บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

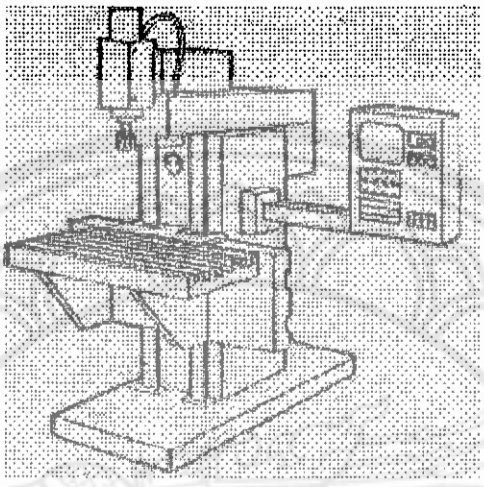
2.1เครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.1.1การทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

หลักการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี จะคล้ายคลึงกับเครื่องจักรกลทั่วไป กล่าวคือ โดยพื้นฐานเบื้องต้นแล้วเครื่องจักรกลเอ็นซีก็จะทำงานผลิตชิ้นงานเหมือนกับเครื่องจักรกลทั่วไป เช่น เครื่องกัดเอ็นซีก็จะทำงานคล้ายกับเครื่องจักรกลทั่วไป เพียงแต่ว่าระบบควบคุมเอ็นซีของเครื่องจะทำงานในขั้นตอนต่างๆแทนช่างควบคุมเครื่อง อย่างไรก็ตาม ก่อนที่เครื่องจักรกลเอ็นซีจะทำงานได้นั้น ระบบควบคุมของเครื่องจะต้องได้รับการบอกกล่าวเสียก่อนว่าจะให้ทำอะไร และจะต้องบอกกล่าวเป็นภาษาที่ระบบควบคุมสามารถเข้าใจได้ นั่นคือ จะต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องผ่านแป้นพิมพ์ (key board) หรือเทปแม่เหล็ก (magnetic tap)

2.1.2เครื่องกัดเอ็นซี (NC Milling Machines)

เครื่องกัดเอ็นซีเป็นเครื่องจักรชนิดหนึ่งที่มีขอบข่ายการทำงานค่อนข้างกว้าง กล่าวคือ นอกจากจะสามารถกัดเช่นเดียวกับเครื่องกัดทั่วๆไปแล้ว ยังสามารถทำงานอื่นๆเช่น เจาะรู ทำเกลียว คว้านรู ได้อีกด้วยโดยทั่วไปเครื่องกัดเอ็นซีจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องกัดเอ็นซีตั้งกับเครื่องกัดเอ็นซีเพลานอนซึ่งขึ้นอยู่กับการวางตำแหน่งของเพลาหัวเครื่อง เครื่องกัดเอ็นซีจะมีแนวแกนการควบคุมตั้งแต่ 3 แกน 4 แกน 5 แกน และมากกว่า ดังรูป2.1 [1]เครื่องกัดซี.เอ็น.ซี แบบ 3 แกน

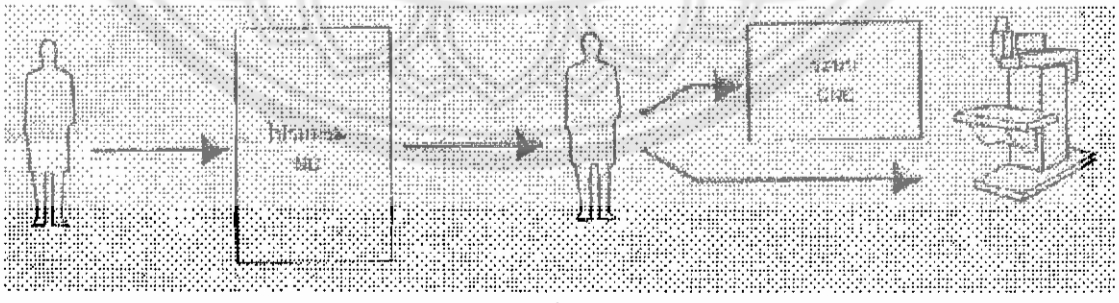


รูปที่2.1เครื่องกัด ซี.เอ็น.ซี แบบ 3 แกน

2.2ระบบควบคุมเครื่องจักกลด้วยตัวเลข

2.2.1องค์ประกอบหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล

ทำหน้าที่เคลื่อนที่เข้าตัดเฉือนชิ้นงาน และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ช่วยเสริมการทำงานตัดเฉือนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จะถูกควบคุมโดยโปรแกรมเอ็นซี ด้วยวิธีการควบคุมแบบต่างๆกัน ดังรูป 2.2 [1]



รูปที่2.2องค์ประกอบของเครื่องจักรกลซี เอ็น ซี

ช่างชำนาญงานที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีหรือซีเอ็นซี จะต้องมีความคุ้นเคยกับหน้าที่การทำงาน และขีดจำกัดในการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีนั้นเป็นอย่างดี ช่างจะใช้วิธีการทำงานแบบง่ายๆโดยการจับชิ้นงานเข้ากับโต๊ะงานและคาดว่าจะได้วิธีการตัดเฉือนที่ดีที่สุดไม่ได้ ในทางตรงกันข้าม ช่างจะต้องจัดวางแผนขั้นตอนการทำงานไว้ล่วงหน้าเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี ดังนั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่างจะต้องรู้ว่าองค์ประกอบส่วนใดของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่สามารถควบคุมได้และมีวิธีการควบคุมอย่างไร องค์ประกอบของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซีที่สามารถควบคุมได้จะกล่าวถึงในที่นี้ได้แก่

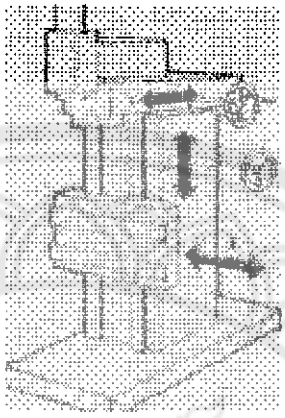
- แนวแกนป้อน (Feed axes)
- การขับป้อน (Feed drives)
- อุปกรณ์วัดขนาด (Measuring devices)
- อุปกรณ์เปลี่ยนเครื่องมือตัด (Tool changers)
- แนวแกนหมุนและแนวแกนป้อนอื่นๆ

2.2.2 แนวแกนป้อน (Feed axes)

ในการกล่าวถึงเครื่องจักรกลซีเอ็นซี บ่อยครั้งที่จะได้ยินคำว่า แนวแกน (axes) ซึ่งหมายถึงแนวการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบของเครื่องจักรกล เช่น โต๊ะงาน เพลาหัวเครื่อง อุปกรณ์ลำเลียงเครื่องมือ (Tool carrier) เป็นต้น

สำหรับเครื่องจักรกลทั่วไป การเคลื่อนที่ในแนวแกนต่างๆจะเกิดการหมุนมือหมุนหรือโยกคันโยกป้อนอัตโนมัติ (Feed levers)

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะมีแนวแกนป้อนรวมกันอยู่หลายแนวแกน ทำให้สามารถตัดเฉือนชิ้นงานให้เป็นรูปทรงต่างๆที่ต้องการได้ การกำหนดแนวแกนต่างๆของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะกำหนดตามมาตรฐานสากลภายใต้หัวเรื่อง Coordinate axes and directions of moment for numerically controlled machinery ซึ่งจะกำหนดแนวแกนเหล่านี้โดยใช้ตัวอักษร x , y และ z ดังรูป2.3 [1]



