บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับ CAD/CAM

2.1.1 ความหมายของ CAD/CAM

CAD (Computer Aided Design) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ รวมทั้งสร้างภาพสองหรือสามมิติได้โดยสะดวก นอกจากนี้ยังช่วยวิเคราะห์การออกแบบด้วย เช่น ใช้ประเมินค่าพิกัดเผื่อ (tolerance) ของการสวมหรือประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกันก่อนนำไปผลิตจริง เป็นต้น

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทาง CAD แล้ว แบบที่ถูกเขียนขึ้นก็จะถูกส่งไปยังแผนก NC ทำการเขียนโปรแกรมและป้อนข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อปฏิบัติการขึ้นรูปทางกลหลังจากนั้นจะมีการทดลอง run โปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อหาข้อผิดพลาด เรียกว่า dry run และหลังจากแก้ไขข้อผิดพลาดจนเป็นที่พอใจแล้วก็จะส่งต่อไปยังขั้นตอนของ CAM

CAM (Computer Aided Manufacturing) เป็นการนำเอาซอฟต์แวร์มาใช้ในกระบวนการผลิตต่อเนื่องมาจาก CAD โดยจะทำการแปลงข้อมูลที่ป้อนเข้าไปให้เป็นชุดคำสั่งและนำไปควบคุมเครื่องจักรกลที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม หรือเครื่องจักรกล CNC นั่นเอง

ในระบบ CAD/CAM มักจะมีโปรแกรมสำหรับการควบคุมคุณภาพเป็นส่วนหนึ่งเสมอ ทั้งนี้ก็เพื่อทำการตรวจสอบหรือเช็คข้อผิดพลาดของชิ้นส่วนที่เครื่องผลิตออกมาได้ หากโปรแกรมควบคุมคุณภาพตรวจพบค่าผิดพลาดก็จะทำการคำนวณ เพื่อแก้ไขและส่งใหม่ที่ถูกต้องแล้วไปยังระบบคอมพิวเตอร์ของ CAM ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานให้อยู่ในค่าพิกัดที่ถูกกำหนดไว้

ระบบการผลิตชนิดอัตโนมัติเต็มรูปแบบจะมีวิธีการวัดที่เรียกว่า in-process measuring system ทำให้ระบบที่ควบคุมเครื่องจักรสามารถตอบสนอง เมื่อได้รับสัญญาณจากผลของการตรวจวัดและจะต้องสามารถปรับค่า หรือชดเชยค่าจากการสึกหรอของเครื่องมือเมื่อได้รับแจ้งว่าชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมีค่าสูงสุด หรือต่ำกว่าค่าพิกัดเผื่อที่กำหนดเอาไว้

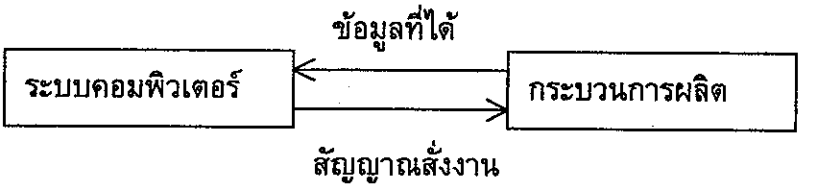
2.1.2 การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจัดการกับกระบวนการผลิต

การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจัดการกับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาจครอบคลุมตั้งแต่การวางแผนไปจนถึงการจัดการหลังการผลิต (เช่น การบรรจุหีบห่อ ฯลฯ) ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม ดังนั้นในหลักการจึงอาจแบ่ง CAM ออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานผลิตโดยทางตรงและทางอ้อม

1. <u>การใช้คอมพิวเตอร์ในงานผลิตโดยตรง</u> :-

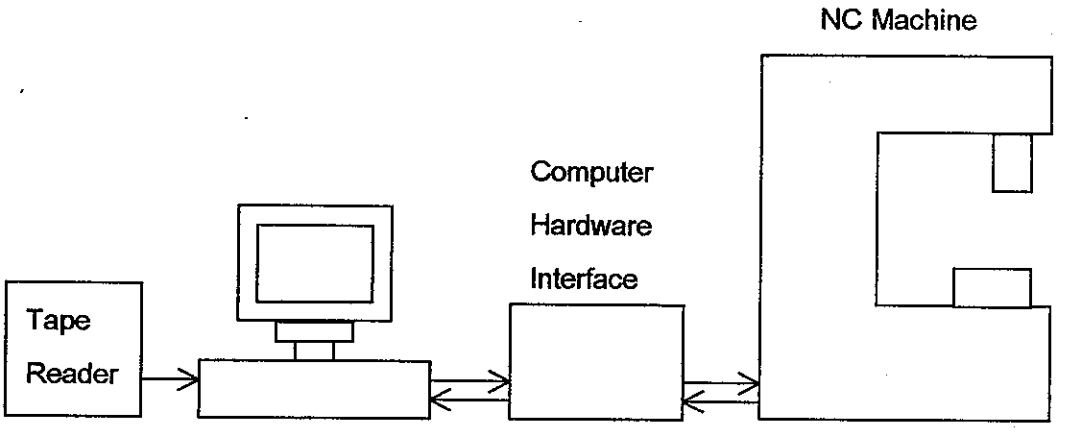
งานลักษณะนี้อาจแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ งานใช้คอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบ โดยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้เชื่อมโยง กับกระบวนการผลิตนี้จะตรวจเช็คกระบวนการผลิต หรือเก็บข้อมูลจากระบบการผลิตเท่านั้น (ดังรูป 2.1.1) แต่หากเป็นงานที่มีการเก็บข้อมูลนำมาพิจารณาใช้ควบคุมกระบวนการผลิตก็จะเป็นการควบคุมการผลิตแบบอัตโนมัติ (ดังรูป 2.1.2) ซึ่งลักษณะนี้ นอกจากเก็บข้อมูลแล้วยังสามารถส่งสัญญาณไปควบคุมกระบวนการผลิตได้ทันทีด้วย หากพบว่าข้อมูลที่ได้มาเมื่อประมวลผลแล้วต่างจากที่ต้องการงานลักษณะนี้ จะเห็นได้ชัดเจนจากตัวอย่างต่อไปนี้

รูป 2.1.1 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตโดยตรงแบบเฉพาะเก็บข้อมูล



รูป 2.1.2 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตโดยตรงแบบควบคุมการผลิต

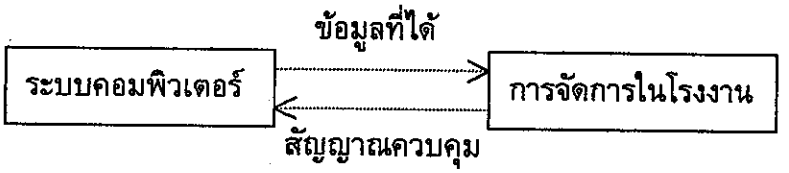
- การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อทำการผลิตสินค้าโดยตรง โดยนำข้อมูลจากการออกแบบโดยระบบ CAD มาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์การผลิต เช่น เครื่องกลึงที่ทำงานโดยอาศัยคำสั่งเชิงตัวเลข (Numerical Control Machine หรือที่เรียกย่อๆ ว่า NC Machine) (ดังรูป 2.2)



รูป 2.2 การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม NC Machine

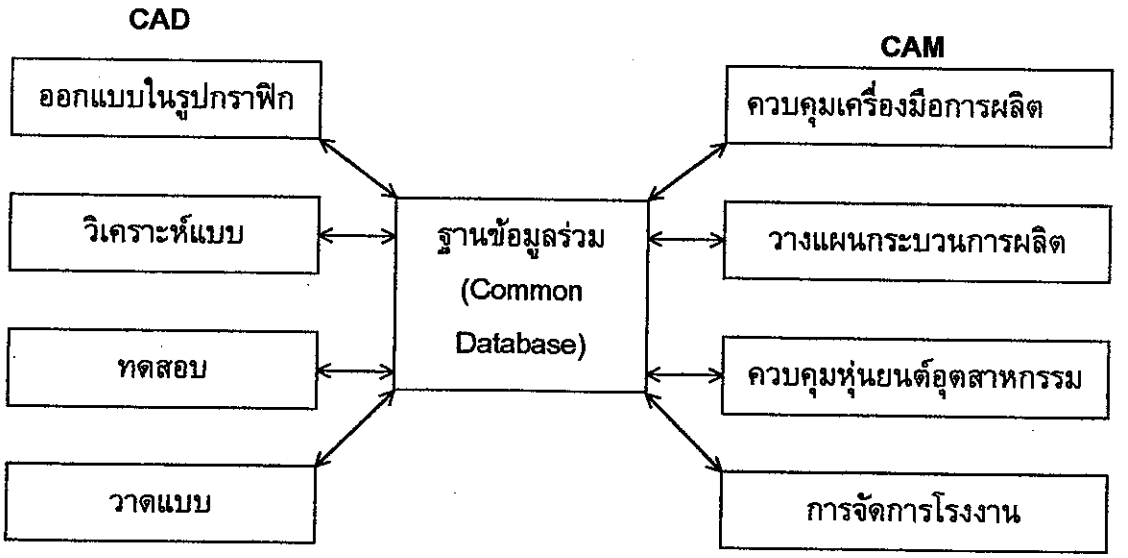
2. <u>การใช้คอมพิวเตอร์ในงานผลิตโดยอ้อม</u> :-

งานลักษณะนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่างานสนับสนุนการผลิต งานลักษณะนี้จะเป็นงานที่ไม่ได้ต่อเชื่อมกับระบบคอมพิวเตอร์โดยตรง แต่อาจจะเป็นการนำข้อมูลมาประมวลผล สรุป วางแผน (ดังรูป 2.3) ตัวอย่างของงานเหล่านี้ก็มี อาทิเช่น งานวางแผน การจัดการเกี่ยวกับด้านบัญชี หรือการจัดการซื้อวัตถุดิบ การจัดการโรงงาน ฯลฯ ซึ่งกรณีเหล่านี้มักจะต้องมีเจ้าหน้าที่ เช่น นักบัญชี นักวางแผน เป็นผู้ประสานงาน แต่ข้อมูลต่างๆ จะถูกจัดเตรียมโดยระบบคอมพิวเตอร์



รูป 2.3 ลักษณะการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสนับสนุนการผลิต

การใช้ CAD และ CAM นี้ หากจะใช้ให้ได้ผลเต็มที่จะต้องสามารถส่งข้อมูลถึงกันและกันได้ กล่าวคือข้อมูลที่ออกแบบโดย CAD ซึ่งเป็นข้อมูลในลักษณะรูปภาพกราฟิกจะสามารถนำไปใช้ในการผลิตชิ้นงาน ซึ่งมีลักษณะและขนาดเช่นเดียวกับที่ออกแบบไว้ทุกประการ ดังนั้นหากมองในลักษณะการใช้ข้อมูลร่วมกันลักษณะของงาน CAD/CAM จะเป็นดังรูป

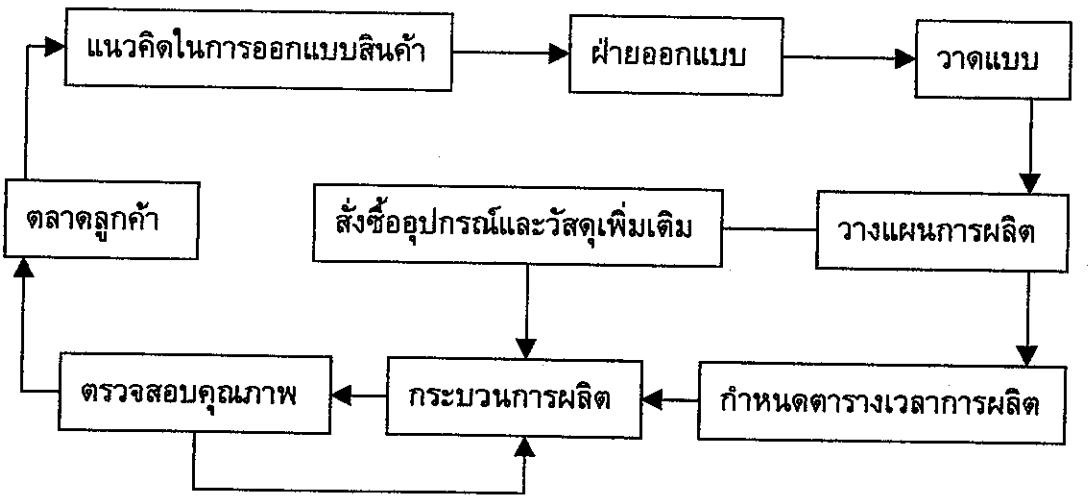


รูป 2.4 ความสัมพันธ์ของการใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างหน่วยงานต่างๆ ของระบบ CAD/CAM ในงานอุตสาหกรรม

