร และมีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง มีคนงานควบคุมการทำงานตลอดทั้งวัน ในตอนกลางวันคนงานจะทำการเขียนโปรแกรมวางแผนการทำงาน และจัดการงานที่ไม่เป็นเซลล์การผลิต เช่น การอบชุบ ประกอบชิ้นส่วนบนพาเลท เคลื่อนย้ายพาเลท ทำความสะอาดและเก็บเศษโลหะ เป็นต้น

เมื่อถึงขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรในเซลล์การผลิต หุ่นยนต์จะทำงานเปรียบเสมือนแม่บ้าน ทำหน้าที่เก็บเศษโลหะ จัดเตรียมเครื่องมือตรวจสอบและเปลี่ยนเครื่องมือตัดเมื่อมีการสึกหรอ นอกเหนือจากงานแม่บ้าน เมื่อเกิดการแตกหักของเครื่องมือตัดในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงาน หุ่นยนต์จะทำหน้าที่สั่งการให้เครื่องหยุดเพื่อเปลี่ยนใหม่และสั่งให้ทำงานต่อโดยไม่เกิดการติดขัด

รูปแบบเซลล์ (Cell layout) ในเซลล์ที่มีการสั่งงานมากกว่าหนึ่งเครื่องหรือหนึ่งหน่วยการทำงาน เซลล์จะต้องมีการออกแบบและวางแผนรูปแบบเซลล์ เหมือนกับการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิต



รูปที่ 2.15 พื้นฐานการออกแบบเซลล์ : (A) แบบเส้นตรง (B) แบบวงกลม (C) แบบตัว S (D) แบบตัว U และ (E) แบบสุ่ม (Random angle)

จากรูปที่ 2.15 เป็นพื้นฐานการออกแบบเส้นทางการไหลของเซลล์การผลิตที่มีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกัน คือ แบบเส้นตรง แบบวงกลม รูปตัว S รูปตัว U และแบบสุ่ม (Random angle) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่างและลักษณะของสิ่งปลูกสร้างของโรงงานนั้น

สำหรับงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการสร้างเซลล์การผลิต ซึ่งในเซลล์ประกอบด้วยเครื่องจักร 2 เครื่องคือ เครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ที่สามารถทำงานสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง เป็นระบบอัตโนมัติที่มีรูปแบบเซลล์เป็นลักษณะวงกลม

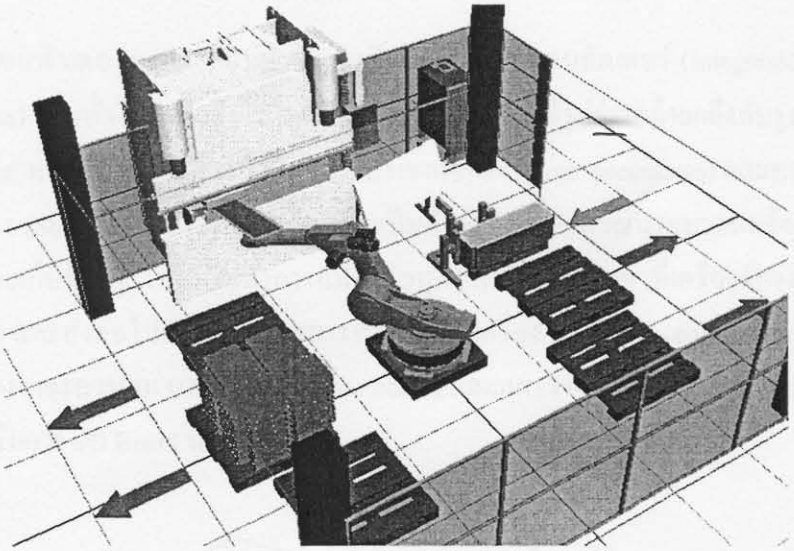
2.4.2 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing)