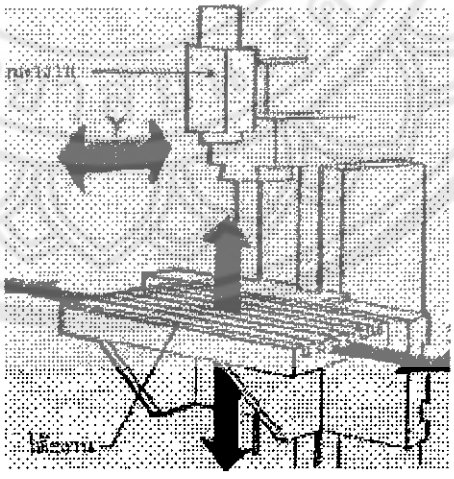
รูปที่2.3แท่นเลื่อนแบบ 3 แนวแกน

แนวแกนทั้ง 3 แนวแกนที่แสดงดังรูปจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ต่างๆดังนี้

แนวแกน x : โต๊ะงานเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวา

แนวแกน y : เพลาหัวเครื่องเคลื่อนที่เข้าและออก

แนวแกน z : โต๊ะงานเคลื่อนที่ขึ้นลง



รูปที่2.4เครื่องกัดซีเอ็นซี แบบ 3 แกน

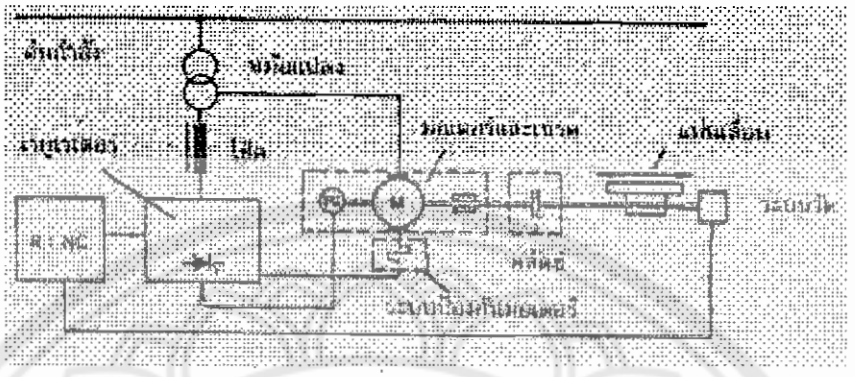
สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีจะมีแนวแกนป้อนอยู่ 3 แนวแกนด้วยกัน คือ แกน x , y และ z โดยทั่วไปจะมี 2 แกนสำหรับการเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน ส่วนแกนที่ 3 จะเป็นการเคลื่อนที่ของเพลาหัวเครื่อง (เพลางาน) ถ้าเครื่องกัดนั้นเป็นแบบโต๊ะงานอยู่กับที่ เพลาหัวเครื่องจะเคลื่อนที่ทั้ง 3 แนวแกน

สำหรับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ที่ใช้ผลิตชิ้นงานที่มีรูปทรงซับซ้อนมาก จะมีจำนวนแนวแกนป้อนเพิ่มมากขึ้น

2.2.3 การขับป้อน (Feed drives)

การขับป้อนจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน ในขณะตัดเฉือนแท่นเลื่อนอาจพาให้ชิ้นงานเคลื่อนที่หรือคมตัดเคลื่อนที่ก็ได้

ระบบขับป้อนโดยทั่วไปจะใช้มอเตอร์กระแสตรงในการหมุนขับและควบคุมการทำงานด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอก มอเตอร์ชนิดนี้จะสามารถหมุนและเบรคให้หยุดได้ทั้ง 2 ทิศทางขณะตัดเฉือนชิ้นงาน การเคลื่อนที่ป้อนจะต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและสามารถต้านแรงกระทำจากภายนอกได้ เช่น แรงตัดเฉือน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ระบบขับป้อนจึงต้องได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแกร่งสูง มีการเคลื่อนที่คงที่และสม่ำเสมอ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนอัตราป้อนได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ในขณะทำงาน คมตัดอาจที่อ หรือการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนถูกกีดขวาง หรือการเร็วอัตราการป้อนให้เคลื่อนที่เร็วและหยุดโดยทันทีทันใด สาเหตุเหล่านี้จะทำให้มอเตอร์รับภาระมากเกินไป (over loading) ซึ่งอาจทำให้มอเตอร์เสียได้ ดังนั้น จึงต้องมีการป้องกันอุบัติเหตุเหล่านี้โดยทั่วไปแล้วจะใช้คลัตช์แบบลูกกลิ้ง (Over running clutch) ร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้ระบบขับป้อนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็คือ การเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบขับป้อนให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องจักร และการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ดังรูป2.5[1]

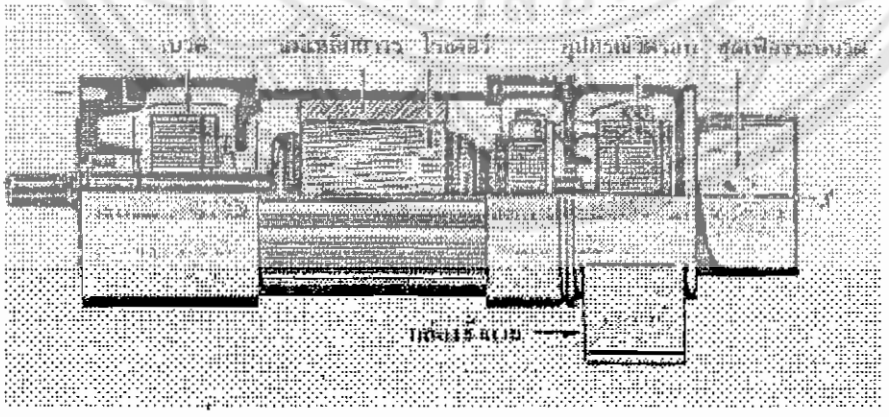


รูปที่2.5ไดอะแกรมระบบขับป้อน

1. **มอเตอร์**

เครื่องจักรกลเอ็นซีสมัยใหม่จะออกแบบใช้ระบบขับป้อนแบบเซอร์โว (servo drives) ทำให้สามารถปรับอัตราป้อนและความเร็วรอบได้โดยไม่มีขีดจำกัดของชั้นความเร็วและอัตราป้อน มอเตอร์ที่ใช้ในระบบขับป้อนโดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 ชนิดด้วยกันคือ

ก. มอเตอร์กระแสตรง (DC motors) ลักษณะสร้างมอเตอร์กระแสตรงจะใช้เป็นแม่เหล็กถาวรที่มี 4 ,6 หรือ 8 ขั้ว ประกอบด้วยระบบเบรค (break) แกนมอเตอร์ (Rotor) อุปกรณ์วัดรอบ (Tachogenerator)และอุปกรณ์วัด (Measuring box) ดังรูป2.6 [1]