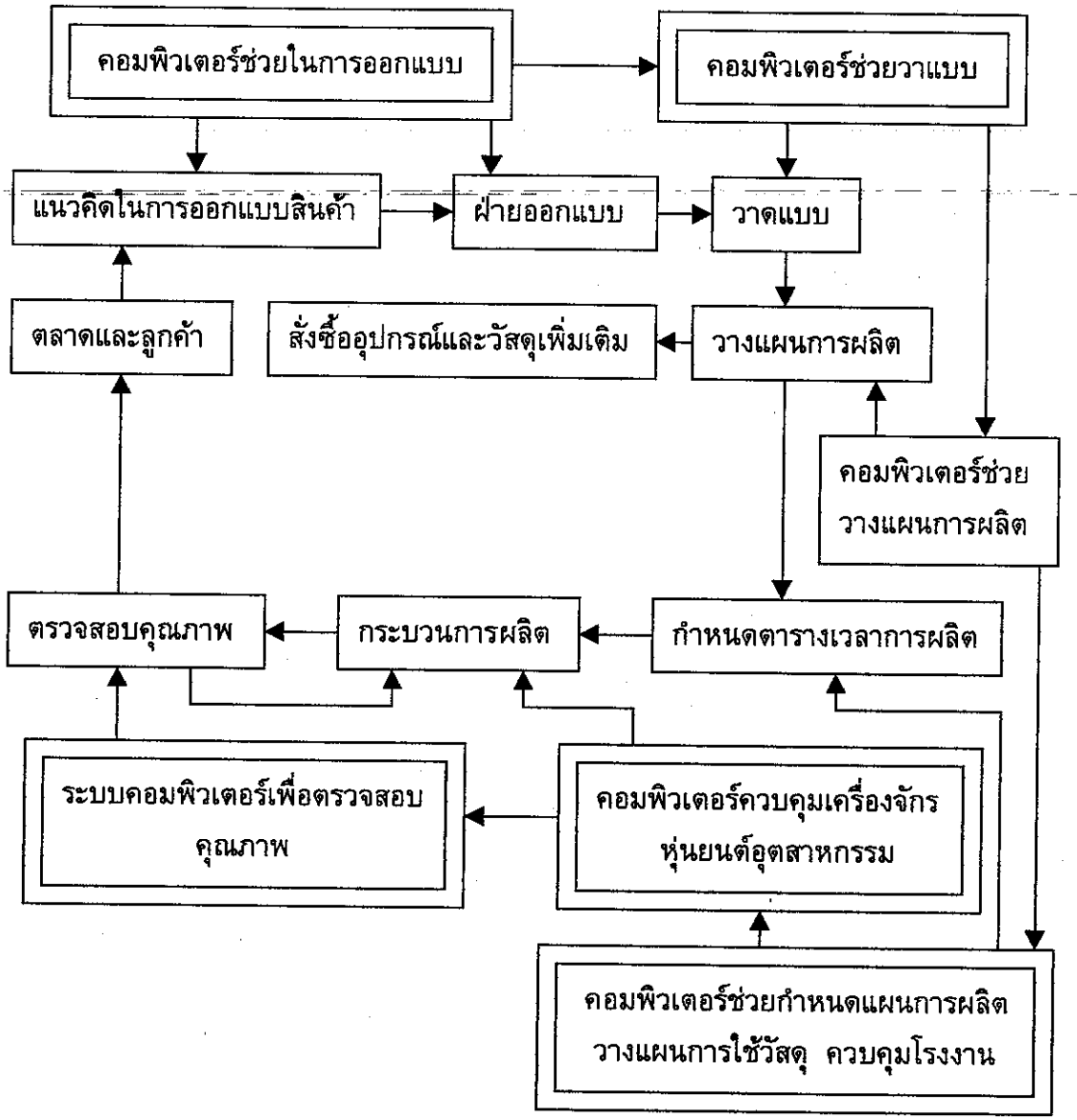
ข้อได้เปรียบของการใช้ระบบ CAD/CAM เข้ามาช่วยในด้านการผลิต ก็คือ การย่นเวลาในการออกแบบ โดยผลงานที่ออกมามีความถูกต้องเชื่อถือได้ อีกทั้งมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ค่าใช้จ่ายในการสร้างผลงานก็อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และเมื่อมีการนำข้อมูลที่ออกแบบไว้ไปใช้งานในการผลิตก็จะได้ข้อมูลที่ต้องการ เพราะเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน ไม่ต้องมีการใส่ข้อมูลใหม่จึงทุ่นเวลาในการผลิต

2.1.3 CAD/CAM ในอุตสาหกรรม

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า งานอุตสาหกรรมเป็นงานที่มีการแข่งขันสูง ผู้ที่จะอยู่ในแนวหน้าได้ต้องผลิตสินค้า ออกมาได้ทันความต้องการของตลาด สินค้าต้องมีคุณภาพดี ราคาถูก กระบวนการผลิตสินค้านั้นแต่เดิมอาจมีลักษณะ (ดังรูป 2.5) โดยขั้นแรกต้องรู้ความต้องการของตลาด จากนั้นจึงประยุกต์ขึ้นเป็นสินค้ามีการออกแบบวางแผนการผลิต จัดการผลิต ตรวจสอบคุณภาพ แล้วส่งออกสู่ตลาด กระบวนการเหล่านี้เป็นงานที่ค่อนข้างเสียเวลา ดังนั้นโอกาสที่จะถูกคู่แข่งขันทางการค้าตัดหน้าผลิตสินค้าออกมาขายก่อนจึงมีสูง แต่โดยการประยุกต์ใช้ CAD/CAM เข้ามาช่วย จะย่นระยะเวลาและกระบวนการลงได้มาก ลักษณะการใช้ CAD/CAM เข้ามาช่วยในการผลิตสินค้าแสดงไว้ในรูป 2.6



รูป 2.5 กระบวนการผลิตสินค้าครบวงจร



รูป 2.6 การใช้ CAD/CAM ในงานผลิตสินค้า

ส่วนของระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้ามาช่วย คือ ระบบ CAD ซึ่งช่วยในการออกแบบสินค้า นักออกแบบอาจลองออกแบบหลายๆ แบบ วิเคราะห์แบบจนได้แบบที่เหมาะสม หรือคิดว่าดีที่สุด แล้วจึงนำไปวาดแบบโดยอัตโนมัติ จากนั้นข้อมูลทั้งหมด อาทิเช่น ขนาด ลักษณะ ฯลฯ จะถูกไปยังระบบ CAM เพื่อวางแผนการผลิตและให้ข้อมูลในการสั่งซื้อวัสดุ รวมทั้งวางกำหนดการผลิต และวางแผนการใช้วัสดุแล้วจึงเริ่มผลิตโดย CAM จะไปช่วยในการควบคุมเครื่องจักรในการผลิต และควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม เมื่อได้สินค้าแล้วก็จะทำการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่ง

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยตรวจสอบคุณภาพนี้จะได้ความถูกต้อง 100% ผิดกับการตรวจเช็คด้วยมือ หรือโดยการสุ่มซึ่งโอกาสสูงที่จะได้รับของที่คุณภาพไม่ดีพอ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Drawing Interchange Format (DXF)

2.2.1. ข้อมูลจำเพาะ

- Drawing Interchange Format นามสกุลของไฟล์ภายใต้ระบบดอส DXF
- ชนิดของรูปแบบเป็นแบบกราฟิกส์แบบ Vector
- การแปรเปลี่ยน เป็นการใส่รหัสแบบ ASCII และไบนารี
- ซอฟแวร์ที่สามารถเปิด หรืออิมพอร์ตไฟล์ DXF ได้ โปรแกรมช่วยทางด้านการออกแบบทุกโปรแกรม (CAD) และโปรแกรมแก้ไขไฟล์เวกเตอร์ส่วนมาก และโปรแกรมทางด้านเดสก์ทอปพับลิชชิงบางตัว

2.2.2. AutoCAD โปรแกรมช่วยด้านการออกแบบ (CAD)

AutoCAD (ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับ CAD ใช้เป็นมาตรฐานในการวัด) ได้เป็นผู้นำเกี่ยวกับโปรแกรมประยุกต์เกี่ยวกับ CAD มาหลายปี AutoCAD ถูกออกแบบให้ใช้งานกับดอส ดังนั้นซอฟต์แวร์นี้จึงอยู่ในวงการนานเท่าๆ กับที่ดอสอยู่ ปัจจุบันนี้ AutoCAD ก็ได้ถูกสร้างให้ใช้ได้ทั้งบนวินโดวส์ และบนแมคอินทอช

รูปแบบ DXF (Drawing Interchange Format) นั้นถูกพัฒนาขึ้นมาในรูปของภาษากราฟิกส์เมตาไฟล์ เพื่อให้ผู้ใช้ของ AutoCAD ย้ายรูปกราฟิกส์ของเขาไปยังโปรแกรมอื่นๆ หรือแม้กระทั่งข้ามระบบปฏิบัติการเลยทีเดียว ซอฟแวร์เกี่ยวกับ CAD ส่วนมาก (ทุกแพลตฟอร์ม) สามารถนำรูปแบบ DXF ไปใช้ได้ แม้กระทั่งโปรแกรมที่ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้งานเกี่ยวกับ CAD ก็ตามที อย่างเช่น โปรแกรมแก้ไขเวกเตอร์ส่วนมากหรือโปรแกรมเดสก์ทอปพับลิชชิงบางตัว

แต่ก็ไม่ใช่ว่าโปรแกรม CAD ทุกๆ โปรแกรมที่สามารถอ่านรูปแบบ DXF ได้จะสามารถใช้งานกับฟังก์ชันของ CAD ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้น การใช้รูปแบบ DXF อย่างเต็มรูปแบบอาจจะเป็นการเสี่ยงเกินไป และซอฟแวร์ส่วนมากจะใช้กับทุกฟังก์ชันไม่ได้ ตัวอย่างเช่น โปรแกรมการแก้ไขเวกเตอร์ส่วนมากจะไม่สามารถใช้ความสามารถแบบ 3 มิติแบบเวกเตอร์ของ DXF ได้

2.2.3 ทศนิยมและจำนวนเต็ม

วิธีที่ AutoCAD ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์จะแยกจากซอฟต์แวร์ การแก้ไขเวกเตอร์ โดยทั่วไป AutoCAD ใช้จุดทศนิยมเพื่ออธิบายจุดภายในของการวาดด้วย AutoCAD วิธี

นี้ทำให้การคำนวณของ AutoCAD มีความถูกต้อง และแม่นยำค่อนข้างสูง แต่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีโปรเซสเซอร์ที่มีความสามารถในการคำนวณจุดทศนิยม

โปรแกรมการแก้ไขเวกเตอร์ส่วนมากจะใช้ความสามารถในด้านการคำนวณ เกี่ยวกับจำนวนเต็ม นั่นหมายถึงการวาดของ AutoCAD จะถูกเอ็กซ์พอร์ตไปเป็นไฟล์ DXF และการเปิดไฟล์นี้ในโปรแกรมการแก้ไขเวกเตอร์ จะทำให้สูญเสียรายละเอียดของข้อมูลบางประการไป เศษส่วนย่อยอาจถูกปัดเศษ (ขึ้นหรือลง) หรืออาจถูกต้องทิ้งเลยก็ได้ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับซอฟแวร์ที่ใช้อ่านไฟล์ DXF

ในหลายสถานการณ์การสูญเสียข้อมูลในรายละเอียด อาจจะน้อยมากจนไม่เป็นที่สังเกต แต่ในแผงงานการสร้างดึก ถ้ามีการสูญเสียจุดทศนิยมก็อาจทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าถูกติดตั้งเคลื่อนออกไปจากที่ควรจะเป็น แต่ในภาพดึกที่พิมพ์ออกมา การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจจะมองไม่เห็น ในภาพขยายใหญ่เราอาจจะมองเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงบ้าง แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับการทำงานของเราว่าการสูญเสียตำแหน่งทศนิยมนั้นสำคัญกับเราเพียงใด

2.2.4. โครงสร้างไฟล์ของ DXF

ความสามารถหลายๆ ประการของ AutoCAD ประกอบกับความเที่ยงตรงและแม่นยำนั้น ทำให้การใช้งานเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนรูปแบบมีความยากมากมีบางฟังก์ชันที่ใช้ใน AutoCAD ไม่สามารถถูกใช้ที่อื่นได้ และบางฟังก์ชันโดยมากจะใช้ในลักษณะ หรือวิธีที่แตกต่างจากซอฟต์แวร์ตัวอื่นๆ

คู่กลุ่ม (Group Pair) ออบเจ็กต์ในไฟล์แบบ DXF ถูกนิยามโดยใช้ค่าเป็นคู่ๆ (รหัสกลุ่มตามด้วยค่าของกลุ่ม) รหัสกลุ่มจะบอกถึงค่าที่ต้องถูกใช้ตามมา