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น เรียกสั้น ๆ ว่าระบบ FMS จัดเป็นส่วนแยกย่อยของสถานีการทำงาน (Workstations) เซลล์การผลิต (Cells) เซลล์การแปรรูป (Machining cells) และระบบหุ่นยนต์ซึ่งถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ชิ้นงานจะถูกจับยึดบนพาเลท (Pallets) ซึ่งลำเลียงด้วยสลิง (Towlines) สายพาน (Conveyors) หรือโซ่ลำเลียง (Drag chains) โดยไม่ต้องอาศัยคนเข้าไปเกี่ยวข้องคือ ระบบ FMS เมื่อมีการเปลี่ยนงานผลิตใหม่คอมพิวเตอร์จะถูกเขียนโปรแกรมการ

ทำงานใหม่ตามรูปแบบของงานใหม่นั้น ๆ ดังรูปที่ 2.16 ซึ่งเป็นการแสดงภาพจำลองของ FMS ในงานตัดพับโลหะแผ่น

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นระบบการผลิตอัตโนมัติ มีลักษณะใกล้เคียงกับระบบเซลล์การผลิต เหมาะกับการผลิตชิ้นงานจำนวนไม่มากนัก มีรูปร่างค่อนข้างหลากหลายและมีคอมพิวเตอร์เป็นศูนย์กลางการควบคุม สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ โดยระบบ FMS มีองค์ประกอบหลัก ดังนี้

1. เครื่องซีเอ็นซีที่มีระบบการเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติ (Automated tool interchange)
2. ระบบการขนถ่ายวัสดุแบบอัตโนมัติ (Automated material handling system) ที่ลำเลียงชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรกับสถานีการจับยึด (Fixturing stations)
3. ส่วนประกอบทั้งหมด (เครื่องจักร การขนถ่ายวัสดุ การเปลี่ยนเครื่องมือ) อยู่ภายใต้การควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
4. มีอุปกรณ์ เช่น เครื่องมือวัดพิกัดตำแหน่ง (Coordinate measuring machine) และการทำความสะอาดชิ้นงาน (Part washing devices)

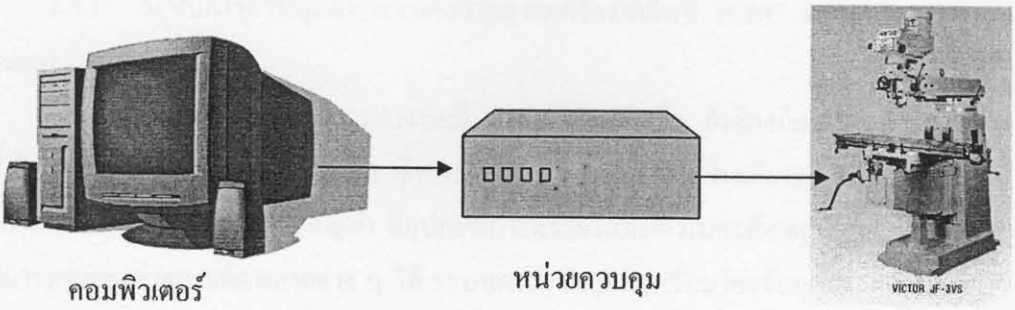


รูปที่ 2.16 ภาพจำลอง FMS การตัดพับโลหะแผ่น

2.5 ระบบและอุปกรณ์การเชื่อมต่อสัญญาณ (Interface)

ในระบบการผลิตที่มีเครื่องจักรกลอัตโนมัติ หรือระบบการผลิตที่เป็นแบบอัตโนมัติ จะประกอบด้วยหน่วยควบคุมเชิงกลหรือเครื่องจักร หน่วยควบคุมทางไฟฟ้าและหน่วยประมวลผล

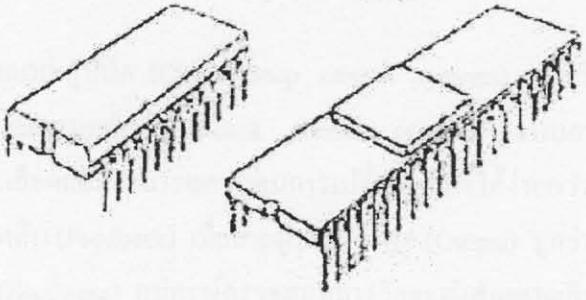
กลางหรือคอมพิวเตอร์ ที่ถูกนำมาสร้างติดตั้งให้ทุกส่วนทำงานร่วมกันอย่างมีระบบ ตามแต่ลักษณะการทำงานของการผลิตนั้น ๆ แต่การที่จะทำให้องค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านั้นทำงานได้อย่างสัมพันธ์กันต้องอาศัยระบบการเชื่อมต่อสัญญาณ (Interface) เป็นตัวแปรภาษาให้ทุกชิ้นส่วนสามารถตอบโต้กันอย่างเข้าใจ (ดูรูปที่ 2.17)