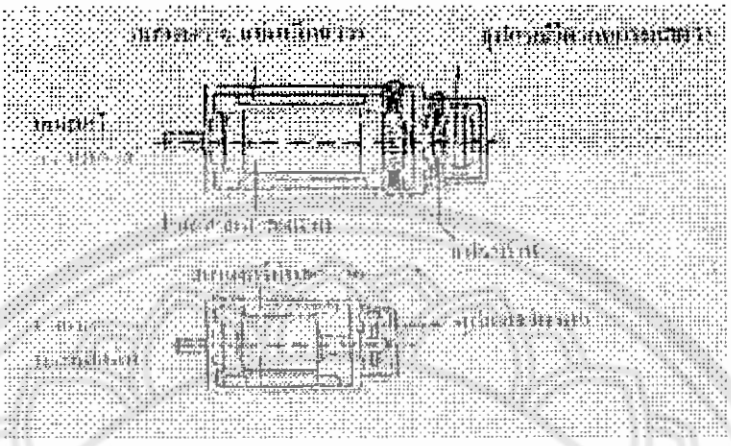


รูปที่2.6ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง

การใช้มอเตอร์กระแสตรง ทำให้สามารถปรับอัตราป้อนได้ระเอียดและมีวงจรควบคุมที่ไม่ซับซ้อนแต่ก็มีข้อเสียตรงที่มอเตอร์ชนิดนี้ต้องใช้แปรงถ่าน ซึ่งจะต้องคอยทำความสะอาดและเปลี่ยนเมื่อแปรงถ่านหมด นอกจากนี้แปรงถ่านยังทำให้มอเตอร์สึกหรออันเป็นผลทำให้กำลังมอเตอร์ลด ลง ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือหากต้องการกำลังขับสูง มอเตอร์ก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย และเมื่อใช้ความเร็วรอบสูงๆจะทำให้แรงบิดลดลง ดังนั้นจึงมักใช้กับเครื่องจักรกลเอ็นซีขนาดเล็กและขนาดกลาง

ข. มอเตอร์แบบเป็นขั้น (Stepping motors) เป็นมอเตอร์ที่ทำงานแบบต่อเนื่อง โดยการแปลงคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงมุม การหมุนในแต่ละมุมหรือขั้นที่เปลี่ยนไป 1 ขั้นจะเท่ากับ 1 คลื่นสัญญาน ดังนั้นตำแหน่งของเพลาจะถูกกำหนดโดยจำนวนคลื่นสัญญานที่ป้อนเข้าไปในระบบ และความเร็วในการหมุนของเพลาจะวัดเป็นจำนวนขั้นต่อวินาที (Step per second) ซึ่งจะเท่ากับความถี่ของสัญญานที่ป้อนเข้าในระบบที่วัดเป็นจำนวนคลื่นสัญญานต่อวินาที (pluses per second) ความเที่ยงตรงของระยะจะขึ้นอยู่กับความสามารถของมอเตอร์ชนิดนี้จะลดลงเมื่อความเร็วในการหมุนแบ่งเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับเครื่องกลเล็กๆที่ไม่ต้องใช้กำลังมาก เช่นเครื่องพลอตเตอร์ (Plotter machine) เป็นต้น

ค. มอเตอร์กระแสสลับ (Alternate-current motors) ส่วนมากจะเป็นมอเตอร์แบบซิลโคนัส (Synchonous moter) ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือ ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ทำให้สามารถลดงานบำรุงรักษาได้มากและมอเตอร์ขนาดเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์กระแสตรง จะสามารถให้แรงบิดได้ดีกว่าและมีขนาดเล็กกว่าด้วย ดังรูป 2.7[1] ส่วนข้อเสียของมอเตอร์แบบนี้คือ วงจรควบคุมจะมีความซับซ้อนมากกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง



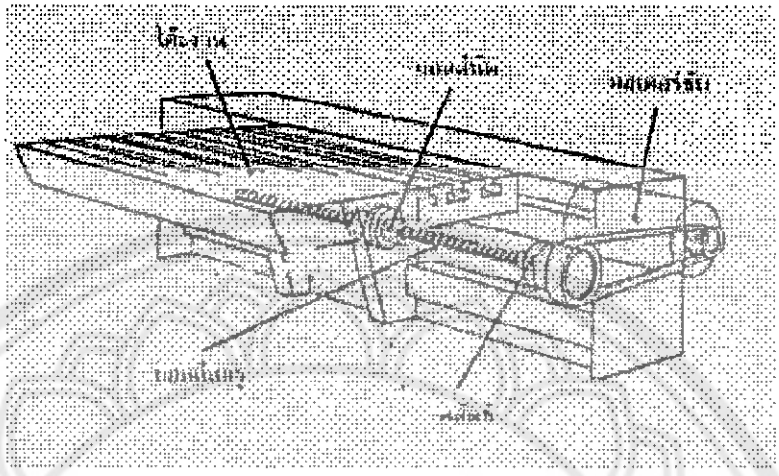
รูปที่2.7การเปรียบเทียบลักษณะสร้างและขนาดมอเตอร์กระแสตรงกับ
มอเตอร์กระแสสลับแบบ 3 เฟส (3 phase)

2. **บอลล์สกรู (Ball screws)**

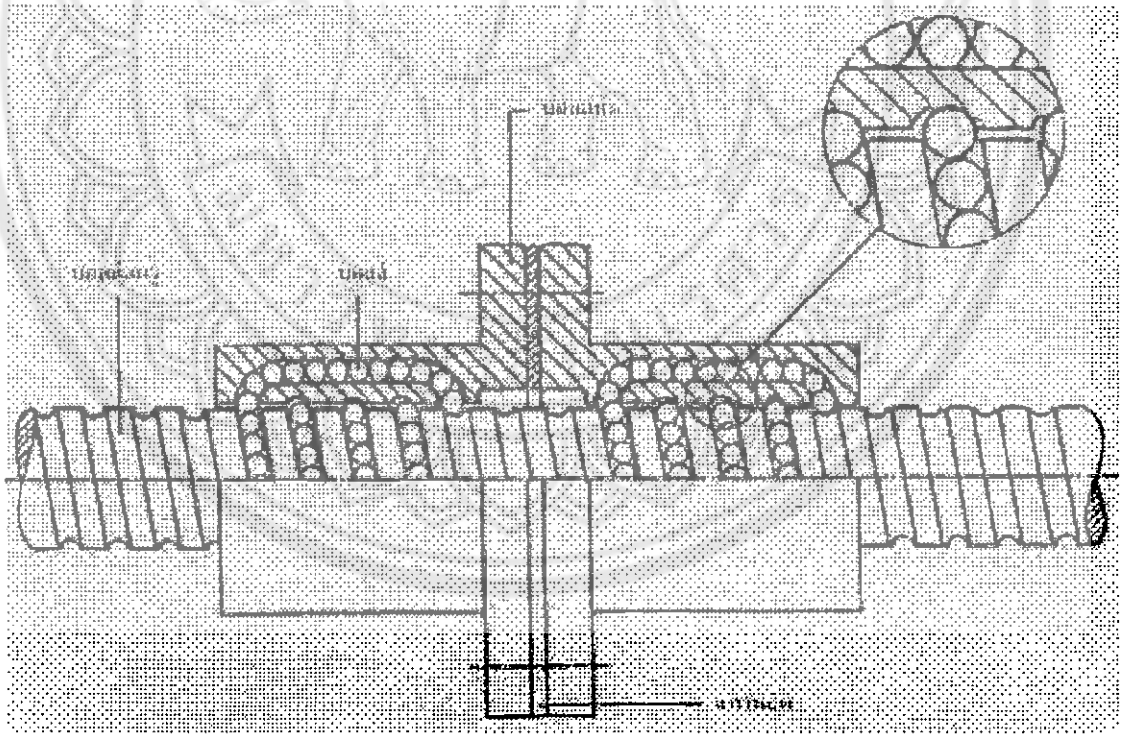
หัวใจของระบบขับป้อนของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีก็คือ การส่งกำลังขับบอลล์สกรู ซึ่งจะมีลูกบอลล์ไหลหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา บอลล์สกรูประกอบด้วยสกรูกับนัตที่มีลักษณะเป็นเกลียวกลมร่องเกลียวกลมบนสกรูและในนัตจะขุบแข็งและเจียรนัยผิวเรียบมันเพื่อลดความฝืดและเพิ่มความเที่ยงขนาดในการเคลื่อนที่ดังรูป2.8 [1]