ส่วน (Sections) ข้อมูลในไฟล์ DXF แบ่งออกเป็น 4 ส่วน

ส่วนหัว ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับไฟล์ทั้งหมด (สี และความกว้างของเส้นโดยดีฟอลต์สำหรับภาพที่ถูกวาด หรือมิติของภาพทั้งหมด) ข้อมูลส่วนใหญ่สามารถถูกละได้โดยโปรแกรมแก้ไขเวกเตอร์และซอฟต์แวร์เกี่ยวกับงานพิมพ์ เนื่องจากมันถูกประยุกต์ใช้กับตัวแปรของ CAD เท่านั้น

ส่วนของตาราง ใช้ในโปรแกรมของ CAD โดยส่วนใหญ่ข้อมูลในที่นี้จะทำงานกับระบบประสานงาน และระดับของออบเจ็กต์ ออบเจ็กต์ที่แตกต่างกันสามารถถูกจัดกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างขั้นที่ต่อๆ กันในซอฟต์แวร์แบบ CAD

ส่วนของบล็อก จะจัดกลุ่มออบเจ็กต์ของเวกเตอร์ โดยใช้ชื่อเป็นหลักซึ่งแตกต่างจากข้อมูลที่เป็นชั้นๆ ในส่วนของตาราง นั่นคือส่วนของบล็อกจะถือว่า entity เป็นกลุ่มของออบเจ็กต์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้

ส่วนของ Entity จะประกอบด้วย คำสั่งการออบเจ็กต์แบบเวกเตอร์มากมาย ตัวอย่าง เช่น entity แบบ DXF นั่นคือจุด เส้นตรง วงกลม สีทึบ ภาพสามมิติ ข้อความ และรูปร่าง entity ถูกอธิบายโดยใช้ตัวเลขและรหัสตัวอักษร ASCII เริ่มด้วยรหัสสำหรับชื่อ entity ตามด้วยรหัสที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับชั้นของ entity, สีของ entity (และรหัสอื่นที่ละได้) และสุดท้ายก็คือข้อมูลที่อธิบายเกี่ยวกับ entity

ตัวอย่าง คำสั่งการของ entity วงกลมอาจอยู่ในรูปแบบดังต่อไปนี้

0 [ศูนย์เป็นตัวเริ่มสำหรับคำสั่งการ entity]
CIRCLE
8 [ชื่อของเลเยอร์]
layer name
62 [สี]
0
10 [คู่ลำดับ X ของตรงกลาง]
5.0000000000
20 [คู่ลำดับ Y ของตรงกลาง]
5.0000000000
30 [คู่ลำดับ Z ของตรงกลาง]
5.0000000000
40 [รัศมีวงกลม]
1.0000000000

หมายเหตุ ชนิดของ entity ที่แตกต่างกันจะใช้ปริมาณ และชนิดของข้อมูลที่แตกต่างกัน ถึงกระนั้นรหัสของข้อมูลก็ไม่เปลี่ยน ตัวอย่างเช่น รหัสที่ใช้บอกตำแหน่งของจุดคือ 10, 20, และ 30 (สำหรับ X, Y, Z) ตามด้วยเลขสำหรับแต่ละอัน เปรียบเทียบสิ่งนี้กับรหัสสำหรับตรงกลางของวงกลม ความหมายของรหัสจะเปลี่ยนตาม entity ที่ถูกสั่งการ

2.2.5 การใส่รหัส ASCII และไบนารี

ไฟล์ DXF สามารถถูกใส่รหัสได้ 2 วิธีที่แตกต่างกัน รหัสสามารถใช้ตัวอักษร ASCII และข้อมูลแบบไบนารี รูปแบบของไบนารีซึ่งกินเนื้อที่น้อยกว่าจะถูกถอดรหัสได้เร็วกว่าแบบ ASCII แต่การใส่รหัสแบบไบนารีก็มีข้อเสียอยู่อย่างหนึ่งคือ ไม่ใช่โปรแกรมทุกโปรแกรมจะสามารถอ่านไฟล์ DXF แบบไบนารีได้และการใส่รหัสแบบไบนารีของไฟล์ DXF นั้นจะทำให้เกิดความยุ่งยากเรื่องการติดตามข้อผิดพลาดเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น

อย่างไรก็ตาม การใส่รหัสแบบ ASCII นั้นจะทำให้การติดตาม หรือแกะรอยปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นไปได้ง่ายกว่า

2.2.6. การสร้าง Drawing Interchange Files

ในบางลักษณะงานเราจำเป็นต้องนำไฟล์ข้อมูล drawing ของ AutoCAD (.DWG) ไปใช้กับซอฟต์แวร์ประเภท CAD ตัวอื่น เช่น หลังจากที่เขียน drawing เกี่ยวกับโครงสร้างเสร็จแล้ว ต้องการที่จะให้ซอฟต์แวร์ประเภท CAD ตัวอื่น ช่วยคำนวณทางด้าน finite element structural analysis เสร็จแล้วส่งข้อมูลเกี่ยวกับ Stress และ displacements ที่คำนวณได้กลับมาแสดงผลใน AutoCAD อีกครั้งหนึ่ง

ก่อนที่จะนำไฟล์ข้อมูล drawing (.DWG) ไปใช้กับซอฟต์แวร์ประเภท CAD ตัวอื่นได้นั้น จะต้องทำการสร้างไฟล์ที่ทำให้ซอฟแวร์ตัวอื่นเข้าใจได้เสียก่อน นั่นคือการสร้าง DXF Files ที่จะกล่าวต่อไป

Drawing Interchange Files ที่ AutoCAD สามารถทำได้มีดังนี้

- Drawing Interchange Format (DXF)
- Initial Graphics Exchange Standard (IGES)

การสร้าง DXF File เราสามารถสร้าง DXF File ได้ขณะที่อยู่ใน Drawing Editor ของ AutoCAD โดยใช้คำสั่ง DXFOUT ไฟล์ข้อมูลที่ได้จะมีนามสกุลเป็น .DXF

```
Command : DXFOUT กด Enter
File name <...> : ใส่ชื่อไฟล์หรือกด Enter
```

ในกรณีที่ต้องการให้ DXF File มีชื่อเดียวกับค่า default ให้กด Enter ผ่านไป หรือจะใส่ชื่อใหม่ลงไปก็ได้ แต่ห้ามใส่ .DXF ลงไป หลังจากนั้นจะปรากฏข้อความ

```
Enter decimal place of accuracy (0 to 16)/Entities/Binary <6>:
```

หมายถึง ต้องการความละเอียดของตำแหน่งทศนิยมจำนวนเท่าใด ค่าที่รับได้คือ 0 ถึง 16 ตำแหน่ง ยิ่งตัวเลขมาก ความละเอียดก็จะมีมากตามไป

หรือเลือก E (entities) เป็นการกำหนดภาพบางส่วนลงใน DXF File โดยเครื่องจะถาม Select Object : เช่นเดียวกับคำสั่ง ERASE หรืออื่นๆ

ส่วนการเลือก B (binary) เป็นการกำหนดให้เก็บข้อมูลลงใน DXF File ในรูปของ binary ซึ่งถ้าไม่กำหนดให้เป็น binary AutoCAD จะเก็บในรูปของ ASCII File ข้อดีของ Binary File คือไฟล์จะมีขนาดเล็กกว่าแบบ ASCII ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ และความละเอียดจะถึงเป็น

ความละเอียดสูงสุดที่เก็บไว้ใน drawing(.DWG) นอกจากนี้การอ่าน และการเขียนลงไฟล์ความเร็วสูงกว่าประมาณ 5 เท่า ตัวเลือก binary นี้จะมีใน Release 10 ขึ้นไป ไม่สามารถใช้ Release ต่ำกว่าอ่านหรือเขียนได้

การอ่าน DXF Files เข้าสู่ AutoCAD นอกจากการสร้าง DXF Files แล้ว AutoCAD ยังมีความสามารถที่จะอ่าน .DXF Files เข้ามาใน Drawing Editor ได้โดยใช้คำสั่ง DXFIN

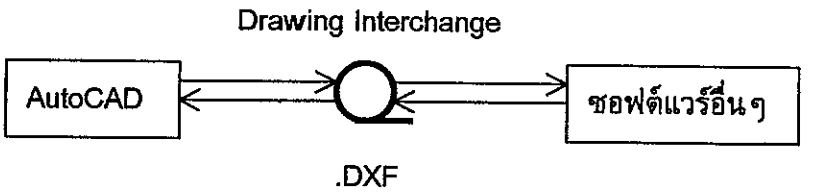
```
Command : DXFIN กด Enter
File name <...> : ใส่ชื่อไฟล์ที่จะอ่าน กด Enter
```

โดยปกติ .DXF File ต่างๆ จะมีการเก็บข้อมูลของแต่ละส่วนไว้ เช่น line, type, layer, text style, view port, UCS, block และ entities (ส่วนที่เป็นภาพ)

ในกรณีที่ Drawing Editor ยังไม่มีการวาดรูปใดๆ ลงไป หรือยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง line, type, layer ฯลฯ ที่กล่าวมา และทำการเรียก DXFIN AutoCAD จะทำการโหลดส่วนมาตรฐานต่างๆ และส่วนของภาพเข้ามาใน Drawing Editor ด้วย หากมีการเปลี่ยนแปลงส่วนมาตรฐานบางส่วน เช่น layer AutoCAD จะทำการโหลดเฉพาะส่วนที่เป็น entities (ส่วนของภาพ) เท่านั้น เข้ามาใน Drawing Editor พร้อมกับแจ้งข้อความ

```
"Not a new drawing...only ENTITIES section will be input"
```

ภาพที่อยู่ใน .DXF File จะเข้ามาโดยใช้ส่วนมาตรฐาน เช่น line, type, layer ฯลฯ ที่อยู่ใน Drawing Editor ขณะนั้น



รูป 2.7 แสดงการโอนย้ายไฟล์ข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์

การสร้าง IGES Files เราสามารถสร้าง Initial Graphics Exchange Standard (IGES) File จาก Drawing Editor ได้ เช่นเดียวกับการสร้าง DXF File แต่ใช้คำสั่ง IGESOUT

```
Command : IGESOUT กด Enter
File name <...> : ใส่ชื่อไฟล์ลงไป กด Enter
```

การกำหนดชื่อไฟล์ไม่ต้องใส่นามสกุลลงไป AutoCAD จะใส่นามสกุลให้เป็น .IGS

การอ่าน IGES Files เข้ามาใน AutoCAD จะต้องทำขณะที่อยู่ใน Drawing Editor เช่นเดียวกับคำสั่งอื่นๆ

Command : IGESIN กด Enter File name <...> : ใส่ชื่อไฟล์ไม่ต้องมีนามสกุล กด Enter

สำหรับการโหลด IGES File นี้จะทำได้ก็ต่อเมื่อใน Drawing Editor ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาตรฐาน เช่น layer, block หรืออื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วใน DXFIN หากส่วนมาตรฐานที่กล่าวมาถูกเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติม เครื่องจะเตือนให้ทราบว่า

"IGES input may be done only in a new drawing."

และจะไม่ทำการสร้างภาพให้ด้วย เราจะต้อง QUIT ออกจาก Drawing Editor ไปก่อน แล้วเข้ามาด้วยเมนูหมายเลข 1 คือเริ่มสร้าง drawing ใหม่นั้นเอง

2.2.7 ASCII Text Files

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) นามสกุลของไฟล์ภายใต้ระบบดอส TXT

ชนิดของรูปแบบ เป็นแบบรหัสตัวเลขสำหรับตัวอักษรแบบเท็กซ์ ซอฟต์แวร์ที่สามารถเปิด หรืออิมพอร์ตไฟล์ TXT ซอฟต์แวร์ใดๆ ก็ตามที่ถูกออกแบบให้จัดการกับข้อมูลเท็กซ์

1. ภาพกว้างๆ

แอสกีเป็นมาตรฐานสำหรับการใส่รหัสอักษรแบบเท็กซ์ และอักษรควบคุมในลักษณะเป็นข้อมูลตัวเลข โดยการใช้ตารางมาตรฐานของค่าที่บันทึกองค์ประกอบเท็กซ์ ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ และฮาร์ดแวร์ สามารถแลกไฟล์ระหว่างโปรแกรมต่างๆ และชนิดต่างๆ ของคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนข้อมูลในเท็กซ์

ชุดตัวอักษรแอสกีที่เป็นมาตรฐาน (ในภาคผนวก) จะได้คำนิยามรหัสตัวเลขดังต่อไปนี้
ตัวอักษรอัลฟานิวเมอริก (ตัวเลข 0-9 ตัวอักษรทั้งตัวพิมพ์ใหญ่และเล็ก)
รหัสควบคุมสำหรับซอฟต์แวร์ (เช่น BACKSPACE หรือ LINEFEED)
ตัวอักษรและสัญลักษณ์พิเศษต่างๆ ที่เราเห็นบนคีย์บอร์ด