คอมพิวเตอร์ หน่วยควบคุม เครื่องจักรกล

รูปที่ 2.17 การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องจักรกล

ภายในคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยวงจรอินทิเกรทเซมิคอนดัคเตอร์ (Integrated semi conductor circuits) โดยทั่วไปหมายถึงไมโครชิพส์ (Microchips) ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับรูปที่ 2.18 ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ หน่วยประมวลผลหรือไมโครโปรเซสเซอร์ (Micro processors) และหน่วยเก็บข้อมูลหรือสโตเรจ (Storage) ไมโครโปรเซสเซอร์จะเป็นตัวอ่านและคำนวณประมวลผลข้อมูลที่ถูกบรรจุอยู่ในหน่วยเก็บข้อมูล เพื่อที่จะทำการแปลงข้อมูลดังกล่าวเป็นภาษาที่เครื่องจักรสามารถเข้าใจได้ (Logic) และส่งต่อไปยังชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง (Machine control units) ซึ่งประกอบด้วยแผงวงจรควบคุม (Control circuit board) และแผงวงจรอินพุท (Input) - เอาท์พุท (Output) หรือที่เรียกว่า I/O Board นั่นเอง



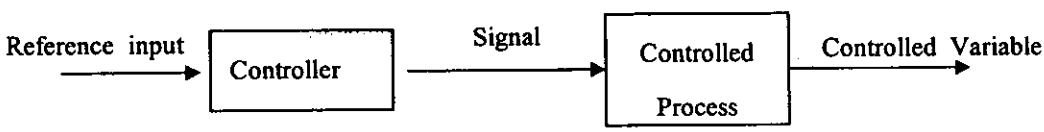
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างไมโครชิพส์ หรือ ไอซี

สำหรับเครื่องซีเอ็นซี คอมพิวเตอร์ไม่สามารถควบคุมการทำงานได้โดยตรง กระทำได้เพียงแต่ป้อนข้อมูลผ่านคีบอร์ด (Keyboard) เพื่อเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) คำนวณและประมวลผลข้อมูล แล้วส่งต่อไปยังหน่วยควบคุมการทำงานของเครื่อง (I/O board) เพื่อให้ I/O Board ทำหน้าที่จ่ายพลังงาน (Power) ให้หน่วยควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ (Servo drive) ในการขับเคลื่อนแกนต่าง ๆ ของเครื่องซีเอ็นซีให้ไปตามพิกัดที่ต้องการ

2.5.1 ระบบการควบคุมการเชื่อมต่อสัญญาณเครื่องซีเอ็นซี (CNC Interface Control Systems)

เครื่องซีเอ็นซีนอกจากจะมีการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติแล้ว ยังต้องมีความสามารถในการทำซ้ำได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำอีกด้วย ซึ่งการให้ได้มาซึ่งการทำซ้ำอย่างเที่ยงตรงนั้น เครื่องจักรจะต้องมีความแข็งแกร่งทางกล (Rigid) มีอุปกรณ์การตรวจวัดที่มีความละเอียดสูง และมีโปรแกรมที่สามารถชดเชยค่าความผิดพลาดต่าง ๆ ได้ ระบบการควบคุมการเชื่อมโยงข้อมูลของเครื่องซีเอ็นซีมี 2 ระบบคือ การควบคุมแบบลูปเปิด (Open - loop) และการควบคุมแบบลูปปิด (Closed - loop)