เมื่อมอเตอร์หมุนขับสกรู นัตก็จะเคลื่อนที่ไปตลอดความยาวของสกรู พาให้แท่นเลื่อนและโต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน

ภายในของตัวนัตประกอบด้วยชุดของลูกบอลล์จำนวนมาก ดังรูป 2.9[1] ทำให้มั่นใจได้ว่าความเสียดทานในการส่งกำลังขับจากสกรูไปยังแท่นเลื่อนจะมีน้อยมาก นัตจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ซีก และชันประกอบยึดเข้าด้วยกันโดยมีการเตรียมอัดแรงไว้ก่อน (preloaded) ทำให้สามารถลดระยะคลอน (backlash) ให้เหลือน้อยที่สุดจนแทบจะไม่มีได้ ทำให้การเคลื่อนที่ของแท่นมีความ**เที่ยงตรงสูง สามารถทำงานซ้ำๆกันได้**



รูปที่2.8การซับป้อนของโต๊ะงาน



รูปที่2.9ลักษณะโครงสร้างภายในของชุดบอลล์สกรู

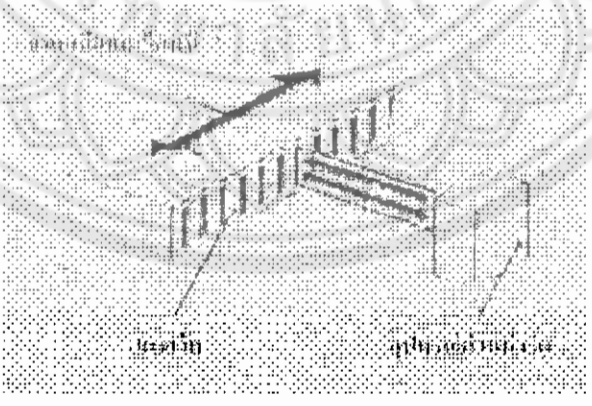
การต่อกำลังระหว่างมอเตอร์กับบอลล์สกรู จะมีชุดคลัตซ์ฝืดเป็นตัวเชื่อม ซึ่งนอกจากจะมีหน้าที่ต่อกำลังขับแล้ว ยังมีหน้าที่ป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดจากแท่นเลื่อนหรือโต๊ะงานชนหรือกระแทกกับสิ่งกีดขวางไม่ให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเกิดความเสียหายมากเกินไป กล่าวคือ เมื่อมีการชนหรือกระแทกกันขึ้นจนแรงมากถึงค่าหนึ่งชุดคลัตซ์ก็จะตัดระบบส่งกำลังขับระหว่างมอเตอร์กับตัวบอลล์สกรูทันที

2.2.4 ระบบวัดขนาด (Measuring system)

การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆในแต่ละแนวแกนของแท่นเลื่อน จะถูกส่งไปยังระบบควบคุมโดยระบบวัดขนาด การวัดตำแหน่งของแท่นเลื่อนสามารถที่จะวัดได้โดยตรง (Direct Measuring) และโดยทางอ้อม (Indirect Measuring)

1. การวัดตำแหน่งโดยตรง

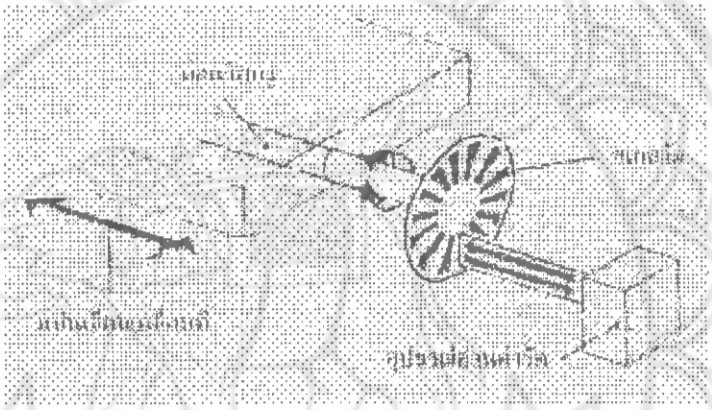
วิธีนี้จะใช้สเกลวัด (measuring scale) ยึดติดกับแท่นเลื่อนหรือโต๊ะงานโดยตรง ดังรูป 2.10[1] ข้อดีของวิธีนี้ก็คือ ความไม่เที่ยงตรงของสกรูนำเลื่อน (leadscrew) และระบบขับจะไม่มีผลกระทบต่อค่าที่อ่านได้ อุปกรณ์อ่านค่าวัด (Measuring valve resolver) จะอ่านข้อมูลในการวัดจากขีดสเกลวัด (measuring scale grid) และแปลงข้อมูลนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งกลับไปยังระบบควบคุม



รูปที่2.10การวัดตำแหน่งโดยตรง

2. การวัดตำแน่งทางอ้อม

การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจะได้รับกำลังขับมาจากการหมุนของบอลล์สกรู อุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (Resolver) จะบันทึกการเคลื่อนที่ของแผ่นสัญญาน (pulse disc) ที่ติดอยู่กับบอลล์สกรู และส่งต่อไปยังระบบควบคุมเครื่อง ระบบควบคุมก็จะใช้สัญญานที่ได้รับนี้ไปคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจากสัญญานการหมุน (rotation pulses) ของแผ่นจากสัญญาน ดังรูป2.11 [1]



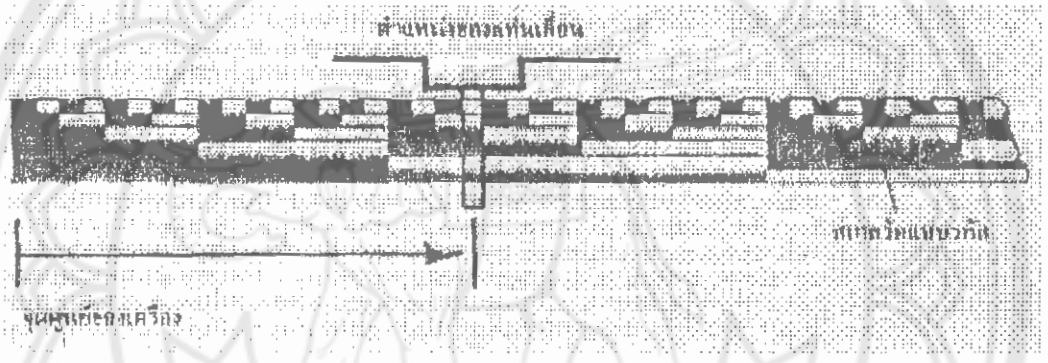
รูปที่2.11 การวัดตำแหน่งทางอ้อม

นอกจากการวัดตำแหน่งทางตรงและทางอ้อมแล้ว ในระบบการวัดขนาดของเครื่องจักรกลเอ็นซีที่ต้องการให้การวัดตำแหน่งมีความเที่ยงตรงตลอดแนวแกนป้อน จะต้องต่อระบบขับป้อนเข้ากับอุปกรณ์ที่เหมาะสมอุปกรณ์วัดโดยทั่วไปจะประกอบด้วยสเกลกับอุปกรณ์อ่านค่าวัดที่สามารถอ่านสเกลได้ สเกลวัดแบบช่อง (divition grid) การใช้สเกลวัดทั้ง 2 ชนิด คือสเกลวัดแบบรหัส (coded measuring scale) กับสเกลวัดแบบช่อง (division grid) การใช้สเกลวัดทั้ง 2 ชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับวิธีการวัดตำแหน่ง (position measurement) วิธีการวัดตำแหน่งที่นิยมใช้กันทั่วไปมีอยู่ 2 วิธี คือ การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ (absolute position measurement) กับการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่องหรือแบบลูกโซ่ (increment or chain position measurment) ซึ่งมีความแตกต่างกันดังต่อไปนี้

3. การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์

การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ ดังรูป 2.12[1] จะใช้สเกลวัดแบบรหัส (coded measuring scale) ซึ่งจะชี้แสดงตำแหน่งของแท่นเลื่อนที่ถูกต้องตลอดเวลา โดยอ้างอิงจากตำแหน่งจุกศูนย์ของเครื่อง (Machine zero point) ซึ่งเป็นตำแหน่งศูนย์ที่มีจุดอ้างอิงที่แน่นอนและถาวรของเครื่องจักรกลเอ็นซี

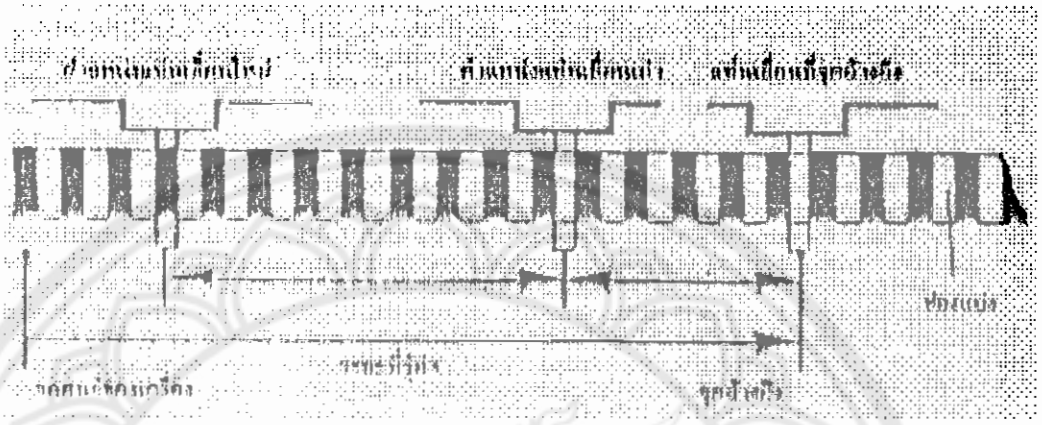
ข้อสำคัญของการใช้วิธีการวัดตำแหน่งแบบนี้ก็คือ ความยาวของช่วงอ่านค่าวัดของสเกลจะต้องยาวกว่าระยะเลื่อนทำงานของแท่นเลื่อน เพื่อให้ระบบควบคุมของเครื่องสามารถอ่านค่าวัดได้ทุกตำแหน่ง สเกลนี้จะใช้รหัสเป็นระบบตัวเลขฐานสอง (Binary system)



รูปที่2.12 การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์

4. การวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง

วิธีการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่องที่แสดงดังรูป 2.13[1] สเกลวัดจะแบ่งเป็นช่อง (grid) แบบง่ายๆโดยที่แต่ละช่องจะมีพื้นที่สว่างกับมืดสลับกันไป เมื่อแท่นเลื่อนเคลื่อนที่ ช่องนี้ก็จะวิ่งผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (resolver) ซึ่งจะทำหน้าที่นับจำนวนช่องพื้นที่สว่างและมืด จากนั้นก็จะส่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังระบบควบคุมของเครื่อง ระบบควบคุมก็จะนำสัญญาณนี้มาคำนวณหาตำแหน่งสุดท้ายของแท่นเลื่อนที่แตกต่างจากตำแหน่งก่อนหน้านี้ ในทางปฏิบัติที่ต้องการให้วิธีการวัดแบบนี้ทำงานได้อย่างถูกต้อง เมื่อเริ่มเปิดสวิตช์ระบบควบคุมของเครื่อง ควรจะเลื่อนไปยังจุดที่ทราบค่าระยะห่างจากจุดศูนย์ของเครื่อง จุดนี้จะเรียกว่า จุดอ้างอิง (Reference Point) หลังจากที่แท่นเลื่อนในแนวแกนต่างๆเลื่อนไปยังจุดอ้างอิงแล้ว อุปกรณ์อ่านค่าวัดก็จะสามารถทำหน้าที่วัดตำแหน่งด้วยช่องสเกลได้



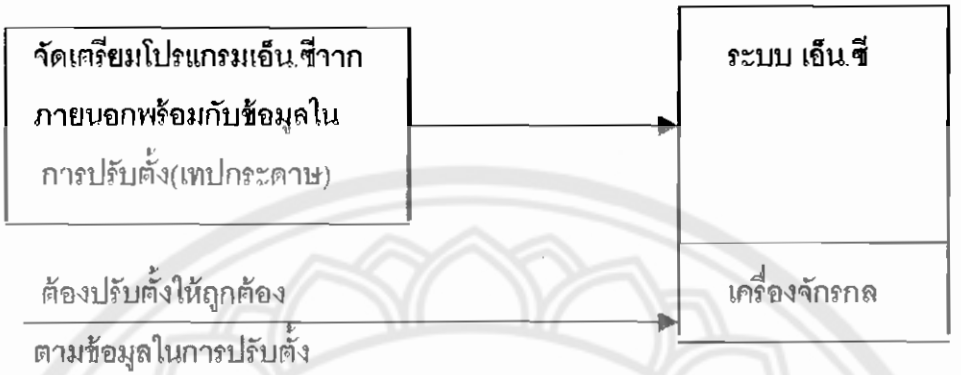
รูปที่2.13การวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง

2.3 ระบบควบคุม ซี.เอ็น.ซี (CNC Control System)

2.3.1 หน้าที่การทำงานที่โปรมแกรมได้ (Programmable Function)

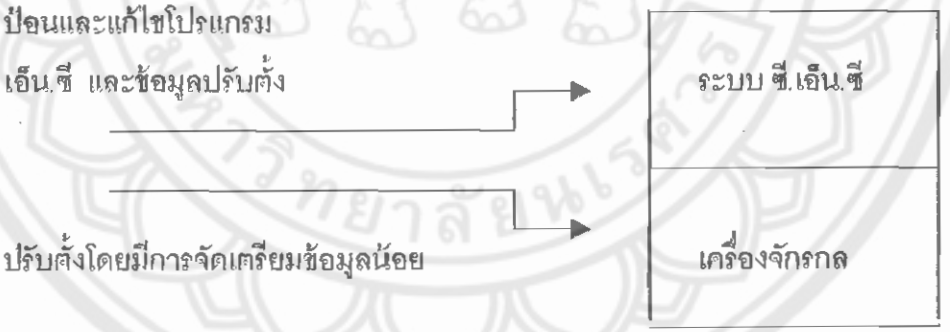
ระบบเอ็นซี (NC Program)ดังแสดงในรูป 2.14[1]จะมีระบบควบคุมประกอบอยู่กับเครื่องจักรกล ซึ่งจะต้องจัดเตรียมโปรแกรมเอ็น.ซี จากภายนอกก่อน แล้วจึงป้อนเข้าไปในระบบควบคุม โดยอาศัยสื่อข้อมูล (data carrier) โปรแกรมเอ็น.ซี ที่ป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องจะถูกนำไปใช้เพื่อสั่งให้เครื่องเริ่มทำงานและหยุดชั่วคราวได้ แต่จะไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมโดยช่างควบคุมเครื่องได้

ขนาดเครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจะถูกเลือกใช้ในขณะเขียนโปรแกรมไว้ก่อนและกำหนดไว้ในใบปรับตั้ง (set-up sheet) ซึ่งช่างควบคุมเครื่องจะต้องจัดเตรียมและประกอบยึดเครื่องมือ ตลอดจนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้ถูกต้องตามข้อมูลที่กำหนดไว้ในใบปรับตั้ง



รูปที่2.14ระบบ เอ็น.ซี

ระบบ ซี.เอ็น.ซี (CNC system) จะมีคอมพิวเตอร์ประกอบอยู่ด้วย ดังนั้น ช่างควบคุมเครื่องไม่เพียงแต่สามารถใช้โปรแกรมเอ็น.ซี สั่งให้เครื่องจักรทำงานได้เท่านั้น แต่จะยังสามารถเขียนและป้อนโปรแกรมด้วยตัวเองตลอดจนการแก้ไขโปรแกรมได้หลังจากการป้อนเข้าไปในระบบควบคุมเครื่องแล้ว ดังรูป 2.15 [1]



รูปที่2.15ระบบ ซี.เอ็น.ซี

2.3.2 ชนิดของการควบคุม (Control modes)

ลักษณะการควบคุมการเคลื่อนที่ทำงานของแท่นเลื่อนต่างๆในเครื่องจักรกลเอ็น.ซีและซี.เอ็น.ซี จะมีการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะคือ

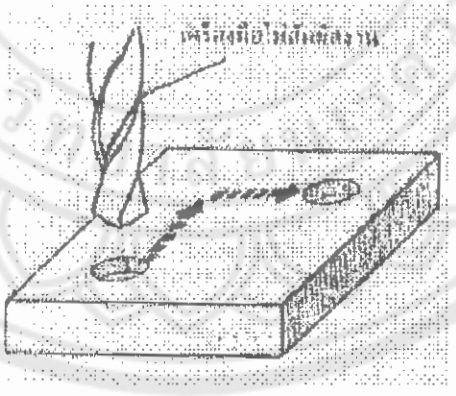
1.การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear Interpolation หรือ Straight-line Interpolation) การเคลื่อนที่ลักษณะนี้ ระบบซี.เอ็น.ซี จะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่างๆที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ในแนวเส้นตรง ระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือ 2 ตำแหน่ง ในขณะที่เครื่องมือเคลื่อนที่จากจุดๆหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนั้น ระบบควบคุม ซี.เอ็น.ซี จะตรวจสอบและแก้ไขแนวแกน

ในการเคลื่อนที่ให้ถูกต้องอยู่ตลอดเวลา ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องมือไม่ผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนออกจากจุดต่อเส้นตรงมากว่าค่าพิกัดความเผื่อของเครื่องที่กำหนดไว้

2.การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (Circular Interpolation) ระบบควบคุมซี.เอ็น.ซี จะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่างๆที่ต่อกันเป็นเส้นโค้งตามขนาดรัศมีที่กำหนดระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือที่กำหนดไว้มี 2 ตำแหน่ง ระบบควบคุมจะอาศัยจุดเหล่านี้ในการตรวจสอบและแก้ไขแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องมือให้ถูกต้องและอยู่ภายในพิกัดความเผื่อของเครื่องจักรกลที่กำหนด

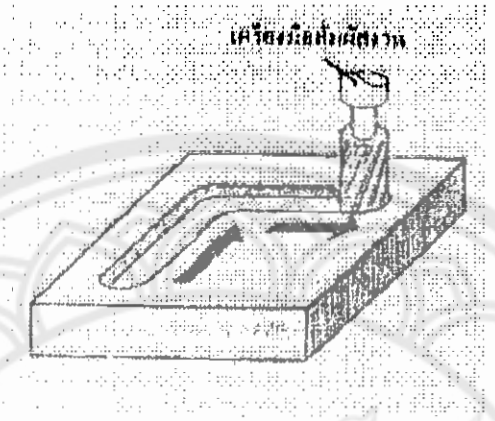
ในระบบควบคุมซี.เอ็น.ซี จะแบ่งการควบคุมการเคลื่อนที่ทั้ง 2 ลักษณะตามลักษณะการเคลื่อนที่ป้อนออกเป็น 3 ชนิด

1.การควบคุมจุดต่อจุด (Point to point control) การควบคุมแบบนี้จะควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือระหว่างจุด 2 จุดที่โปรแกรมไว้ในลักษณะเคลื่อนที่เร็ว (Rapid traverse) โดยที่เครื่องมือจะต้องไม่สัมผัสชิ้นงานดังรูป2.16[1] แนวแกนในการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบควบคุม กล่าวคือมอเตอร์ระบบป้อนอาจจะเริ่มทำงานหลายๆแนวแกนพร้อมกันหรือทำงานทีละแนวแกน จนกว่าจะเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของเครื่องมือที่โปรแกรมไว้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมควบคุมทางเดินของเครื่องมือ (Tool path) ได้ การควบคุมการออกแบบจุดต่อจุดมักจะใช้กับเครื่องเจาะ(drilling machine) เครื่องเชื่อมจุด (spot welding) เป็นต้น



รูปที่2.16การควบคุมแบบจุดต่อจุด

2. การควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรง (Straight-cut control) การควบคุมชนิดนี้นอกจากสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือแบบเคลื่อนที่เร็วได้แล้วยังสามรถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในแนวขนานกับแนวแกนของเครื่องกล ตามค่าอัตราป้อนที่ต้องการได้อีกด้วย แต่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ครั้งละ 1 แนวแกนเท่านั้น การเคลื่อนที่ของเครื่องมือจะถูกควบคุมด้วยอัตราป้อนและความยาวในการเคลื่อนที่ ดังรูป2.17 [1] ระบบควบคุมการตัดเฉือนแนวเส้นตรงชนิดนี้ จะใช้กับเครื่องกัดและเครื่องกลึงแบบง่ายๆ

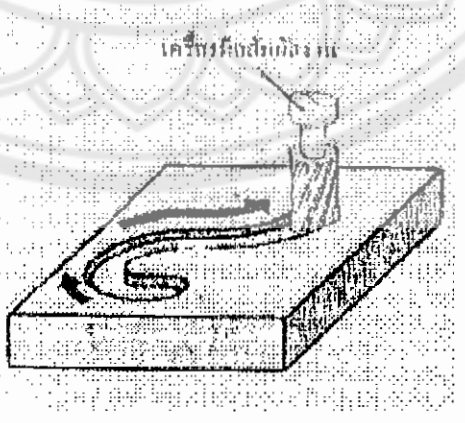


รูปที่2.17การควบคุมแบบเส้นตรง

3. **การควบคุมตามเส้นขอบรูป (Control controls)**

การควบคุมแบบนี้สามารถแบ่งการเคลื่อนที่ดังนี้ ดังรูป2.18 [1]

- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการแบบบเคลื่อนที่เร็วได้
- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ขนานกับบแนวแกนไปยังตำแหน่งที่ต้องการตามค่าอัตราการป้อนได้
- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใดๆบนชิ้นงานที่กำหนดในแนวเส้นตรงและเส้นโค้งตามค่าอัตราป้อนได้



รูปที่2.18การควบคุมเส้นขอบรูป

2.4 การออกแบบโครงสร้างและชิ้นของโครงสร้าง

2.4.1 ขนาดที่ต้องการในเครื่องมือกล

จากการศึกษาและรวมถึงมาตรฐานเครื่องมือกล เครื่องกัดมีขนาดตามพิกัดดังนี้

ขนาดโต๊ะงาน (Table)	250 x 600	mm
การเคลื่อนที่ในแนวแกน X	≤ 520	mm
การเคลื่อนที่ในแนวแกน Y	≤ 220	mm
การเคลื่อนที่ในแนวแกน Z	≤ 260	mm