ชุดตัวอักษรแอสกีที่เป็นมาตรฐานประกอบด้วย 128 ตัว คือ 32 ตัวแรกสำหรับรหัสควบคุม และ 96 ตัวถัดไปคือตัวอักษรอัลฟานิวเมอริก และตัวอักษรพิเศษต่างๆ ชุดตัวอักษรแอสกีที่แบบขยายบรรจุ 256 ตัว นั่นคือ 128 ตัวสำหรับชุดมาตรฐานบวกด้วย 128 ตัวที่สามารถเปลี่ยนได้สำหรับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งมักจะสงวนไว้สำหรับตัวอักษรต่าง

ประเทศ หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ รหัสตัวอักษรแอสกีกินเนื้อที่ 1 ไบต์สำหรับแต่ละตัวอักษร (1 ไบต์ = 8 บิต = 256 วิธีในการผสมกัน)

คำเตือน ชุดตัวอักษรแอสกีแบบขยายบรรจุสัญลักษณ์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนชนิดของคอมพิวเตอร์หนึ่งไปยังอีกชนิด หรือแม้กระทั่งจากรูปแบบตัวอักษรชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่งในคอมพิวเตอร์เดียวกัน เมื่อใดก็ตามที่ใช้ตัวอักษรพิเศษในเท็กซ์ไฟล์ ให้แน่ใจว่าคอมพิวเตอร์อื่น หรือโปรแกรมอื่นกำลังจะอ่านไฟล์สามารถเข้าใจตัวอักษรพิเศษได้

2. โครงสร้างของเท็กซ์ไฟล์

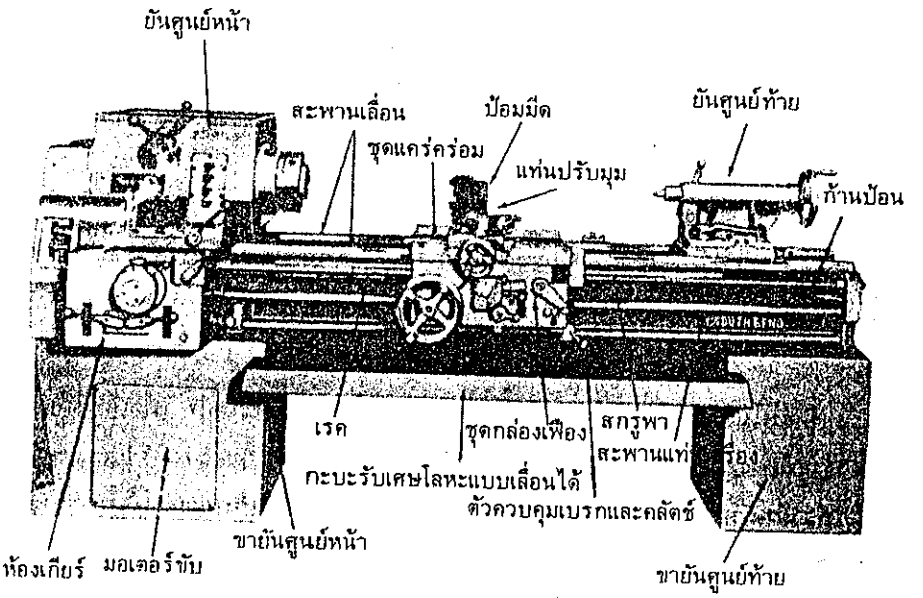
เท็กซ์ไฟล์ประกอบด้วยสตริงของข้อมูล เมื่อโปรแกรมพยายามอ่านไฟล์ TXT ซอฟต์แวร์จะพยายามหาไบต์แรกของข้อมูล แล้วนำค่าตัวเลขจากไบต์นั้นมาเปรียบเทียบกับรายการตัวอักษรแอสกีของตัวเอง ถ้าเท็กซ์ไฟล์เริ่มต้นด้วยข้อมูลอื่นที่นอกเหนือจากรหัสตัวอักษรแอสกีแล้ว ซอฟต์แวร์ที่อ่านไฟล์จะอ่านข้อมูล 1 ไบต์แล้วกำหนดข้อมูลให้ตัวอักษรแอสกี ไม่ว่าจะสมเหตุสมผลหรือไม่ แต่นี่ก็คือเหตุผลที่บางทีเราจะเป็นตัวอักษรที่เป็นขยะที่ต้นหรือท้ายเท็กซ์ไฟล์ บางครั้งเท็กซ์ไฟล์ได้เก็บตัวอักษรที่ไม่ใช่ข้อมูลเท็กซ์แล้วรับเปลี่ยนเป็นตัวอักษรเท็กซ์

2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องจักรกล CNC

2.3.1 ความหมายของ Numerical Control (NC)

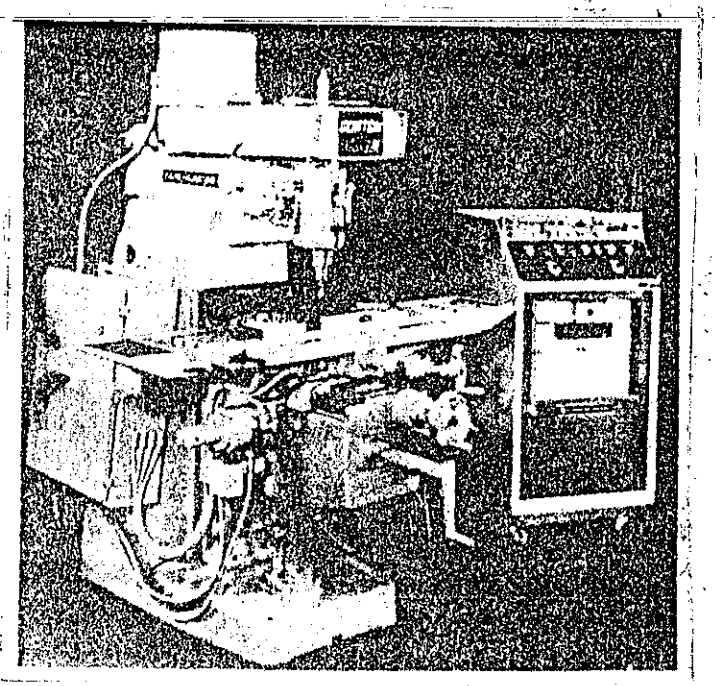
เอ็นซี (NC) ย่อมาจากคำว่า Numerical Control หมายถึง การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยระบบตัวเลขและตัวอักษร ซึ่งคำจำกัดความนี้ได้จากประเทศสหรัฐอเมริกา กล่าวคือ การเคลื่อนที่ต่างๆ ตลอดจนการทำงานอื่นๆ ของเครื่องจักรกล จะถูกควบคุมโดยรหัสคำสั่งที่ประกอบตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นคลื่นสัญญาณ (pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณออกอื่นๆ ที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ

ในอดีตเครื่องมือกลจะควบคุมด้วยมือหรือคันโยก โดยการใช้คาน มอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกจ่ายไฟให้เพื่อจะทำหน้าที่ในการเคลื่อนหรือหมุนชิ้นงาน และใช้ในการขับกลไกที่หมุน หรือเคลื่อนที่เชิงเส้นเข้าหาชิ้นงาน ในเครื่องกลึง (รูป 2.8) ชิ้นงานจะเป็นตัวที่หมุน ส่วนเครื่องมือกัดมีดกลึงก็จะเคลื่อนที่เชิงเส้นเข้าหาชิ้นงาน



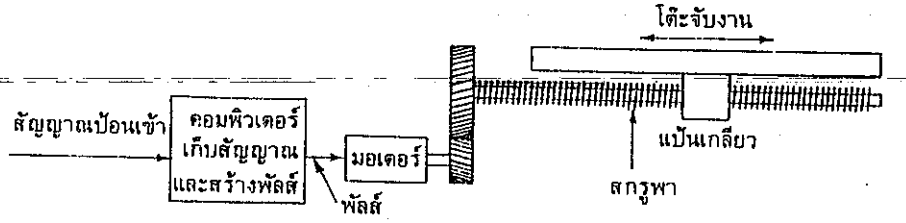
รูป 2.8 เครื่องกลึง

เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมเชิงตัวเลข (NC) ในรูป 2.9 อาจจะใช้การควบคุมแบบวงรอบเปิด วงรอบปิด หรือใช้แบบผสม



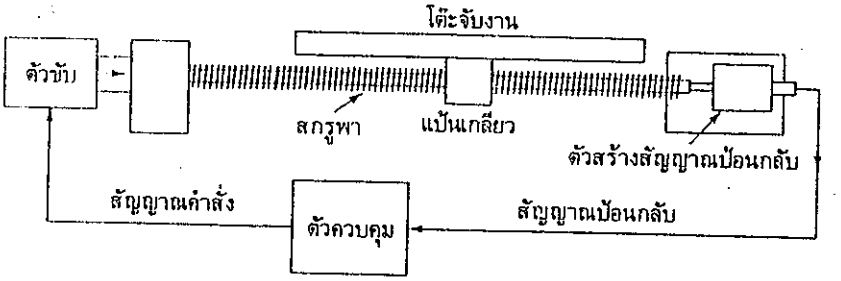
รูป 2.9 เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมเชิงตัวเลข

เครื่องจักรที่ใช้การควบคุมแบบวงรอบเปิด (รูป 2.10) จะมีสัญญาณส่งไปยังเครื่องมือหรือโต๊ะจับงาน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ เครื่องมือและโต๊ะจับงานจะรอคำสั่งถัดไป สัญญาณป้อนเข้าไปในระบบวงจรเปิดจะไม่มีสัญญาณป้อนกลับ (feed back signal) นั่นก็คือไม่มีทางเลยที่ระบบสามารถที่จะรู้ว่าสัญญาณนั้นได้ทำแล้วหรือยัง ระบบไม่สามารถที่จะตรวจสองคำสั่งได้ว่าทำแล้วหรือยัง ถูกต้องหรือผิดพลาด เครื่องกลึงยันศูนย์ (turret lathe) ก็เป็นตัวอย่างหนึ่งของเครื่องจักรที่มีการควบคุมแบบวงรอบเปิด ตัวลูกเบี้ยว และตัวหยุดจะควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ แต่ไม่มีทางที่จะบอกได้ว่าเครื่องมือได้ทำการกัด กลึง เจาะได้ตามความต้องการแล้วหรือยัง หากต้องการรู้ก็ต้องทำการวัดดูเท่านั้น



รูป 2.10 เครื่องจักรที่ใช้การควบคุมแบบวงรอบเปิด

เครื่องจักรที่ใช้การควบคุมแบบวงรอบปิด (รูป 2.11) มีสัญญาณป้อนกลับจากตัว sensor เมื่อโต๊ะจับงานเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่ต้องการ sensor ก็จะจับและควบคุมโต๊ะจับงานให้หยุด



รูป 2.11 เครื่องจักรที่ใช้การควบคุมแบบวงรอบปิด

เครื่อง NC จะถูกควบคุมด้วยเทปกระดาษที่ถูกเจาะรู หรือจากการป้อนคำสั่งโดยตรงจากมือ กระดาษเทปใช้ตัวอักษรหมายเลขหรือสัญลักษณ์เพื่อที่จะบอกเครื่องจักรว่าควรจะทำอะไร การเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าจะเป็นบอกว่ามีหรือไม่มีรูอยู่ที่แผ่นเทป สัญญาณเหล่านี้จะใช้สวิตซ์รีดหรือสวิตซ์ชนิดอื่นเป็นตัวรับสัญญาณ

2.3.2 ความหมายของ Computerized Numerical Control (CNC)

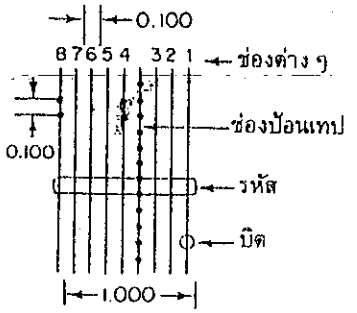
ซีเอ็นซี (CNC) ย่อมาจากคำว่า Computerized Numerical Control ระบบควบคุมเอ็นซีนี้จะมีคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงเพิ่มเข้าไปภายในระบบ ทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในระบบเอ็นซี และประมวลผลข้อมูลเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล

ในปัจจุบันเครื่องจักรกลเอ็นซีส่วนมากจะหมายถึง เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทั้งนี้เพราะว่าระบบเอ็นซีที่ไม่มีคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบ มักไม่นิยมสร้างใช้แล้ว เนื่องจากชิ้นส่วน electronic ในปัจจุบันมีราคาค่อนข้างถูก ดังนั้น ราคาของชิ้นส่วน electronic เหล่านี้ที่เพิ่มขึ้นมาเกือบจะไม่ต้องนำมาพิจารณา เมื่อเทียบกับราคาของเครื่องจักรทั้งเครื่อง

ในเครื่อง CNC จะใช้ตัวคอมพิวเตอร์เป็นหน่วยความจำ และใช้ตัวคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมเครื่อง CNC ด้วยเหตุนี้จะทำให้สามารถเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์แทนการใช้เทปเจาะรู ซึ่งทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้มากกว่าและช่วยในการป้อนและเก็บข้อมูล ถ้าหากเงื่อนไขเปลี่ยนมันสามารถที่จะเข้าทำการแก้ไขได้อย่างง่ายดายโดยไม่ต้องเลือกเทปป้อนใหม่ เครื่อง CNC มีความสามารถในการป้อนข้อมูลทางมือ (manual data input (MDI)) ทำให้สามารถที่จะควบคุมตัวโปรแกรมที่มีอยู่ ทำให้มันสามารถที่จะเปลี่ยนแทรก ให้ขนาดใหม่ ให้อัตราป้อน ความเร็ว และอื่นๆ ได้ เครื่อง CNC เป็น soft wired ซึ่งหมายความว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าถูกส่งตามสายไฟที่ต่อไปโดยตรงยังอุปกรณ์ไฟฟ้าทางกล เช่น โซลีนอยด์ คอมพิวเตอร์ที่เป็น soft wired จะต่อสายจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปควบคุมเครื่องมือกลเครื่องเดียวหรืออาจหลายๆ เครื่องก็ได้

เทปกระดาษ (หรือเทปแม่เหล็ก ดิสก์ หรือดรัม) ใช้เพื่อป้อนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะเปลี่ยนเป็นการทำงานของเครื่องจักร เทปอันนี้จะมีขนาดความกว้าง 1 นิ้ว เมื่อถูกเจาะรู รูจะห่างกัน 0.100 นิ้วทั้งในแนวนอนและแนวตั้งดังแสดงในรูป 2.5 วัสดุที่ใช้ทำเทปมักจะทำมาจากกระดาษไมลาร์ หรือแผ่น Paper Mylar บางๆ โปรแกรมจะถูกป้อนลงไปที่หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์โดยตรงจากคีย์บอร์ดของมินิคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์จะทำการพิมพ์ออกมา

เทปจะถูกนำไปเจาะรูเพื่อจะใช้งานต่อไปในเทปแม่เหล็ก ดังแสดงด้วยเส้นประในรูป 2.6 มีใช้ในการเก็บโปรแกรมด้วยเช่นกัน ม้วนเทปแม่เหล็กที่กว้างเป็นนิ้ว รหัสจะถูกเก็บในลักษณะทางแม่เหล็กในช่อง 7 ช่องด้วยความเร็ว 50,000 ตัวต่อวินาที ม้วนเทป 1 ม้วนสามารถเก็บได้ประมาณ 15 ล้านตัวอักษร



รูป 2.12 เทปเจาะรูเพื่อจะใช้งานต่อไปในเทปแม่เหล็ก

2.3.3 ความแตกต่างระหว่างเครื่องจักรกลเอ็นซีกับเครื่องจักรกลทั่วไป

เครื่องจักรกลทั่วไป แท่นเลื่อน (Slides) ที่ทำหน้าที่นำชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดให้เคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน (Slideways) โดยการหมุนมือหมุน หรือโดยการต่อกลไกป้อนอัตโนมัติ เช่น ลูกเบี้ยวในเครื่องกลึงอัตโนมัติ ซึ่งในขณะเดียวกันช่างควบคุมเครื่องจะต้องปฏิบัติงานในหน้าที่อื่นๆ จำเป็นต้องใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานนั้นๆ ด้วย เช่น เปิดและปิดสวิตช์ควบคุมการหมุนของเพลาหัวเครื่อง เปลี่ยนอัตราป้อนและความเร็วรอบ เปิดและปิดสวิตช์สารหล่อเย็น เป็นต้น ในการปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ เหล่านี้ ช่างควบคุมเครื่องจะต้องใช้ทั้งวิจารณญาณและการตัดสินใจร่วมกัน การตัดสินใจเหล่านี้จะต้องกระทำซ้ำๆ กันตลอดเวลาที่ทำการผลิตชิ้นงานนั้น ถึงแม้ว่าจะเป็นการผลิตชิ้นงานที่มีรูปทรงเดียวกันก็ตาม

ส่วนเครื่องจักรกลเอ็นซี การเคลื่อนที่ต่างๆ ที่จำเป็นในการผลิตชิ้นงานจะทำงานโดยอัตโนมัติด้วยตัวเครื่องจักรกลเองตามข้อมูลตัวเลข (Numerical Information) ที่ป้อนให้กับระบบควบคุมของเครื่องจักรกลเอ็นซีในรูปแบบของรหัส (code) ที่ระบบควบคุมของเครื่องสามารถจะเข้าใจได้

ความแตกต่างในการใช้เครื่องจักรกลเอ็นซี เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรกลที่ใช้ทั่วไป ก็คือ การตัดสินใจในการกำหนดขั้นตอนการทำงานต่างๆ จะกระทำเพียงครั้งเดียว กล่าวคือจะกระทำในขั้นตอนการวางแผนและสร้างโปรแกรม สำหรับควบคุมเครื่องจักรกลเท่านั้น ต่อจากนั้น โปรแกรมก็จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล สำหรับการผลิตชิ้นงานที่ต้องการ โดยสามารถทำการผลิตซ้ำๆ กันกี่ครั้งก็ได้ตามต้องการ

นอกเหนือจากโปรแกรมการทำงาน ซึ่งเปรียบเสมือนการวางแผนการทำงานที่ได้จัดเตรียมขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอน การป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ ตลอดจนการป้องกันอันตรายที่อาจขึ้นได้แล้วนั้น การผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรกลเอ็นซียังช่วยลดเวลาการทำงานอื่นๆ ที่จำเป็นตัวเลข เช่น ลดเวลาการตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน ลดเวลาในการปรับตำแหน่งของชิ้นงาน ลดเวลาในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบในการทำงาน เป็นต้น

<u>ตารางที่ 2.1</u> เปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องจักรกลทั่วไปกับเครื่องจักรกลเอ็นซี

			เครื่องจักรกลทั่วไป	เครื่องจักรกลเอ็นซี
1	การป้อนโปรแกรม	ขั้นเตรียมงาน	ไม่มี	มี
2	การจับยึดชิ้นงาน		มือ	มือ
3	การจับยึดเครื่องมือตัด		มือ	มือหรือชุดควบคุม
4	การตั้งจุดอ้างอิง		มือ	มือ
5	การตั้งความเร็วรอบ		มือ	ระบบควบคุม
6	การเลื่อนแท่นเลื่อน	ขั้นตัดเฉือน	มือหมุน	ระบบควบคุม
7	การเปรียบเทียบระยะ		สายตา	ระบบควบคุม
8	การตรวจสอบขนาด		เครื่องมือวัด	ใช้เวลาน้อยกว่า

2.3.4 <u>ความแตกต่างระหว่างระบบเอ็นซีกับระบบซีเอ็นซี</u>

ระบบซีเอ็นซีเป็นระบบที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากระบบเอ็นซี ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างระบบเอ็นซีกับระบบซีเอ็นซี ก็จะอยู่ที่ความสามารถของระบบควบคุม นั่นคือ คอมพิวเตอร์เมื่อนำระบบซีเอ็นซีไปควบคุมเครื่องจักรกล ความสามารถในการทำงานต่างๆ จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรกลเอ็นซีดังนี้ :-

การแสดงภาพจำลองการทำงานตามโปรแกรมที่ป้อนเข้าในระบบจอภาพ
ความจุของหน่วยความจำเพิ่มมากขึ้น สามารถเก็บข้อมูลโปรแกรมได้มาก
การแก้ไขและลบโปรแกรมสามารถกระทำได้ที่เครื่องจักรโดยตรง
สามารถส่งข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกได้
ระบบความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น
มีการชดเชยความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดและการส่งกำลัง
มีโปรแกรมสำเร็จสำหรับการคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น ความเร็วรอบ อัตราป้อน เป็นต้น

2.3.5 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี

เครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซีเป็นเครื่องจักรกลสมัยใหม่ ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง แต่ในขณะเดียวกันราคาก็สูงตามด้วย ดังนั้น ก่อนที่จะพิจารณาจัดซื้อเครื่องจักรกลประเภทนี้มาใช้ในกระบวนการผลิต จำเป็นที่จะต้องศึกษารายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับขีดความสามารถของเครื่อง ตลอดจนข้อดีและข้อเสียของเครื่องจักรกลประเภทนี้ก่อน

ข้อดีของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรกลอัตโนมัติอื่นๆ พอจะสรุปได้ดังนี้ :-

1. มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง ; การเปลี่ยนงานใหม่จะแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเฉพาะโปรแกรมเท่านั้น
2. ความเที่ยงตรง (Accuracy) จะอยู่ระดับเดียวกันตลอดช่วงความเร็วรอบและอัตราป้อนที่ใช้ทำการผลิต
3. ใช้เวลาในการผลิต (Production Time) สั้นกว่า
4. สามารถใช้ผลิตชิ้นงานที่มีรูปทรงซับซ้อนได้ง่าย
5. การปรับตั้งเครื่องจักรกระทำได้ง่าย ใช้เวลาน้อยกว่าการผลิตด้วยวิธีอื่นๆ
6. หลีกเลี่ยงความจำเป็นที่ต้องใช้ช่างควบคุมที่มีทักษะและประสบการณ์สูง
7. ช่างควบคุมเครื่องมีเวลาว่างจากการควบคุมเครื่อง สามารถที่จะจัดเตรียมงานอื่นๆ ไว้ล่วงหน้าได้
8. การตรวจสอบคุณภาพไม่จำเป็นต้องกระทำทุกขั้นตอนและทุกชิ้น
9. ลดจำนวนเครื่องมือและระบบติดตั้งจับยึดชิ้นงาน รวมทั้งลดค่าใช้จ่าย
10. ลดระบบเอกสารการจัดเก็บที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงาน

ข้อเสียของเครื่องจักรเอ็นซีและซีเอ็นซี มีดังนี้

1. ราคาของเครื่องจักรค่อนข้างสูง
2. การบำรุงรักษามีความซับซ้อนมาก
3. จำเป็นต้องใช้ช่างเขียนโปรแกรม (Part Program) ที่มีทักษะความชำนาญสูงและฝึกอบรมมาโดยเฉพาะ
4. ชิ้นส่วนหรืออะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุง ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศ จำเป็นต้องสั่งซื้อหรือนำเข้าจากต่างประเทศ
5. การซ่อมบำรุงจะต้องใช้ช่างที่มีประสบการณ์สูงผ่านการฝึกอบรมมาโดยเฉพาะ
6. ราคาของเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการตัดเฉือน เช่น แกนเพลายึดมีดกัด มีดกลึงแบบใช้อินเสิร์ต (Insert) เป็นต้น มีราคาสูง
7. พื้นที่ติดตั้งเครื่องจักร จะต้องควบคุมระดับอุณหภูมิ ความชื้น และฝุ่นละออง
8. ต้องมีการอบรมคนงานเก่าให้สามารถใช้เครื่องมือใหม่ได้

ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนที่จะพิจารณาจัดซื้อ ซึ่งสามารถสอบถามได้บริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายได้โดยตรง

2.3.6 ประโยชน์ของ NC

จุดมุ่งหมายในช่วงแรกของเครื่องจักรกล NC นั้นได้ถูกพัฒนาเพื่อจะใช้ในงาน Process ชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน และต้องการความละเอียดสูง ซึ่งก็ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในเครื่อง Milling หรือเครื่องคว้านเป็นจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันส่วนมากเครื่อง NC จะถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเสียมากกว่า และเครื่องที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ส่วนมากจะเป็นเครื่องกลึง, Machining Center หรือเครื่อง Balling และในปัจจุบันที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษคือ เครื่อง Process ชนิด Wire cut Discharge ซึ่งสามารถที่จะประยุกต์จุดเด่นของ NC นำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเช่นเดียวกับ Machining Center

NC นั้นนอกจากจะถูกนำมาใช้ในเครื่อง Process แล้วยังถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในเครื่อง Process แบบ Laser, เครื่องตัดชนิดก๊าซ, เครื่องวาดภาพ, เครื่อง Process ไม้, เครื่องวัด และอื่นๆ ซึ่งช่วยในการประหยัดในด้านแรงงานเป็นอย่างมาก

2.3.7 รหัส

รูป (2.13.1) ,(2..13.2), (2.13.3) แสดงรหัส 3 ชนิดมีที่ใช้ในเทปทั้งหลาย

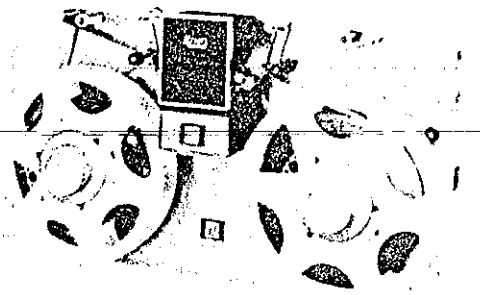
- รูป (2.13.1) แสดงเทปซึ่งใช้รหัสของสมาคม Electronic Industries Association (EIA)
- รูป (2.13.2) ใช้รหัสของ American Standard of Information Interchange Code (ASCII)
- รูป (2.13.3) เป็นรหัสที่ใช้ในเทปแม่เหล็ก

เครื่องอ่านเทปของ CNC สมัยใหม่จะอ่านได้ทั้งรหัส EIA หรือ ASCII หัวอ่านชนิดพิเศษก็จะใช้สำหรับอ่านรหัสจากเทปแม่เหล็ก รหัส EIA หรือ ASCII จะถูกเจาะลงบนช่องในแนวดิ่ง 8 ช่อง ในรหัส EIA ใช้ช่องที่เจาะรูในแนวนอน จำนวนรูจะเป็นเลขคี่ ถ้าจำนวนรูที่เจาะเป็นเลขคู่ รูที่ถูกเจาะลงบนเทปในแนวนอนจะต้องมีการเจาะรูพิเศษขึ้นที่หลักที่ 5 เพื่อให้จำนวนที่เจาะเป็นจำนวนคี่ดังในรูป (2.7a) ตัวอักษร 5 ตัวมีรู 2 รู และรูพาริตี้ก็จะถูกเจาะขึ้นในเทปตัวอย่างนี้เรียกว่า odd-parity ซึ่งใช้ในระบบ EIA สำหรับระบบ ASCII ในรูป (2.7b) ตัวเลข 5 ตัวมีจำนวนรูที่เจาะเป็นเลขคู่ เพราะช่องที่ 5 มีการเจาะเพิ่มขึ้นซึ่งเดิมเป็นเลขคี่ หมายความว่าใน EIA ช่องที่ 5 มีไว้เพื่อให้จำนวนรูที่เทปเป็นคี่ ส่วนใน ASCII มีไว้เพื่อให้เจาะจำนวนรูเป็นคู่

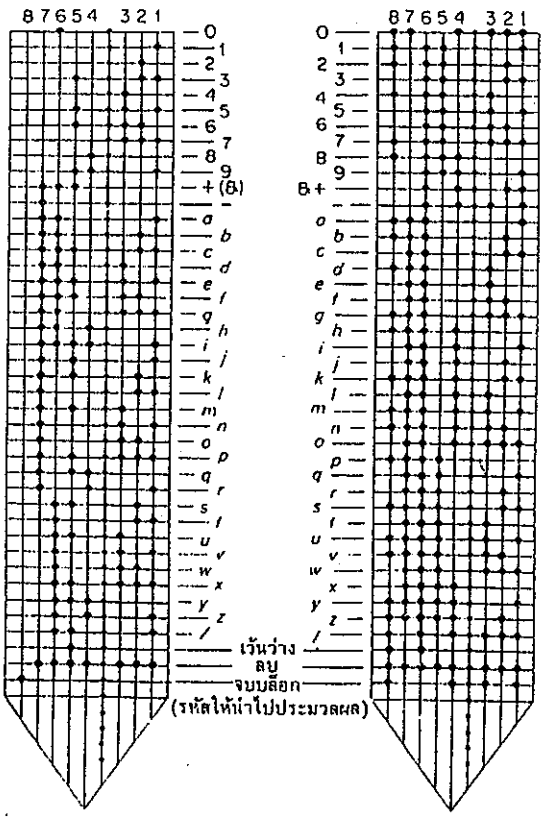
- 6 ก.ค. 2541
4140300

สำนักหอสมุด

TJ
1189
ร221ค
2540

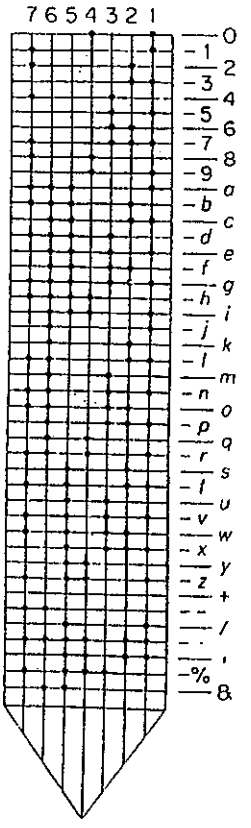


รูป 2.13 แสดงเครื่องอ่านเทปชนิดใช้แสง



รูป 2.13.1 รหัส EIA

รูป 2.13.2 รหัส ASCII



รูป 2.13.3 รหัสแม่เหล็ก

หัวอ่านเทปมีความสามารถของการอ่านรูทั้งทางกลและทางไฟฟ้า ในระบบทางกลก็จะมีฟันซึ่งเรียกว่าสปร็อกเก็ต (Sprocket tooth) ทำการสอดลงที่รูในตัวแผ่นเทป เป็นเหตุให้เกิดการครบวงจรทางไฟฟ้าโดยตัวคอนแท็กต์ หรือการเกิดการรวมของการสัมผัสของหน้าคอนแท็กต์ต่างๆ ขึ้น ในกรณีถ้ารูพาริตี้ถูกละเลยจะเป็นระบบ EIA ในระบบ EIA นี้ จะใช้ตัวอ่านที่ใช้แสงส่องจากแหล่งกำเนิดแสงอีกด้านหนึ่งของเทป และมีตัวรับแสงซึ่งวางเป็นแถวขวางกับแนวยาวของตัวเทปในด้านตรงข้ามกับแหล่งกำเนิดแสง ในรูป (2.8) แสดงเครื่องอ่านเทปชนิดใช้แสง จะสังเกตว่าข้อมูลจะถูกรับและเก็บไว้ จะไม่ใช้จนกว่าจะสิ้นสุดบล็อกเรียบร้อยแล้ว ดังเราจะได้เห็นต่อไป "end of block" จะเป็นสัญญาณที่จะบอกให้ข้อมูลถูกส่งออกไปได้

นอกจากนี้หัวอ่านที่ใช้การสะท้อนหรือการตกกระทบของแสง ตัวหัวส่งและรับสัญญาณจะอยู่ด้านเดียวกัน มันจะเก็บแสงที่สะท้อนกลับเพื่อที่จะแสดงว่ามีการเจาะรูที่เทปหรือไม่ ถ้าแสงถูกสะท้อนกลับก็แสดงว่าไม่มีรู แต่ถ้าแสงไม่สะท้อนกลับแสดงว่ามีการเจาะรูอยู่

ระบบแม่เหล็กมีทั้งชนิดที่ใช้เทปและใช้ดรัม ถ้าเป็นเทปก็จะมีสารแม่เหล็กเคลือบไว้บางๆ ใช้กับแผ่นพลาสติกซึ่งไม่เป็นแม่เหล็ก แผ่นดิสก์ทำจากวัสดุที่ไม่เป็นแม่เหล็ก ทั้งสองด้ามเคลือบด้วยสารแม่เหล็ก ส่วนดรัมนั้นทำมาจากโลหะที่มีทรงกระบอกเคลือบด้วยสารแม่เหล็ก

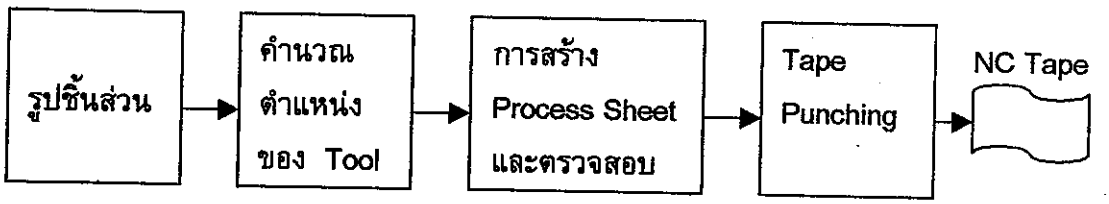
2.4. CNC Programming

2.4.1 Programming

วิธีการสร้าง Program NC นั้นมี 2 วิธีคือ การ Programming แบบ Manual และแบบ Auto

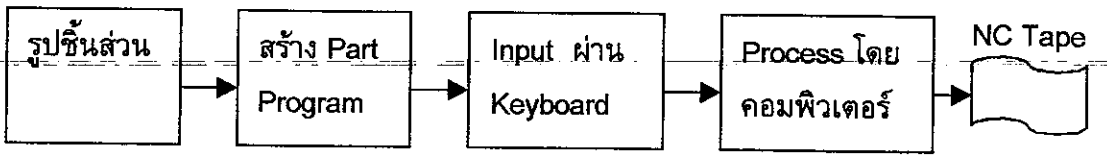
1. ขั้นตอนการสร้างเทป

1.1 ขั้นตอนการสร้างเทปโดยการ Programming แบบ Manual



รูป 2.14.1 ขั้นตอนการสร้างเทปโดยการ Programming แบบ Manual

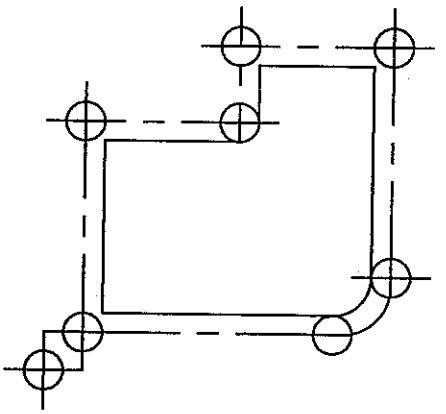
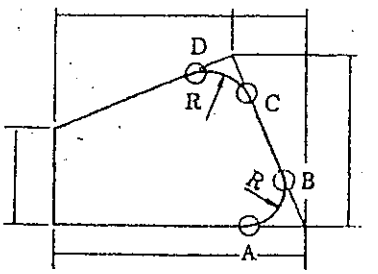
1.2. ขั้นตอนการสร้างเทปโดยการ Programming แบบ Auto



รูป 2.14.2 ขั้นตอนการสร้างเทปโดยการ Programming แบบ Auto

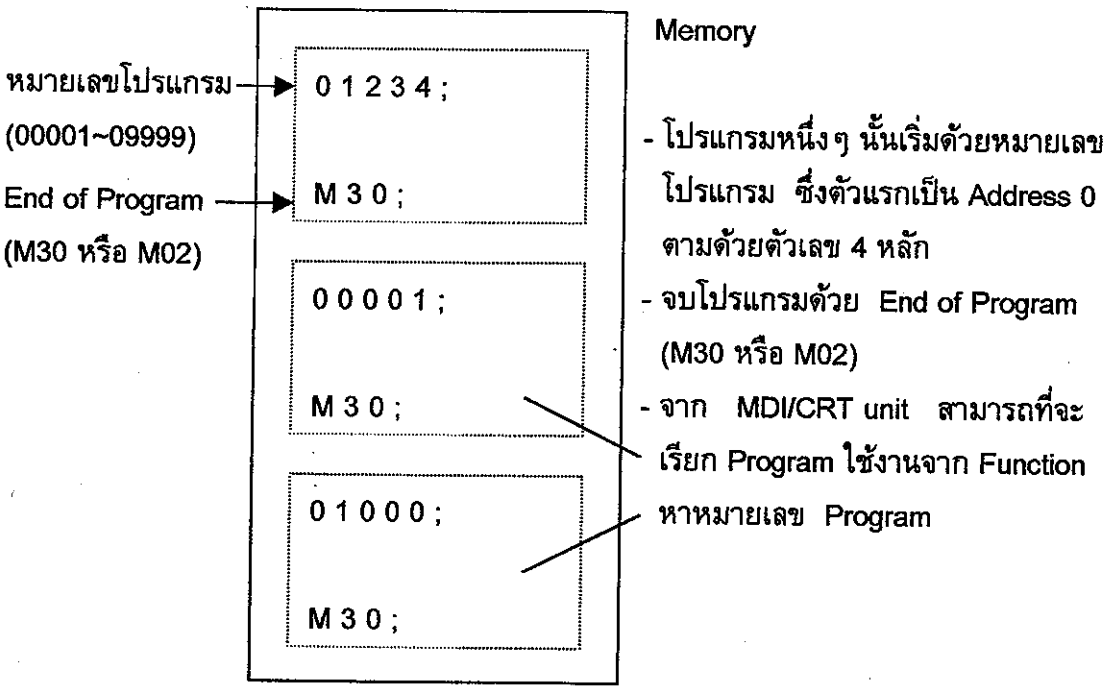
2. จุดแตกต่างของการ Programming แบบ Manual และแบบ Auto

ตารางที่ 2.2 จุดแตกต่างของการ Programming แบบ Manual และแบบ Auto

MANUAL PROGRAMMING	AUTO PROGRAMMING
	
ชิ้นส่วนที่มีรูปง่ายในการคำนวณ Coordinate	ชิ้นส่วนที่มีรูปยากในการคำนวณ Coordinate จุด A, จุด B, จุด C และ จุด D
- จำเป็นต้องคำนวณค่า Coordinate หรือปริมาณการเคลื่อนของ Tool	- การคำนวณจุดตัดและอื่น ทำโดยอัตโนมัติ - สามารถสร้างเทป NC ได้ง่าย การ Program ก็ใช้เวลาน้อยแม้ชิ้นส่วนจะมีรูปซับซ้อน

2.4.2 โครงสร้างโปรแกรม

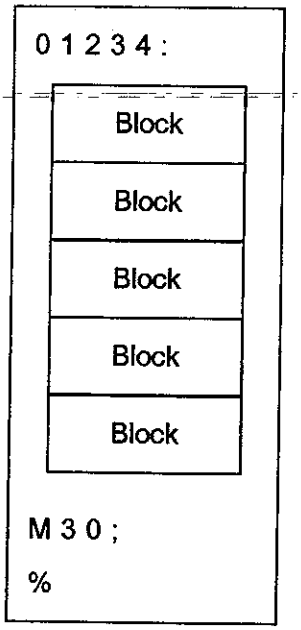
กลุ่มคำสั่งที่ป้อนแก่ CNC เพื่อให้เครื่องจักรทำงานนั้นเราเรียกว่าโปรแกรม โปรแกรมที่ใช้สำหรับการ Process CNC นั้นสามารถถูกบันทึกให้จำอยู่ใน Memory ซึ่ง Memory เองสามารถจะบันทึก Program ได้เป็นจำนวนมาก (ความจุของ Memory นั้นขึ้นอยู่กับแต่ละระบบของ CNC ซึ่งจะต่างกันไป) เพราะฉะนั้นเราสามารถเรียกโปรแกรมที่ต้องการใช้งานได้ตามความจำเป็นได้



รูป 2.15 โปรแกรมที่ใช้สำหรับการ Process CNC

1. [Block]

เป็นข้อมูลรวมสำหรับการควบคุมการเคลื่อนไหวหนึ่งๆ ของเครื่องจักรซึ่งประกอบด้วย Function เตรียม, ข้อมูลตำแหน่ง, Feed Speed, Function แกนหลัก, Function Tool, Function ช่วย และอื่นๆ และ Block ที่ถูกนำมาเรียงลำดับตามการเคลื่อนไหวของเครื่องจักรคือโปรแกรมนั่นเอง



โครงสร้างของ 1 Block

N0010	หมายเลข Sequence
G	Function
X,Y	ข้อมูลตำแหน่ง
F	Feed Speed
S	Function แกนหลัก
T	Function Tool
M	Function ช่วย
:	End of Block

รูป 2.16 Block ที่ถูกนำมาเรียงลำดับตามการเคลื่อนไหวของเครื่องจักร

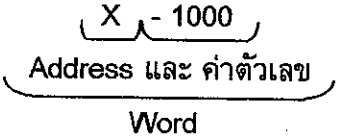
ในหนึ่ง Block นั้นเริ่มต้นด้วยหมายเลข Sequence และสิ้นสุดที่ End of Block หมายเลข Sequence สามารถละทิ้งได้ แต่ถ้าใส่หมายเลขนี้ไว้ต้น Block ของแต่ละ Process จะทำให้สามารถเรียกใช้งาน Program จากในช่วง Program โดยใช้ Function ค้นหาหมายเลข Sequence ได้

2. End of Record

แสดงถึงจุดสิ้นสุดของกลุ่มข้อมูล ซึ่งจะถูกใส่ที่ท้าย Program โดยอัตโนมัติ

2.4.3 Word กับ Address

Word เป็นตัวประกอบที่ประกอบขึ้นเป็น Block ใน Word เองจะประกอบด้วยค่าตัวเลขจำนวนหลายหลัก เรียงต่อจาก Alphabet (Address) ดังแสดงให้เห็นข้างล่าง (อาจจะมีการใส่เครื่องหมาย +,- ข้างหน้าตัวเลขได้)



Address คือ ตัว Alphabet (A~Z) ตัวใดตัวหนึ่ง, และมันจะเป็นตัวกำหนดความหมายของค่าตัวเลขที่มีตามหลังมานั้น สำหรับ Alphabet, ที่สามารถใช้กับเครื่อง CNC รวมถึงความหมายแสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้

Address 1 ตัว สามารถที่จะนำไปใช้ในความหมายที่แตกต่างกันตามการบ่งชี้ของ Function ที่เตรียมไว้ได้

ตารางที่ 2.3 ตารางบอกความหมายของ Address

Function	Address	ความหมาย
Program Number	O	Program Number
Sequence Number	N	Sequence Number
Preparation Function	G	Mode การเคลื่อนที่(เส้นตรง,เส้นโค้ง)
	X,Y,Z,A,B,C	คำสั่งการเคลื่อนที่ของแกน Coordinate
Dimension Word	R	รัศมีส่วนโค้ง
	I,J,K	Coordinate ศูนย์กลางส่วนโค้ง
ความเร็วการส่งป้อน	F	บอกถึงความเร็วในการส่งป้อน
Main Shaft Function	S	บอกถึงความเร็วรอบของแกนเพลา
Tool function	T	บอกถึงหมายเลขของเครื่องมือ
Support Function	M	ควบคุม ON/OFF ด้านเครื่องจักร
	B	การคำนวณทาง Table
Offset Number	D,H	บอกถึง offset Number
Dwell	P,X	บอกถึงเวลา Dwell
กำหนด Program Number	P	กำหนด Number ของ Subprogram
จำนวนครั้งของการทำซ้ำ	L,P,X	จำนวนครั้งของการทำ Subprogram ซ้ำ
Parameter	P,O,R	Parameter ของ Cycle คงที่

[ตัวอย่าง Format]

จาก word เหล่านี้, 1 Block ถูกประกอบด้วยโครงสร้างดังตัวอย่างข้างล่างนี้

N-	G-	X- Y-	F-	S-	T-	M-
Sequence Number	Preparation Function	Dimension Word	Function ส่งป้อน	Main Shaft Function	Tool Function	Support Function

[การ Input จุดทศนิยม]

Address สามารถจะ Input จุดทศนิยมได้มีดังนี้

X , Y , Z , A , B , C , U , V , W , I , J , K , R , Q , F

~~(P,D/H ไม่สามารถ Input จุดทศนิยมได้)~~

Position ของทศนิยมจะเป็น mm. inch deg. หรือวินาที

X 1500 --- X 15.0 X 15 mm. หรือ X 15 inch

G04 X 1000 --- G04 X 1.0 1 วินาที

2.4.4 Preparation Function (G Code)

G Code จะแสดงความหมายของ Block ซึ่งความหมายของ Block นี้ขึ้นอยู่กับค่าตัวเลข 2 หลัก หรือ 3 หลัก ที่ต่อจาก G Address G Code มีอยู่ 2 ประเภท

1. G Code Oneshot

.G Code นี้จะมีผลกับ Block ที่ได้รับคำสั่ง

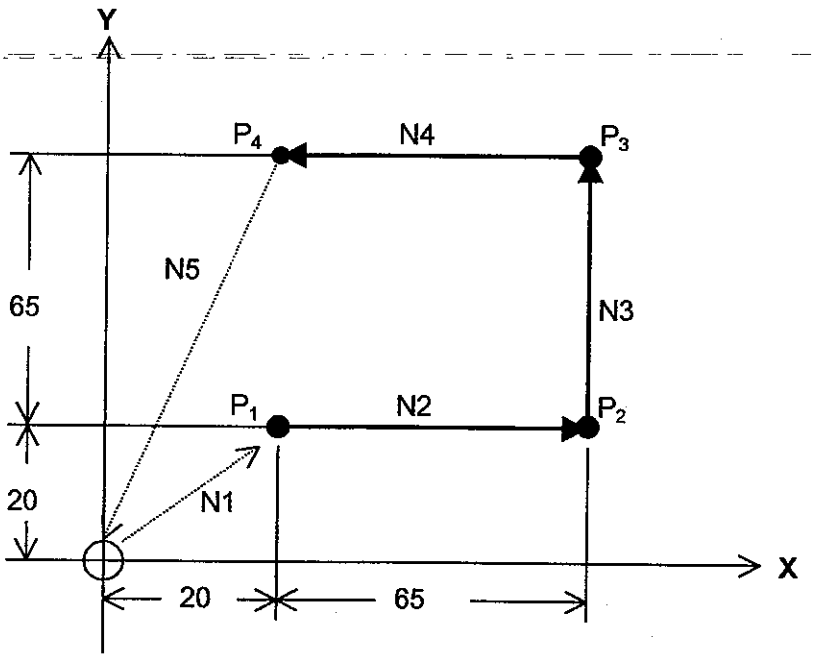
G Code	Group	ความหมาย
G 00	01	เลือก Position (ส่งป้อนเร็ว)
G 01		แนวตรง (ส่งป้อนเข้า Cutting)
G 02		แนวโค้ง (เดินตามเข็ม)
G 03		แนวโค้ง (เดินทวนเข็ม)
G 04	00	Dwell (หยุด)
G 09		Exactstop (หยุดอัตโนมัติ)

Group 00 ในตาราง G Code คือ G Code ของ OneShot.

รูป 2.17 G Code Oneshot

2. **G Code Model**

- G Code นั้นจะมีผลเมื่อ G Code อื่นใน Group เดียวกันปรากฏขึ้น
- ในตาราง G Code นอกจาก Group 00 แล้วทั้งหมดเป็น G Code Model



..... คือส่วนเดินเร็ว

——— คือส่วนส่งป้อนเข้า Cutting

[ตัวอย่าง]

โปรแกรมทำงานตามภาพด้านขวา โดยเริ่มจากจุดเริ่มต้น P1 – P2 – P3 – P4 – ตามลำดับ, แสดงไว้ข้างล่างนี้

[Program ; คำสั่ง Incremental]

```
01235 :
N1 G91
N2 G00 X20.0 Y20.0 ;
N3 G01 X65.0 F200 ;          ---> G01 จะมีผลหลังจาก Block สามารถที่จะย่อ
N4 (G01) Y65.0 ;                  } G01 ได้
N5 G00 X-20.0 Y-85.0 ;       ---> เนื่องจาก G00 กับ G01 เป็น G Code ใน
   M30 ;                          Group เดียวกัน ดังนั้น จึงย่อ G00 ใน Block
                                  นี้ไม่ได้
```

(NOTE) F Code เป็นข้อมูล Model ดังนั้นจึงสามารถย่อใน Block N3 N4 ได้

2.4.5 รหัส G

รหัส G เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงการทำงานควบคุมเครื่องจักรให้เปลี่ยนจากความเร็วการป้อนปกติเป็นความเร็วสูง หรือควบคุมการทำงานจากการหมุนตามเข็มให้หมุนกลับทางคือทวนเข็ม และอื่นๆ

รหัส G ใช้เพื่อควบคุมชนิดการทำงานต่างๆ ของเครื่องจักร สังเกตว่ารหัส G มี 2 ชนิด ก็คือ modal และ nonmodal

รหัส modal G เป็นรหัสที่ค้างอยู่ในหน่วยความจำจนกระทั่งรหัส G ของกลุ่มเดียวกันไปสั่งยกเลิกการทำงานของมัน ส่วนรหัส nonmodal G เป็นรหัสอันเดียวที่ใช้เฉพาะบรรทัดเดียวที่มีรหัสนี้อยู่

รหัส G Code จะอธิบายตามรายการที่มีอยู่ในภาคผนวก ก.

2.4.6 คำสั่ง Absolute และคำสั่ง Incremental

ในการกำหนดพิกัดของ Position ที่จะให้เคลื่อนที่ไปนั้น แบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ การกำหนดคำสั่งแบบ Incremental (Incremental System) และ การกำหนดคำสั่งแบบ Absolute (Absolute System)

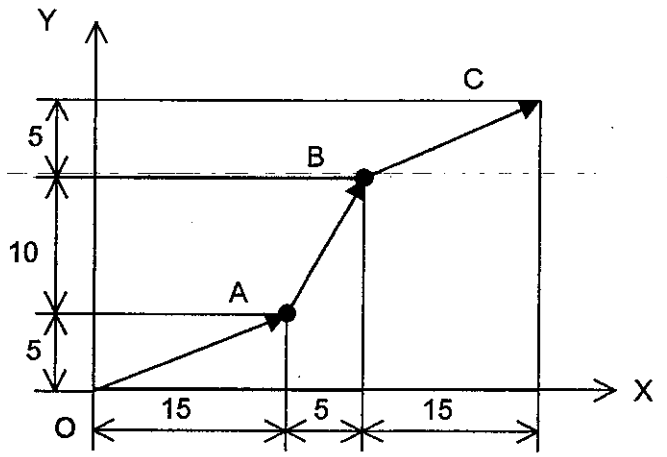
[เครื่องกัด]

คำสั่ง Absolute	: G90 X... Y... Z... ;	--> สั่งโดย G90
คำสั่ง Incremental	: G91 X... Y... Z... ;	--> สั่งโดย G91

[เครื่องกลึง]

คำสั่ง Absolute	: X... Y... ;	--> สั่งโดย X, Y
คำสั่ง Incremental	: X... Y... ;	--> สั่งโดย U, W

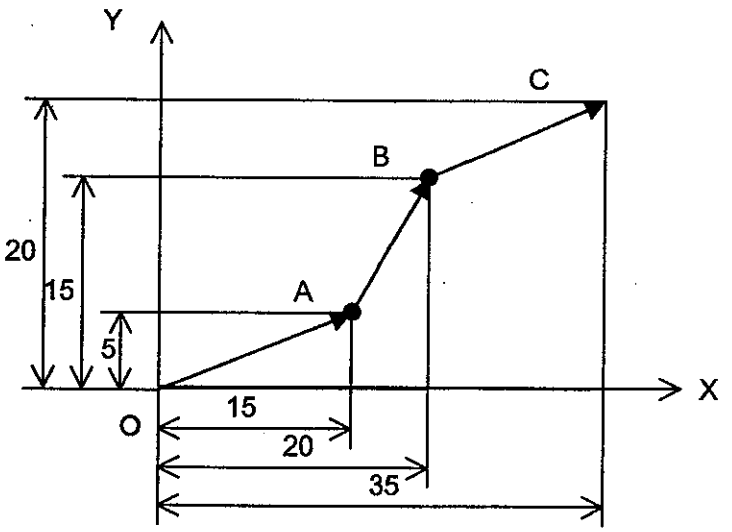
* ตัวอย่าง Program ที่ใช้คำสั่ง Incremental



- การเคลื่อนที่จากจุด O ไปจุด A-------- G91 X15.0 Y5.0 ;
- การเคลื่อนที่จากจุด A ไปจุด B----------X5.0 Y10.0;
- การเคลื่อนที่จากจุด B ไปจุด C----------X15.0 Y5.0;

ในคำสั่ง Incremental จุดสิ้นสุดของ Block ข้างหน้าเป็นจุดเริ่มต้นของ Block ที่ตามมา

* ตัวอย่าง Program ที่ใช้คำสั่ง Incremental



- การเคลื่อนที่จากจุด O ไปจุด A-------- G91 X15.0 Y5.0 ;
- การเคลื่อนที่จากจุด A ไปจุด B----------X20.0 Y15.0;
- การเคลื่อนที่จากจุด B ไปจุด C----------X35.0 Y20.0;

ในคำสั่ง Absolute จุดที่เครื่องมือเคลื่อนที่ไปจะเริ่มต้นที่พิกัดจุด 0

คำสั่ง Absolute และคำสั่ง Incremental สามารถอยู่ใน Block เดียวกันได้

*ตัวอย่างอยู่ใน Block เดียวกันของ Absolute และ Incremental

- การเคลื่อนที่จากจุด A ไป B----------G90 X20.0 G91 Y10.0;

<NOTE> เนื่องจาก G90, G91 คือ G Code Model Block หลังจากนี้จึงเป็นคำสั่ง Incremental หากเป็นคำสั่ง Absolute จะต้องกำหนด G90 อีกครั้ง

2.4.7 เลือก Position <G00>

G00 เป็นการสั่งให้เลือก Position เมื่อใช้คำสั่ง Absolute เครื่องมือจะเคลื่อนที่โดยวิธีส่งป้อนเร็วไปยังระบบพิกัดที่ถูกกำหนดไว้ เมื่อใช้คำสั่ง Incremental เครื่องมือก็จะเคลื่อนที่โดยวิธีส่งป้อนเร็วเช่นกัน จากตำแหน่งปัจจุบันไปยังจุดที่ถูกกำหนดไว้

G00 α - β ----------;

: ก็เหมือนกับ X-Y-Z-A---------- คือเป็น shaft Address ใดๆ ใน XYZUVWABC ในคำอธิบายของหนังสือนี้จะใช้วิธีการอธิบายแบบนี้

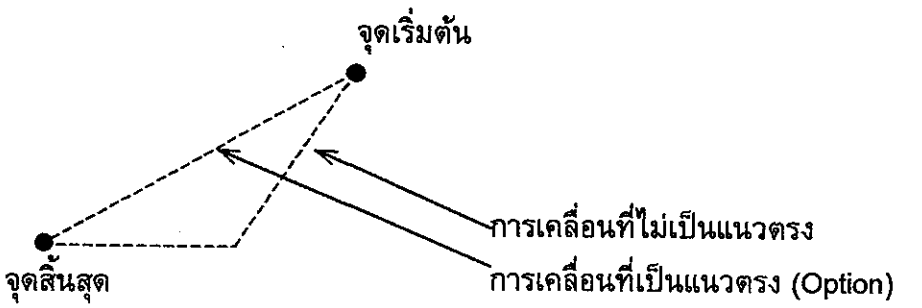
: END OF BLOCK (ใน ISO Code คือ LF, EIA Code คือ CR) การเคลื่อนที่ของเครื่องมือ สามารถเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจากหัวข้อข้างล่างได้

(1) เคลื่อนที่เข้าหา Position เป็นแนวเส้นตรง

การเคลื่อนที่เข้าหา Position เป็นแนวเส้นตรง ไม่ผ่านการส่งป้อนเร็วของแต่ละแนวแกนระยะทางและเวลาที่ใช้จะสั้นที่สุด

(2) เคลื่อนที่เข้าหา Position ไม่เป็นแนวเส้นตรง

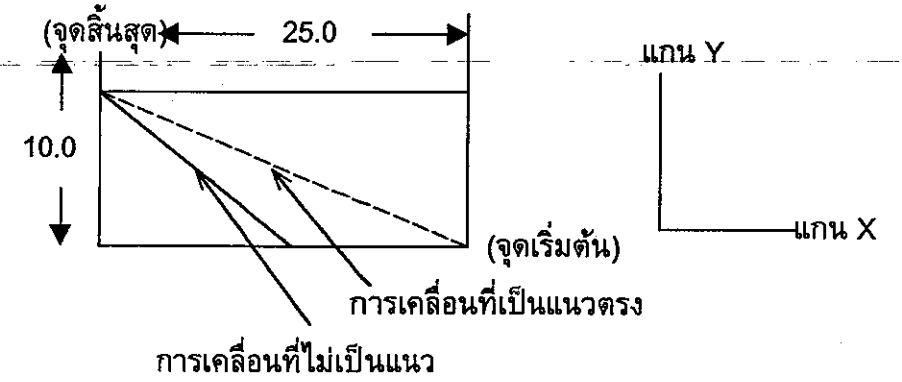
จะผ่านการส่งป้อนเร็วของแต่ละแกน การเคลื่อนที่ของเครื่องมือไม่เป็นเส้นตรงที่สั้นที่สุด



(ตัวอย่าง)

กรณีที่การส่งป้อนเร็วของแกน X และแกน Y เหมือนกัน

Program G00 G91 X25.0 Y-10.0;



- ความเร็วของการส่งป้อนจะแตกต่างกันตามเครื่องจักร
- สามารถ Set ได้ตาม Parameter

อนึ่ง สามารถที่จะ Override F., 25%, 50%, 100% กับความเร็วส่งป้อนได้

(F, : ความเร็วที่ขึ้นอยู่กับการ Set Parameter)

2.4.8 ส่งป้อนเข้าแนวตรง (G01)

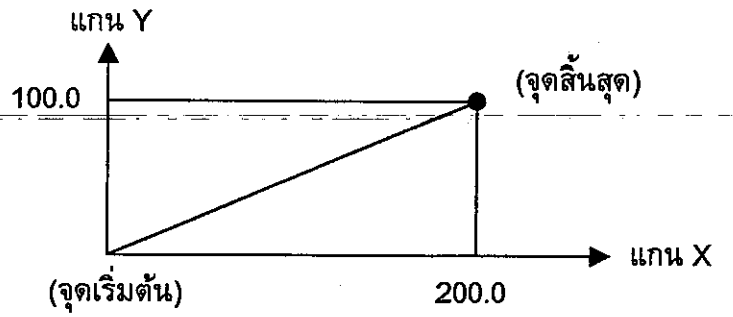
G01 α - β - F - ;
(α , β = X,Y,Z หรือจะใช้แกนเสริม A,B,C,U,V,W อย่างใดก็ได้

G01 α - β - F - ;

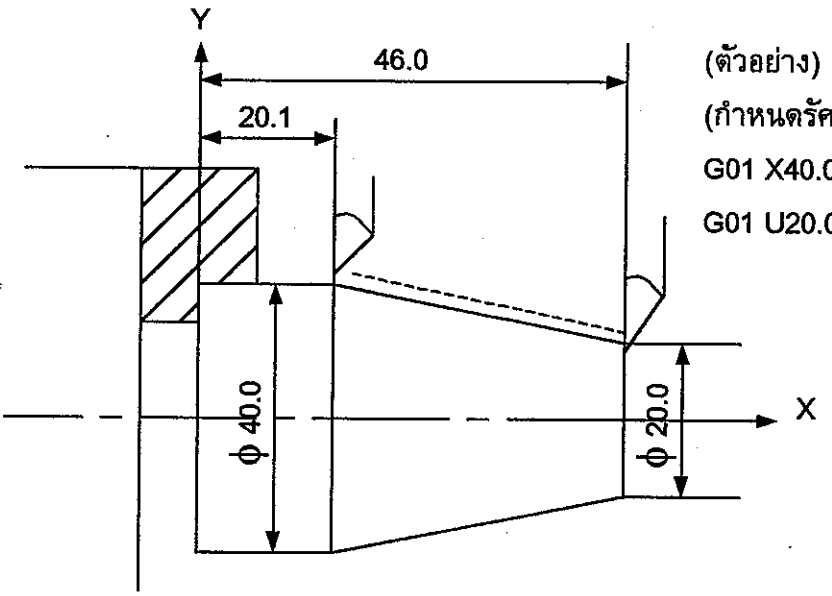
จากคำสั่งนี้เป็นการส่งป้อนเข้าแนวตรง α - β - เป็นตัวกำหนดปริมาณการเคลื่อนที่ สำหรับ Absolute จะส่งป้อนเข้าถึงจุดระบบพิกัดของงานที่ได้เลือกไว้ จากกรณี Incremental จะเคลื่อนที่โดยความเร็ว F ที่กำหนดไว้เป็นเส้นตรง จาก Position ที่อยู่ปัจจุบันไปยังจุดที่อยู่หากออกไประยะค่าหนึ่งเท่านั้น ความเร็วส่งป้อนที่ถูกกำหนดไว้ F จะมีผลจนกว่าจะถูกกำหนดค่าใหม่ ดังนั้นจึงไม่ต้องกำหนดซ้ำทุกครั้ง

(ตัวอย่าง Program Milling)

G90 G10 X200.0 Y100.0 F200;



(ตัวอย่าง Program เครื่องกลึง)



(ตัวอย่าง)

(กำหนดรัศมี)

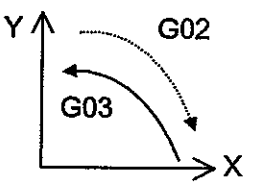
G01 X40.0 Z20.1 F300 ; หรือ

G01 U20.0 W-25.9 F300 ;

2.4. ส่งป้อนแนวโค้ง (G02,G03)

G01 α - β - R - F - ; หรือ G03 α - β - R - F - ;
(I,J,K) (I,J,K)

* G02 เป็น Code ให้ Tool เคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา
* G03 เป็น Code ให้ Tool เคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกา



* α , β คือ แกน X,Y,Z,A,B,C อันใดอันหนึ่ง และค่าตัวเลขที่ตามหลัง α , β จะใช้แบบ Absolute หรือ แบบ Incremental ก็ได้

* R = คำสั่งรัศมี

* F = คำสั่งความเร็วส่งป้อน

- หากใช้ Address คำสั่งรัศมี R

[ระวัง] หากกรณีที่ส่วนโค้งเกิน 180° ต้องกำหนดค่าคำสั่ง R เป็นลบ แต่ทั้งวง 360° ไม่สามารถใช้คำสั่ง R ได้

(ตัวอย่าง Program ที่ใช้คำสั่ง Incremental)

ภาพ 1 G91 G03 X-50.0 Y50.0 R50.0 F300 ;

ภาพ 2 G91 G02 X30.0 Y-30.0 R-30.0 F300 ;

(ตัวอย่าง Program ที่ใช้คำสั่ง Absolute)

ภาพ 1 G92 X50.0 Y0 ; (Set ระบบพิกัด)

G90 G03 X0 Y50.0 R50.0 F300 ;

ภาพ 2 G92 X20.0 Y40.0 ; (Set ระบบพิกัด)

G90 G02 X40.0 Y10.0 R-30.0 F300 ;

- กรณีใช้ Address I,J,K แทนคำสั่งรัศมี R [ความหมายของ I,J,K]

I = ส่วนแกน X จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งถึงจุดสิ้นสุดส่วนโค้ง

J = ส่วนแกน Y จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งถึงจุดสิ้นสุดส่วนโค้ง

K = ส่วนแกน Z จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งถึงจุดสิ้นสุดส่วนโค้ง

* เมื่อใช้ I,J,K ส่งป้อนแนวโค้ง ใช้คำสั่ง Incremental ทั้งหมด

* วิธีการกำหนด I,J,K ดูภาพที่แสดงข้างล่าง