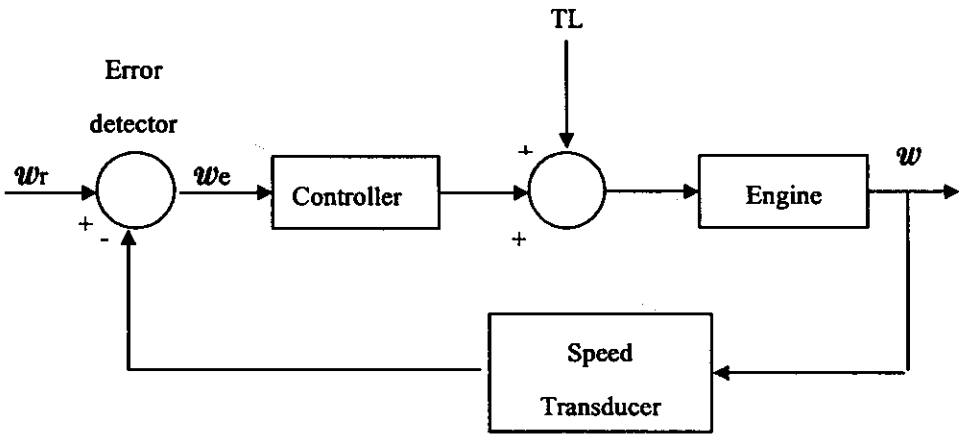
1. การควบคุมแบบลูปเปิด (Open - loop control systems) หรือเรียกอีกอย่างว่าลูปที่ไม่ต้องการสัญญาณตอบกลับ (Non feedback systems) สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการควบคุม (Controller) และส่วนควบคุมกระบวนการ (Controlled process) ดังรูปที่ 2.19 คำสั่งจะถูกป้อนเข้าไปยังคอนโทรลเลอร์ (Controller) ทำให้สัญญาณเอาท์พุท (Output signal) ถูกจ่ายออกไปควบคุมกระบวนการทำงาน (Controlled process) และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร โดยมีซอฟแวร์ (Software) เป็นเครื่องมือในการตรวจนับระยะการเคลื่อนที่ตามพิกัดที่มีการลงทะเบียนไว้



รูปที่ 2.19 ไดอะแกรมการควบคุมแบบลูปเปิด

2. การควบคุมแบบลูปปิด (Closed loop control systems) หรือเรียกอีกอย่างว่าลูปการทำงานที่ต้องการสัญญาณตอบกลับ (Feedback control systems) ระบบการควบคุมแบบลูปปิดเป็นระบบที่มีความละเอียดและสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าแบบลูปเปิดโดยการเชื่อมต่อสัญญาณตอบกลับ (Feedback) เมื่อสัญญาณเอาท์พุท (Output) ถูกจ่ายออกไปควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ (Hardware) อุปกรณ์ตรวจสอบการวัดจะส่งสัญญาณอินพุท (Input) กลับมายังระบบ ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น และนำค่าความคลาดเคลื่อนนั้นมาชดเชยในซอฟแวร์ จึงทำให้ระบบมีความละเอียด ถูกต้องแม่นยิ่งขึ้น รูปที่ 2.20

แสดงถึงไดอะแกรมของระบบการควบคุมแบบลูปปิด เมื่อความเร็ว ωr ถูกป้อนเข้าไป เครื่องยนต์จะรับค่าให้หมุนด้วยความเร็วเท่ากับ ωr และเมื่อเครื่องยนต์ได้รับภาระโหลด (Load) ทำให้ความเร็วลดลงเท่ากับ ω เครื่องตรวจวัดความคลาดเคลื่อน (Error detector) ก็จะทราบถึงความแตกต่างระหว่างความเร็วรอบที่สั่งกับความเร็วรอบที่เกิดขึ้นจริง และทำการปรับค่าความเร็วให้มีค่าตามคำสั่ง โดยนำค่าความคลาดเคลื่อน ωe ไปชดเชยในคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.20 ไดอะแกรมการทำงานแบบลูปปิด

ระบบการควบคุมของเครื่องจักรในงานวิจัยนี้เป็นระบบการทำงานแบบลูปปิด มีการตรวจเช็คการทำงานของอุปกรณ์ที่ละเอียดมาก ทำให้มีความเที่ยงตรงในการผลิตสูงถึง 0.001 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นเครื่องจักรสมัยใหม่ ระบบการทำงานส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรจะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งแสดงผลออกทางจอภาพ