จากขนาดของโต๊ะงาน(Table) ทำให้สามารถใช้งานกับชิ้นงานที่มีขนาดได้สูงที่สุด ขนาด 250 x 220 x 260 mm

ขนาดพื้นที่ ที่น้อยที่สุดในการวางเครื่อง

ขนาดเครื่องมือกลนั้นมีขนาดไม่ใหญ่มานักซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้งานในการเรียนการสอนและอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนเล็กๆ โดยมีขนาด 1000 x 824 x 900 mm

จะเห็นได้ว่าการออกแบบเครื่องมือกลนั้นต้องออกแบบให้เครื่องมือกลมีขนาดที่เหมาะสมกับงานที่ต้องการ และขนาดที่เครื่องมือกลที่ต้องการสร้างนั้นต้องมีขนาดเครื่องที่เหมาะสมกับงานนั้นๆเป็นหลัก

2.4.2 ข้อต่อสำหรับเครื่องมือกล

โครงสร้างและชิ้นส่วนของโครงสร้างเป็นตัวฐานสำหรับการรองรับ และค้ำยันชิ้นส่วนอื่นของเครื่องมือกล และยังขึ้นอยู่กับขนาดของแรงกระทำขณะปฏิบัติงาน และความสะดวกคล่องตัวระหว่างการประกอบและการบำรุงรักษา โดยปกติโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งและความยาวของการเคลื่อนที่รวมทั้งความสัมพันธ์ ของการวางตำแหน่งชิ้นส่วนอื่นๆ

สิ่งที่ควรคำนึงในการออกแบบโครงสร้างเครื่องมือกลทั้งนี้ จะพิจารณาถึงคุณสมบัติด้านสถิตยศาสตร์ และพลศาสตร์

2.4.3 วัสดุสำหรับชิ้นส่วนของโครงสร้าง

วัสดุที่ใช้ในการผลิตโครงสร้างและชิ้นส่วนของโครงสร้างมีทั้งเหล็กเหนียว เหล็กหล่อสีเทา เพราะสามารถดูดซับแรงได้ดี

คุณสมบัติตามหัวข้อต่อไปนี้ มีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกวัสดุเพื่อให้ผลิตโครงร่างทั้งนี้จะเป็นตัวกำหนดของคุณสมบัติของโครงสร้างเท่านั้น

- ความแข็งแรง คือ ความปลอดภัยจากการเปลี่ยนรูปแบบถาวรการแตกร้าว

- น้ำหนักจำเพาะ คือ การกระจายมวลลักษณะจำเพาะด้านสถิตยศาสตร์

- โมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสเฉือน คือลักษณะเฉพาะด้านสถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

- การดูดกลืนการสั่นสะเทือน คือ ลักษณะเฉพาะด้านพลศาสตร์

- ค่าความเสียดทานความแข็ง คือ การเสียดทานและการสึกหรอในตำแหน่งที่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์

- สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ความร้อนจำเพาะ ค่าการส่งผ่านความร้อน

- การลดความเครียดในตัวเอง การคราก การคลายความเครียด คือ ความคงสภาพของรูปทรงในระยะยาว

วัสดุ	โมดูลัสยืดหยุ่น $E(GN\ m^{-2})$	น้ำหนักจำเพาะ $\gamma(kN\ m^{-3})$	สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น $\alpha(1K^{-1})$	ความต้านแรงดึง $\delta_B(MN\ m^{-2})$
เหล็ก	210	78.5	11.1×10^{-6}	400-1300
เหล็กหล่อ	170	74.0	9.5×10^{-6}	400-700
เหล็กหล่อสีเทา	50-110	72.0	9.5×10^{-6}	100-300
ทองแดง	120	89.5	16.2×10^{-6}	200-400
อะลูมิเนียม	70	27.0	23.8×10^{-6}	120-400
ทองเหลือง	90	85.0	19.0×10^{-6}	300-700
ไทเทเนียม	110	45.0	10.8×10^{-6}	500-1200

ตารางที่2.1แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุสำหรับงานเครื่องมือกล

นอกจากคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งแล้วในการเลือกใช้ให้เหมาะสมแล้ว ปัญหาด้านเทคนิคการผลิตและด้านเศรษฐศาสตร์ ยังควรได้รับการพิจารณาด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงควรพิจารณาถึงสิ่งสำคัญดังต่อไปนี้

1. ราคา
2. การผลิตได้ตามหลักเศรษฐศาสตร์ที่ดี

3. ความง่ายต่อการปาดผิว

4. ความสามารถในการเชื่อมและหล่อ

โมดูลัสยืดหยุ่นมีความสำคัญอย่างมากในด้านสถิตยศาสตร์ของเครื่องสำหรับเล็กเหนียว นั้น สามารถกำหนดค่าโมดูลัสยืดหยุ่นได้อย่างชัดเจน ส่วนเหล็กหล่อจะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นไม่คงที่ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความหนาของผนังและเงื่อนไขของแรงกระทำ

สิ่งสำคัญในด้านพลศาสตร์ คือความสามารถในการดูดกลืนการสั่นสะเทือนที่จุดรองลื่น

2.4.4 หลักเกณฑ์เกี่ยวกับสภาวะสถิตย์

ก) ภาระสถิตย์

ภาระสถิตย์ที่กระทำต่อเครื่องมือกลเกิดจากผลรวมของแรงขณะปาดผิวและแรงจากน้ำหนัก เมื่อลักษณะของงานปาดผิวเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งจะยังมีผลให้การเปลี่ยนรูปทรง (Deformation)ของโครงสร้างแตกต่างกันออกไปได้หลายอย่าง

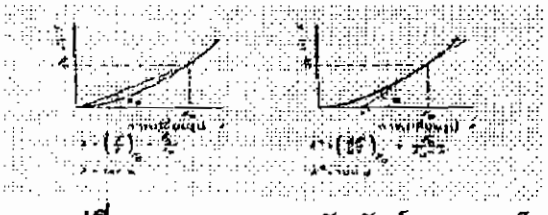
การบิดตัวที่เกิดจากแรงสถิตย์จากการปาดผิว ละแรงจากน้ำหนักของชิ้นงานบนเครื่องมือกลก่อให้เกิดเศษตัด จะยังผลให้เกิดความผิดพลาดทางด้านเรขาคณิตของชิ้นงานที่ต้องการผลิต

ข) พารามิเตอร์ทางสถิตยศาสตร์

พฤติกรรมทางสถิตยศาสตร์ของเครื่องมือกลทั้งเครื่องหรือเพียงส่วนย่อยขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนรูปทรงดังกล่าว จึงเป็นที่มาของพารามิเตอร์ตัวสำคัญคือความแข็งเกร็ง หรือค่าผกผันความแข็งเกร็ง กล่าวคือ ความอ่อนตัว

ความสัมพันธ์ของระยะการเปลี่ยนรูปทรง X กับแรงกระทำ Fสามารถแสดงให้เห็นในรูปของเส้นกราฟได้กรณีส่วนของเครื่องทั้งหลายไม่มีรอยต่อหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือตัวเครื่องเป็นชิ้นส่วนเดียวกันหมด จะเขียนได้กราฟเป็นเส้นตรงแต่ในความเป็นจริงแล้วเส้นกราฟของเครื่องที่ประกอบด้วยส่วนย่อยหลายส่วนจะเป็นเส้นโค้ง คือมีการเพิ่มขึ้นของค่า X ในอัตราที่น้อยลงเรื่อยๆ ความแข็งเกร็งที่สูงขึ้นนั้นอาจกล่าวได้ว่าเป็นผลจากปริมาณผิวสัมผัสของบริเวณรอยต่อที่เพิ่มมากขึ้น

