บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วิวัฒนาการของกระบวนการผลิต

2.1 บทนำ

เมื่อเริ่มยุคการผลิตแรก ๆ ในสังคมกสิกรรม การผลิตสินค้าจะกระทำทีละชิ้นเพื่อใช้ในการบริโภคส่วนตัว ซึ่งเราใช้เครื่องมือพื้นฐานทั่วไป โดยพึ่งพาทางด้านแรงงานและฝีมือของคนเกือบทั้งหมด ต่อมาเมื่อความต้องการสินค้ามีมากขึ้น กระบวนการผลิตได้เปลี่ยนไปในรูปแบบการผลิตจำนวนมาก(Mass Production) นับเป็นการก้าวเข้าสู่ยุคของอุตสาหกรรมในคลื่นลูกที่สอง ได้มีการคิดค้นและสร้างเครื่องจักรที่ช่วยในการผลิตเฉพาะงานสามารถควบคุมได้ง่ายขึ้น (Manual Machine) อย่างไรก็ดีเครื่องจักรเหล่านี้ยังจำเป็นต้องอาศัยแรงงานคนอยู่มาก จึงได้ถูกพัฒนาการมาเป็นเครื่องจักรแบบอัตโนมัติ (Automatic Machine) ในการผลิตที่มีรูปแบบการผลิตแบบเดียวกันเป็นจำนวนมาก ๆ

เมื่อมาถึงยุคที่ความต้องการสินค้ามีรูปแบบหลากหลายมากขึ้น และการผลิตในแต่ละครั้งต้องการจำนวนไม่มากนัก (เป็นสิ่งที่มาพร้อมกับสังคมยุคคลื่นลูกที่สาม) ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นและอัตโนมัติ (Flexible Automation: FA) ที่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้ดี ดังนั้นการเลือกเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตให้ได้ประสิทธิภาพนั้น ขึ้นอยู่กับรูปแบบความต้องการสินค้าและจำนวนการผลิตด้วย

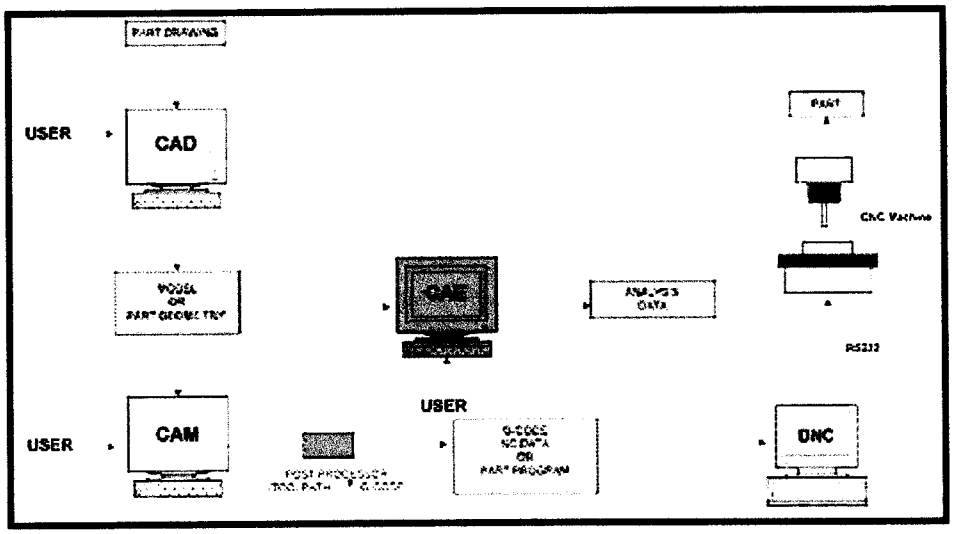
รูปแบบการจัดองค์กรในคลื่นลูกที่สาม จะเป็นแบบกระจายอำนาจ (Decentralization) และมีโครงสร้างองค์กรแบบ Matrix (Matrix Organization: M.O.) จะเห็นได้ชัดว่า การผลิตในยุคปัจจุบันมีรูปแบบการกระจายการผลิตออกไปยัง Maker เพื่อช่วยลดต้นทุน และควบคุมการผลิตโดยใช้ระบบข้อมูลข่าวสารแทน

อัลวิน ได้กล่าวถึงอุตสาหกรรมหลักจากเทคโนโลยีใหม่ 4 สาขา ที่จะเป็นยุคแห่งคลื่นลูกที่สาม คือ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์, อุตสาหกรรมการผลิตในอวกาศ, อุตสาหกรรมผลิตผลจากมหาสมุทรและอุตสาหกรรมจากพันธุวิศวกรรม(ปัจจุบันได้เกิดผลิตภัณฑ์ MGO ขึ้นแล้ว) ภายใต้ความคิดในยุคดิจิตอลนี้ การโต้คลื่นลูกที่สามให้ประสบความสำเร็จในเชิงอุตสาหกรรมการผลิต มีความเกี่ยวพันธ์อย่างลึกซึ้งกับคอมพิวเตอร์

ปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้เข้าไปมีบทบาทกับธุรกิจและอุตสาหกรรมแทบทุกประเภท ไม่เว้นแม้กระทั่งในครัวเรือน คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยมนุษย์ ในงานที่ต้องการความถูกต้องเที่ยงตรงสูง และงานที่ทำซ้ำซาก โดยช่วยเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพในการทำงาน อุตสาหกรรมการผลิตก็เป็นอุตสาหกรรมที่พึ่งพาเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการผลิตแข่งขันค่อนข้างมาก เช่น การจัดทำผังทางด้านการควบคุมคุณภาพ, การวางแผนการผลิต เป็นต้น ในส่วนของอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์หรือชิ้นส่วนในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้เข้าไปมีบทบาทโดยตรงในกระบวนการผลิต ในรูปของเทคโนโลยีเครื่องจักร CNC และ ซอฟต์แวร์ช่วยในการผลิต เช่น CAD/CAM หรือ CAE การใช้งานอุปกรณ์ซึ่งมีคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบให้ประสบความสำเร็จนั้น มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนที่เกี่ยวข้อง คือ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และ พีเพิลแวร์

กระบวนการผลิตด้วย CAD/CAM และ CNC สามารถแสดงได้ด้วยแผนผังดังรูปที่ 2.1 โดยเริ่มต้นด้วยการสร้างแบบจำลอง หรือ โมเดล 3 มิติจากแบบ (Part Drawing) หรือ แบบร่าง โดยใช้ซอฟต์แวร์ประเภท CAD จากนั้นนำแบบจำลองไปสร้างข้อมูลสำหรับกัดงานด้วยซอฟต์แวร์ CAM หรือนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางวิศวกรรมด้วย CAE เมื่อได้ข้อมูล G-Code (NC Data หรือ Part Program) แล้ว เราสามารถนำ G-Code ส่งเข้าเครื่องจักรด้วยวิธีการ DNC (Direct Numerical Control) ซอฟต์แวร์ CAD/CAM ที่นำมาช่วยในการผลิตนั้น ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ในส่วนของ CAD (Computer Aided Design) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในสร้างแบบจำลองของชิ้นงานบนคอมพิวเตอร์ (Computer Model) และ CAM (Computer Aided Manufacturing) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสร้างโปรแกรมที่จะนำไปใช้สั่งงานเครื่องจักร

มีข้อควรระลึกไว้เสมอว่า CAD/CAM เป็นเพียงแค่เครื่องมือประเภทหนึ่งที่ใช้ช่วยในการออกแบบและสร้างโปรแกรมสำหรับเครื่องจักร CNC เท่านั้น ดังนั้นการที่จะทำให้ CAD/CAM ใช้งานได้ดี จะขึ้นอยู่กับความสามารถของบุคลากรด้วย (อำนาจ ทองเสน, 2542)



รูปที่ 2.1 **กระบวนการผลิตด้วย** CAD/CAM **และ** CNC

2.2 หลักการและเทคโนโลยีทางด้าน CAD/CAM

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาระบบอัตโนมัติมาใช้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิต ตัวอย่างเช่น การนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ การนำเอาเครื่องจักรกลอัตโนมัติมาช่วยในการผลิตและตรวจสอบคุณภาพเป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยทำให้การนำผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าสู่ตลาดผู้บริโภคเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันรวมทั้งเป็นการสร้างภาพลักษณ์ ในการเป็นผู้ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยทำให้เกิดความเชื่อมั่นแก่ลูกค้าและผู้บริโภคในอันที่จะได้รับสินค้าที่มีคุณภาพทัดเทียมกับผู้ประกอบการชั้นนำอื่น ๆ ทั่วโลก ซึ่งเทคโนโลยีที่นำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบและการผลิตมีชื่อเรียกว่าเทคโนโลยีทางด้าน CAD/CAM (อำนาจ ทองเสน, 2542)

และทุกวันนี้เทคโนโลยีทางด้าน CAD/CAM ได้กลายเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานที่เกือบทุกโรงงานอุตสาหกรรม ได้นำมาใช้เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการ ทำงานให้มีประสิทธิภาพสูง ขึ้น แต่ปัญหาที่พบก็คือการขาดแคลนบุคลากรที่จะเป็นผู้ใช้เทคโนโลยีดังกล่าว ดังนั้นการฝึกอบรบอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้บุคลากรขององค์กรนั้น ๆ กลายเป็นผู้มีความรู้ความสามารถที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

การนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ มีชื่อเรียกว่า CAD ย่อมาจากคำว่า Computer Aided Design and Drafting ในกระบวนการของ CAD นอกจากจะเป็นการใช้

คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ แล้วยังรวมการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการดัดแปลง การวิเคราะห์ และหาหนทางที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบ โดยรวม CAD จะต้องมีทั้งส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ โดยฮาร์ดแวร์ของ CAD นอกจากจะประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงแล้วยังต้องมีจอกราฟิกและอุปกรณ์รับข้อมูล เช่น เมาส์ ดิจิไทเซอร์ ฯลฯ

ส่วนซอร์ฟแวร์ของ CAD นั้นจะเป็นโปรแกรม สำหรับสร้างภาพกราฟิกและ โปรแกรมช่วยงานต่าง ๆ เช่น โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง เช่น finite element analysis ซึ่งเราอาจเรียกส่วนนี้ว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรม (computer aided engineering)"

2.3.1 โดยทั่วเป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับงาน 3 ประเภท คือ

2.3.1.1 งานเขียนแบบ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับงานเขียนแบบ เป็นการนำ CAD Technology มาใช้กันอย่างกว้างขวางมากเพราะสามารถใช้ได้กับงานเขียนแบบทุกสาขา ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีให้เลือกใช้มีทั้งที่สามารถใช้ได้กับงานทุกประเภท และผลิตมาให้ใช้เฉพาะงานแต่ละสาขา ลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทนี้จะเป็นโปรแกรมที่มีคำสั่งต่าง ๆที่ใช้ในการเขียนแบบอย่างครบ

2.3.1.2 งานเขียนวัตถุ 3 มิติ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับงานเขียนวัตถุ 3 มิติ หมายถึงการเขียนวัตถุ 3 มิติที่แท้จริงขึ้นมาในคอมพิวเตอร์ ซึ่งวัตถุ 3 มิติเหล่านี้จะเป็นแบบจำลองที่เป็นตัวแทนทางความคิดของผู้ออกแบบที่ต้องการให้สิ่งที่ออกแบบไว้ปรากฏเป็นรูปธรรมมากที่สุด ลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทนี้จะเป็นโปรแกรมที่มีคำสั่งต่าง ๆที่ใช้ในการสร้างและแก้ไข รวมทั้งการแสดงผลรูปทรง 3 มิติอย่างครบครัน เพียงแต่ผู้ใช้ต้องประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้องกับงานของแต่ละคนที่มีความแตกต่างกัน โดยทั่วไปวัตถุ 3 มิติจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ วัตถุ 3 มิติ ที่มีแต่เส้นโครงร่าง วัตถุ 3 มิติที่เป็นทรงตัน และวัตถุ 3 มิติที่เป็นพื้นผิว

2.3.1.3 งานทางด้านการสร้างภาพเหมือนจริงทั้งแบบภาพอยู่นิ่งและภาพเคลื่อนไหว โดยทั่วไปการเขียนวัตถุ 3 มิติจะเป็นงานทางวิศวกรรมที่ต้องการผลลัพธ์เป็นรูปร่างลักษณะที่เป็นไปตามจุดประสงค์ในการใช้งานเท่านั้น แต่สำหรับงานทางศิลปกรรมมีความต้องการมากไปกว่านั้นคือต้องการแสดงผลให้วัตถุ 3 มิติมีความเหมือนจริงมากที่สุดทั้งในด้านรูปร่าง สี ของวัสดุที่ใช้ ลักษณะของพื้นผิวของ วัสดุรวมทั้งสภาพแวดล้อมต่าง ๆเพื่อเพิ่มคุณค่าทางความรู้สึกและช่วยให้จินตนาการของลูกค้า และผู้ออกแบบมีความสอดคล้องกันดังนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยงานด้านนี้จึงมีคำสั่งให้ผู้ใช้สามารถกำหนดวัสดุ และลักษณะของพื้นผิวรวมทั้งการจัดการสภาพแวดล้อมให้ผสมกลมกลืนกันจนสิ่งที่เกิดขึ้นแทบจะแยกไม่ออกว่าเป็นภาพถ่ายจากของจริง

หรือภาพ ที่เกิดจากการสร้างสรรค์ของคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นยังสามารถทำให้วัตถุ 3 มิติเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวไปมาเหมือนของจริงได้อีกด้วย

2.3.2 กระบวนการออกแบบในระบบเดิม

ก่อนที่จะพิจารณาใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบ ลองพิจารณาขั้นตอนการออกแบบซึ่งแต่เดิมมักจะทำตามขั้นตอนดังนี้

2.3.2.1 พิจารณาตามความต้องการแล้วนิยามปัญหา : ต้องการออกแบบอะไร ลักษณะเป็นอย่างไร จะออกแบบอย่างไรจึงจะได้สินค้าตามความต้องการ

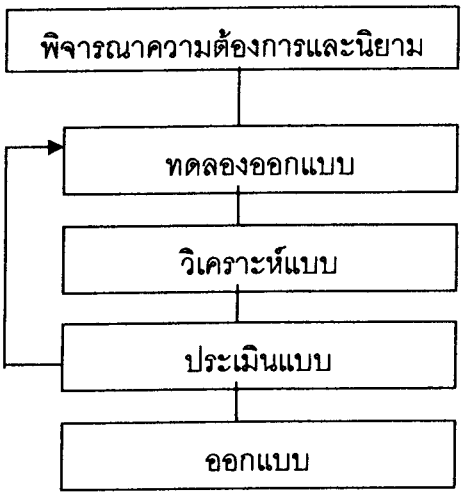
2.3.2.2 ทดลองออกแบบ : ลองร่างแบบคร่าวๆ หลายๆแบบเพื่อใช้พิจารณา

2.3.2.3 วิเคราะห์แบบ : ลองวิเคราะห์แบบแต่ละแบบที่ออกมาว่ามีข้อดีข้อเสียอย่างไร

2.3.2.4 ประเมินแบบที่ได้ : ประเมินว่าแบบที่ลองออกแบบมานั้น แบบใดมีความเหมาะสม หากไม่มีแบบใดเหมาะสมก็จะกลับไปออกแบบใหม่

2.3.2.5 ลอกแบบเพื่อนำไปใช้งาน : เป็นขั้นตอนสุดท้าย คือ การทำแบบที่ได้ให้อยู่ในสภาพที่สามารถจะนำไปใช้งานต่อไป

ขั้นตอนเหล่านี้หากลองเขียนเป็นลำดับขั้นตอนก็จะได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการออกแบบในระบบเดิม

การออกแบบดังที่กล่าวมานี้ โดยปกติมักจะเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซ้ำซากและเปลืองเวลามากทั้งนี้เป็นเพราะหลังจากที่ทราบปัญหา หรือมีแนวทางที่จะออกแบบแล้ว ก็จะต้องลอง

ออกแบบ เช่น การออกแบบสินค้าชนิดหนึ่ง สมมติว่าเป็นรถเข็นเด็ก ก็จะต้องออกแบบแต่ละส่วนแล้วนำมารวมกัน โดยการออกแบบนี้จะลองออกแบบหลายๆแบบ จากนั้นก็ต้องนำแบบไปวิเคราะห์ ทั้งนี้โดยอาจพิจารณาด้วยสายตาหรืออาจต้องมีการคำนวณแบบ ถ้าหากเป็นการคำนวณ เช่น คำนวณว่าสามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุดเท่าใด มีแรงกดกระทำที่ตำแหน่งใดเป็นเท่าใด ก็จะเสียเวลามาก และถ้าหากต้องคำนวณหลายๆแบบก็จะเสียเวลามากขึ้น เมื่อหาแบบที่ดีที่สุดได้แล้วก็อาจลองประเมินแบบดู ซึ่งผลที่ได้อาจออกมาว่ามีบางสิ่งบางอย่างไม่เหมาะสม ก็อาจต้องออกแบบใหม่ ซึ่งงานเหล่านี้เป็นงานซ้ำซากที่อาจลดขั้นตอนได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ (อำนาจ ทองเสน, 2542)

2.3.3 กระบวนการออกแบบในระบบ CAD

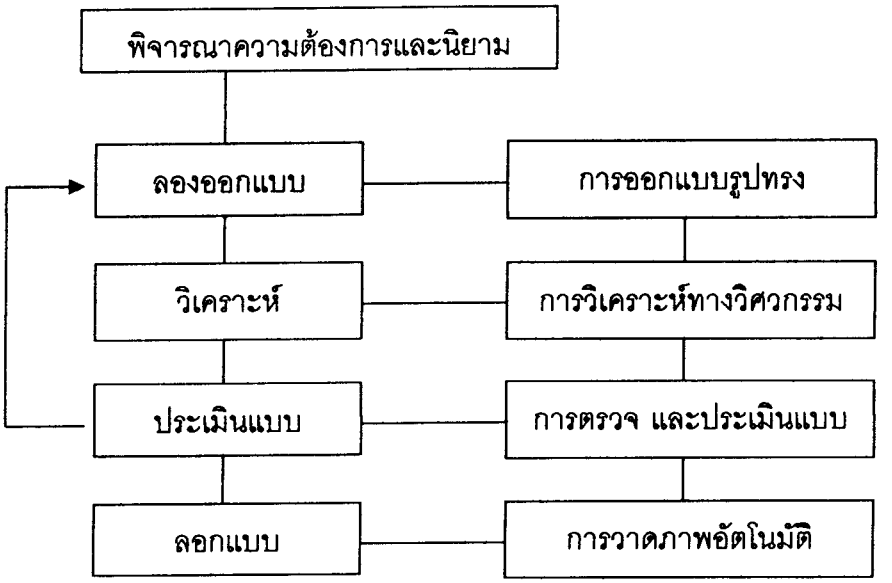
การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบอาจแยกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.3.3.1 การออกแบบรูปทรงทางเรขาคณิต (Geometric Modeling)

2.3.3.2 การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Engineering Analysis)

2.3.3.3 การตรวจและประเมินแบบ (Design Review and Evaluation)

2.3.3.4 การวาดภาพอัตโนมัติ (Automated Drafting)



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในออกแบบ

2.4 จุดมุ่งหมายของการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ

2.4.1 เพื่อเพิ่มผลผลิต : โดยการลดงานให้แก่ผู้ออกแบบ ซึ่งแต่เดิมต้องทำตั้งแต่จินตนาการออกแบบ วิเคราะห์แบบ ดัดแปลงแก้ไข เขียนแบบและให้รายละเอียด ซึ่งงานเหล่านี้เมื่อนำคอมพิวเตอร์ไปช่วยนอกจากจะทำให้เพิ่มผลผลิต ประหยัดเวลาแล้ว ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายลงอีกด้วย

2.4.2 เพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับงาน : เนื่องจากสามารถทำการวิเคราะห์แบบได้โดยใช้โปรแกรมมาช่วยอำนวยความสะดวก เช่น โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง อีกทั้งการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยนี้ ยังสามารถทำให้ทดลอง กับแบบได้หลายลักษณะ ทำให้สามารถเลือกแบบที่ดีที่สุดได้

2.4.3 เพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลผิดพลาด เนื่องจากระบบ CAD นอกจากจะให้ภาพที่ชัดเจนแล้วความละเอียดที่มีเกี่ยวกับสิ่งที่ออกแบบไม่ว่าจะเป็น ขนาดหรือลักษณะ ทำให้การใช้รูปแบบข้อมูลมีความถูกต้องสูงการนำข้อมูลนี้ไปใช้ในงานอื่น ๆ ก็สามารถทำได้สะดวก

2.4.4 เป็นการสร้างฐานข้อมูลสำหรับงานอุตสาหกรรม โดยปกติ CAD จะใช้ร่วมกับ CAM ดังนั้น การส่งผ่านข้อมูลจะทำได้สะดวก ไม่จำเป็นต้องใส่ข้อมูลเข้าไปใหม่อีก การใช้งานอื่นๆ เช่น การคำนวณค่าวัสดุ ฯลฯ ก็จะทำได้สะดวกขึ้นด้วย (อำนาจ ทองเสน, 2542)

2.5 โปรแกรมออกแบบ Pro/Engineer 2000i^2

โปรแกรม Pro/Engineer เป็นซอฟต์แวร์ของบริษัท Parametric Technology Corporation ซึ่งมีสำนักงานใหญ่อยู่ที่สหรัฐอเมริกา โปรแกรม Pro/Engineer เป็นโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์ทางด้านการออกแบบสูงสุดอีกตัวหนึ่ง คือ นอกจากจะมีโปรแกรมทางด้านการออกแบบเครื่องกล (CAD : Computer Aided Design หรือ CADD : Computer Aided Design and Drafting) โปรแกรม Pro/Engineer ยังมี Module ซึ่งใช้ในการออกแบบและทำงานในลักษณะอื่น ๆ อีก เช่น ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ Module ที่ใช้ คือ Pro/Manufacturing ใช้ในงานทางด้านการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม (CAE : Computer Aided Engineering) Module ที่ใช้ คือ Pro/Mechanical เป็นต้น

โปรแกรม Pro/Engineer มีความสามารถในการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ แบบ Parametric Solid Modeling ซึ่งทีมงานของ Pro/Engineer ได้พัฒนาให้สามารถใช้งานบนเครื่อง PC ได้เป็นครั้งแรก และเป็นต้นกำเนิดให้กับโปรแกรมอื่น ๆ เช่น ใช้ Parametric Solid Modeling ในการพัฒนาโปรแกรม Solidedge Inventor, Mechanical Desktop เป็นต้น (ความหมายของคำว่า พาราเมตริก (Parametric) คือ การใช้ตัวแปร (Parameter) ในการควบคุมรูปทรง และขนาดของวัตถุโซลิด และ Surface)

2.5.1 จุดเด่นของโปรแกรม Pro/Engineer 2000i^2

2.5.1.1 ใช้พารามิเตอร์ควบคุมรูปทรง และขนาดของวัตถุสามมิติ ทำให้สามารถเปลี่ยนขนาดได้ง่ายตามต้องการ

2.5.1.2 ชิ้นงาน 3 มิติที่สร้างสามารถ Import, Export เป็น Format ต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น IGES, CATIA, STEP ฯลฯ ซึ่งข้อดีก็คือ สามารถ Export เข้าไปยังโปรแกรม CAD/CAM อื่น ๆ เพื่อทำกระบวนการสร้างงานต่อจากชิ้นงาน 3 มิติที่ได้ถูกออกแบบโดยใช้โปรกรม Pro/Engineer หรือ สามารถ Import เพื่อนำชิ้นงาน 3 มิติ ซึ่งถูกออกแบบมาจากโปรแกรมอื่น ๆ เช่น โปรแกรมทางด้าน Nurbs Modeling (Alias Wave front, Rhinoceros ฯลฯ) หรือ โปรแกรมทางด้าน CAD (UG, IDEAS ฯลฯ) เพื่อทำกระบวนการสร้างงานโดยใช้โปรแกรม Pro/Engineer

2.5.1.3 แบบแปลน 2 มิติ ที่สร้างขึ้นมาสามารถ Import, Export เป็น Format ต่าง ๆ ได้มาก เช่นเดียวกัน เช่น DXF, DWWG ฯลฯ ซึ่งข้อดีก็คือ สามารถ Export แบบแปลน 2 มิติ ซึ่งสร้างจากโปรแกรม Pro/Engineer เข้าไปยังโปรแกรมที่สร้างแบบแปลน 2 มิติ ประเภทอื่น ๆ เช่น AutoCAD ,Intelli CAD เป็นต้น เพื่อทำกระบวนการสร้าง,เปลี่ยนแปลง,แก้ไข แบบแปลน 2 มิติ ทำให้สามารถลดทอนช่วงเวลาการทำงานของผู้ออกแบบได้ เช่น ต้องการวางภาพฉายบนโปรแกรม Pro/Engineerแต่ต้องการสร้างแบบแปลน 2 มิติ บน AutoCAD เป็นต้น หรือสามารถ Import แบบแปลน 2 มิติ ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาจากโปรแกรมอื่น ๆ เพื่อนำมาสร้างงานโดยใช้โปรแกรม Pro/Engineer ได้เช่นเดียวกัน เช่น คัดลอกเอ็นทิตี้ภายในแบบแปลน 2 มิติ เพื่อนำมาสร้างเป็นโปรไฟล์สเกตช์ ปืนต้น

2.5.1.4 ความสามารถในการบันทึกขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน 3 มิติ (Part) และภาพประกอบแยกชิ้นส่วน (Assembly) ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ แก้ไขข้อผิดพลาด และเพิ่มเติมส่วนประกอบได้ตามต้องการ

2.5.1.5 ความสามารถในการสร้างมุมมนโค้งที่ขอบของชิ้นงาน 3 มิติ สามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่องและสามารถเปลี่ยนแปลงและกำหนดความต่อเนื่องของผิวระหว่างจุดตัดของมุมบนวัตถุเฉพาะมุมที่กำหนดได้ว่า จุดตัดระหว่างมุมที่ 1 ให้เป็นการส่งผ่านแบบ Corner Sphere ส่วนจุดตัดระหว่างมุมที่ 2 ให้เป็นการส่งผ่านผิวแบบ Corner Sweep หรือแบบอื่น ๆ ก็ได้

นอกเหนือไปจากความสามารถทางด้านการกำหนดความต่อเนื่องของผิวระหว่าง จุดตัดของมุมบนวัตถุดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังสามารถสร้างความมนโค้งบนขอบของชิ้นงาน 3 มิติ แบบฝืนธรรมชาติได้ โดยใช้เทคนิคของการใช้วิธีการสร้างฟีเจอร์ Round แบบ surface รวมกับเทคนิคการสร้างฟีเจอร์แบบ surface เพื่อสร้างความมนโค้งให้ได้ตามที่ท่านต้องการ

2.5.1.6 สามารถใช้ตารางพารามิเตอร์ (Family Table) เพื่อควบคุมรูปทรง ขนาดของชิ้นงาน 3 มิติ ภาพประกอบแยกชิ้นส่วน ซึ่งจะเป็นการสร้างชิ้นงาน 3 มิติ หรือภาพประกอบแยกชิ้นส่วน ซึ่งมีโครงสร้างหลักเหมือนกัน แต่มีบางส่วนซึ่งแตกต่างกัน

2.5.1.7 โปรแกรม Pro/Engineer Version 2000i^2 ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับระบบได้ง่ายขึ้น เนื่องจากหน้าจออินเตอร์เฟสมีการเปลี่ยนแปลงให้มีความคล้ายคลึงกับวินโดว์มากขึ้นเช่นมีเมนูบาร์ ไดอะล็อก เป็นต้น

2.5.1.8 สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการสร้างโมเดลสามมิติได้ ซึ่งเป็นจุดเด่นที่โปรแกรมประเภท CAD ที่ได้รับความนิยมจะต้องมี

2.5.1.9 โปรแกรม Pro/ Engineer มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงขนาดได้ 2 ทิศทาง หมายความว่า เมื่อท่านสร้างชิ้นงาน 3 มิติ และนำชิ้นงาน 3 มิติ ไปสร้างเป็นแบบแปลน 2 มิติ การเปลี่ยนแปลงขนาดภายในชิ้นงาน 3 มิติ จะทำให้ขนาดภายในแบบแปลน 2 มิติ เกิดการเปลี่ยนแปลง และในทำนองกลับกัน การเปลี่ยนแปลงขนาดภายในแบบแปลน 2 มิติ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดภายในชิ้นงาน 3 มิติ เช่นเดียวกัน

2.5.1.10 มีแนวทางในการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ ให้เลือกใช้งานได้ 2 วิธี

- สร้างฟีเจอร์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ โดยใช้วิธี Solid Modeling
- สร้างฟีเจอร์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ โดยใช้วิธี Surface Modeling

ซึ่งจะแตกต่างจากโปรแกรมประเภท CAD อื่น ๆ ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกัน อย่างเช่น UG (Unigraphic), IDEAS, Cimatron เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมประเภทต่าง ๆ เหล่านี้จะมีพื้นฐานการทำงานบน Surface Modeling เป็นต้น

2.5.2 ความต้องการด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์

2.5.2.1 ใช้ได้กับระบบปฏิบัติการวินโดว์ 98,NT, 2000, ME, XP

2.5.2.2 โปรเซสเตอร์ : Pentium 200 Mh2 ขึ้นไป, แรม 128 เมกะไบต์ ขึ้นไป

2.5.2.3 การ์ดแสดงผลควรใช้ AGP 32 เมกะไบต์ หรือ AGP 64 เมกะไบต์ เพื่อความสะดวกในการแสดงผล

2.5.2.4 อุปกรณ์มาตรฐาน เช่น Card Lan (ถ้าสามารถหาได้), CD-ROM ,จอ (ควรกำหนดให้การแสดงผลอย่างน้อย 1024*768 pixels) เม้าส์ควรเป็นประเภท 3 ปุ่ม เพื่อความสะดวกการใช้งาน

2.5.2.5 พื้นที่ว่างในฮาร์ดดิสก์สำหรับการลงโปรแกรมอย่างน้อย 168 เมกะไบต์ และพื้นที่ว่าง (Free Space) ไม่น้อยกว่า 100 เมกะไบต์ (หน้า 16, ชัชวินท์ อัมรี, 2544)

2.6 คอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต

2.6.1 คอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต

สำหรับการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิตนั้นมีชื่อเรียกว่า CAM ย่อมาจากคำว่า Computer Aided Manufacturing เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต เป็นเครื่องมือทางวิศวกรรมที่ใช้สำหรับสร้างทางเดิน ของเครื่องมือตัดที่ควบคุมด้วยเครื่องจักร DNC (computer numerical control) โดยการสร้างโปรแกรม NC (numerical control) นั้นจะอาศัยรูปทรงเรขาคณิตจากโปรแกรมช่วยออกแบบ (CAD)

โดยทั่วเป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยการทำงานของเครื่องจักรกลอัตโนมัติได้แก่ เครื่องกัดอัตโนมัติ เครื่องกลึงอัตโนมัติ เครื่องตัดด้วยลวดอัตโนมัติเป็นต้นตามปรกติเครื่องจักรกลอัตโนมัติจะทำงานตามคำสั่งที่เขียนไว้ในชุดคำสั่งหรือที่เรียกว่า NC Program ซึ่งชุดคำสั่งเหล่านี้จะประกอบไปด้วยคำสั่งที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ให้ตัดงานตามที่ต้องการทั้งรูปร่างและขนาด คำสั่งในการเปิดปิดอุปกรณ์ช่วยงานในส่วนอื่น ๆ เช่น ปั๊มน้ำหล่อเย็น SPINDLE เป็นต้น แต่เดิมผู้ควบคุมเครื่องหรือช่างเทคนิคจะเป็นผู้เขียนโปรแกรมเหล่านี้ด้วยตนเองซึ่งนอกจากจะทำให้เสียเวลาในการทำงานเป็นอย่างมากแล้วยัง อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้หากผู้เขียน โปรแกรมอ่านแบบผิดหรือเขียนโปรแกรมผิดโดยไม่เจตนาหรือในบางกรณีอาจเป็นไปไม่ได้เลยที่มนุษย์จะเขียนโปรแกรมเองโดยเฉพาะเส้น ทางเดินของเครื่องมือตัดที่ตัดงานเป็นรูป 3 มิติ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยงานดังกล่าว โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทนี้จะสามารถสร้าง NC Program ที่ต้องการจากวัตถุ 3 มิติที่สร้างไว้แล้วก่อนหน้านี้

CAM เป็นการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจัดการกับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรม โดยอาจควบคุมตั้งแต่การวางแผนจนกระทั่งจัดการหลังการผลิต ซึ่งกระบวนการของ CAM อาจจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

2.6.1.1 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตโดยตรง เป็นลักษณะการใช้คอมพิวเตอร์ในงานตรวจสอบ โดยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตนี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบกระบวนการผลิตหรือเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิต การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อทำการผลิตสินค้าโดยตรง โดยการนำข้อมูลจากระบบ CAD มาช่วยในการควบคุมอุปกรณ์การผลิต เช่น เครื่องกัดที่ทำงานโดยอาศัยคำสั่งเชิงตัวเลข (numerical control machine) หรือ NC machine tool

2.6.1.2 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตทางอ้อม งานลักษณะนี้เป็นงานที่สนับสนุนการผลิต ซึ่งไม่ต่อเชื่อมระบบคอมพิวเตอร์โดยตรง แต่อาจจะเป็นการนำข้อมูลมาประมวลผล สรุป วางแผน เช่น งานเกี่ยวกับการวางแผน การจัดการเกี่ยวกับการจัดซื้อวัตถุดิบ การจัดการในโรงงาน เป็นต้น

การใช้ CAD และ CAM หากจะใช้ให้ได้ผลเต็มที่แล้วจะต้องสามารถส่งข้อมูลถึงกันและกันได้โดยข้อมูลที่ออกแบบโดย CAD ซึ่งเป็นข้อมูลในลักษณะรูปภาพ กราฟิก สามารถนำไปใช้ในการผลิตชิ้นงานซึ่งมีขนาดและรูปร่างลักษณะเหมือนกับที่ออกแบบไว้ใน CAD ทุกประการ

2.6.2 ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้ คือ

2.6.2.1 โปรแกรม NC (NC programming) การเขียนโปรแกรม NC นั้น เป็นการสร้างข้อมูลของตำแหน่งเครื่องมือตัด (tool path) ในการเดินตัดบนเครื่องจักร CNC โดยโปรแกรม NC สามารถจำลองเพื่อตรวจสอบทางเดินของเครื่องมือตัดว่าถูกต้องหรือไม่

หลังจากที่แสดงทางเดินของมีดตัดแล้ว แฟ้มภาษา APT (automatically programmed tool) ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานด้านการควบคุมเครื่องจักร CNC จะถูกสร้างขึ้นดังตัวอย่างที่แสดงต่อไปนี้

```
1. RAMARK POCKET POLYGON COLLAPSE DEMONSTRATION TEST
2. NOPOST $ $ NO POSTPROCESSING FOR THIS TEST CASE
3. CLPRNT $ $ PRINT CUTTER CENTER DATA
4. TOLER / .001 $ $ TOLERANCE BAND
5. $ $ POINTS DEPINING POCKET PERIMETER
6. P1 = POINT/4, 11, 3 $ $ STARTING POINT OF POCKET DEFINITION
7. P2 = POINT/4, 24, 3
8. P3 = POINT/13, 35, 3
9. P4 = POINT/22, 35, 3
10. P5 = POINT/34, 23, 3
11. P6 = POINT/34, 10, 3
12. P7 = POINT/27, 3, 3
13. P8 = POINT/12, 3, 3  $ $ ENDING POINT OF POCKET DEFINITION
14. H = .01 $ $ SCALLOP HEIGHT MAXIMUM
15. D = .38 $ $ CONSTANT COTTER DIAMETER
16. CR = .19 $ $ CUTTER CORNER RADIUS
17. D2 = SORTF ((D.B) – B ** 2) $ $ A BALL END MMIL EFFECTIVE CUTTER RADIUS
18. CV = (4*D2) / D$ $ A MEASURE OF POCKETIN CUT OFFSET
19. CUTTER/D, CR $ $ BALL END MILL
```

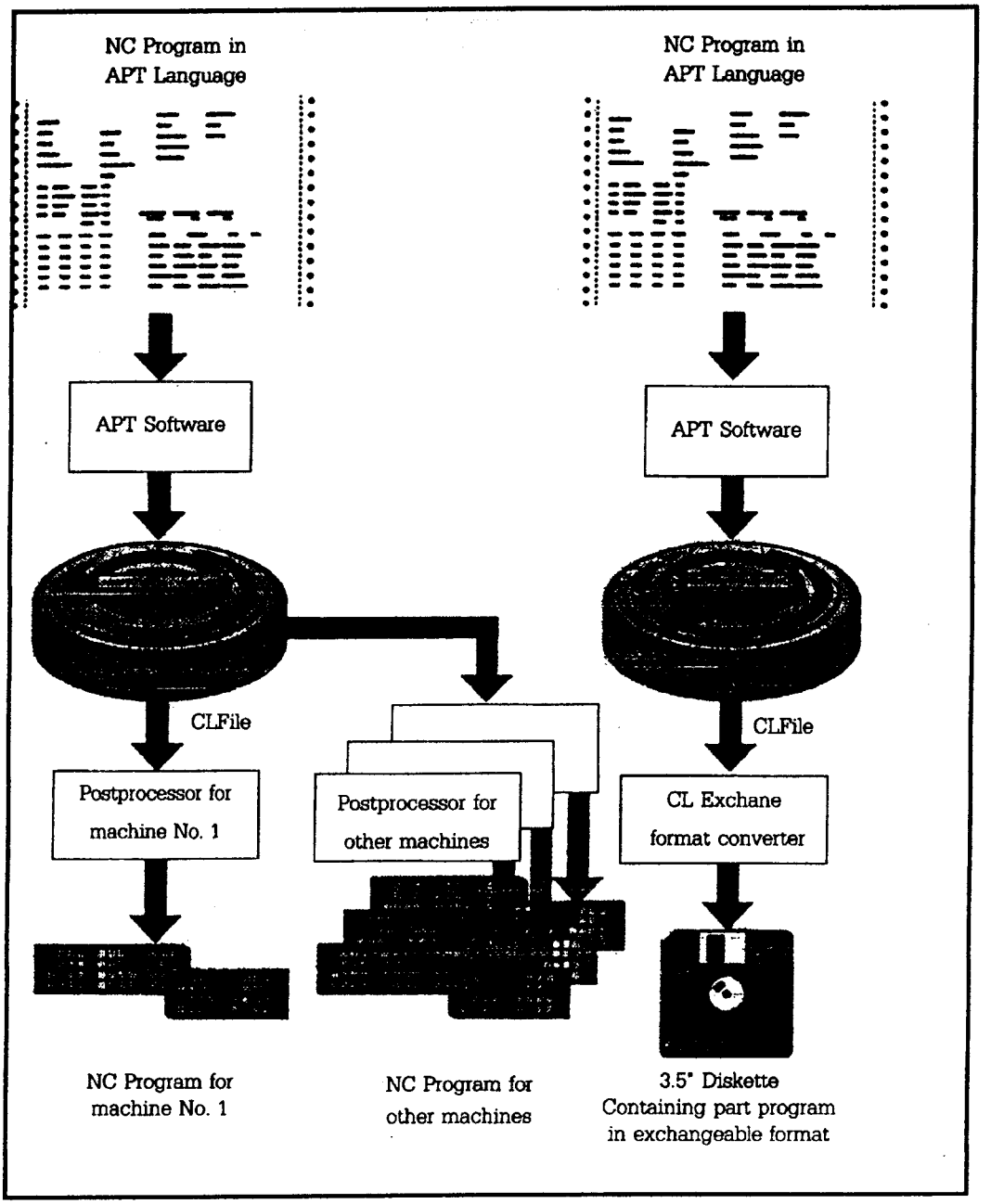
20. FEDRAT/50 $ $ MODAL FEED RATE
21. FROM/0, 0, $ $ STARTING CUTTER POSITION
22. GO TO/20, 20, 5 $ $ MOVE CUTER TOWARD AND OVER CENTER OF POCKET
23. PSIS/(PLANE/0, 0, 1, 3) $ $ BOTTOM PLANE OF POCKET
24. POCKET/D2,CV, CV, 3, 10, 1 ,1 ,P1 ,P3, P4, P5, P6, P7, P8, $ $ STATEMENT
25. GO DLTA/0, 0, 2 $ $ CLEARANCE POSITION OF CUTER
26. GO TO/0, 0, $ $ END CUTTER POSITION
27. FINI $ $ END OF PART PROGRAM

2.6.2.2 ตัวแปลงกระบวนการ Postprocessor

Postprocessor ทำหน้าที่เปลี่ยนแฟ้มภาษา APT ไปเป็นภาษาเฉพาะของเครื่อง CNC "ตัวแปลงกระบวนการ (Post processor) เป็นการประยุกต์กระบวนการออกแบบข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Tool Path data) หรือ CL Data ตำแหน่งของการตัดชิ้นงานโดยกระบวนการออกแบบ (CAD) หรือระบบภาษา APT (Automaticalliy Programed Tools) แฟ้มข้อมูลการเคลื่อนที่ ของเครื่องมือตัด จะประกอบไปด้วยคำสั่งสำหรับการกัดชิ้นงาน ซึ่งระบุโดยผู้ใช้งาน สำหรับการผลิตชิ้นงานจากแบบ 3 มิติทางวิศวกรรม" (Parametric Technology Corporation, 2001)

Post processor จะแปลงคำสั่งในการ Machining จากแฟ้มข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ไปสู่รหัสที่เข้าใจตรงกัน สำหรับเครื่องจักร NC /CNC เฉพาะแต่ละเครื่องโดยมีแฟ้มข้อมูลสำหรับควบคุมเครื่องจักรเป็นตัวกำหนด ให้การเข้าใจรหัสตรงกัน (MCD File)

" แฟ้มข้อมูลสำหรับควบคุมเครื่องจักร (machine control data) เป็นแฟ้มข้อมูลที่กำหนดขึ้น สำหรับควบคุมเครื่องจักรกลในการผลิตชิ้นงาน ในอดีตที่ผ่านมาแฟ้มข้อมูลนี้ใช้แผ่นเทปปรุ (tape image) ในการกำหนดข้อมูลสำหรับควบคุมเครื่องจักร ระบบเครือข่ายข้อมูลในปัจจุบันนี้ มีเครื่องจักรเพียงไม่กี่เครื่องที่ยังใช้ระบบ การอ่านเทปแบบเดิม มีเครื่องมือพื้นฐานจำนวนมาก ที่มีตัวขับ Flopply เช่น Serial Port ที่สามารถนำเข้าข้อมูลจากแผ่นเทปปรุ หรือแฟ้มข้อมูลควบคุมเครื่องจักร (MCD File) ได้ (Parametric Technology Corporation, 2001)



รูปที่ 2.4 **โครงสร้างของ** Post processor (Jace B.Rochester, Jon Rochester)

2.7 การเชื่อมต่อระบบโปรแกรมระหว่าง CAD กับ CAM

ตั้งแต่มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผนและควบคุมการดำเนินงานทางด้านการผลิต ปัญหาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ก็เริ่มเป็นปัญหาที่หลายฝ่ายให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ส่วนมากแล้วระบบวางแผนและควบคุมการผลิตโดยคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาจะใช้ได้กับการทำงานเฉพาะอย่างเท่านั้น และเป็นการยากมากหรือ

บางครั้งเป็นไปไม่ได้เลยที่จะนำเอาซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ที่พัฒนาสำหรับโรงงานหนึ่งไปใช้งานกับอีกโรงงานหนึ่ง ผู้บริหารโรงงานหลายแห่งได้ตระหนักถึงปัญหานี้ดีและเริ่มต้นแนวความคิดที่เกี่ยวกับการสร้างมาตรฐานของการร่างแบบ (Draft) เพื่อให้ระบบ CAD/CAM สามารถเชื่อมต่อกันได้ ซึ่งจะทำให้การส่งผ่านข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเพื่อที่จะนำไปใช้ในกิจกรรมที่เกี่ยวกับการวางแผนการผลิต ข้อมูลที่ส่งผ่านนี้ประกอบด้วยข้อมูลทางด้านกราฟฟิก (Graphics data) แบบที่ร่างขึ้นมา (Drawing) รูปทรงเรขาคณิต (Geometric Modelling) และข้อมูลเกี่ยวกับโมเดลของผลิตภัณฑ์ (Product Model data) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ยังสามารถที่จะนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิต จัดตารางเวลาการผลิต ทำการผลิต การควบคุมคุณภาพ

แนวความคิดเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนข้อมูล มาตรฐานนี้อาจแสดงได้ดังรูปซึ่งแสดงให้เห็นถึงวิธีการที่ระบบ CAD หลายระบบติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบวางแผนและควบคุมการผลิต โดยที่ตัวอินเตอร์เฟซ (Interface) จะเป็นผู้ดัดแปลงโพรโทคอล รูปแบบของข้อมูล และอัตราการส่งผ่านข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม ตัวอินเตอร์เฟซ จะต้องสามารถสร้างให้เกิดความเข้ากันได้ทั้งทางไฟฟ้าและทางกายภาพ และต้องทำให้เกิดความแน่ใจว่าความหมายของคำของข้อมูลที่แลกเปลี่ยนกันยังคงเดิม ดังนั้นตัวอินเตอร์เฟซนี้เองเป็นผู้ทำให้ทั้งซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ต่างๆที่มีอยู่ในโรงงานสามารถใช้ร่วมกันได้ นอกจากนั้นแล้วข้อมูลด้านการผลิตของโรงงานเองก็สามารถที่จะนำมารวมกับข้อมูลที่ได้จากผู้ขาย และผู้ส่งมอบอีกด้วย และทำให้เราสามารถสร้างระบบวางแผนและควบคุมการผลิตซึ่งมีส่วนต่าง ของโปรแกรมจากผู้ขายหลายบริษัททำงานร่วมกันได้

มีความต้องการบางอย่างที่ตัวอินเตอร์เฟซมาตรฐานจำเป็นต้องมี คือ

2.7.1 ตัวอินเตอร์เฟซจะต้องสามารถจัดการกับข้อมูลทางด้านการผลิตได้ทั้งหมด

2.7.2 จะต้องไม่มีการสาบสูญของข้อมูลเมื่อมีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบ

2.7.3 ระบบจะต้องมีประสิทธิภาพในการจัดการกับความต้องการที่เกิดขึ้นตามเวลาจริงของระบบผลิต

2.7.3 ระบบจะต้อเป็นแบบปลายเปิด เพื่อที่จะยอมรับให้มีการขยายหรือลดส่วนต่างๆที่อยู่ในระบบได้

2.7.4 ระบบจะต้องมีความสามารถที่จะดัดแปลงให้เข้ากับมาตรฐานอื่น ๆ ได้

2.7.5 ระบบจะต้องใช้งานได้โดยไม่ขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือสถาปัตยกรรมที่ใช้ในการศึกษาข้อมูล

2.7.6 ระบบจะต้องมีความสามารถในการสร้างเซตย่อย ๆ ของโปรแกรมขึ้นมาใช้งานได้เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่าย

2.7.7 ระบบจะต้องมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต

2.7.8 ระบบจะต้องมีความสามรถเชื่อมโยงกันได้ทั้งจากแบบบนลงล่าง หรือจากล่างขึ้นบนในโครงสร้างของการควบคุมแบบเป็นลำดับขั้น

2.7.9 จะต้องมีวิธีการทดสอบที่สามารถตรวจสอบได้ว่าการส่งผ่านข้อมูลมีประสิทธิภาพและความถูกต้องเพียงใด

2.8 ระบบ CAD/CAM ในงานอุตสาหกรรม

งานอุตสาหกรรมเป็นงานที่ต้องมีการแข่งขัน ผู้จะอยู่ในแนวหน้าได้จะต้องมีการผลิตสินค้าออกมาทันความต้องการของตลาด สินค้าต้องมีคุณภาพดีและมีราคาถูก กระบวนการผลิตทันสมัย การประยุกต์ใช้ CAD/CAM เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตสินค้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะของการนำ CAD/CAM เข้ามาช่วยในการผลิตสินค้า

ส่วนของระบบ CAD/CAM ที่เข้ามาช่วย คือ ในส่วน CAD ช่วยในการออกแบบวิเคราะห์แบบ แล้วจึงวาดภาพอัตโนมัติ จากนั้นข้อมูลจาก CAD จะถูกส่งไปยังระบบ CAM เพื่อวางแผนการผลิตและให้ข้อมูลในการสั่งซื้อวัสดุ รวมทั้งวางแผนการผลิต การวางแผนการใช้วัสดุ แล้วจึงเริ่มผลิต โดย CAM จะไปช่วยในการควบคุมเครื่องจักรในการผลิตตัดควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม เมื่อได้สินค้าแล้วก็จะการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพจะได้ความถูกต้องและแม่นยำสูง

กระบวนการตั้งแต่การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ (CAD) การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต (CAM) การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวางแผนการผลิต (computer aided process planning : sCAPP) การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพ (computer aided quality control : CAQ) เราเรียกว่า "การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมกับการผลิต (computer integrated manufacturing: CIM)" (อำนาจ ทองเสน, 2542)

2.9 หลักการและเทคโนโลยี CNC

ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาและขยายตัวอย่างรวดเร็วมีการนำเข้าเครื่องจักรกล และอุปการณ์ที่ทันสมัยจากต่างประเทศ เพื่อช่วยเพิ่มการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งก็เป็นไปตามการยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ ที่มีอัตราการขยายตัวที่สูงมาก ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมามีทั้งจำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกไปต่างประเทศทำให้ผลิตภัณฑ์ต้องได้ตามมาตรฐานที่ที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐานสากล ISO (International Standardization Organization) หรือ ตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN (Deutsche Industrie Norm) แต่ในความเป็น

จริงเรายังขาดบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ ที่จะรองรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ในระบบการผลิต

การพัฒนาทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาไปอย่างมาก การผลิตไมโครชิพสามารถผลิตให้มีขนาดเล็กลง แต่ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น การนำไมโครชิพไปใช้งานที่สำคัญอย่างหนึ่งได้แก่ การใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น ใช้เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เป็นหน่วยความจำ (RAM & ROM) ยุคแรกที่มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้จะเน้นหนักไปทางด้านการจัดเก็บและบันทึกข้อมูล และการคำนวณขั้นพื้นฐาน ในระยะหลังได้มีการพัฒนาขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้ดีขึ้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงขึ้น เช่น การออกแบบชิ้นส่วนและสร้างโปรแกรมสำหรับผลิตชิ้นงาน ในภายหลังได้มีการเขียนโปรแกรมสำหรับช่วยในการผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบเชิงตัวเลขขึ้นมา เครื่องจักรที่ใช้ระบบการควบคุมแบบเชิงตัวเลขนี้เรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า "เครื่องจักรซีเอ็นซี" (CNC Machine)

เครื่องจักร CNC เป็นเครื่องจักรที่ทำงานอย่างอัตโนมัติ สามารถผลิตชิ้นงานที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด หรือรูปทรงบ่อย ๆ ได้ดี เพราะสามารถแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ โดยตรงที่โปรแกรม ดังนั้น จึงเหมาะกับการผลิตชิ้นงานต้นแบบ (Prototype) หรือผลิตชิ้นงานในระบบสายงานการผลิตที่มีกำลังการผลิตปานกลาง ซึ่งเหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดกลาง

การรับส่งข้อมูลสำหรับการทำงานของเครื่องจักร สามารถผ่านตัวกลางส่งสัญญาณต่าง ๆ เช่น แถบกระดาษเจาะรู (Paper Punched Tape) เทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) และแผ่น Micro Floppy Disk หรือจะป้อนข้อมูลโดยตรงที่แป้นพิมพ์ของแผงควบคุม (Key Board) ก็ได้ แต่ก่อนที่จะส่งข้อมูลเพื่อให้เครื่องจักรทำงานจำเป็นต้องมีการสร้างโปรแกรมการทำงานตามลำดับมาก่อน แล้วทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นพร้อมกับแก้ไขให้ถูกต้อง ทำให้ลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรลง

เครื่องจักร CNC แต่ละเครื่องนั้นผลิตมาจากหลายบริษัท ซึ่งก็ใช้เทคโนโลยีที่บริษัทตนเป็นคนค้นคิดขึ้นมา ทำให้มีลักษณะการสั่งงานเป็นแบบเฉพาะนอกเหนือไปจากคำสั่งมาตรฐานทั่วไป (อำนาจ ทองเสน, 2542)

2.10 ความแตกต่างระหว่างเครื่องจักรกลทั่วไปกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.10.1 เครื่องจักรกลทั่วไป

เครื่องจักรกลทั่วไป แท่นเลื่อน (Silides) ที่ทำหน้าที่นำชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดให้เคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน (Slideways) โดยการหมุนมือหมุน (Hand Wheel) หรือโดยการใช้กลไกป้อนอัตโนมัติ เช่น ลูกเบี้ยวในเครื่องกลึงอัตโนมัติ ซึ่งในขณะเดียวกันนั้นช่างควบคุมเครื่องจะต้องทำ

หน้าที่อื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานด้วย เช่น เปิดและปิดสวิทย์ควบคุมการหมุนของเพลาหัวเครื่องเปิดและปิดวิทย์สารหล่อเย็น เป็นต้น ช่างควบคุมต้องใช้วิจารณญาณและการตัดสินใจร่วมกัน การทำงานจะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ทุกเวลา ไม่ว่าจะเป็นสาเหตุที่มาจากตัวบุคคล หรือสาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร การผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างเดียวกันจำนวนมาก ๆ จะเกิดค่าพิกัดของชิ้นงานที่แตกต่างกันออกไปแต่ถ้าหากใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีการผลิตชิ้นงานจำนวนมาก จะลดเวลาของการผลิตชิ้นงานและรูปทรงที่ได้จะเหมือนกันโดยตลอด การทำงานต่าง ๆ จะถูกกำหนดไว้ และยังสามารถนำโปรแกรมนั้นมาใช้ใหม่ได้อีกเมื่อมีการผลิตชิ้นต่อ ๆ ไปได้อีก

2.10.2 เครื่องจักรซีเอ็นซี

เครื่องจักรซีเอ็นซี การเคลื่อนที่ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการผลิตชิ้นงานจะทำงานโดยอัตโนมัติด้วยตัวของเครื่องจักรเองโดยอาศัยข้อมูลจากชุดควบคุม เครื่องจักรจะทำงานตามข้อมูลตัวเลข (Numerical Information) ที่ป้อนให้กับชุดควบคุมของเครื่องจักร CNC ในรูปแบบของรหัส (Code) ที่ชุดควบคุมสามารถเข้าใจได้

ในระบบการขับเคลื่อน จะต้องมีการออกแบบให้รับกับการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ควบคุมระบบเชิงตัวเลข เช่น ระบบเฟืองทด เพลาหมุน พร้อมแบริ่งที่มีความเที่ยงตรงสูง ระบบการหล่อลื่น พร้อมกับการระบายความร้อน เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีระบบการจับยึดเครื่องมือที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน ซึ่งจะแตกต่างจากการจับยึดเครื่องมือของเครื่องจักรทั่วไป ความแตกต่างในการใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรที่ใช้ทั่วไปก็คือ การตัดสินใจในการกำหนดขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ จะกระทำเพียงครั้งเดียวกล่าวคือ จะกระทำในขั้นตอนของการวางแผน และสร้างโปรแกรมสำหรับควบคุมเครื่องจักรเท่านั้น หลังจากนั้นโปรแกรมจะถูกนำไปใช้ในการทำงานของเครื่องจักร สำหรับผลิตชิ้นงานที่ต้องการ โดยสามารถทำการผลิตซ้ำ ๆ กันกี่ครั้งก็ได้ตามต้องการ

นอกเหนือจากโปรแกรมการทำงาน ซึ่งเปรียบเสมือนการวางแผนการทำงานที่ได้จัดเตรียมขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ การผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซียังช่วยลดเวลาในการทำงานอื่น ๆ ที่จำเป็นด้วย เช่น ลดเวลาการตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน ลดเวลาในการปรับความเร็วรอบของ Spindle เป็นต้น (อำนาจ ทองเสน, 2542)

2.11 หลักการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

การตัดเฉือนชิ้นงานด้วยเครื่องจักรทั่ว ๆ ไปนั้น ช่างควบคุมเครื่องจะใช้มือหมุนเพื่อเลื่อนคมตัดหรือชิ้นงานให้เคลื่อนที่ไป ซึ่งเมื่อเสร็จสิ้นการทำงานแล้วจะได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างและขนาดตามต้องการ ลักษณะเช่นนี้ช่างควบคุมเครื่องจะต้องคอยเฝ้าดูตำแหน่งของคมตัดที่ต้องมี

ความสัมพันธ์กับเส้นรอบรูปบนชิ้นงานที่กำลังตัดเฉือนอยู่ตลอดเวลา และในการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของคมตัด ช่างจะต้องหมุนมือหมุนเพื่อควบคุมการทำงานของแท่นเลื่อน ช่างจะต้องคอยสังเกตและตรวจสอบตำแหน่งของคมตัดกับชิ้นงาน เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วช่างจะหยุดหมุนมือหมุน คมตัดก็จะหยุดการเคลื่อนที่ ในทางเทคนิคการทำงานเหล่านี้จะถูกเรียกว่าการควบคุม (Control)

นอกเหนือจากการควบคุมตำแหน่งของชิ้นงานกับเครื่องมือตัดแล้ว ช่างจะต้องควบคุมอัตราการป้อนซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุชิ้นงาน, วัสดุเครื่องมือตัด และตำแหน่งของคมตัดด้วย ซึ่งในบางครั้งช่างจะต้องลดอัตราการป้อนลงเมื่อใกล้จะถึงตำแหน่งที่ต้องการเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง นอกจากนี้จะต้องคอยปรับความเร็วรอบและตำแหน่งของการหล่อเย็นให้ถูกต้องอีก เป็นต้น

หลักการทำงานเครื่องจักรซีเอ็นซีจะคล้ายคลึงกับเครื่องจักรทั่วไป กล่าวคือโดยพื้นฐานแล้วเครื่องจักรซีเอ็นซีก็จะทำหน้าที่ผลิตชิ้นงานเหมือนเครื่องจักรกลทั่วไป แต่ระบบควบคุมซีเอ็นซีของเครื่องจะทำงานในขั้นตอนต่างๆ แทนช่างควบคุมเครื่อง แต่อย่างไรก็ตามก่อนที่เครื่องจักรจะทำงานได้นั้น ระบบควบคุมของเครื่องจะต้องได้รับข้อมูลเสียก่อนว่าจะให้ทำงานตามขั้นตอนอย่างไร และจะต้องบอกเป็นภาษาที่ระบบควบคุมสามารถเข้าใจนั่นคือจะต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องโดยผ่านแป้นพิมพ์ (Keyboard) หรือเทปแม่เหล็ก (Magnetic tape) ก็ได้

ระบบควบคุมซีเอ็นซีจะมีอุปกรณ์, เครื่องมือที่สามารถบอกตำแหน่งของแท่นเลื่อนให้ระบบควบคุมรู้ได้ อุปกรณ์ชุดนี้เรียกว่า ระบบวัดขนาด (Measuring System) ซึ่งประกอบด้วยสเกลแนวตรง (Linear Scale) มีจำนวนเท่ากับจำนวนแนวแกนในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร มีหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แท่นเลื่อนเคลื่อนที่กลับไปยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแท่นเลื่อนเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าใด

ช่างควบคุมเครื่องไม่เพียงสามารถใช้โปรแกรมซีเอ็นซีสั่งให้เครื่องจักรทำงานแต่ยังสามารถเขียนและป้อนโปรแกรมด้วยตนเอง ตลอดจนการแก้ไขโปรแกรมได้หลังจากป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องแล้ว ขนาดต่างๆ ของเครื่องมือตัดและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน สามารถที่จะเลือกใช้และป้อนเข้าไปในระบบควบคุมได้ในขณะทำการปรับตั้ง และเป็นอิสระจากโปรแกรมซีเอ็นซีขนาดต่าง ๆ ของเครื่องมือจะถูกนำไปใช้โดยอัตโนมัติขณะทำงานการตัดเฉือน ช่างควบคุมเครื่องจักรจึงไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลในการปรับตั้งเครื่องมือมาก และสามารถที่จะเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานได้ด้วยตนเอง

ระบบควบคุมของเครื่องจักรซีเอ็นซี จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมให้เครื่องจักรทำงานตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ การที่เครื่องจักรจะทำงานได้นั้นระบบควบคุมจะต้องได้รับการบอกล่าวถึง

วิธีการทำงานเสียก่อน ข้อมูลที่ใช้จะอยู่ในรูปของโปรแกรมเอ็นซี ซึ่งช่างควบคุมเครื่อง หรือช่างเขียนโปรแกรมจะเป็นผู้เขียนโปรแกรมเข้าในไประบบควบคุมระบบควบคุมจะอ่านโปรแกรมเอ็นซีและเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นสัญญาณควบคุมสำหรับเครื่องจักรการสร้างโปรแกรมเอ็นซีจะมีรูปแบบที่ถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิตระบบควบคุมภายใต้แนวทางที่เป็นมาตรฐาน (ปารเมศ ชุติมา, 2544)

2.12 การสร้างโปรแกรมเอ็นซี

ในโปรแกรมเอ็นซีขั้นตอนการตัดเลือกสำหรับผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซีจะถูกเขียนขึ้นในรูปแบบที่ระบบควบคุมสามารถเข้าใจได้ ช่างที่เขียนโปรแกรมจะต้องทราบถึงขั้นตอนการตัดเฉือนทั้งหมดซึ่งในขั้นตอนต่าง ๆ จะถูกกำหนดไว้อย่างถูกต้องพร้อมด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น อัตราป้อน ความเร็วรอบของเพลางาน เป็นต้น ช่างจะนำข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ไปเขียนเป็นโปรแกรมเอ็นซี หลังจากที่โปรแกรมป้อนเข้าไปในระบบควบคุมแล้วสามารถนำโปรแกรมนั้นมาทำงานซ้ำได้หลายครั้งตามที่ต้องการ

ถ้าขั้นตอนบางขั้นตอนจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงไปและแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในโปรแกรมเอ็นซี จำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงบางจุดให้เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ สามารถที่จะทำได้โดยช่างควบคุมเครื่องโดยตรง

2.12.1 การโปรแกรม NC โดยมนุษย์ เมื่อผู้เขียนโปรแกรมรู้แบบของชิ้นงาน และข้อมูลของเครื่องจักรแล้ว ในขั้นแรกก็ต้องจัดลำดับขั้นตอนในการทำงานก่อน ขั้นต่อมาคือการจัดเตรียมข้อมูลโดยเลือกลำดับของเครื่องมือตามขั้นตอนการทำงาน ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องกำหนดความเร็วตัดและความเร็วป้อน ค่าเหล่านี้อาจได้จากการเปิดตารางหรือจากการคำนวณ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงการเปิด-ปิดน้ำหล่อเย็น แกละการชดเชยขนาดของเครื่องมือ หลังจากทราบข้อมูลทั้งหมดแล้วจึงเริ่มเขียนโปรแกรม สิ่งสำคัญที่ควรคำนึง คือ ผู้เขียนโปรแกรมต้องกำหนดวางศูนย์ของชิ้นงานในตำแหน่งที่เหมาะสม

2.12.2 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี (NC) ด้วยการใช้โปรแกรมช่วยผลิตชิ้นงาน ภาษาที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมเอ็นซีนั้นทำหน้าที่ให้ข้อมูลของชิ้นงาน และการเคลื่อนที่ระหว่างเครื่องมือและชิ้นงาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้สร้างชิ้นงานตามแบบที่ต้องการได้ ลักษณะการใช้งานของภาษาที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมเอ็นซี แบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

2.12.2.1. ตามลักษณะของเครื่อง

2.12.2.2 .ตามลักษณะของปัญหา ลักษณะภาษาที่ใช้ตามลักษณะปัญหานี้ ในระยะแรกที่เริ่มพัฒนา คือ ภาษา APT เป็นการคำนวณข้อมูลทางเรขาคณิตเท่านั้น ยังไม่มีข้อมูล

ทางเทคนิค แต่ในปัจจุบันมีระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตออกมากมาย ซึ่งสามารถทำได้ทั้งระบบ 2 มิติ, 2 1/2 มิติ และ 3มิติ

ในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตเพื่อสร้างโปรแกรมเอ็นซีนั้น ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่จะเลือกใช้ โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่มีขนาดเล็ก มีการผลิตชิ้นงานจำนวนไม่มาก เพราะจะส่งผลกระทบถึงราคาต้นทุนในการผลิตสินค้า ซึ่งผู้ผลิตจำเป็นต้องเลือกวิธีการสร้างโปรแกรมให้เหมาะสม กล่าวคือ ถ้าลักษณะของชิ้นงานไม่มีความสลับซับซ้อน เป็นรูปทรงง่าย ๆ ก็ไม่สมควรที่จะใช้คอมพิวเตอร์ที่มีระบบการจัดการที่มีขนาดใหญ่มาช่วยในการสร้างโปรแกรม เพราะราคาและค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ดังกล่าวในปัจจุบันยังมีราคาที่ค่อนข้างสูง

2.12.3 ลักษณะการสร้างโปรแกรมเอ็นซี การสร้างโปรแกรมเอ็นซีสำหรับสั่งงานเครื่องจักรที่ใช้การควบคุมด้วยระบบเชิงตัวเลข สามารถสรุปได้ตามลักษณะของการสร้างโปรแกรมได้ดังนี้

2.12.3.1 การสร้างโปรแกรมโดยตรง โดยการป้อนข้อมูลที่เป็นรหัสที่เครื่องจักรสามารถเข้าใจได้ที่แป้นพิมพ์ของชุดควบคุมของเครื่องจักร รวมทั้งข้อมูลของเครื่องมือตัดที่ใช้ในขบวนการผลิตชิ้นงานด้วย

2.12.3.2 การสร้างโปรแกรมโดยทางอ้อมด้วยซอฟแวร์ประเภท CNC-Editor ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่ได้ส่งไปยังชุดควบคุมของเครื่องจักรโดยการใช้เทปกระดาษเจาะรู (Punched tape) เทปแม่เหล็ก (Magnatic tape) แผ่นดิสเก็ตต์ (diskettes) หรือโดยการใช้สายส่งที่สามารถส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เข้าชุดควบคุมของเครื่องจักรโดยตรง

2.12.3.3 การสร้างโปรแกรมทางอ้อมโดยใช้ CAM ซอฟแวร์ มีลักษณะคล้ายการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ในแต่ละภาษาจะมีความสามารถในการสร้างโปรแกรมสำหรับสั่งงานเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบเชิงตัวเลขต่างกันออกไป การสร้างโปรแกรมเอ็นซีจะเริ่มโดยการเขียนคำสั่งการทำงานในลักษณะของ Text File ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ภาษาต่าง ๆ นั้นจะสามารถทำงานได้ หลังจากนั้นจะทำการแปล Text File ที่เขียนไว้เป็นคำสั่งภาษาซีเอ็นซี ในบางภาษาหลังจากทำการแปลเป็นคำสั่งภาษาซีเอ็นซีแล้วจะสามารถจำลองการทำงานทางจอภาพได้ และสามารถส่งโปรแกรมเอ็นซีไปยังชุดควบคุมของเครื่องจักรได้

2.12.3.4 การสร้างโปรแกรมทางอ้อมโดยใช้แคมซอฟแวร์ (Stand alone CAM Software) บนเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความสามารถและขนาดของโปรแกรมที่เลือกใช้ การสร้างโปรแกรมจะเริ่มโดยการสร้างรูปทางเดินของคมตัดเสียก่อนหรือด้วยการกำหนดตำแหน่งต่าง ๆ ที่ต้องการ จากนั้นจะทำการแปลข้อมูลเชิงเส้นไปเป็นโปรแกรมเอ็นซีหรือทำเป็นกระดาษเจาะรูเพื่อใช้ในการส่งถ่ายข้อมูลไปยังชุดควบคุม

15 ส.ค. 2549
4840508
25

2.12.3.5 การสร้างโปรแกรมทางอ้อมด้วยซอฟแวร์ CAD/CAM เป็นระบบการสร้างโปรแกรมสำหรับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน ซึ่งความสามารถในการสร้างรูปทรงของชิ้นงานและสามารถกำหนดขนาดในระบบ CAD และส่งข้อมูลของรูปทรงชิ้นงานไปยังระบบ CAM เพื่อแปลข้อมูลรูปทรงชิ้นงานเป็นโปรแกรมเอ็นซี ซึ่งระบบ CAD/CAM สามารถแยกจากกันเป็นอิสระในการทำงาน ซึ่งซอฟแวร์ระบบ CAD หรือระบบ CAM ที่มาจากผู้พัฒนาโปรแกรมบริษัทเดียวกันหรือต่างบริษัทกันก็จะสามารถรับส่งข้อมูลซึ่งกันและกันได้ เพราะมีการกำหนดเป็นมาตรฐานเดียวกัน หรือซอฟแวร์ CAD/CAM อาจจะอยู่รวมเป็นระบบซอฟแวร์รวม (ปารเมศ ชุติมา, 2544)

2.13 องค์ประกอบของระบบควบคุม

ระบบซีเอ็นซีจะประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ มากมาย ถ้าพิจาณาถึงสิ่งที่ต้องการให้ระบบสามารถทำได้ จะสามารถแสดงให้เห็นองค์ประกอบของระบบซีเอ็นซีด้วยไดอะแกรม หัวใจของระบบซีเอ็นซีก็คือ คอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการคำนวณทั้งหมดและเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างเป็นเหตุและผล จึงจำเป็นต้องมีอินเตอร์เฟส (Interface) อยู่ 2 ชุดด้วยกัน

2.13.1 ชุดของตัวอินเตอร์เฟส

2.13.1.1 อินเตอร์เฟสสำหรับช่างควบคุมเครื่อง ซึ่งจะประกอบด้วยแผงควบคุม (Control Panel) และข้อต่อ (Connections) ต่าง ๆ สำหรับ เครื่องอ่านกระดาษ (Punched Tape Reader) เครื่องเจาะเทปกระดาษ (Punched Tape Perforator) หน่วยเทปแม่เหล็ก (Magnatic Tape Unit) หน่วยดิสเก็ต (Diskette Unit) และเครื่องพิมพ์ (Printer)

2.13.2 ชุดอินเตอร์เฟสสำหรับเครื่องจักรกล องค์ประกอบหลักของชุดอินเตอร์เฟสนี้จะประกอบด้วย อินเตอร์เฟสการควบคุม (Axis Control) และหน่วยจ่ายกำลัง (Power Supply)

2.13.2 ระบบการรับและส่งข้อมูลและการจัดเก็บโปรแกรมเอ็นซี ข้อมูลโดยทั่วไปที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ในระบบซีเอ็นซี จะเป็นรหัสไบนารี่ (Binary Coded) ซึ่งหมายความว่าตัวอักษรและตัวเลขทุกตัวที่ป้อนผ่านแป้นพิมพ์จะถูกเปลี่ยนโดยคอมพิวเตอร์ให้เป็นบิท (Bit) ที่มีความหมายเฉพาะ

บิท (Bit) คือ ตำแหน่งของสวิทช์อิเล็คทรอนิค ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งตำแหน่งปิด (OFF) หรือตำแหน่งเปิด (ON) ก็ได้ และในระบบไบนารี่ (Binary System) จะใช้เป็น 0 (OFF) 1 (ON) คอมพิวเตอร์จะเก็บบันทึกตำแหน่งสวิทช์เหล่านี้ไว้เป็นจำนวนมาก และเชื่อมต่อระหว่างกันและกัน โดยทั่วไป 8 บิทจะรวมกันเท่ากับ 1 ไบท์ (Byte) ซึ่งใน 1 ไบท์นี้จะสามารถผสมกันเพื่อใช้แทนตัวเลขและตัวอักษรรวมกันได้ถึง 256 ตัว และในระบบนี้จะเรียกว่า "การให้รหัสไบนารี่" (Binary Coding) การรับโปรแกรมเอ็นซีเข้าไปในชุดควบคุมของเครื่องจักรเต็มหน่วยความจำของชุดควบคุมแล้ว

จะต้องลบข้อมูลของโปรแกรมนั้นออก มิฉะนั้นจะไม่สามารถป้อนข้อมูลโปรแกรมเอ็นซีใหม่เข้าไปได้ หรือหน่วยความจำของชุดควบคุมที่สามารถเก็บบันทึกโปรแกรมได้เพียงโปรแกรมเดียว เมื่อต้องการใช้โปรแกรมทำงานใหม่ก็จะต้องลบโปรแกรมที่มีความยาวมาก ๆ ดังนั้นจึงมีอุปกรณ์เก็บข้อมูลและส่งถ่ายข้อมูล ซึ่งสามารถเก็บและส่งโปรแกรมเอ็นซีเข้าชุดควบคุมของเครื่องจักรได้ อุปกรณ์เหล่านี้มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น เทปกระดาษ (Punched Tape) เทปแม่เหล็ก (Magntic Tape Cassettes) แผ่นดิสก์เก็ต (Diskettes) เป็นต้น(ซึ่งปัจจุบันสามารถต่อสายรับข้อมูลโดยตรงจากคอมพิวเตอร์ได้ ทางพอร์ตอนุกรม (serial port) ซึ่งโปรแกรมเอ็นซีที่เก็บบันทึกข้อมูลไว้ในอุปกรณ์เหล่านี้ สามารถที่จะพิมพ์ออกมาเพื่อตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลเพิ่มเติมได้

2.13.2 การจัดเก็บข้อมูลในชุดควบคุมเครื่องจักร

การจัดเก็บโปรแกรมเอ็นซี จากหน่วยความจำของ ชุดควบคุมสามารถกระทำหลายวิธี

2.13.2.1 ในเครื่องจักรกลเอ็นซีที่มีระบบไฟหล่อเลี้ยงจากแบตเตอร์รี่จ่ายให้แก่หน่วยความจำ (accumulator) โปรแกรมเอ็นซีที่ป้อนเข้าไปจะอยู่ในหน่วยความจำ ของชุดควบคุมของเครื่องจักรกล จะสามารถเก็บให้คงอยู่ในหน่วยความจำของเครื่องได้แม้ว่าเครื่องจักรกลจะปิดอยู่ไม่ได้ใช้งาน

2.13.2.2 ในกรณีที่มีโปรแกรมเอ็นซีอยู่ในหน่วยความจำของเครื่องจักรแต่เมื่อตัดไฟไม่ ให้เครื่องจักรทำงานแล้วโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำจะถูกลบออกไปหมดในกรณีเช่นนี้ สามารถทำการจัดเก็บโปรแกรมเพื่อการนำมาใช้งานได้อีกโดยการบันทึกข้อมูลของโปรแกรมเอ็นซีด้วยการใช้การส่งถ่ายโปรแกรมทางสายส่งมาเพื่อทำการเจาะแถบเทปกระดาษด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักรเอ็นซี

2.13.3 การรับข้อมูลจากหน่วยบันทึกข้อมูลภายนอกเครื่องจักร

การส่งโปรแกรมเอ็นซีจากหน่วยบันทึกข้อมูลภายนอกไปยังชุดควบคุมของ เครื่องซีเอ็นซี สามารถกระทำได้ดังนี้

2.13.3.1 การส่งโปรแกรมเอ็นซีให้ชุดควบคุมของเครื่องจักร โดยอาศัยอุปกรณ์อ่านและแปลสัญญาณโปรแกรมจากเทปกระดาษ การส่งโปรแกรมจะทำโดยใช้สายส่งเป็นตัวผ่านโปรแกรมไปยังชุดควบคุมแล้วเขียนลงในหน่วยความจำของชุดควบคุม

2. การให้ชุดควบคุมของเครื่องจักรกลอ่านโปรแกรมจากหน่วยบันทึกข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อผ่านสายส่งที่อยู่กับชุดควบคุม โดยอ่านข้อมูลจากแผ่นดิสก์เก็ต เพื่อทำการรับโปรแกรมเอ็นซีที่ส่งมาเพื่อทำการเขียนลงในหน่วยความจำของชุดควบคุม

3. ในกรณีที่โปรแกรมเอ็นซีมีขนาดใหญ่กว่าหน่วยความจำ ของชุดควบคุมของเครื่องจักร การรับโปรแกรมจะต้องใช้วิธีการส่งในระบบ on -line กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อกับหน่วยความจำของเครื่องจักรโดยตรง ที่เรียกว่า DNC จากที่กล่าวมาแล้ว เป็นเพียงหลักการเบื้องต้นของ เครื่องจักร CNC เท่านั้น (ปารเมศ ชุติมา, 2544)

2.14 ซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซนเตอร์ (CNC Machining Center)

ซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซนเตอร์ เป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก อาทิ เช่น การเจาะ , คว้าน การขึ้นรูป 3 มิติ ซึ่งจริง ๆ แล้ว ซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซนเตอร์ ก็คือเครื่องกัดซีเอ็นซี นั่นเองเพียงแต่ว่าซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซนเตอร์ มีอุปกรณ์ช่วยในการเปลี่ยนมีดอัตโนมัติ หรือเรียกว่า ATC (Automatic tool changer) ทำให้การทำงานสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น เพราะสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีธรรมดาหารต้องการเปลี่ยนมีดต้องทำการหยุดเครื่องและทำการเปลี่ยนมีดซึ่งในการผลิตบางชนิด เช่น เสื้อสูบ เสื้อเกียร์ ต้องมีการเปลี่ยนมีดหลายครั้งทำให้ไม่สะดวกในการทำงาน รายละเอียดของซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซนเตอร์มีดังต่อไปนี้

2.14.1. ความหมายของคำว่า "ซีเอ็นซี"(CNC)

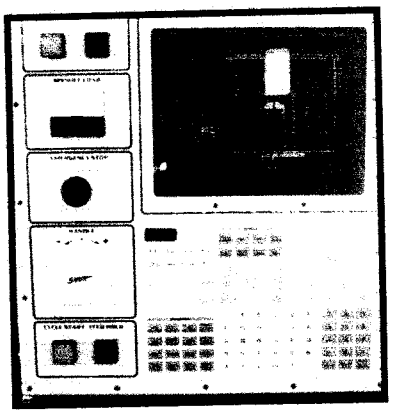
"คำว่า "ซีเอ็นซี"(CNC) ย่อมาจากคำว่า Computer Numerical Control ซึ่งสามารถแปรตามศัพท์ได้ คือ การควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์

ดังนั้น ซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซนเตอร์ ก็คือ การควบคุมเครื่องกัดที่มีระบบเปลี่ยนมีดอัตโนมัติด้วยระบบคอมพิวเตอร์" (52, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

2.14.2. ส่วนประกอบของซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซนเตอร์ มีองค์ประกอบหลัก ๆ 2 องค์ประกอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

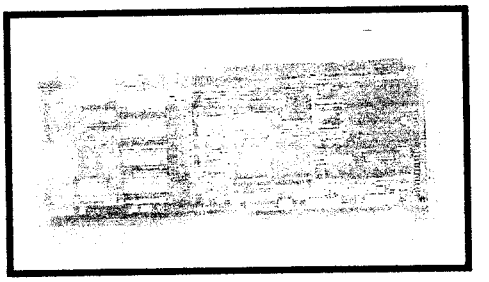
2.14.2.1 ระบบควบคุมซีเอ็นซี จะทำการรับคำสั่งจากผู้ใช้โดยทางโปรแกรมจากนั้นจะส่งคำสั่งไปให้กับชุดเคลื่อนที่ และส่วนการทำงานอื่น ๆ ให้ทำงานสัมพันธ์กับคำสั่งในโปรแกรมที่ผู้ใช้เป็นคนป้อนข้อมูล โดยชุดควบคุมจะมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

2.14.2.2 ชุดติดต่อกับผู้ใช้ (Man Machine Interface) ในส่วนนี้จะรวมไปถึงจอภาพ แป้นพิมพ์ ปุ่มสวิทช์ควบคุมการทำงานต่าง ๆ เช่น ความเร็วตัด ความเร็วรอบ หน้าที่ของชุดติดต่อกับผู้ใช้ คือ ทำให้การสื่อสารระหว่างผู้ใช้ และเครื่องจักรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรายงานสภาวะการทำงานต่าง ๆ เช่น ตำแหน่งของแกน ความเร็วเดินของโต๊ะ ความเร็วรอบของการหมุนของมีดตัดเฉือน ให้ผู้ใช้ได้ทราบขณะทำงาน



รูปที่ 2.5 **แสดงตัวอย่างของชุดควบคุม**I.

2.14.2.3 **ชุดควบคุมหรือหน่วยควบคุมเครื่องจักร** จะทำหน้าที่ในการรับและจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่รับมาจากชุดติดต่อกับผู้ใช้ แล้วทำการแปลงข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อส่งให้กับส่วนทำงานต่าง ๆ เช่น ชุดขับเคลื่อนแกน (Servo Motor) ชุดเปลี่ยนมีดอัตโนมัติ โดยภายในส่วนนี้จะมีส่วนประกอบหลักๆคือส่วนคำนวณหรือไมโครโปรเซสเซอร์(Microprocessor) หน่วยความจำ ชุดขับแกนและสปินเดิล (Driver) ชุด PLC ควบคุมขั้นตอนการทำงาน (ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)



รูปที่ 2.6 **แสดงส่วนคำนวณ** (Microprocessor) (53, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

2.14.3 **ตัวเครื่องจักร ตัวเครื่องจักรมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้**

2.14.3.1 **แท่นเครื่อง** (Machine Bed) เป็นโครงสร้างหลักของเครื่อง เพื่อรองรับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร

2.14.3.2 หมอนรอง (Saddle) ใช้ต่อจากแท่นเครื่อง เพื่อติดตั้งแกนการเคลื่อนที่อื่น

2.14.3.3 โต๊ะ (Table) ใช้สำหรับวางชิ้นงานที่ต้องการจะทำการขึ้นรูป

2.14.3.4 เสา (Column) ใช้สำหรับติดตั้งชุดเคลื่อนที่สปินเดิล พร้อมทั้งเป็นตัวกำหนดความสูงของชิ้นงานมากที่สุดที่จะสามารถขึ้นรูปได้

2.14.3.5 ชุดสปินเดิล (Spindle) ใช้สำหรับติดตั้งมอเตอร์กับสปินเดิล และชุดจับยึดมีดตัด

2.14.3.6 ชุดขับแกนการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ประกอบด้วย

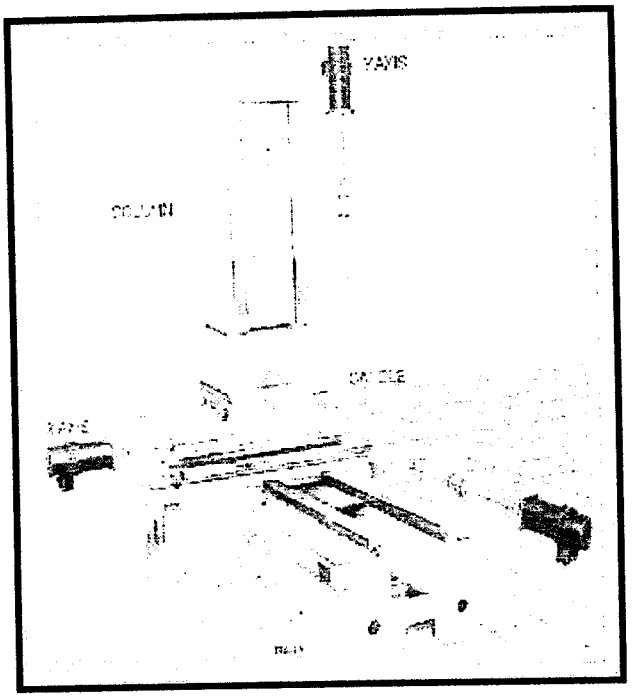
- เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) มีหน้าที่รับคำสั่งทางไฟฟ้าจากชุดควบคุมมาแปลงเป็นการเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งนั้น ๆ
- ชุดรายงานตำแหน่ง (Position Feedback) มีหน้าที่อ่านตำแหน่งของแกนการเคลื่อนที่ต่าง ๆ แล้วส่งค่ากลับไปให้กับชุดควบคุม โดยทั่วไปจะใช้เอ็นโค๊ดเดอร์ (Encoder) หรือ ลีเนียร์สเกล (Scale)
- รางนำทาง (Guide Way หรือ Slide Way) เป็นชุดประคองให้แกนการเคลื่อนที่ เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและให้ความแข็งแรงของโต๊ะและชุดสปินเดิลขณะขึ้นรูปชิ้นงาน
- บอลสกรูเป็นอุปกรณ์ที่แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุมจากเซอร์โวมอเตอร์ไปเป็นการเคลื่อนที่

2.14.3.7 อุปกรณ์เปลี่ยนมีดอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer) ใช้ในการเปลี่ยนมีดอัตโนมัติ โดยจะประกอบด้วย

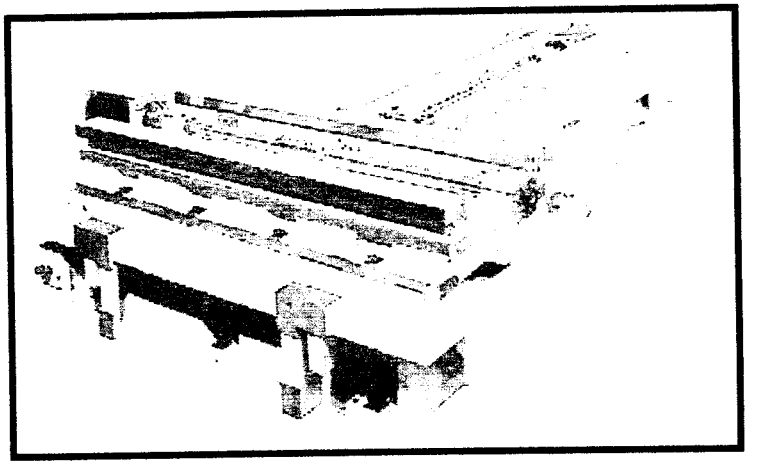
- ชุดเก็บมีด (Tool Magazine) มีหน้าที่เก็บมีดที่เราจะใช้งานในการผลิต โดยเราสามารถเขียนโปรแกรมเรียกมีดเหล่านั้นมาใช้ตามตำแหน่งที่มีดเก็บอยู่ที่ชุดเก็บมีดตำแหน่งนั้น ๆ วึ่งยังสามารถแยกอออกเป็นแบบโว่และจานหมุน
- แขนเปลี่ยนมีด ทำหน้าที่เปลี่ยนมีดจากสปินเดิลกับชุดเก็บมีด

2.14.3.8 อุปกรณ์เสริมอื่น ๆ

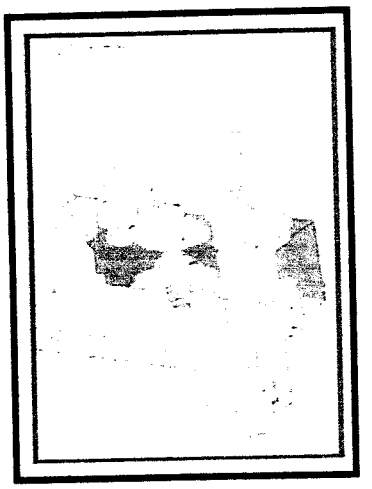
- ชุดทิ้งเศษจากการตัดเฉือน (Chip Conveyer) ทำหน้าที่ลำเลียงเศษวัสดุที่เกิดจากการตัดเฉือนออกจากเครื่องจักร
- ชุดเปลี่ยนโต๊ะชิ้นงาน (Pellet Changer) ทำหน้าที่เปลี่ยนตะออกจากเครื่องเมื่อทำการผลิตเสร็จแล้วนำต๊ะใหม่ที่มีวัตถุดิบเข้าทำการผติตต่อ เพื่อช่วยในการประหยัดเวลาในการนำชิ้นงานเข้าออก



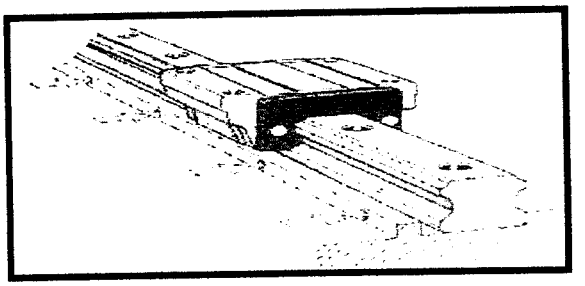
รูปที่ 2.7 แสดงส่วนตัวเครื่องจักร (54, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)



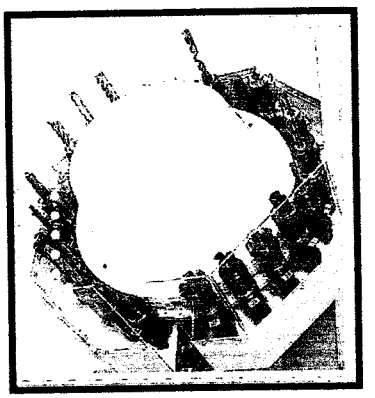
รูปที่ 2.8 แสดงส่วนเคลื่อนที่ของตัวเครื่องจักร (54, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)



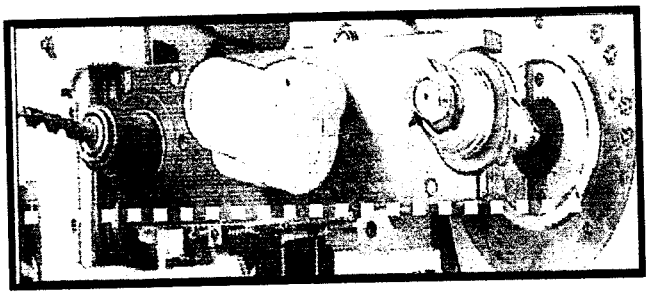
รูปที่ 2.9 **แสดงส่วนชุดสปินเดิล** (Spindle) (54, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)



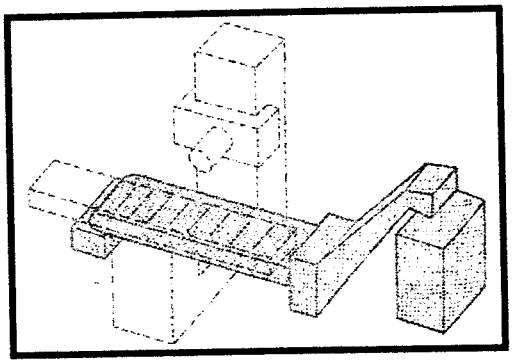
รูปที่ 2.10 **แสดงส่วนรางนำทาง** (54, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)



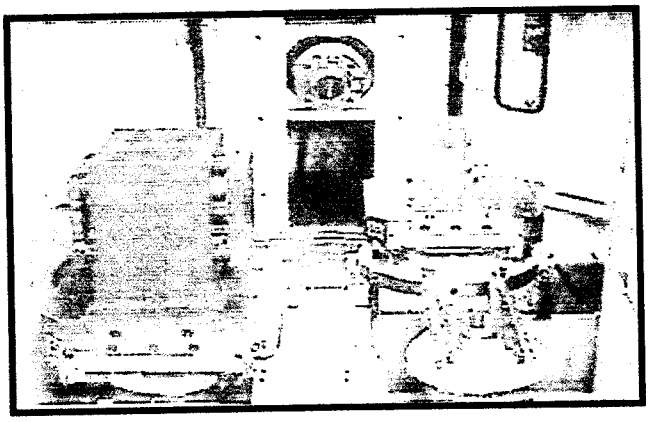
รูปที่ 2.11 **แสดงส่วนชุดเก็บมีด** (Tool Magazine) (55, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)



รูปที่ 2.12 แสดงส่วนแขนที่เปลี่ยนมีด (55, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)



รูปที่ 2.13 แสดงชุดทิ้งเศษจากการตัดเฉือน (Chip Conveyer) (55, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

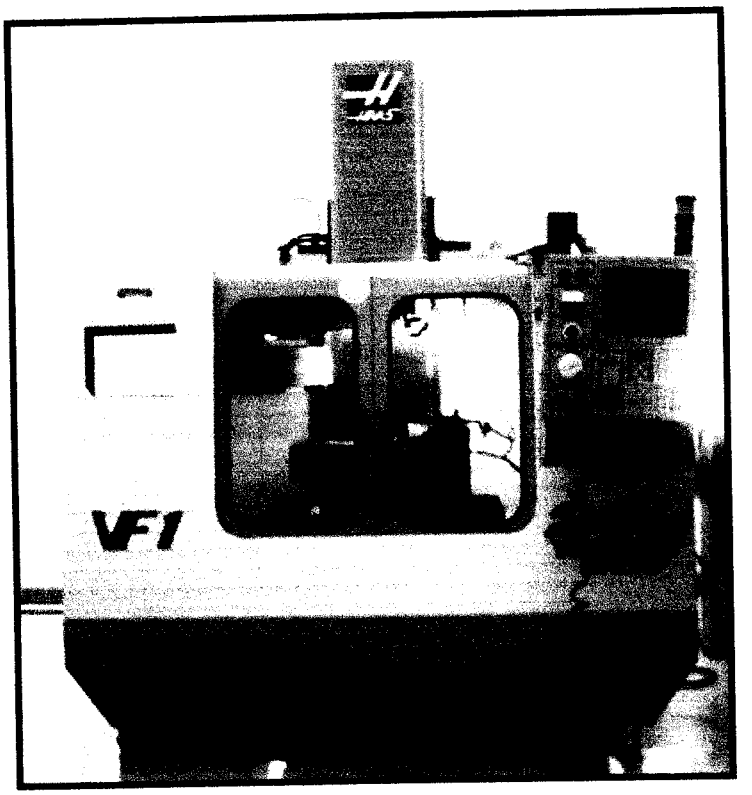


รูปที่ 2.14 แสดงชุดเปลี่ยนโต๊ะชิ้นงาน (Pallet Changer) (55, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

2.15. ประเภทของเครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์

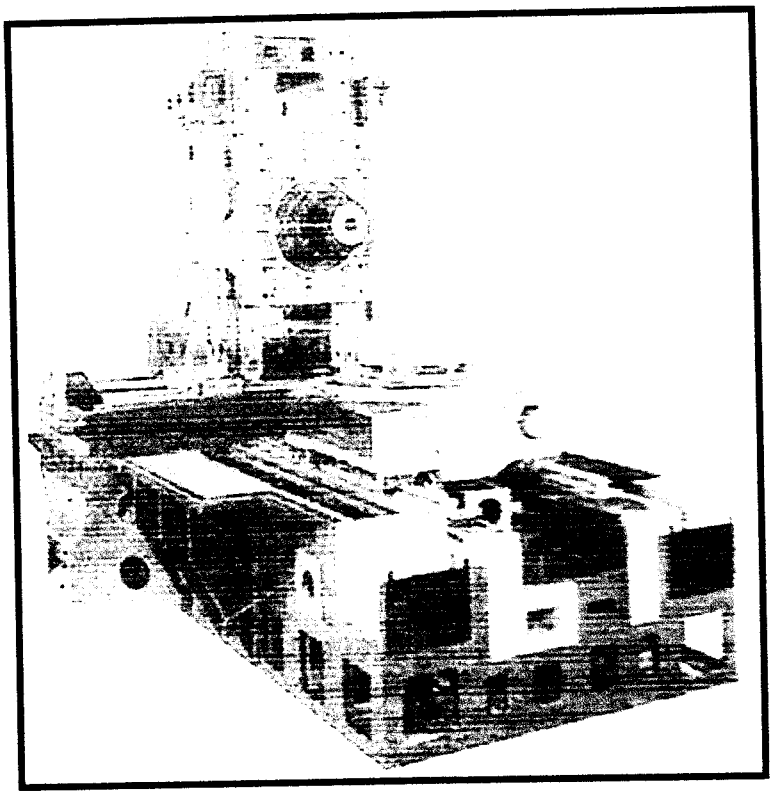
เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์ และเครื่องกัด สามารถแยกตามทิศทางของแกน ของการติดตั้งสปินเดิลได้เป็นแบบแนวตั้ง (Vertical Machining Center) หรือ HMC ข้อดีของแบบแนวนอน คือ ไม่สะสมความร้อนที่ชิ้นงาน เศษโลหะจะตกลงพื้นไม่สะสมอยู่บนผิวชิ้นงาน ที่อาจทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนชิ้นงานได้

2.15.1 เครื่องกัดแนวตั้ง เครื่องกัดแนวตั้ง มีโคออร์ดิเนต Z ในแนวตั้ง และระนาบ XY ในแนวนอนหรือบนระนาบของโต๊ะวางชิ้นงาน โดยมีแกน X เป็นการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา แกน Y เป็นการเคลื่อนที่เข้า-ออก แกน Z เป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงของทูลเมื่อเทียบกับชิ้นงาน แกน A เป็นการเลื่อนหมุนรอบแกน X และแกน B เป็นการเคลื่อนหมุนรอบแกน Y



รูปที่ 2.15 เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แนวตั้ง (VMC)

2.15.2 เครื่องกัดแนวนอน เครื่องกัดแนวนอน มีโคออร์ดิเนต Z ในแนวนอน ทิศทางบวกชี้เข้าหาสปินเดิลซึ่งติดตั้งอยู่ในแนวนอน โดยมีแกน X เป็นการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา แกน Y เป็นการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และแกน Z เป็นการเคลื่อนที่เข้า-ออกของทูลเมื่อเทียบกับชิ้นงาน



รูปที่ 2.16 เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แนวนอน (HMC) (55, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

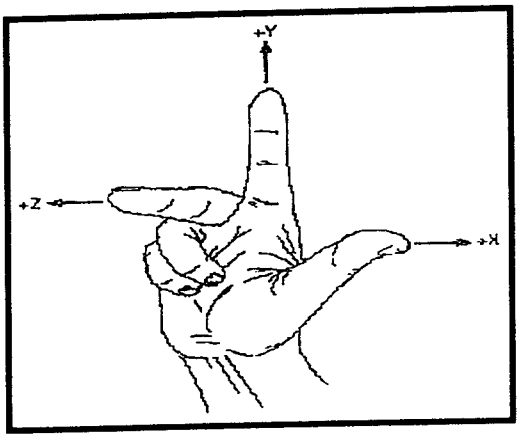
2.15.3 เครื่องกัดแนวตั้งและแนวนอน เครื่องกัดและแมชชีนนิ่งเซนเตอร์ที่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งการติดตั้งหัวสปินเดิลให้อยู่ทั้งในแนวนอนหรือแนวตั้ง โดยใช้มือหรือคำสั่งซีเอ็นซีในการเปลี่ยนตำแหน่ง มีชื่อเรียกเครื่องประเภทนี้ว่า ยูนิเวอร์ซัลมิลลิ่งแมชชีน (Universal Milling Machine) สำหรับเครื่องกัด (ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

2.16 หลักการและเทคโนโลยีทางด้านการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด 5 แกน

ปัจจุบันความต้องการในการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีพื้นผิวที่ซับซ้อนอาทิ เช่น เครื่องยนต์ไอพ่น พื้นที่ผิวของชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์ อากาศยานมากขึ้น ซึ่งพื้นที่ผิวเหล่านี้ บางครั้งไม่สามารถกัด 3 แกน ปกติหรือถ้าสามารถทำได้ก็ต้องมีการขึ้นรูปหลายขั้นตอน ซึ่งทำให้ผู้ผลิตไม่สามารถทำการผลิตได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งทางด้านคุณภาพของชิ้นงานและระยะเวลาการส่งมอบจากปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการนำเอาเทคโนโลยี การผลิตด้วยเครื่องกัด 5 แกนมาใช้ในกระบวนการผลิต ในบทความฉบับนี้จะกล่าวถึงพื้นฐานที่สำคัญในการผลิตด้วย เครื่องกัด 5 แกน อาทิเช่น การกำหนดชื่อ ทิศทาง ของแกนต่าง ๆ ในเครื่องกัด เหตุผลที่ต้องมีแกนหมุน 2 แกน

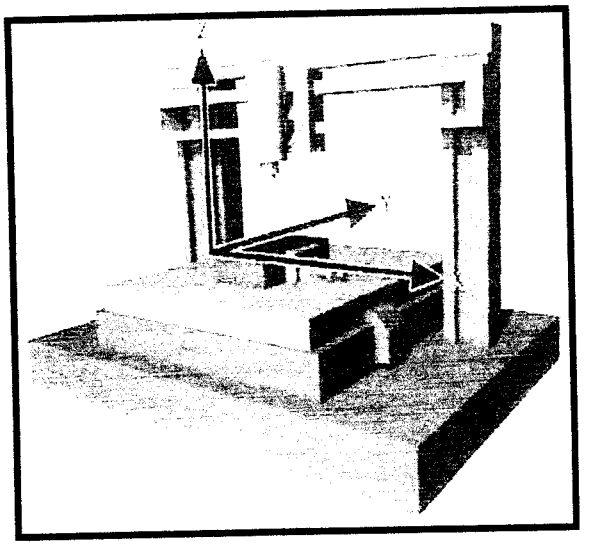
ในเครื่องกัด 5 แกน ประเภทของการขึ้นรูป โดยใช้เครื่องกัด 5 แกน Kinematic chain diagram การแบ่งประเภทของเครื่องกัด 5 แกน การทำโปรแกรม NC สำหรับเครื่องกัด 5 แกน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.16.1 การกำหนดชื่อ, ทิศทางของแกนต่าง ๆ ในเครื่องกัด 5 แกน ทิศทางของการเคลื่อนที่เชิงเส้นสำหรับเครื่องกัด ใช้ระบบ พิกัดฉาก โดยมีแกน X, Y, Z เป็นแกนหลัก แกนหลักทั้ง 3 จะต้องตั้งแกซึ่งกันและกัน และมีทิศทางตามกฎมือขวา ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีจุด O เป็นจุดกำเนิด (หรือจุดอ้างอิง) ซึ่งเป็นจุดตัดของแกนทั้ง 3 โดยมีพิกัดอยู่ที่ (X, Y, Z) = (0, 0, 0)



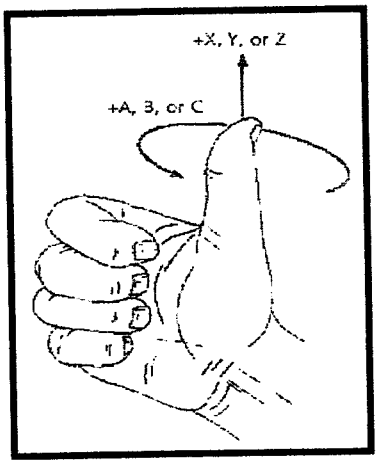
รูปที่ 2.17 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ เชิงเส้นของเครื่องกัดตามกฎมือขวา (25, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

ตามมาตรฐานสากล เครื่องกัดจะกำหนดในแกน Z อยู่ในทิศเดียวกับแกนการหมุนของมีดตัดเฉือนหรือแกนการหมุนของสปินเดิล และกำหนดให้ทิศของแกน Z ลบเป็นทิศที่มีดตัดเฉือนเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานที่ต้องการขึ้นรูปส่วนแกน X และ Y กำหนดต่อจากแกน Z โดยใช้กฎมือขวาดังแสดงในรูปที่ 2



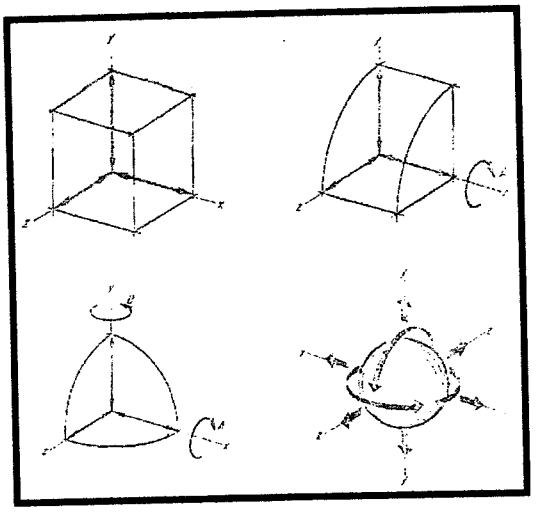
รูปที่ 2.18 แกนการเคลื่อนที่หลัก X, Y และ Z ของเครื่องกัดแนวดิ่ง (26, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

สำหรับเครื่องกัดที่มีการเคลื่อนที่ทั้งทางด้านการเคลื่อนที่เชิงเส้น (X, Y, Z) และการเคลื่อนที่เชิงมุม (A, B, C) โดยทิศทางการเคลื่อนที่เชิงมุมจะใช้แกน X, Y และ Z โดยแกน A จะหมุนรอบแกน X แกน B จะหมุนรอบแกน Y และแกน C จะหมุนรอบแกน Z โดยทิศบวกของแกน A, B และ C มีทิศทางตามกฎมือขวา (ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)



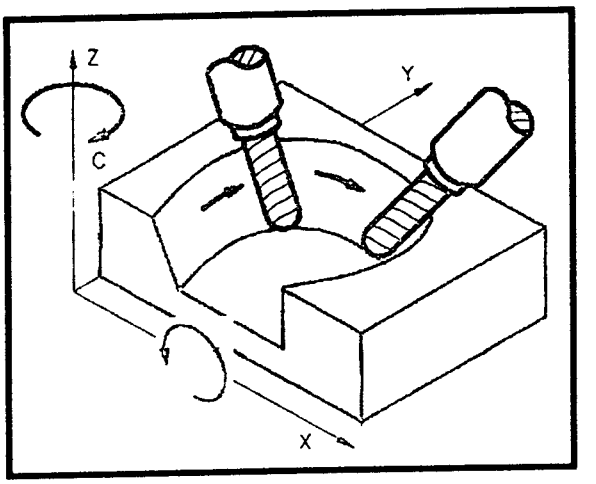
รูปที่ 2.19 การกำหนดทิศบวก ของแกน A, B และ C ตามกฎมือขวา (26, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

2.16.2 เหตุผลที่ต้องมีแกนหมุน 2 แกนในเครื่องกัด 5 แกน



รูปที่ 2.20 แสดงปริภูมิ 3 มิติสำหรับเครื่องกัด 3 แกน ข,ค และ ง แสดงการเพิ่มแกนหมุน 2 แกน ลงบนแกนเส้นตรง 3 แกน ทำให้สามารถขึ้นรูปพื้นผิวใด ๆ ก็ได้ในปริภูมิ 3 มิติ (26, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

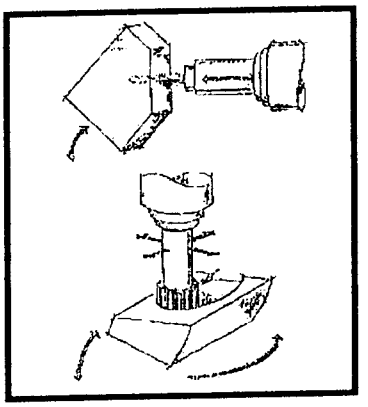
จากรูปที่ 2.20 เราสามารถใช้เครื่องกัดที่มี 3 แกน (แกนเดินตรง X, Y, Z) ขึ้นรูปพื้นผิวเรียบใด ๆ ก็ได้ในปริภูมิ 3 มิติโดยปกติพื้นผิวจะเป็นผิวโค้ง ดังนั้นการเพิ่มแกนหมุน 2 แกนลงบนเส้นตรง 3 แกน ทำให้สามารถขึ้นรูปพื้นผิวใดก็ได้ในปริภูมิ 3 มิติ อาจมีคำถามสงสัยว่าผิวโค้งก็สามารถขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องกัด 3 แกนก็ได้แต่ทำไมต้องใช้เครื่องกัด 5 แกน เหตุผลก็เพราะว่า ในการทำผิวโค้งเครื่องกัด 3 แกน เป็นการขึ้นรูป โดยอาศัยการเดินแบบจุดต่อจุด (point to point) ไปตามพื้นที่ผิวนั้นทำให้คุณภาพของพื้นผิวที่ได้มีคุณภาพไม่ดี ซึ่งจะเห็นได้จากการขึ้นรูปทรงกระบอกโดยการกลึงและการกัด 3 แกน ดังนั้น ในการขึ้นรูปของพื้นผิวโค้งด้วยเครื่องกัด 5 แกนจะไม่ใช้การเดินจุดต่อจุด แต่จะใช้การเคลื่อนที่ของแกนหมุนทั้ง 2 แทน ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การขึ้นรูปของพื้นผิวโค้งด้วยเครื่องกัด 5 แกน (27, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

2.16.3 ประเภทของการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องกัด 5 แกน

2.16.3.1 การขึ้นรูปโดยตำแหน่ง (Positioning with five axes) ในชิ้นงานบางลักษณะอาทิเช่น เสื้อสูบเครื่องยนต์ เสื้อปั๊มน้ำ โดยต้องมีกระบวนการขึ้นรูปหลายการะบวนการ เช่น การคว้านรู การเจาะ การปาดผิว โดยมีการเอียงผิวชิ้นงานด้านต่าง ๆ เทียบกับแกนอ้างอิงของชิ้นงาน การขึ้นรูปประเภทนี้จะอาศัยแกนหมุนทั้ง 2 แกนของเครื่องกัด 5 แกน ชิ้นงานจะถูกยึดจับบนโต๊ะของเครื่องกัด 5 แกน มีดตัดเฉือน (Cutting Tool) ให้เอียงทำมุมสัมพัทธ์ตามแบบที่ต้องการ จากนั้นจะคงตำแหน่งนั้นไว้และเริ่มทำหระบวนการต่าง ๆ เช่น ปาดผิว เจาะรู คว้านรู โดยอาศัยเฉพาะการเคลื่อนที่ของแกนเชิงเส้นทั้ง 3 แกนเท่านั้น

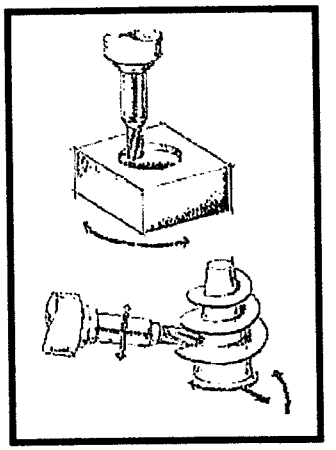


รูปที่ 2.22 การขึ้นรูปโดยตำแหน่ง (Positioning with five axes) (27, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

ด้วยเหตุนี้ทำให้เราสามารถทำการขึ้นรูปชิ้นงานได้โดยการจับยึดชิ้นงานเพียงครั้งเดียวทำให้ลดเวลาในการผลิตรวมทั้งยังทำให้ค่าความผิดพลาดในการผลิตน้อยลงด้วยจะเห็นได้ว่าการขึ้นรูปประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องให้แกนหมุนทั้ง 5 แกนเคลื่อนที่สัมพัทธ์กันตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้ความซับซ้อนของการทำโปรแกรมและราคาของชุดควบคุมจะน้อยกว่าการขึ้นรูปอีกแบบหนึ่ง ดังจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

- การขึ้นรูปบนผิวโค้ง (Profiling with five axes)

ลักษณะของงานที่ใช้การขึ้นรูปบนผิวโค้งด้วยเครื่องกัด 5 แกน เช่น ในพัดสำหรับเครื่องยนต์ไอพ่น หรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า พื้นผิวของชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ อากาศยาน โดยพื้นผิวเหล่านี้จะมีความซับซ้อนทางสมการคณิตศาสตร์มาก หรือเป็นพื้นที่ผิวที่ Undercut คือไม่สามรถขึ้นรูปได้โดยเครื่องกัด 3 แกน ดังแสดงในรูปที่ 2.23

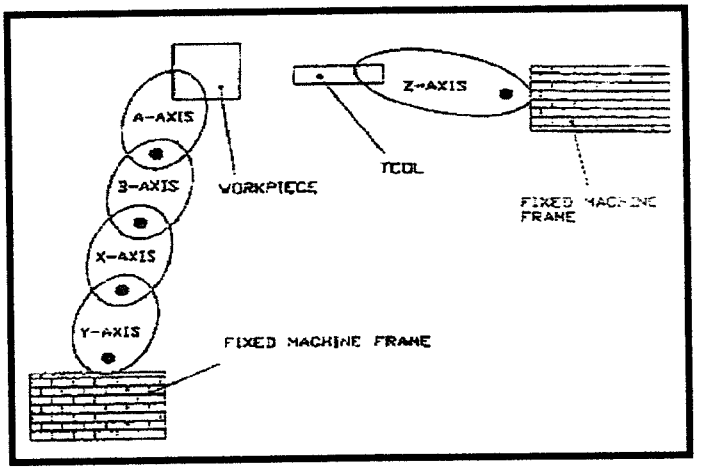


รูปที่ 2.23 การขึ้นรูปบนพื้นผิวโค้ง (Profiling with five axes) (27, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

การขึ้นรูปแบบนี้ทั้งชิ้นงานและมีดตัดเฉือนจะทำการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กันโดยอาศัยแกนทั้ง 5 แกนเคลื่อนที่พร้อม ๆ กันตามตำแหน่งของจุดและมุมอียงของชิ้นงานและมีดตัดเฉือนบนพื้นผิวที่จะทำการขึ้นรูป จะเห็นได้ว่าในการคำนวณหาตำแหนงเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ Software ช่วยในการคำนวณรวมถึงชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนจะต้องมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นเช่นกัน

2.16.4 Kinematic chain diagram เป็นไดอะแกรมที่ใช้แสดงให้เห็นถึงแกนใดบ้างทำหน้าที่เคลื่อนที่ชิ้นงานและแกนใดบ้างทำหน้าที่เคลื่อนที่มีดตัดเฉือน โดยในไดอะแกรมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มหนึ่งจับยึดชิ้นงาน และอีกกลุ่มหนึ่งจับมีดตัดเฉือนเพราะในการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด 5 แกนนั้นเหมือนกับการที่มีหุ่นยนต์ 2 ตัวทำงานร่วมกัน โดยที่หุ่นยนต์ตัวแรกจับชิ้นงานและหุ่นยนต์

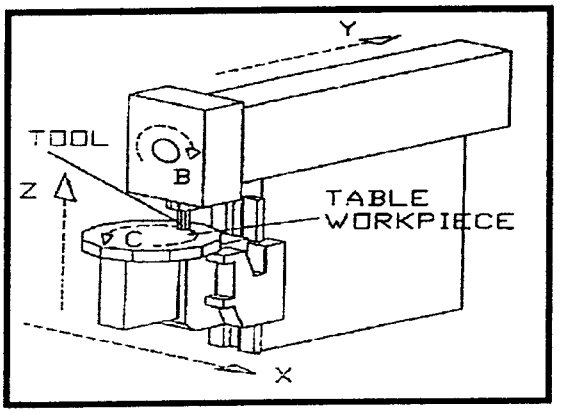
ตัวที่สองจับมีดตัดเฉือนดังแสดงในรูปที่ 2.24 จะเห็นว่า แกน X, Y, AและB ทำการจับชิ้นงานส่วน แกน Z ทำการจับมีดตัดเฉือน (ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)



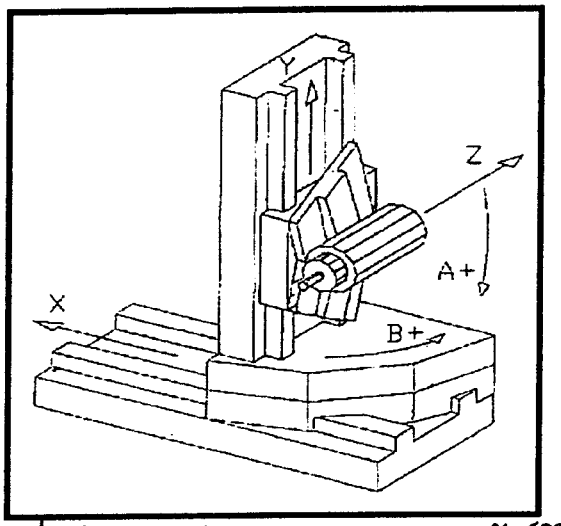
รูปที่ 2.24 Kinematic chain diagram (28, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

2.16.5 การแบ่งประเภทของเครื่องกัด 5 แกน

2.16.5.1 การแบ่งประเภทของเครื่องกัด 5 แกน โดยใช้ลักษณะของแกนที่จับยึดชิ้นงานและแกนที่จับยึดมีดตัดเฉือนเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภทจาก Kinematic chain diagram ทำให้เราทราบว่า แกนใดบ้างเป็นแกนจับยึดชิ้นงานและแกนใดบ้างเป็นแกนจับยึดมีดตัดเฉือนจากเกณฑ์การแบ่งประเภทในหัวข้อนี้ทำให้เราสามารถแบ่งประเภทของเครื่องกัด 5 แกน ออกเป็น 6 ประเภทด้วยกัน คือ G5 G0', G0 G5', G4/G1', G1/G4', G3/G2' และ G2/G3' โดยที่สัญลักษณ์ G ใช้แทนจำนวนของแกนที่ใช้จับยึดมีดตัดเฉือนและ G' แทน จำนวนของแกนที่ใช้จับยึดชิ้นงาน ตัวอย่าง เช่น G2/G3' หมายถึงมีแกนจำนวน 2 แกน (แกน Y และ B) ใช้จับยึดมีดตัด เฉือน และมี 3 แกน (แกน X, Z และ C) ใช้จับยึดชิ้นงานไว้ ก G5 G0' หมายถึง มีแกนจำนวน 5 แกน (แกน X,Y, Z,A และ B) ใช้จับยึดมีดตัดเฉือนและงานถูกวางงอยู่บนพื้น ดังแสดงในรูปที่ 2.26



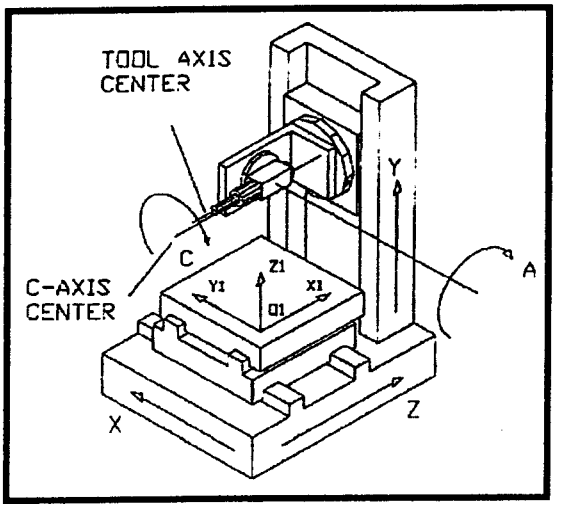
รูปที่ 2.25 **เครื่องกัด** 5 **แกนประเภท** G2/G3' (28, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)



รูปที่2.26 **เครื่องกัด** 5 **แกนประเภท** G5 G0' (29, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

2.16.6 การแบ่งประเภทของเครื่องกัด 5แกน โดยใช้ตำแหน่งของแกนหมุนทั้ง 2 เป็นเกณฑ์ ในการแบ่งประเภทเกณฑ์การแบ่งในหัวข้อนี้ทำให้สามารถแบ่งประเภทหลัก ๆ ของเครื่องกัด 5 แกน ได้เป็น 3 ประเภทหลัก ๆ คือ

2.16.6.1 แกนหมุนทั้ง 2 อยู่บนมีดตัดเฉือนหรืออยู่ทางฝั่งสปินเดิล ดังแสดงในรูป ที่ 2.27



รูปที่ 2.27 **แกนหมุนทั้ง** 2 **แกน (แกน** A **และ** C) **อยู่บนมีดตัดเฉือนหรืออยู่ทางฝั่งสปินเดิล** (Spindle) (29, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

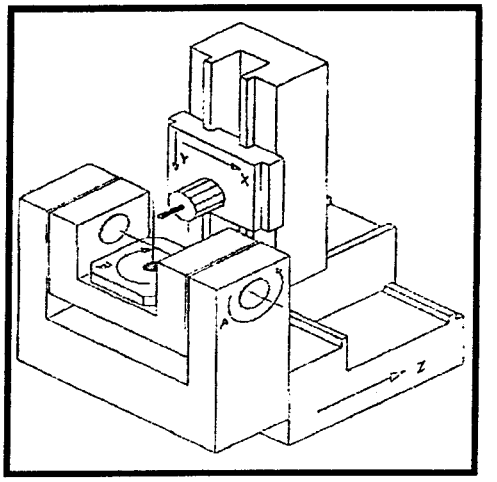
ข้อดี

1. สามารถทำการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่าเครื่องกัด 5 แกนในข้ออื่น ๆ ได้ เพราะขนาดของชิ้นงานไม่ถูกจำกัดโดยขนาดของแกนหมุนทั้ง 2
2. การคำนวณตำแหน่งของแกนทั้ง 5 ไม่ซับซ้อน เช่นในกรณีที่มีการเปลี่ยนตำแหน่ง การวางของชิ้นงานบนโต๊ะสามารถใช้ Zero Offset (G54 – G59) ในชุดควบคุมได้เลยโดยไม่ต้องทำการคำนวณด้วย Post-processor อีกครั้ง

ข้อเสีย

1. การติดตั้งของชุด Main Spindle มีความซับซ้อนมาก ยากต่อการความคุมตำแหน่งของแกนหมุนทั้ง 2 เนื่องจากเกิดภาวะ Gyroscopic Effect ในขณะที่สปิน และโต๊ะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
2. ชุด Main Spindle ไม่แข็งแรง

2.16.6.2 **แกนหมุนทั้ง 2 จับชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่** 2.28



รูปที่ 2.28 **แกนหมุนทั้ง** 2 **(แกน** A **และ** B**) จับชิ้นงาน** (30, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

ข้อดี

1. ในกรณีที่เป็นเครื่องแนวนอนทำให้มีการคายเศษโลหะได้ดีเมื่อทำการขึ้นรูป
2. สามารถทำการชดเชยความยาวมีดตัดเฉือนได้เลยไม่ต้องคำนวณตำแหน่งใหม่ด้วย Post-processor

ข้อเสีย

1. มีช่วงในการทำงานของแกนหมุนน้อย
2. ไม่สามารถเคลื่อนที่แกนหมุนได้เร็ว เพราะน้ำหนักของงาน

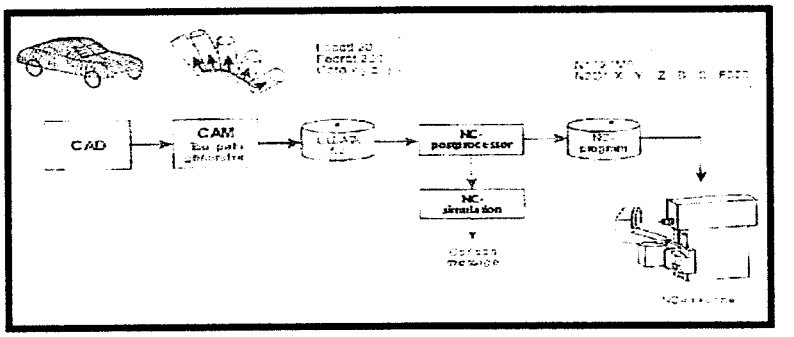
2.16.6.3 แกนหมุน 1 แกนจับชิ้นงานอีก 1 แกนจับมีดตัดเฉือน ข้อดีและข้อเสียของเครื่องกัดประเภทนี้ จะนำเอาข้อดีและข้อเสียของเครื่องกัด 5 แกนในหัวข้อที่ 2.16.6.1 และ 2.16.6.2 มาผสมกัน

2.16.7 การทำโปรแกรม NC สำหรับเครื่องกัด 5 แกน

2.16.7.1 ขั้นตอนการทำโปรแกรม NC สำหรับเครื่องกัด 5 แกน ในการทำโปรแกรม NC สำหรับเครื่องกัด 5 แกน มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.29 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ทำการสร้างรูปทรงของชิ้นงานโดย โปรแกรม CAD
- ทำการคำนวณหาทางเดนของคมมีดตัดเฉือน โดยโปรแกรม CAM

- ทางเดินของมีดตัดเฉือนจะถูกเก็บอยู่ในรูปของ CL data-file ซึ่งจะประกอบตำแหน่งของปลายมีดตัดเฉือน(X,Y,Z) ใดๆ และเวกเตอร์บอกทิศทางของแกนมีดตัดเฉือน (I, j, k,) โดยทั้ง (X,Y,Z) และ (I, j, k,) เทียบกับจุดศูนย์ของชิ้นงาน โดยปกติทางเดินของมมีดตัดเฉือนของเครื่องกัด 3 แกน จะมีแค่ตำแหน่งของปลายมีดตัดเฉือน (X,Y,Z) ส่วน (I, j, k,) จะมีค่าเท่ากันตลอดโดยมีค่าเท่ากับ (0,0,0) เพราะแกนของมีดตัดเฉือนจะขนานกับแกน Z ตลอดเวลา
- ทำการใส่ค่าความยาวของมีดตัดเฉือน และตำแหน่งจุดอ้างอิงของชิ้นงานเทียบกับจุดอ้างอิงของเครื่องจักรลงใน NC – postprocessor หน้าที่ของ NC – postprocessor คือจะทำการเปลี่ยน CL data file (X,Y,Z,B,C) ซึ่งเทียบกับจุดอ้างอิงของชิ้นงานไปเป็น (X,Y,Z,A,B) หรือ (X,Y,Z,A,C) หรือ (X,Y,Z,B,C) ขึ้นอยู่กับชนิดของรูปแบบเครื่องกัด 5 แกน โดยพิกัดเหล่านี้จะเทียบจุดอ้างอิงของเครื่อง
- ตรวจสอบการชนกันระหว่างมีดตัดเฉือน เครื่องจักรและชิ้นงาน โดยโปรแกรมจำลอง เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยในการขึ้นรูป



รูปที่ 2.29 ขั้นตอนการทำโปรแกรม NC สำหรับเครื่องกัด 5 แกน (31, ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

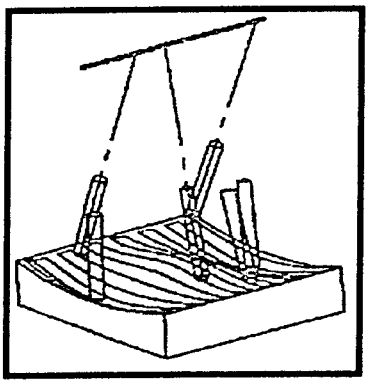
2.16.7.2 ลักษณะการคำนวณทางเดินของมีดตัดเฉือนโดยโปรแกรม CAM

ดังได้กล่าวไว้ในข้างต้นว่า CL data file จะประกอบด้วยตำแหน่งของปลายมีดตัดเฉือน (X, Y, Z) และเวกเตอร์บอกทิศทางของแกนมีดตัดเฉือน (I, j, k,) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากโปรแกรม CAM เราสามารถแบ่งลักษณะการคำนวณเวกเตอร์ (I, j, k,) ได้ดังต่อไปนี้

2.16.7.2.1 **การคำนวณเวกเตอร์ (I, j, k,) โดยจุด และเส้นตรงในการคำนวณ** ลักษณะนี้ยังแบ่งออกเป็น

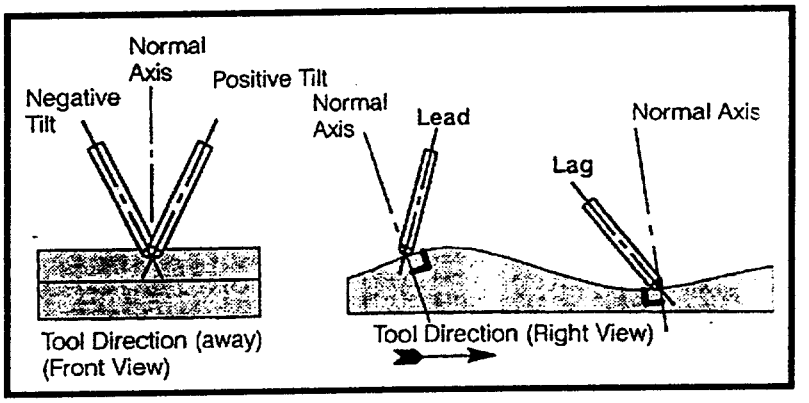
- **เวกเตอร์บอกทิศทางของแกนมีดตัดเฉือน (I, j, k,) ออกจากจุด**
- **เวกเตอร์บอกทิศทางของแกนมีดตัดเฉือน (I, j, k,) เข้าหาจุด**
- **เวกเตอร์บอกทิศทางของแกนมีดตัดเฉือน (I, j, k,) ออกจากเส้นตรง**
- **เวกเตอร์บอกทิศทางของแกนมีดตัดเฉือน (I, j, k,) เข้าหาเส้นตรง**
- **เวกเตอร์ (I, j, k,) ที่คำนวณเข้าหาหรือออกจากจุดจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบ 5 แกน**
- **เวกเตอร์ (I, j, k,) ที่คำนวณเข้าหาหรือออกจากเส้นตรงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบ 4 แกน**

1.16.2.2 การคำนวณเวกเตอร์บอกทิศทางของแกนมีดตัดเฉือน (I, j, k,) โดยตั้งฉากและสาพัทธ์ในการคำนวณทางเดินของมีดตัดเฉือนมีพื้นที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 พื้นผิว คือ Past Surface, Drive Surface, Check Surface ซึ่งอธิบายได้ดังรูปที่ 2.30



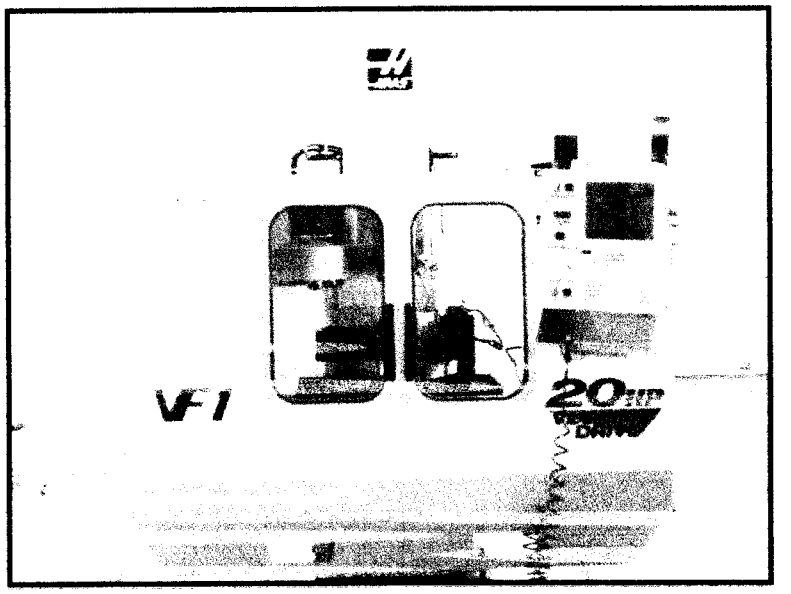
รูปที่ 2.30 Past Surface, Drive Surface, Check Surface (31, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

ดังนั้นการคำนวณในหัวข้อนี้จะเป็นการคำนวณ โดยให้แกนของมีดตัดเฉือนตั้งฉากหรือทำมุมสัมพัทธ์ กับพื้นผิวในรูปที่ 2.30 เป็นวิธีการใส่มุมสัมพัทธ์ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ มุมนำ (Lead angle) และมุมเอียง (Tilt angle) ซึ่งสามารถนิยามมุมทั้ง 2 ได้โดย มุมนำ (Lead angle) คือ มุมที่นิยามตามทิศการเคลื่อนที่ของมีดตัดเฉือน ดังแสดงในรูปที่ 2.30 มุมเอียง (Tilt angle) คือ มุมที่นิยามตามทิศที่ตั้งฉากของมีดตัดเฉือนในระนาบการขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.31

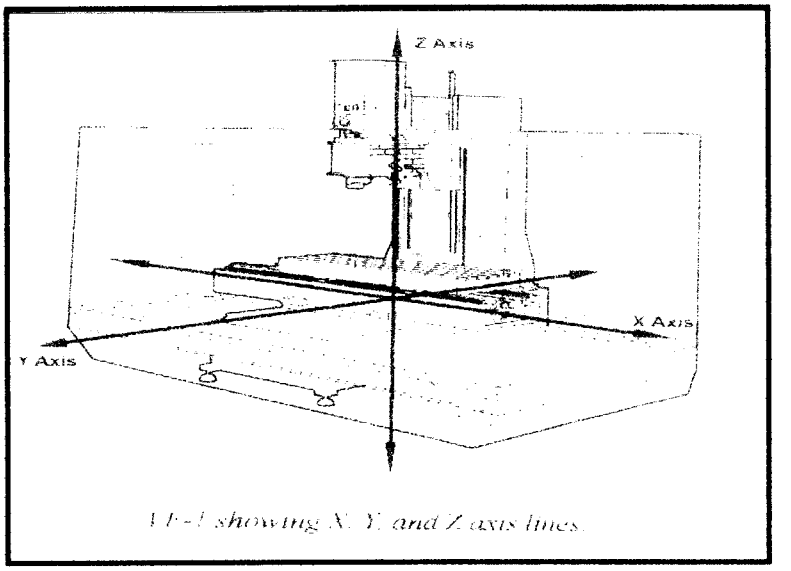


รูปที่ 2.31 **นิยามของมุมนำและมุมเอียง** (32, **ชนะ รักษ์ศิริ**, 2547)

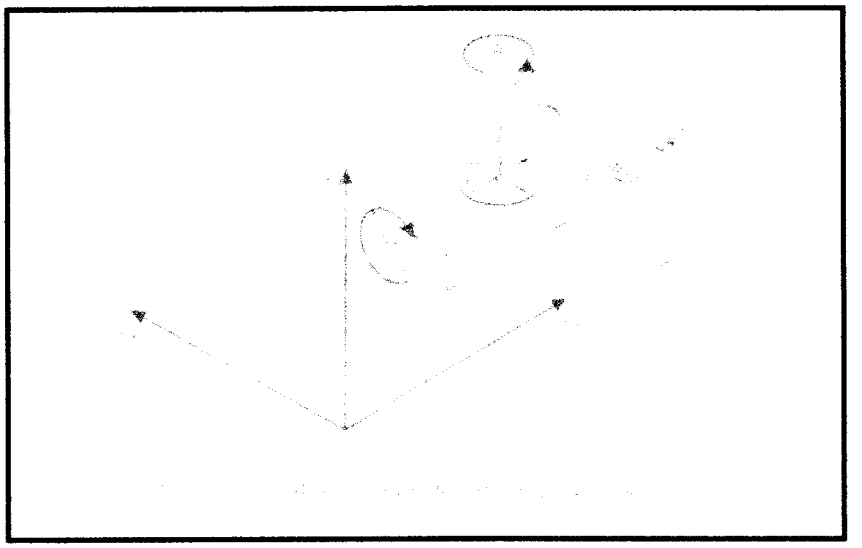
2.17 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องซีเอ็นซี 5 แกน HAAS VF-1 Series



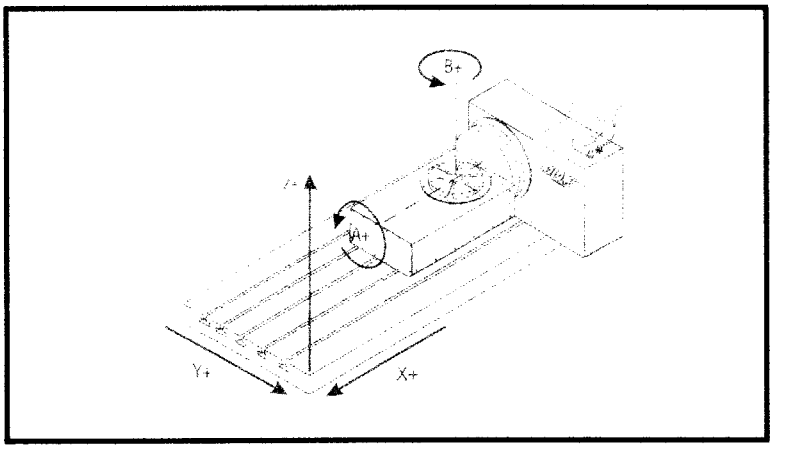
รูปที่ 2.32 เครื่องจักร 5-Axis Vertical Machining Center : HAAS VF-1 Series



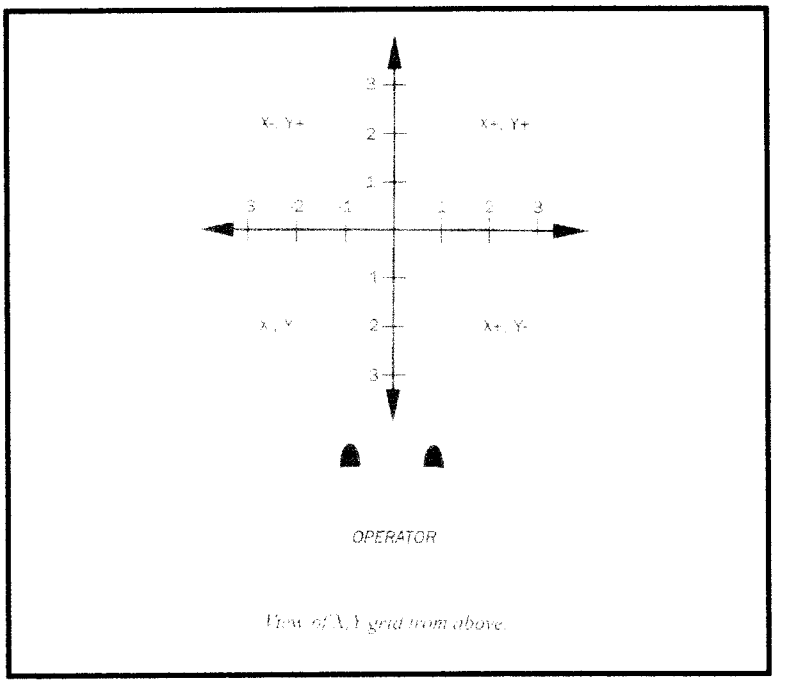
รูปที่ 2.33 แสดงทิศทางของแกนโคออดิเนตของ HAAS VF-1 Series



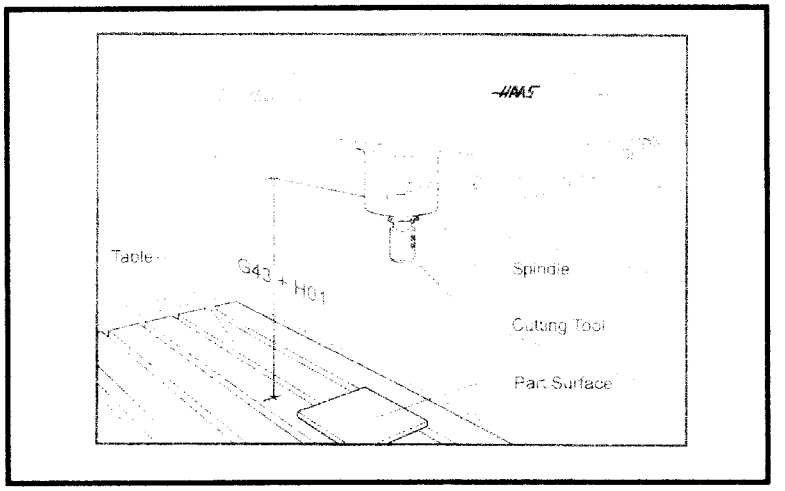
รูปที่ 2.34 **แสดง** Work coordinates **ทั้ง** 5 **แกนของ** HAAS VF-1 Series



รูปที่ 2.35 **แสดง การเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน ของเครื่อง** HAAS VF-1 Series



รูปที่ 2.36 แสดงทิศทางของแกนโคออดิเนตสำหรับผู้ใช้งานเครื่อง HAAS VF-1 Series



รูปที่ 2-37 แสดงการเผื่อระยะ Tool Offset **ของเครื่อง** HAAS VF-1 Series

2.17.1 ตัวเครื่อง

ชื่อเครื่อง HAAS รุ่น VF – 1 Serial 20114

ทำงานภายใต้การควบคุมด้วยโปรแกรมรุ่น M10.22N

ขนาดวัดโดยรอบมี

- ความสูง 91 inch
- ความกว้าง 88 inch
- ความยาว 93 inch
- น้ำหนักรวม 7,100 lbs.

ระยะที่สามารถทำงานได้

- ความสูง 104.5 inch
- ความกว้าง 111 inch
- ความยาว 137 inch

2.17.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่อง

- หน่วยความจำ 16 Mbyte
- แกน A (แกน4)
- แกน B (แกน5)
- Tapping
- Floppy Disk Drive
- Vector spindle drive
- Sigma motors on XYZ axes
- Quick Code
- Temperature Based axis Compensation

2.17.3 ความคลาดเคลื่อนของเครื่องในระบบพิกัดตำแหน่ง

- ความราบเรียบของแท่นวางชิ้นงานในขณะเคลื่อนที่แนวแกน X, Y

  แนวแกน X มีค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.00001 mm.

  แนวแกน Y มีค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.00000 mm.

- ความขนานของแท่นวางชิ้นงานกับหัวกัดเมื่อเคลื่อนที่ในแนวแกน X มีค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.0005 mm.

- ความขนานของแท่นวางชิ้นงานกับหัวกัดเมื่อเคลื่อนที่ในแนวแกน Y มีค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.0001 mm.

- หัวกัดทำงานโดยไม่มี Tapper มีค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.0000 mm.

- ความตรงของ T – slot มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.0000 mm.

- ทุก ๆ แกน มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.0001 mm

2.17.4 องค์ประกอบอื่นๆ

- ต้องการแรงดันลม 85 psi แต่ไม่เกิน 100 psi

- ต้องการแรงดันไฟฟ้าในช่วงความถี่ 47 – 66 MHz

- ทำงานภายใต้อุณหภูมิ 5^0C – 40^0C

- การเก็บรักษาต้องอยู่ภายใต้อุณหภูมิ -20^0C – 70^0C

- ใช้น้ำมันหล่อลื่นเกรด Mobil Vactra # 2