ค่าจำกัดความของค่า K ที่ตำแหน่งทำงานหนึ่งๆแบ่งออกได้เป็นสองแบบดังรูป2.19 [2]



รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ของการแข็งเกร็ง

แบบแรกซึ่งแสดงด้านซ้ายของภาพ อาศัยเส้นตรงที่ลากเชื่อมระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดที่ต้องการพิจารณา Fo Xo คำจำกัดความแบบนี้ใช้เมื่อความแข็งเกร็งเฉลี่ยระหว่างขอบเขตภาระ ระหว่าง O < F <Fo เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

สำหรับคำจำกัดความแบบที่สองของความแข็งเกร็ง ซึ่งแสดงทางด้านขวาของภาพใช้อัตราลาดของเส้นตรงที่สัมผัสกับเส้นกราฟ ณ จุดที่ต้องการพิจารณา (Fo Xo)

$$K(F=F0) = dF/dX(F=Fo) = Fo/(Xo-X) \quad N/\mu m$$

ด้วยคำจำกัดความแบบนี้ จะสามารถหาค่าการเปลี่ยนแปลงรูปทรงที่เพิ่มขึ้นของระบบที่กำหนดภาระ Fo ล่วงหน้าไว้อันเนื่องจากแรงกระทำอื่น เช่น แรงแบบพลวัตน์ที่กระทำแก่เครื่อง

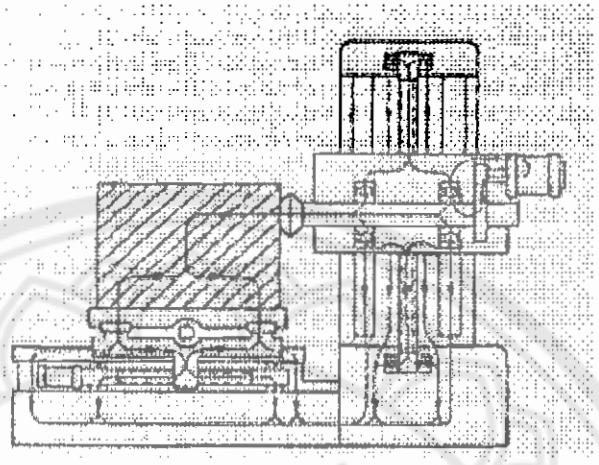
ค่าการยืดตัว D เป็นค่าส่วนกลับของความแข็งเกร็ง จึงให้คำจำกัดความได้ว่าเป็นอัตราส่วนของการเปลี่ยนรูปทรง X ต่อแรงกระทำ F

$$D = dX/dF = 1/K \quad \mu m/N$$

การยืดตัวและความแข็งเกร็งของส่วนย่อยของโครงร่างขึ้นอยู่กับวัสดุรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นส่วนย่อย รวมทั้งชนิด ตำแหน่งและทิศทางของการกระจายแรงไปยังชิ้นส่วนเหล่านั้น การกำหนดชิ้นส่วนโครงร่างของแต่ละชนิดจำเป็นต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนย่อยและส่วนประกอบของเครื่องทุกส่วนด้วยเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างเครื่องมือและชิ้นงานจากแรงกระทำน้อยที่สุด

ค) การวิเคราะห์การถ่ายทอดแรงและการเปลี่ยนรูปทรง

การเปลี่ยนรูปทรงในตำแหน่งที่แรงตัดกินชิ้นงานกระทำอยู่ คือที่จุดสัมผัสระหว่างเครื่องมือและชิ้นงาน เป็นผลรวมของการเปลี่ยนรูปทรงของส่วนประกอบเครื่องมือกลและส่วนของเครื่องมือและชิ้นงาน เป็นผลรวมของการเปลี่ยนรูปทรงของส่วนประกอบเครื่องมือกลและส่วนของเครื่องที่อยู่ในเส้นทางของการถ่ายทอดแรง การวิเคราะห์การถ่ายทอดแรงและการเปลี่ยนรูปทรงสามารถตรวจหาขนาดของภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วนย่อยของเครื่องและผลของการเปลี่ยนรูปทรงของชิ้นงานส่วนที่มีต่อการเปลี่ยนรูปทรงรวมทั้งหมด ดังรูป2.20 [2]



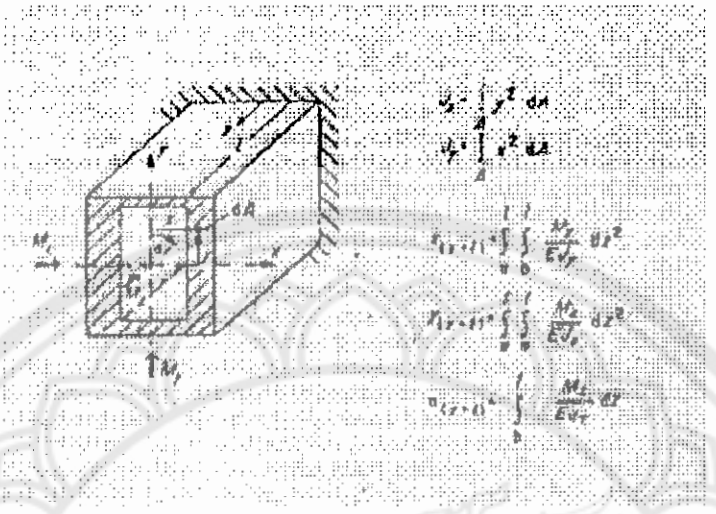
รูปที่2.20 แนวเส้นแรงภายในเครื่องกัด

จากรูปจะเห็นว่าการจะสร้างเครื่องให้มีความแข็งเกร็งรวมทั้งระบบมากเพียงพอได้นั้น ชิ้นส่วนย่อย อ่อนกว่า ชิ้นส่วนกายใต้แนวเส้นแรงที่มีความยืดตัวมากที่สุดเสมอ

ช) ข้อควรพิจารณาในการออกแบบโครงสร้าง

ในการออกแบบรูปร่างหน้าตัดของโครงสร้าง จำเป็นต้องคำนึงถึงภาระทั้งด้านการกดงอและบิดเสียส่วนใหญ่ กรณีเช่นนี้จะใช้ได้กับชิ้นส่วนที่มีทิศทางหลักในการเปลี่ยนรูปทรง เพียงทิศทางเดียว เช่น เสา (Column) ซึ่งอาจเปรียบได้ว่าเป็น คาน (Beam) อย่างง่ายตัวหนึ่ง ดังนั้น ความแข็งเกร็งสำหรับภาระด้านการกดงอจึงขึ้นอยู่กับโมเมนต์ความเฉื่อย ซึ่งแกนกลางและความแข็งเกร็งสำหรับภาระด้านการบิด ขึ้นอยู่กับค่าโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้ว หรือโมเมนต์ของพื้นที่เชิงขั้ว (Polar Moment of Inertia or Polar Moment of Area) ดังรูป2.21[2]

A330125
TJ
1189
ศ241ว
2541 ค.2



รูปที่2.21 โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน

หมายเหตุ

[1] คือ อ้างอิงมาจากข้อมูลหนังสือ เทคโนโลยี ซี เอ็น ซี ของสมาคมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[2] คือ อ้างอิงมาจาก วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม