บทที่ 4

ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิต

เนื้อหาของบทนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน โดยในส่วนแรกจะกล่าวถึง ที่มา และความสำคัญ รวมทั้งหลักการพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิต และในส่วนที่สองจะกล่าวถึงหลักการต่างๆที่จำเป็นในการพัฒนาระบบในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งรวมถึง วิธีการนำเสนองานออกแบบ (Part Description) ชนิดต่างๆ ฐานความรู้ความสามารถของกระบวนการผลิต และในตอนสุดท้ายจะกล่าวถึงการเชื่อมโยงสิ่งต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วเข้าเป็นระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิต

4.1 บทนำ

เนื่องจากการเติบโตของการแข่งขันในตลาดโลก ธุรกิจต่างๆที่ผลิตสินค้าออกสู่ตลาดจึงพยายามผลักดันให้มีการค้นหาเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้นเพื่อเพิ่มศักยภาพในการทำกำไรให้ได้มากที่สุดภายใต้วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และวงรอบเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆมีระยะเวลาสั้นลง รวมทั้งจำนวนการผลิตต่อชุด (Batch Size) ก็มีขนาดเล็กลง และจะถูกลดลงอีกในอนาคต เนื่องจากความทนทานของผลิตภัณฑ์มีมากยิ่งขึ้น และการสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ รวมทั้งความสามารถยกระดับคุณภาพ (Upgrade) ให้สูงขึ้นได้ ในขณะเดียวกันความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้อุตสาหกรรมการผลิตต้องมีความยืดหยุ่น และต้องปรับตัวเพื่อให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของสินค้า แต่ถึงกระนั้นระบบการผลิตแบบจำนวนมาก (Mass Production) ก็ยังคงมีใช้อยู่ในอุตสาหกรรมการผลิตหลายๆชนิด ภาวะการแข่งขันกันที่สูงขึ้นจะเป็นตัวกดดันต่อส่วนแบ่งทางการตลาด และความสามารถในการทำกำไรขององค์กรต่างๆ ในทศวรรษหน้าการเปลี่ยนแปลงหลักๆในการผลิตจะเกิดขึ้นเนื่องจากกระแสโลกาภิวัฒน์ ความก้าวหน้าทางการสื่อสารโทรคมนาคม เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วัตถุดิบทางธรรมชาติมีจำกัด ปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อม และอื่นๆที่เกี่ยวข้อง การผลิตแบบจำนวนมากจะไม่ใช่คำตอบในการแก้ปัญหาเศรษฐกิจโลกอีกต่อไป ดังนั้นอุตสาหกรรมการผลิตต้องเปลี่ยนกลยุทธ์ของตนเองใหม่เพื่อแข่งขันในเศรษฐกิจของโลกใหม่

การพัฒนาของอุตสาหกรรมในอนาคตจะมุ่งไปสู่การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุดที่มีอยู่ในขณะนั้น เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ ระบบการวางแผนกระบวนการผลิตแบบ

อัตโนมัติ เครื่องจักรซีเอ็นซี เทคโนโลยีของเครื่องมือตัด หุ่นยนต์ ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนการผลิตและจัดตารางการผลิต ระบบการควบคุมคุณภาพ ระบบควบคุมวัสดุคงคลัง ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี และหน่วยการผลิตแบบยืดหยุ่น เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จะคลอบคลุมเฉพาะการวางแผนกระบวนการผลิตสำหรับงานแมชชีนนิ่ง

กระบวนการแมชชีนนิ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จโดยวิธีการตัดเฉือนเนื้อวัสดุออกจากชิ้นส่วนวัตถุดิบ ตัวอย่างกระบวนการเช่น การตัดโลหะ และการกัด เป็นต้น ความสัมพันธ์ของเครื่องมือตัดและชิ้นงานก่อให้เกิดกระบวนการในการตัดเฉือน

กระบวนการแมชชีนนิ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น การเจาะ การกัด การกลึง และการเจียระไน เป็นต้น ในแต่ละกระบวนการมีลักษณะเฉพาะตัวของมันเอง เช่น กระบวนการกัด มีดกัดจะหมุนและเคลื่อนที่ ในขณะที่การกลึง มีดกลึงที่ติดตั้งบนเครื่องกลึงจะไม่หมุนแต่ตัวชิ้นงานเป็นตัวหมุนเองโดยมีดกลึงเป็นตัวเคลื่อนที่ ในการทำงานจริงเราอาจจะเลือกกระบวนการผลิตได้มากมาย บางกระบวนการมีความเที่ยงตรงต่ำแต่ราคาไม่แพง ในขณะที่บางกระบวนการความเที่ยงตรงสูงแต่ต้นทุนก็จะสูงตามไปด้วย การวางแผนกระบวนการผลิตจะเป็นการตัดสินว่ากระบวนการผลิตชนิดใดที่ควรนำมาใช้ และควรเลือกกระบวนการเหล่านั้นอย่างไร จากนั้นเมื่อเลือกกระบวนการผลิตได้แล้ว ก็ต้องพิจารณาว่าต้องมีขั้นตอนอย่างไรในการแมชชีนนิ่งชิ้นส่วน และควรใช้อุปกรณ์ชนิดใด เป็นต้น

Chang และ Wysk (1985) ได้ให้คำจำกัดความของการวางแผนกระบวนการผลิตว่าเป็น "การเตรียมรายละเอียดของการทำงานในการเปลี่ยนงานออกแบบทางวิศวกรรมให้เป็นชิ้นงานสำเร็จ" เพื่อให้สอดคล้องกับข้อความข้างต้น หน้าที่การวางแผนกระบวนการผลิต มีดังนี้

- การพิจารณาข้อกำหนดต่างๆจากแบบชิ้นงาน
- การเลือกชนิดกระบวนการผลิต
- การเลือกเครื่องจักรในการทำกระบวนการแมชชีนนิ่งที่ต้องการ
- การเลือกอุปกรณ์จับยึด
- การพิจารณาแผนการติดตั้งชิ้นงาน
- การเลือกเครื่องมือตัด
- การพิจารณาค่าสภาวะการตัดเฉือน
- การเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่อง CNC
- การตรวจสอบโปรแกรมควบคุมเครื่อง CNC

การวางแผนกระบวนการผลิตต้องพิจารณาปัจจัยด้านต่างๆ เช่น รูปร่างที่ต้องการ ขนาดของวัตถุดิบ เครื่องจักร เครื่องมือตัด อุปกรณ์จับยึด และต้นทุนการผลิต ดังนั้นผู้วางแผนกระบวนการผลิตควรมีประสบการณ์ในหัวข้อต่างๆที่กล่าวข้างต้นเป็นอย่างดี หากชิ้นงานที่ต้องการวางแผนกระบวนการผลิตมีความซับซ้อนมาก อาจจำเป็นต้องใช้เวลามาก และหากในองค์กรมีผู้วางแผนหลายคน แผนกระบวนการผลิตขององค์กรจะขาดความสม่ำเสมอและแน่นอน เนื่องจากผู้วางแผนแต่ละคนล้วนมีวิธีการวางแผนเฉพาะตัว หรือวิธีการสร้างชิ้นส่วนสามารถทำได้หลายวิธี ดังนั้นการที่จะให้ผู้วางแผนพิจารณาแผนกระบวนการผลิตที่มีความเหมาะสมที่สุดนั้นทำได้ยาก

หน้าที่หลักของระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิต คือ การนำกระบวนการอื่นมาใช้แทนกิจกรรมที่วางแผนโดยมนุษย์ ระดับของการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวางแผนกระบวนการผลิตอาจจะแตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น บริษัทที่มีความมั่นคง และมีตลาดที่แน่นอนอาจมีความจำเป็นในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสินค้าเพียงแค่เล็กน้อย (Minor Modification) ในลักษณะเช่นนี้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการวางแผนกระบวนการผลิตจะมุ่งเน้นที่การจัดเก็บและปรับปรุงแผนเดิมที่มีอยู่ ตัวอย่างอีกกรณีหนึ่ง คือ ในกรณีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง อาจต้องพบกับผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนใหม่ทุกสัปดาห์หรือแม้กระทั่งทุกวัน ทำให้มีความต้องการระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิตที่สามารถวางแผนกระบวนการผลิตได้อย่างอัตโนมัติ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยวางแผนกระบวนการผลิตได้ 2 วิธี คือ ช่วยในการค้นหาและแก้ไขแผนเดิม (Variant Approach) และช่วยสร้างแผนกระบวนการผลิตใหม่แบบอัตโนมัติ (Generative Approach)

การนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการค้นหาและแก้ไขแผนเดิม เป็นการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยวิธีการทำงานด้วยมือ โดยอาศัยข้อได้เปรียบของระบบคอมพิวเตอร์ในแง่ของประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล การค้นหาข้อมูล การแก้ไขข้อมูล และการพิมพ์รายงานแผนกระบวนการผลิต การพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงแผนเดิมนี้ เริ่มจากการจัดกลุ่มชิ้นงานที่มีลักษณะคล้ายๆกัน กำหนดแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานของแต่ละกลุ่ม และจัดเก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ แผนกระบวนการผลิตมาตรฐานจะประกอบไปด้วยขั้นตอนของการผลิต และรายละเอียดการทำงานในแต่ละขั้นตอน โดยพิจารณาจากความสามารถของกระบวนการผลิตชนิดต่างๆและเครื่องมือที่มีอยู่ แผนกระบวนการผลิตมาตรฐานจะถูกจัดหมวดหมู่และให้รหัสตามกลุ่มของชิ้นงาน วิธีการใช้งาน ระบบจะทำการวิเคราะห์งานออกแบบให้อยู่ในรูปของรหัสกลุ่มชิ้นงาน จากนั้นทำการเรียกแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานของกลุ่มชิ้นงานนั้นๆ ผู้วางแผน

กระบวนการผลิตจะทำการปรับปรุงแผนกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับชิ้นงานปัจจุบัน ข้อได้เปรียบของวิธีการนี้ต่อวิธี Manual คือ ช่วยลดเวลา และลดความน่าเบื่อหน่ายในการจัดการกับเอกสารจำนวนมาก จากการแบ่งชิ้นงานออกเป็นกลุ่มต่างๆ ทำให้เชื่อได้ว่าแผนกระบวนการผลิตที่ได้น่าจะมีมาตรฐานและมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ข้อเสียเปรียบที่สำคัญของวิธีการนี้ คือ ความรู้และประสบการณ์ของผู้วางแผนยังคงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพของแผนกระบวนการผลิตที่ได้รับ

การนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสร้างแผนกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ โครงสร้างของระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิตด้วยวิธีนี้ประกอบไปด้วย ส่วนการวิเคราะห์รูปร่างของชิ้นงาน ส่วนกลไกในการตัดสินใจ และสูตรคำนวนต่างๆ วิธีการนี้ไม่เหมือนกับวิธีการปรับปรุงแผนเดิม เนื่องจากไม่มีการกำหนดแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานไว้ล่วงหน้า หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือไม่มีการเก็บแผนกระบวนการผลิตเดิมไว้ โดยคอมพิวเตอร์จะสร้างแผนการปฏิบัติงานสำหรับชิ้นส่วนใหม่ๆขึ้นเองอย่างอัตโนมัติทุกครั้งที่มีการสั่งชิ้นส่วน และปล่อยเข้าสู่ระบบการผลิต

งานวิจัยในฉบับนี้เป็นการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิตสำหรับกระบวนการสร้างรู และกระบวนการกัดปาดหน้า ซึ่งเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยทดแทนการวางแผนด้วยวิธีมือ (Manual) โดยจะอาศัยวิธีการทั้งสองวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว คือพิจารณาแผนกระบวนการผลิตเดิม และสร้างแผนใหม่แบบอัตโนมัติโดยอาศัยระบบผู้เชี่ยวชาญในการวางแผนกระบวนการผลิต ในส่วนต่อๆไปของบทนี้จะกล่าวถึง หลักการต่างๆที่จำเป็นในการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนกระบวนการผลิตในส่วนต่างๆ ได้แก่ วิธีการนำเสนองานออกแบบ วิธีการเชื่อมต่องานออกแบบกับระบบ รูปแบบของความสามารถของกระบวนการผลิตและวิธีการนำเสนอ และการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับช่วยวางแผนกระบวนการผลิต

4.2 วิธีการนำเสนองานออกแบบ (Design Representation)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการต่างๆในการนำเสนองานออกแบบผลิตภัณฑ์ ในส่วนแรกจะกล่าวถึงพัฒนาการของวิธีการเสนองานออกแบบตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน และส่วนที่สองจะกล่าวถึงตัวอย่างวิธีการนำเสนองานออกแบบที่นิยมใช้ ซึ่งได้แก่ แบบทางวิศวกรรม CSG, B-REP และ การออกแบบโดยอาศัยรูปร่างเป็นพื้นฐาน โดย 3 วิธีการสุดท้ายเป็นการนำเสนองานออกแบบโดยอาศัยระบบคอมพิวเตอร์

ในอดีตวิธีการนำเสนองานออกแบบจะใช้วิธีการร่างแบบด้วยมือ โดยอาจมีการเขียนข้อความประกอบแบบร่างเพื่อให้รายละเอียดชัดเจนยิ่งขึ้น ลักษณะการนำเสนอแบบนี้มีใช้มานานหลายศตวรรษเพราะว่าสามารถถ่ายทอดแนวความคิดได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้อง แม้กระทั่งปัจจุบันก็ยังมีการสื่อสารแนวความคิดด้วยวิธีการนี้ แต่เนื่องจากทักษะในการร่างแบบของผู้ออกแบบมีไม่เท่ากัน โดยบางคนไม่สามารถร่างแนวความคิดของเขาให้สามารถสื่อสารกับบุคคลอื่นได้ และความซับซ้อนของงานออกแบบเพิ่มมากขึ้น ทำให้การร่างแบบด้วยมือจึงไม่มีความเหมาะสมอีกต่อไป หลังจากมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมได้เกิดการตื่นตัวในการคิดค้นวิธีการใหม่ในการนำเสนองานออกแบบ ซึ่งวิธีการใหม่นี้คือ การร่างแบบทางวิศวกรรม (Engineering Drafting) และได้มีการกำหนดกฎเกณฑ์รวมทั้งสัญลักษณ์ต่างๆในงานร่างแบบให้มีความเป็นสากล และได้พัฒนาวิธีการเขียนภาพฉาย (Multiple View Projection) ซึ่งแสดงภาพของงานออกแบบหลายๆด้าน และเพื่อแสดงรายละเอียดที่ชัดเจนยิ่งขึ้นซึ่งจะแสดงโดยภาพตัด สำหรับชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อนของพื้นผิวมากๆจะนำเสนอโดยอาศัยภาพตัดเป็นส่วนๆ (Section) การออกแบบในกระดาษเป็นการแสดงภาพ 2 มิติ ดังนั้น ภาพฉาย ภาพตัด และภาพตัดเป็นส่วนๆจะต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงรูปร่างและรายละเอียดของงานออกแบบทั้งหมด หลังจากได้มีการประดิษฐ์ภาพกราฟฟิกทางคอมพิวเตอร์ในปี 1950 ข้อจำกัดในการแสดงจำนวนมิติของกระดาษก็หมดไป อย่างไรก็ตามในระยะแรกระบบคอมพิวเตอร์ก็ถูกใช้เป็นอุปกรณ์ร่างแบบอิเลคโทรนิค (Electronic Drafting Board) โดยวิธีการร่างแบบแบบเหมือนเดิมแต่จัดเก็บอยู่ในรูปของรหัสทางอิเลคโทรนิค

ทางด้านการผลิต ลักษณะรูปทรงของงานออกแบบจะถูกนำมาใช้ในเตรียมอุปกรณ์จับยึด และเครื่องมือตัด การทำความเข้าใจงานออกแบบมีความสำคัญในการเลือกชนิดวัสดุ เลือกกระบวนการผลิต เลือกวิธีการตรวจสอบ และวิธีการจับยึดชิ้นงาน งานออกแบบที่อยู่ในรูปแบบที่เป็นอิเลคโทรนิค ลักษณะรูปทรงสามารถถูกใช้ในการสร้างเส้นทางการแมชชีนนิ่งของเครื่องมือตัดได้ทันที ในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถใช้ข้อมูลลักษณะรูปร่างในการคำนวนหาตำแหน่งของเครื่องมือตัด ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการร่างแบบเหมาะสมสำหรับงานออกแบบ 2 มิติ และ 2 มิติครึ่ง แต่เมื่อเป็นงาน 3 มิติจะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบชนิดวาดภาพโครงร่าง (Wireframe) ซึ่งมีลักษณะเป็น 3 มิติ ในความเป็นจริงวัตถุทางวิศวกรรมจะมีรูปแบบเป็นรูปแบบผิวอิสระ (Free Form Surfaces) เช่น ตัวถังรถยนต์ รูปร่างภายนอกของโทรศัพท์ ห้องเรือ และตัวของเครื่องบินซึ่งจะมีรูปแบบเป็นพื้นผิวโค้ง ในสมัยก่อนเทคนิคที่ใช้สร้างผิวโค้งนี้ได้แก่ Lofting พื้นผิวโค้งเหล่านี้จะถูกใช้ในการเปรียบเทียบกับพื้นผิวสำเร็จเพื่อจะพิจารณาว่าต้องมีการเคลื่อนย้ายเนื้อวัสดุออกไปเป็นจำนวนเท่าใด ซึ่งเป็นงานที่น่าเบื่อ จึงทำให้เกิดเทคนิคการจำลองภาพพื้นผิว (Surface Modelling Technique) (Coons 1997, Ferguson 1964, Bezier 1972 etc.) การกำจัดเส้นต่างๆที่

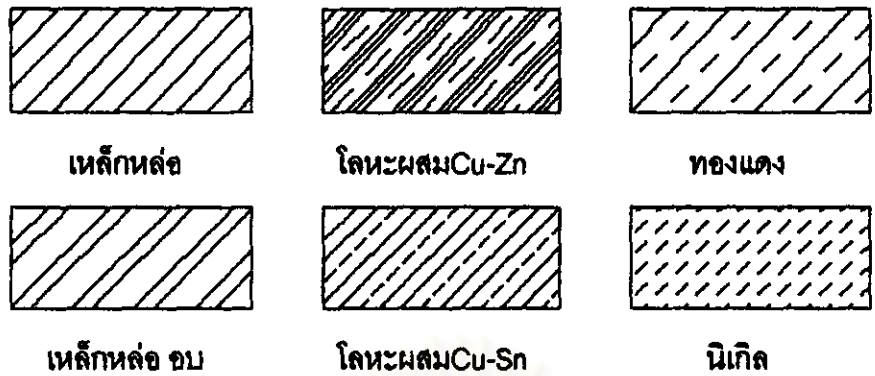
ซ่อนอยู่ในภาพโครงร่างที่มีลักษณะ 3 มิติ จำเป็นต้องมีข้อมูลของพื้นผิวเหล่านั้น หลังจากที่มีการเพิ่มข้อมูลของพื้นผิว ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบจะสามารถสร้างภาพของวัตถุที่มีความเหมือนจริงได้โดยอาศัยการ Rendering ซึ่งเป็นกระบวนแปลงภาพวาดโครงร่างให้เป็นรูปแบบเต็มในลักษณะภาพ 3 มิติ แต่การพัฒนาเทคนิคเหล่านี้ก็ยังไม่ได้มีส่วนช่วยอะไรมากในการประยุกต์ใช้ในระบบการผลิต สิ่งจำเป็นของระบบการผลิต คือ ระบบการสร้างโปรแกรมควบคุมเชิงตัวเลขแบบอัตโนมัติ การวางแผนกระบวนการแมชชีนนิ่ง และการวางแผนกระบวนการประกอบ และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายทั้งสามนี้ จำเป็นที่ต้องมีแบบจำลองของผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์และชัดเจน การพัฒนาการจำลองรูปทรง 3 มิติ (3D Solid Modelling) ได้มีขึ้นเมื่อประมาณ 20 ปี เริ่มขึ้นเมื่อปี 1970 ตัวอย่างระบบที่ใช้เทคนิคนี้ได้แก่ PADL (Voelcker และ Requicha 1977) TIPS-1 (Okino 1973) และ GLIDE (Eastman 1977) เป็นต้น เนื่องจากระบบการจำลองรูปทรง 3 มิติมีความสมบูรณ์และมีลักษณะเฉพาะตัวในการนำเสนอวัตถุ 3 มิติ จึงเป็นที่ยอมรับว่าเป็นระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบที่มีประโยชน์สำหรับอนาคต แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัด คือ ต้องการคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และการสร้างภาพจำลองทำได้ยาก

ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความยากในการออกแบบ ก็ได้มีการนำเสนอหลักการการจำลองภาพโดยใช้รูปร่างเป็นพื้นฐาน (Feature Based Modelling) การใช้รูปร่างพื้นฐานมาสร้างแบบจำลองของผลิตภัณฑ์ง่ายกว่าการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีเก่า วิธีการนี้ไม่ได้อ้างอิงแค่ลักษณะรูปทรงทางเรขาคณิต (Geometry) เท่านั้น แต่ยังแสดงคุณสมบัติของลักษณะรูปร่างนั้นๆด้วย ซึ่งคุณสมบัตินี้จะทำให้งานออกแบบสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ง่ายขึ้น ระบบการจำลองภาพโดยใช้รูปร่างเป็นพื้นฐานนี้เป็นเทคโนโลยีที่ล้ำหน้าสำหรับโปรแกรมจำลองรูปทรง ลักษณะรูปทรงทางเรขาคณิตก็ยังคงถูกรักษาไว้ด้วยโปรแกรมจำลองรูปทรง ส่วนแบบจำลองที่อาศัยรูปร่างเป็นพื้นฐานจะถูกรักษาไว้ในระบบและสามารถนำมาประเมินผลในระบบจำลองรูปทรงเมื่อต้องการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1 แบบทางวิศวกรรม

การเขียนแบบทางวิศวกรรม คือ วิธีการที่เป็นทางการที่ใช้นำเสนอวัตถุทางวิศวกรรม ในการเขียนแบบจะอาศัยกฎเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานสากลสำหรับวิศวกรทั้งหลาย กฎเกณฑ์จะประกอบไปด้วยวิธีการกำหนดรูปร่าง การให้ขนาด และการกำหนดค่าพิกัดความเผื่อ อาจมีข้อกำหนดอื่นๆที่เพิ่มขึ้นมาแต่ก็ยังไม่มีมาตรฐานสากลรองรับ เช่น มาตรฐานเฉพาะของแต่ละโรงงาน เป็นต้น ลักษณะรูปทรงที่ใช้ในการเขียนแบบจะประกอบไปด้วย เส้นตรง ส่วนโค้ง และวงกลม ในบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ของชิ้นงานจะแสดงโดยเส้นทึบ และในบริเวณที่ไม่สามารถมองเห็นได้จะแสดงโดยเส้นประ ในชิ้นงานที่มี



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างการแสดงภาพตัดของวัสดุชิ้นงานชนิดต่างๆ (DIN 201 (2.53))

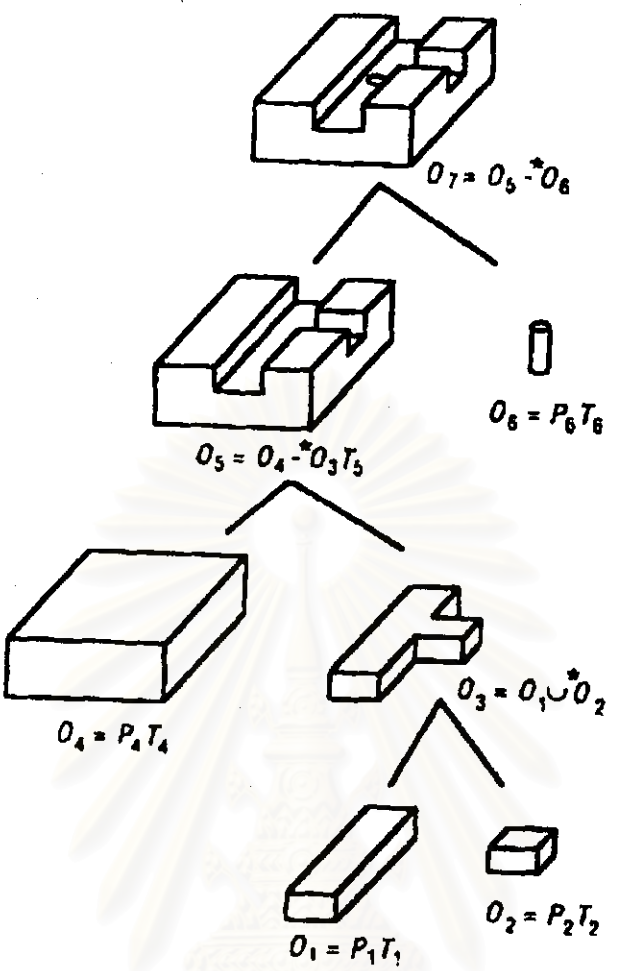
ความซับซ้อนมากๆอาจไม่มีการแสดงเส้นประเลย เส้นศูนย์กลางและเส้นลายตัดอาจถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความชัดเจนของแบบชิ้นงานเช่นกัน เส้นผ่านศูนย์กลางจะใช้แทนจุดศูนย์กลางของรูปทรงที่มีความสมมาตร เส้นลายตัดใช้ในการแสดงการตัดส่วนชิ้นงาน เส้นลายตัดที่แตกต่างกันจะแสดงถึงวัสดุชิ้นงานชนิดต่างๆ (ตัวอย่างดังรูปที่ 4.1) เนื่องจากการเขียนแบบใช้การวาด 2 มิติในการนำเสนอวัตถุ 3 มิติ ดังนั้นภาพฉายจึงถูกนำมาใช้ มาตรฐานการเขียนแบบทางวิศวกรรม คือการเขียนภาพฉายในหลายๆด้าน (ด้านหน้า ด้านบน ด้านข้าง และภาพตัด) เพื่อแสดงวัตถุทางวิศวกรรม

4.2.2 แบบจำลอง CSG (Constructive Solid Geometry Model)

CSG เป็นวิธีการนำเสนองานออกแบบที่เป็นที่นิยมในวิธีการจำลองรูปทรง (Solid Modeling) เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการออกแบบ และตรวจสอบ วัตถุจะถูกนำเสนออยู่ในรูปของ Binary Tree ซึ่งประกอบไปด้วยรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐาน (Geometrical Primitives) และสัญลักษณ์ของบูลลีนโอเปอเรเตอร์ ดังรูปที่ 4.2 วัตถุที่เป็นจุดปลายในแผนผัง (Terminal Node) จะเป็นรูปทรงพื้นฐาน และวัตถุที่อยู่ในจุดรวม (Nonterminal Node) จะแสดงตัวปฏิบัติการบูลลีน (Boolean Operator) เช่น วัตถุ O_3 เกิดจากการรวมวัตถุ O_1 และ O_2 ซึ่งสามารถแสดงโดย $O_3 = O_1 \cup^* O_2$

รูปแบบการแก้ไขแบบจำลองจะทำได้โดยการเปลี่ยนพารามิเตอร์ของโครงสร้างที่มีอยู่ หรือเพิ่มกิ่งใหม่ (New Branch) เข้ากับโครงสร้างเดิม โดยกิ่งใหม่นี้อาจแสดงการปฏิบัติงานเป็นการรวมกัน (Union) ความแตกต่างกัน (Difference) หรือการตัดกัน (Intersection)

รูปร่างพื้นฐานที่ใช้ในตัวจำลองแบบ CSG นี้อาจเป็นรูปร่างที่ได้มีการกำหนดโดยระบบอยู่ก่อนแล้ว หรือเป็นรูปร่างที่กำหนดขึ้นเองโดยผู้ใช้งาน รูปทรงพื้นฐานที่มักใช้ ได้แก่ ทรงเหลี่ยม ทรงกระบอก



รูปที่ 4.2 การแสดงวัตถุโดยโครงสร้างของ CSG

ทรงกลม ทรงโดนัท ทรงลิ่ม และทรงกรวย ดังรูปที่ 4.3 รูปทรงแต่ละชนิดมีพารามิเตอร์ของการบอกขนาดไม่เหมือนกัน เช่น ทรงเหลี่ยมกำหนดโดยความยาว ความกว้าง และความสูง ในขณะที่ทรงกระบอกกำหนดโดยรัศมี และความยาว เป็นต้น ภายในระบบ CSG จะมองรูปทรงพื้นฐานเหล่านี้เป็นการเชื่อมต่อกันของพื้นผิว (Faces) ขอบ (Edge) และจุดของมุม (Vertices) ระบบส่วนใหญ่จะจำกัดชนิดของพื้นผิวให้เป็น ผิวระนาบ ผิวทรงกระบอก ผิวทรงกลม ผิวทรงกรวย และผิวโดนัท สาเหตุที่การเพิ่มชนิดของรูปทรงพื้นฐานและเพิ่มชนิดของพื้นผิวทำได้ยากเนื่องจากความยากในการคำนวนพื้นผิวที่ตัดกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็ยังมีบางระบบสามารถยอมให้ผู้ใช้งานกำหนดชนิดของรูปร่างพื้นฐานเองได้ เช่น TIPS (Okino และ Kubo ,1973) เป็นต้น

การแสดงตำแหน่งและแสดงรูปทรงพื้นฐาน หรือรูปทรงที่มีการเชื่อมต่อกันแล้ว จะอาศัย Transformation Matrix 4 x 4 เมื่อต้องการตำแหน่งของรูปทรงจะทำการแปล TRAN (∇x, ∇y, ∇z) โดย ∇x, ∇y, ∇z เป็นระยะทางของรูปทรง

$$TRAN(\Delta x,\Delta y,\Delta z)=\begin{bmatrix}1&0&0&0\\0&1&0&0\\0&0&1&0\\\Delta x&\Delta y&\Delta z&1\end{bmatrix}$$

Matrix การหมุนของแกน x, y และ z ได้แก่

$$Rot_x(\alpha)=\begin{bmatrix}1&0&0&0\\0&\cos\alpha&-\sin\alpha&0\\0&\sin\alpha&\cos\alpha&0\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$$Rot_y(\beta)=\begin{bmatrix}\cos\beta&0&\sin\beta&0\\0&1&0&0\\-\sin\beta&0&\cos\beta&0\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$$Rot_z(\gamma)=\begin{bmatrix}\cos\gamma&\sin\gamma&0&0\\\sin\gamma&\cos\gamma&0&0\\0&0&1&0\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

มาตราส่วน (Scaling) กำหนดโดย

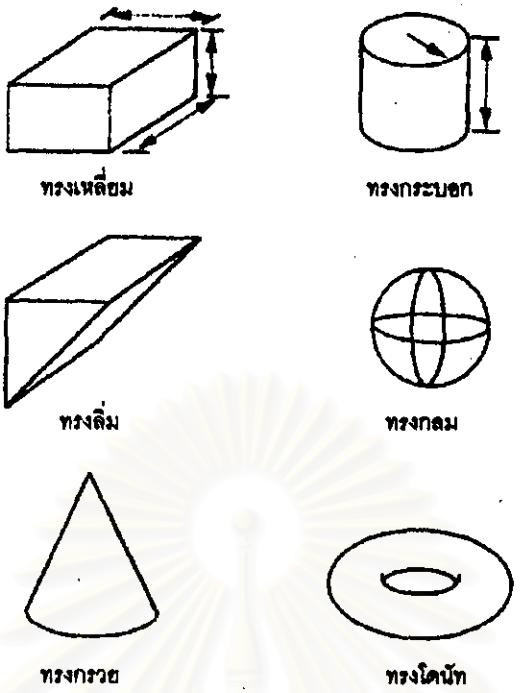
$$SC(a,b,c)=\begin{bmatrix}a&0&0&0\\0&b&0&0\\0&0&c&0\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

การหมุน การเปลี่ยนรูป และการกำหนดมาตราส่วนสามารถรวมอยู่ใน Transformation matrix เดียวกัน

$$T_i=SC(a,b,c)TRAN(\Delta x,\Delta y,\Delta z)Rot_x(\alpha)Rot_y(\beta)Rot_z(\gamma)$$

บูลลีน โอเปอเรเตอร์ ที่มักใช้ในระบบนี้ได้แก่ การรวม ($\cup$) การลบกัน ($-$) และการตัดกัน ($\cap$) เป็นต้น จากการใช้โอเปอเรเตอร์เหล่านี้ วัตถุในรูปที่ 4.2 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$C_7=P_4T_4-^*(P_1T_1\cup^*P_2T_2)T_5-^*P_6T_6$$

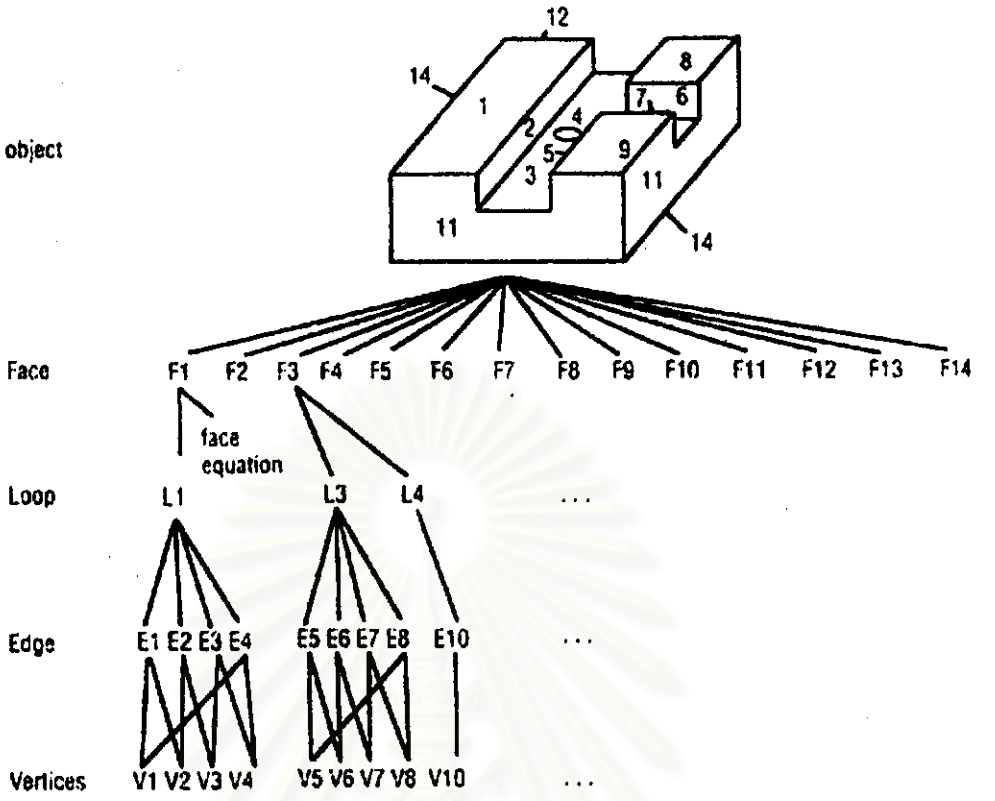


รูปที่ 4.3 รูปทรงพื้นฐาน

4.2.3 Boundary Representation

การนำเสนอโดยใช้พื้นผิว (Surface Representation) ไม่ได้มีการนำเสนอข้อมูลการเชื่อมต่อกันของพื้นผิวต่างๆ ถ้ามีการเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกันระหว่างพื้นผิวซึ่งจะถูกเรียกว่า Faces วิธีการนี้เรียกว่า Boundary Representation

วิธีการนี้จะแสดงวัตถุโดยการกำหนดขอบเขตของหน้าต่างๆ (Bounding Faces) ดังรูปที่ 4.4 เวกเตอร์หรือลำดับของขอบในแต่ละหน้า (Faces) จะแสดงด้านที่อยู่ด้านในของรูปทรง (เช่น อาจใช้กฎมือขวาโดยนิ้วโป้งชี้ไปด้านที่มีเนื้อวัสดุ) ดังนั้นจึงสามารถระบุด้านในหรือด้านนอกของวัตถุได้ วัตถุจะแสดงในรูปโครงสร้างต้นไม้โดยไม่มีตัวปฏิบัติการใดๆ จุดต่างๆ (Node) บนผังโครงสร้างจะเป็นผิวหน้า ขอบ และจุดของมุม ในบางครั้งแต่ละหน้าอาจมีจำนวนวงรอบ (Loop) หลายๆวงรอบ จากการที่เทคนิคนี้นำเสนอวัตถุโดยผิวหน้า ขอบ และจุดของมุม สำหรับงานประยุกต์ทางด้านโปรแกรมควบคุมเชิงตัวเลข (NC) ข้อมูลที่มีความสำคัญ คือ คำจำกัดความของผิวหน้าและขอบ ดังนั้นเราสามารถใช้ข้อมูลจากการนำเสนองานออกแบบด้วยวิธีนี้ในการสร้างโปรแกรมควบคุมเชิงตัวเลข



รูปที่ 4.4 วิธีการแสดงขอบเขตของพื้นผิว

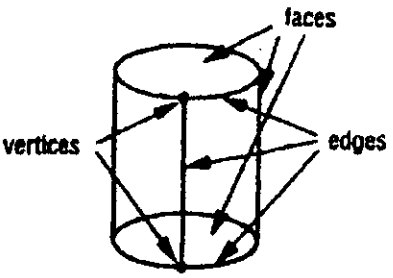
ข้อบกพร่องของการนำเสนองานออกแบบด้วยวิธีนี้ คือ ข้อมูลมักมีขนาดใหญ่กว่าวิธีการ CSG และต้องการหน่วยความจำเป็นจำนวนมากในการจัดเก็บข้อมูล การสร้างแบบจำลองโดยตรงจากพื้นผิว ขอบ และจุดของมุม ทำได้ยาก และรูปทรงหนึ่งสามารถแสดงได้หลายแบบ การตรวจสอบความผิดพลาดของวิธีการนี้มักอาศัยสูตรของ Euler ซึ่งได้แก่ "จำนวนของจุดของมุมบวกด้วยจำนวนพื้นผิว เท่ากับ จำนวนขอบบวก 2" (ตัวอย่างดังรูปที่ 4.5) แต่ถึงอย่างไรก็ตามสูตรนี้ก็ยังไม่สามารถใช้ได้กับทุกๆรูปร่าง เช่น ไม่สามารถใช้กับวัตถุที่มีรูได้ เป็นต้น ดังนั้นจึงอาจต้องมีการปรับปรุงสูตรของ Euler ให้สามารถใช้กับรูปทรงที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง

$$V - E + F = 2$$

โดย V คือ จำนวนจุดของมุม

E คือ จำนวนขอบ

F คือ จำนวนพื้นผิว



$V - E + F = 2$

$2 - 3 + 3 = 2$

รูปที่ 4.5 การตรวจสอบทรงกระบอกโดยใช้สูตรของ Euler

สูตรของ Euler ที่มีการปรับปรุงแล้ว (Euler-Poincare formula)

$$V - E + F - H + 2P = 2B$$

โดย H คือ จำนวนของรูในหน้า

P คือ จำนวนการผ่านของรูทะลุ

B คือ จำนวนชิ้นที่แยกออก

4.2.4 การจำลองโดยอาศัยรูปร่างเป็นพื้นฐาน (Feature-Based Modelling)

วิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดล้วนแต่สามารถจำลองรูปร่างทางเรขาคณิตของวัตถุได้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านั้นไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตซึ่งข้อมูลทางด้านเทคนิค หน้าที่การทำงาน และข้อมูลอื่นๆมีความสำคัญกว่าข้อมูลทางด้านรูปร่าง การประยุกต์ใช้ในงานการผลิต เช่น การวางแผนกระบวนการผลิต และการเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องซีเอ็นซี จะเกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนการผลิตระดับสูง เช่น ลักษณะพิเศษ แทนที่จะใช้ชิ้นส่วนรูปร่างทางเรขาคณิตเพียงอย่างเดียว

การออกแบบด้วยวิธีการนี้เป็นการออกแบบโดยใช้ลักษณะรูปร่างพิเศษ ลักษณะรูปร่างพิเศษหมายถึง กลุ่มของรูปทรงทางเรขาคณิตที่ใช้ในงานวิศวกรรมที่ถูกออกแบบพิเศษ หรือมีลักษณะเฉพาะทางการผลิต ลักษณะรูปร่างพิเศษมีรูปร่างและคุณสมบัติเฉพาะตัว เช่น ขนาด ค่าพิกัดความเผื่อของขนาด และข้อกำหนดทางการผลิตอื่นๆ เป็นต้น

ลักษณะรูปร่างพิเศษสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายชนิดด้วยกัน คือ

- ลักษณะรูปร่างพิเศษในการออกแบบ ได้แก่ลักษณะรูปร่างที่มีความหมายถึงการออกแบบ เช่น รู พื้นเอียง เกลียว Chamfer และ Countersink เป็นต้น
- ลักษณะรูปร่างพิเศษในการผลิต ได้แก่ลักษณะรูปร่างที่มีความหมายถึงการผลิต เช่น รู ปลายรู Chamfer และ Pocket เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าลักษณะรูปร่างพิเศษของทั้งสองกลุ่มมีความคล้ายคลึงกัน ในบางชนิดมีชื่อเหมือนกันแต่จะมีความหมายที่แตกต่างกัน เช่น ลักษณะรูปร่างปลายรูเป็นลักษณะรูปร่างพิเศษในการผลิตซึ่งไม่มีความหมายในการออกแบบ ผู้ออกแบบอาจไม่สนใจส่วนปลายของรู หรืออาจพิจารณาเป็นเพียงส่วนเกินของรู

ข้อได้เปรียบที่เห็นได้ชัดเจนของการออกแบบด้วยวิธีนี้คือ จากความคล้ายกันของลักษณะรูปร่างพิเศษทั้งสองแบบและมีความสัมพันธ์ต่อกัน ดังนั้นชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบโดยใช้ลักษณะรูปร่างพิเศษอาจสามารถวางแผนกระบวนการผลิตได้อย่างอัตโนมัติ

ข้อบกพร่องของวิธีการนี้คือ ในการออกแบบวัตถุที่แท้จริงอาจจำเป็นต้องกำหนดลักษณะรูปร่างพิเศษจำนวนมาก และชิ้นงานไม่สามารถสร้างขึ้นด้วยรูปร่างพื้นฐานที่กำหนดให้เท่านั้น แต่ยังต้องอาศัยพื้นผิวที่ผ่านการออกแบบแล้วเพื่อทำการเชื่อมต่อกับรูปร่างที่กำหนดให้ ข้อเสียเปรียบของวิธีการนี้คือ ลักษณะรูปร่างพิเศษทางการออกแบบ และทางการผลิตไม่เหมือนกันเสมอไปดังนั้น การวางแผนกระบวนการผลิต และสร้างโปรแกรมควบคุมเชิงตัวเลขจึงไม่สามารถทำได้อย่างตรงไปตรงมา วิธีการนี้เหมาะสำหรับการออกแบบชิ้นงานง่ายๆ ที่ไม่มีความซับซ้อน

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบ โปรแกรม AutoCAD สามารถออกแบบได้ทั้ง 2 มิติ (คล้ายระบบคอมพิวเตอร์ช่วยร่างแบบ) หรือ 3 มิติ ซึ่งสามารถแสดงได้ทั้งแบบโครงร่าง (Wireframe) แบบพื้นผิว (Surface) และแบบรูปร่าง (Solid Modelling) ระบบที่ศึกษาจะอาศัยคุณสมบัติของการออกแบบ 2 มิติ โดยการวาดภาพตัดของส่วนต่างๆเพื่อแสดงรายละเอียดของชิ้นงาน พื้นผิวที่ต้องการทำการแมชชีนนิ่งจะถูกระบุโดยใช้ลักษณะรูปร่างทางการผลิตที่กำหนดไว้ให้ เนื่องจากข้อมูลการออกแบบที่ได้รับอยู่ในรูปของแบบทางวิศวกรรมการนำแบบมาวาดเป็นรูป 3 มิติทำได้ยากและใช้เวลานาน ประกอบกับในปัจจุบันมีการนำแบบทางวิศวกรรมมาวาดแยกชิ้นเป็นภาพตัดของส่วนต่างๆ ดังนั้นโปรแกรมที่ทำการศึกษาจะใช้การนำเสนอชิ้นงานเป็นรูป 2 มิติโดยเป็นภาพตัดของส่วน

ต่างๆ ลักษณะรูปร่างที่จะทำการแมชชีนนิ่งจะใช้ลักษณะรูปร่างพิเศษทางการผลิตที่เตรียมไว้ให้โดยผู้ออกแบบเป็นผู้กำหนดขนาดและคุณสมบัติของแต่ละลักษณะรูปร่างพิเศษนั้น

4.3 ความสามารถของกระบวนการผลิต

หน้าที่ของการวางแผนกระบวนการผลิต คือการนำงานออกแบบไปสู่คำสั่งสำหรับการผลิต เพื่อสามารถทำได้ดังกล่าว ระบบจึงต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิต โดย Chang และ Wysk (1985) ได้เสนอแนะว่า ความรู้นี้สามารถนำเสนอได้หลายทาง เช่น Decision tree, ตารางการตัดสินใจ (Decision Table), และ ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้สำหรับการวางแผนกระบวนการผลิต แต่ก่อนจะกล่าวถึงการฐานความรู้ของกระบวนการ (Process Knowledge) ควรต้องทราบก่อนว่าจะไรคือฐานความรู้ของกระบวนการ และจะได้มาอย่างไร

ฐานความรู้ของกระบวนการผลิต คือความรู้เกี่ยวกับความสามารถของกระบวนการผลิตทั้งทางด้านการสร้างรูปร่าง และทางด้านเทคนิค โดยสามารถจำแนกออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1. ความสามารถในการสร้างรูปร่าง และขนาด
2. ความสามารถทางด้านค่าพิกัดความเผื่อของขนาด และรูปร่าง
3. ข้อจำกัดของกระบวนการทั้งในด้านเรขาคณิต และเทคนิค
4. ความสามารถทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการ

สำหรับการวางแผนกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมซึ่งใช้คนเป็นผู้วางแผน ความสามารถของกระบวนการผลิตทั้งหมดจะอาศัยข้อมูลจากประสบการณ์ และหนังสือคู่มือต่างๆ ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวางแผนกระบวนการผลิตจำเป็นต้องเก็บข้อมูลต่างๆเหล่านี้ และนำเสนออยู่ในรูปแบบเหมาะสม ความสามารถของกระบวนการผลิตจะมีความแตกต่างกันในแต่ละโรงงาน ขึ้นอยู่กับเครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละโรงงาน สิ่งที่แตกต่างกันจะเป็นที่ค่าตัวเลข แต่โครงสร้างของข้อมูลมักไม่แตกต่างกัน ดังนั้นข้อมูลในฐานความรู้ของกระบวนการต้องกำหนดให้เหมาะสมกับแต่ละโรงงาน ในส่วนนี้หัวข้อแรกจะกล่าวถึง ระดับของความสามารถของกระบวนการผลิต หัวข้อที่สองจะกล่าวถึง ฐานความรู้ของกระบวนการผลิตที่ใช้อยู่จริงๆ หัวข้อสุดท้ายกล่าวถึงตัวอย่างของการนำเสนอความสามารถของกระบวนการผลิตที่ใช้ในระบบการวางแผนกระบวนการผลิตที่ทำการศึกษา

4.3.1 ระดับของความสามารถของกระบวนการผลิต

ความสามารถของกระบวนการผลิตแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับใช้งานทั่วไป ระดับโรงงาน และระดับเครื่องจักร ในระดับที่*ใช้งานทั่วไป* ความสามารถของกระบวนการจะไม่จำกัดอยู่ที่โรงงานใดโรงงานหนึ่งหรือเครื่องจักรที่ทำกระบวนการผลิตเหล่านั้น เช่น ความสามารถของสว่านคมเลื่อย (Twist Drill) ในการสร้างรูกลม ด้วยความแม่นยำค่าหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้ได้ไม่ว่าจะทำที่โรงงานไหนก็ตาม ความสามารถของกระบวนการผลิตในระดับนี้จะอาศัยข้อมูลจากหนังสือคู่มือต่างๆ และเป็นจุดเริ่มต้นที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาฐานความรู้ของความสามารถของกระบวนการผลิตในระดับสูงขึ้นไป ความสามารถของกระบวนการผลิตในระดับนี้จะใช้ในการประเมินความสามารถในการผลิต (Manufacturing Capability) ในขณะออกแบบ

ความสามารถของกระบวนการระดับที่สอง คือ *ระดับโรงงาน* จะมีการเพิ่มรายละเอียดการทำงานของกระบวนการ เช่นในระดับใช้งานทั่วไปจะพิจารณาว่าสว่านคมเลื่อยสามารถสร้างรูกลมได้ความแม่นยำค่าหนึ่งที่กำหนด แต่ในระดับโรงงานอาจพิจารณาข้อจำกัดของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อื่นๆในโรงงาน โดยอาจเพิ่มสามารถในการสร้างรูที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า และมีความแม่นยำสูงกว่า ซึ่งความสามารถนี้อาจใช้ไม่ได้กับโรงงานอื่นๆ โดยทั่วๆไปในระดับโรงงาน จะพิจารณาจากความสามารถของเครื่องจักรที่ดีที่สุดในโรงงาน ความสามารถของกระบวนการในระดับนี้มักตีพิมพ์เป็นเอกสารใช้ภายในโรงงาน เนื่องจากเครื่องมือ และเครื่องจักรของโรงงานมีการเปลี่ยนแปลงได้ทุกเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการทบทวนฐานความรู้ในระดับโรงงานอย่างสม่ำเสมอ ฐานความรู้ในระดับนี้มักใช้ในการเลือกชนิดกระบวนการผลิต

ความสามารถของกระบวนการผลิตใน *ระดับเครื่องจักร* จะพิจารณาเฉพาะเจาะจงไปที่เครื่องจักรใดเครื่องหนึ่ง เครื่องจักรต่างๆไม่จำเป็นต้องมีความสามารถที่เหมือนกัน เช่น โรงงานเดียวกันมีเครื่องกัดเก่า และเครื่องกัดใหม่ที่มีความแม่นยำสูง ความสามารถของกระบวนการจากทั้งสองเครื่องย่อมแตกต่างกัน เทคนิคทางสถิติต่างๆจะถูกนำมาใช้หาความสามารถของกระบวนการผลิตบนเครื่องจักรต่างๆ เทคนิคที่ใช้ เช่น แผนภูมิควบคุมซึ่งเป็นเทคนิคที่ดีในการใช้ศึกษาความสามารถในด้านค่าพิกัดความเผื่อ เป็นต้น ข้อมูลในระดับเครื่องจักรมีความสำคัญในการใช้เลือกเครื่องจักรสำหรับการผลิต

4.3.2 หลักการพื้นฐานของกระบวนการในการผลิต

ในงานแมชชีนนิ่งเป็นงานที่ต้องเคลื่อนย้ายวัสดุออกจากตัวชิ้นงาน หรืออาจพิจารณาว่าเป็นการเปลี่ยนรูปชิ้นงานโดยการนำเอาปริมาตรบางส่วนออก แต่ขณะที่มีการเปลี่ยนรูป ไม่เพียงแต่มีการเอาปริมาตรบางส่วนออกไปแล้วเท่านั้น แต่ยังสร้างพื้นผิวใหม่ขึ้นในเวลาเดียวกัน ลักษณะของพื้นผิวใหม่เหล่านี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของกระบวนการผลิตที่จะเลือกใช้ วิธีการที่ง่ายที่สุดในการอธิบายคือ การสร้างแบบจำลองของความสามารถของกระบวนการผลิตโดยใช้รูปร่างและลักษณะพื้นผิวที่ได้จากกระบวนการผลิต

หากลบปริมาตรที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ (Tool Sweep Volume) ไปตามเส้นทางการตัดเฉือนออกจากปริมาตรของชิ้นงานจะได้ปริมาตรของชิ้นงานที่ได้มีการนำเนื้อชิ้นงานออกแล้ว สิ่งที่เหลืออยู่บนชิ้นงานอาจเป็นผิวเรียบหรือร่องต่างๆ ซึ่งอาจถูกเรียกว่า รูปร่างที่สามารถแมชชีนได้ (Machinable Feature) โดยรูปร่างนี้ประกอบไปด้วยหลายๆหน้า (F_m, m = 1, ... M) แต่ละหน้าจะมีรูปร่าง ขนาด และคุณสมบัติของพื้นผิวเฉพาะของมันเอง ดังนั้นเราอาจสามารถกล่าวได้ว่า กระบวนการในการแมชชีนเป็นการทำงาน P หนึ่งๆ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

$$P_i(W) \rightarrow W'$$

$$W' := W - Vol_i$$

$$SA' := SA_i$$

โดย

Pi	:	กระบวนการ i
W	:	ชิ้นงาน
W'	:	ชิ้นงานหลังการแมชชีน
Voli	:	ปริมาตรที่เกิดจากกระบวนการ i
-	:	ตัวปฏิบัติการบูลลีน แสดงค่าแตกต่าง
SA'	:	คุณสมบัติของผิวของ Featureใหม่ที่ถูกสร้าง
SA_i	:	ผิวเพื่อใช้กำหนดความสามารถของกระบวนการ i

ก่อนที่จะมีการทำกระบวนการใดๆจะต้องพิจารณาข้อจำกัดต่างๆ ได้แก่ข้อจำกัดทางด้านรูปทรง (Geometric) เช่น ความสามารถเข้าทำงานของเครื่องมือตัด เป็นต้น และข้อจำกัดทางด้านเทคนิค (Technological) เช่น กำลังของเครื่องจักร และการเปลี่ยนรูปของวัสดุชิ้นงาน เป็นต้น ข้อจำกัดเหล่านี้

ถูกกำหนดโดยเครื่องมือตัด และเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิตที่กำหนด เครื่องมือตัดที่ใช้จะแตกต่างกันเพียงขนาด ชนิดวัสดุ และมุมการตัดเฉือน (Cutting Edge Angle) โดยลักษณะรูปทรงต่างๆไม่แตกต่างกัน ด้วยเหตุผลนี้ข้อจำกัดในด้านรูปทรงมักไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างเครื่องมือหรือเครื่องจักร แต่ถึงอย่างไรก็ตามข้อจำกัดทางด้านเทคนิคยังมีการเปลี่ยนแปลงตามชนิดของเครื่องมือหรือเครื่องจักร

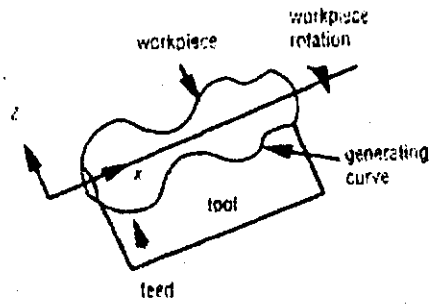
วิธีการสร้างรูปร่างของกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การขึ้นรูป (Forming) และ การสร้างรูปร่าง (Generating) (Schey, 1987) โดยทั้งสองวิธีล้วนนำเนื้อวัสดุออกจากชิ้นงานโดยอาศัยหนึ่งหรือหลายๆคมตัด (Cutting Edge) การแมชชีนนิ่งแบบขึ้นรูปจะได้พื้นผิวที่มีลักษณะเหมือนกับเครื่องมือตัดที่ใช้ เช่น การเจาะรูจะได้รูที่มีลักษณะตามเครื่องมือที่ใช้ เครื่องมือสำหรับงานขึ้นรูปนี้มักใช้ในการผลิตแบบปริมาณมากๆ ความแน่นอนของผิวที่ได้จะขึ้นอยู่กับความคมของเครื่องมือ การสั่นสะเทือนของเครื่องมือ และความร้อนที่เกิดขึ้นจากการตัดเฉือน เป็นต้น ในการแมชชีนนิ่งแบบการสร้างรูปร่างจะได้รูปทรงจากการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด เช่น ผิวงานกลึงมักถูกผลิตโดยเครื่องมือที่มีคมตัดเดียว และแม่พิมพ์มักถูกสร้างโดย Ball End Milling โดยมีเส้นทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือที่ซับซ้อน ความแม่นยำของวิธีการนี้มักขึ้นอยู่กับการกำหนดเส้นทางการตัดเฉือน

4.3.3 ความสามารถของกระบวนการผลิตในด้านต่าง ๆ

จากที่ได้กล่าวในตอนแรกความสามารถของกระบวนการผลิตจะพิจารณาจากด้านต่างๆ 4 ด้าน ได้แก่

1. ความสามารถในการสร้างรูปร่าง และขนาด
2. ความสามารถทางด้านค่าพิกัดความเผื่อของขนาด และรูปร่าง
3. ข้อจำกัดของกระบวนการทั้งในด้านเรขาคณิต และเทคนิค
4. ความสามารถทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการ

ความสามารถในการสร้างรูปร่าง (Shape Producing Capabilities) คือรูปร่างที่สามารถทำขึ้นได้โดยกระบวนการผลิตหนึ่งๆ โดยอาศัยวิธีการ 2 วิธี คือ การขึ้นรูป และการสร้างรูปร่าง ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างรูปร่าง ได้แก่ ผิวที่ถูกสร้าง (Generating Surface) และการเคลื่อนที่ที่ถูกสร้าง (Generating Motion) ผิวที่ถูกสร้าง คือ พื้นผิวที่ถูกตัดเฉือนโดยคมตัดระหว่างการหมุนของเครื่องมือ ส่วนการเคลื่อนที่ที่ถูกสร้าง คือ การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (Relative Motion) ระหว่างเครื่องมือและชิ้นงาน เช่น มีดกลึงซึ่งไม่มีการหมุน ผิวที่ถูกสร้างอาจเป็นรูปโค้ง ดังรูปที่ 4.6 จากรูปเครื่องมือที่ใช้เป็นชนิดพื้น



รูปที่ 4.6 การแมชชีนนิ่งแบบการสร้างรูปร่าง

ฐานชนิดหนึ่ง โดยมีคมตัดเป็นรูปโค้ง และไม่มีการหมุนของเครื่องมือ ผิวที่ถูกสร้างเป็นรูปโค้ง การเคลื่อนที่ของเครื่องมือเป็นการป้อนเข้าสู่ตัวชิ้นงาน ขณะที่ชิ้นงานหมุนรอบเส้นศูนย์กลาง การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ คือการหมุน (Rotation) ส่วนโค้งที่ถูกสร้างสามารถอธิบายได้โดยใช้สมการ $Z = f(x)$ และ รูปร่างที่ถูกสร้าง คือ $Z^2 + Y^2 = f^2(X)$

ในกรณีวิธีการสร้างรูปร่าง เป็นกระบวนการที่สามารถมีความซับซ้อนมาก ผิวที่ถูกสร้างอาจเป็นจุด (เช่น การกลึงโดยมีคมตัดเป็นจุดเดียว เป็นต้น) ส่วนโค้ง หรือเป็นพื้นผิว สำหรับการกลึงจุดเดียว การเคลื่อนที่ของเครื่องมือจะไปใน 2 ทิศทาง คือ แนวป้อนเข้า และแนวขวาง เส้นทางของเครื่องมือตัด สามารถอธิบายได้จาก $Z = f(x)$

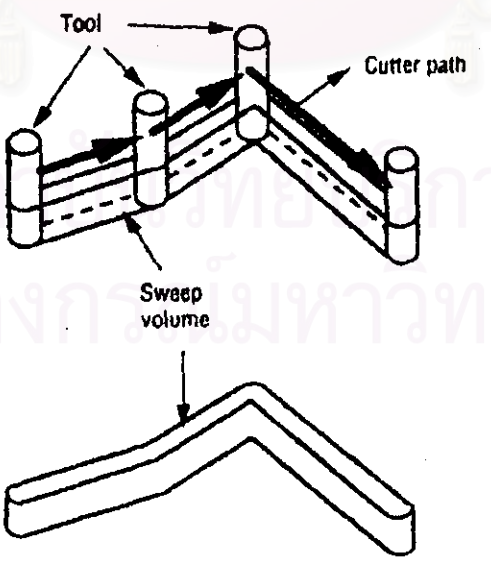
ในการกัด บอริ่ง และรีมมิ่ง การหมุนของเครื่องมือเป็นตัวสร้างพื้นผิว เช่น เครื่องมือกัดปาดหน้าซึ่งมีเม็ดมีดและคมตัดอยู่จำนวนหนึ่ง เมื่อแกนเครื่องมือตัดเริ่มหมุนเม็ดมีดเหล่านี้จะเริ่มต้นสร้างพื้นผิวที่มีรูปร่างเป็นวงแหวน โดยถ้าขอบเขตด้านในและด้านนอกของคมตัดเป็น r_1 และ r_0 ตามลำดับ และจุดศูนย์กลางของเครื่องมือตัดอยู่ที่ตำแหน่ง (X_0,Y_0) วงแหวนสามารถอธิบายได้โดยใช้สมการ

$$r_1^2 \leq (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \leq r_0^2$$

อีกตัวอย่างหนึ่ง คือ Ball End Mill มีผิวที่ถูกสร้างเป็นรูปลูกบอล แต่ถึงอย่างไรก็ตาม เราไม่สามารถใช้ผิวทรงกลมทั้งหมดในการตัดเฉือน ส่วนบนของรูปทรงกลมที่ยึดติดกับหัวจับเครื่องมือไม่มีคมตัด และไม่ใช่ส่วนที่ใช้สำหรับสร้างพื้นผิว เนื่องจากแกนการหมุนมีตลอดจนถึงส่วนปลายคมตัด ความเร็วตัดที่มีประสิทธิภาพที่ปลายคมตัดเป็นศูนย์ (ความเร็วตัด = $2 \pi r n$, โดย r เป็น Effective Radius ที่ Cutting Edge และ n คือ ความเร็วรอบของ Spindle) เมื่อ เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่ซับซ้อนเพื่อสร้างรูปร่างที่ซับซ้อน เราไม่สามารถอธิบายการสร้างรูปร่างนั้นโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์แบบง่ายๆได้รูปร่างที่ถูกสร้างโดยกระบวนการผลิตเหล่านั้นเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง รูปร่างของ

แต่ละส่วนที่ไม่ต่อเนื่องกันถูกสร้างโดยการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงและการหมุนกวาดเป็นวงกลม (Circular Sweeping) เช่นในรูปที่ 4.7 เครื่องมือกัดเคลื่อนที่กัดเป็นเส้นตรง 3 แนว ถึงแม้ว่าการเคลื่อนที่ของเครื่องมือเป็นแบบธรรมดาๆ แต่ปริมาตรของการกัดก็ยังไม่สามารถอธิบายโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์แบบธรรมดาได้ ถ้าหากกำหนดรูปทรงทางเรขาคณิตของเครื่องมือตัด และเส้นทางการเคลื่อนที่แล้ว อาจสามารถหาปริมาตรการกัดหรือพื้นผิวการกัดโดยใช้เครื่องมือจำลองรูปร่างได้

จากที่ได้กล่าวถึงข้างต้น จะเห็นได้ชัดเจนว่าความสามารถในการสร้างรูปร่างของกระบวนการแมชชีนนิ่ง จะพิจารณาจากรูปร่างทางเรขาคณิตของเครื่องมือที่ใช้ และลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือที่สามารถเป็นไปได้ กระบวนการผลิตแต่ละชนิดมีวิธีการเคลื่อนย้ายเนื้อวัสดุเฉพาะตัวของมันเอง การพิจารณาความสามารถในการสร้างรูปร่างของกระบวนการผลิตหนึ่งๆ จะพิจารณาจากกลุ่มของลักษณะรูปร่างของเครื่องมือ และ กลุ่มการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ ในรูปที่ 4.8 จะแสดงลักษณะคมตัดและลักษณะการเคลื่อนที่ของบางกระบวนการผลิต โดยส่วนที่เป็นเส้นทึบแสดงตำแหน่งคมตัด และหัวลูกศรแสดงทิศทางการหมุน และการป้อนของเครื่องมือ เช่น จากรูปสว่านจะมี 2 คมตัดซึ่งจะหมุนรอบแกนของเครื่องมือ ทิศทางการเคลื่อนที่เข้าตัดเฉือนป้อนลงไปในเนื้อชิ้นงาน เป็นต้น จากการศึกษาเรื่องเครื่องมือตัด และลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดจะทำให้ทราบถึงลักษณะรูปทรงพิเศษต่างๆที่สามารถผลิตได้โดยกระบวนการผลิตชนิดหนึ่งๆ ยกเว้นกรณีใช้เครื่องมือมีรูปร่างพิเศษ (Special Form Tools) รูปร่างที่สร้างได้โดยกระบวนการผลิตจะถูกจำกัดลง



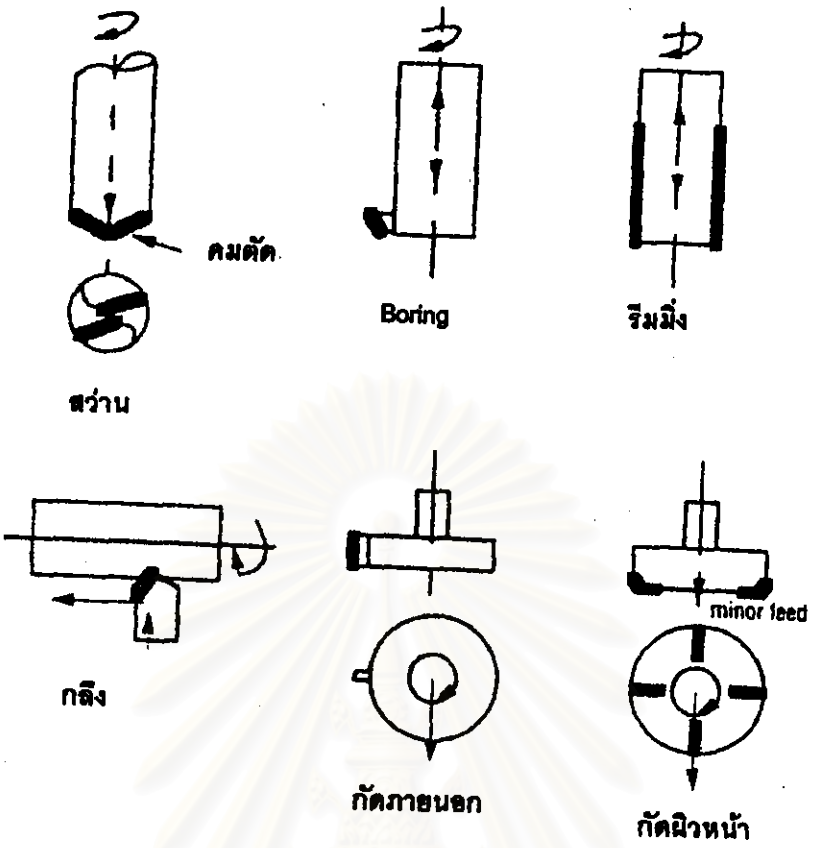
รูปที่ 4.7 ปริมาตรการกวาดไปมาของเครื่องมือตัดทำให้เกิดกระบวนการกัด

ในปัจจุบัน การอธิบายความสามารถสร้างรูปร่างของกระบวนการผลิตต่างๆยังไม่สามารถแสดงโดยสมการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ ระบบการวางแผนกระบวนการผลิตที่มีอยู่ส่วนใหญ่แสดงความสามารถการสร้างรูปร่างโดยอาศัยข้อความ (Symbolic Representation) รูปร่างที่ผลิตได้โดยกระบวนการผลิตหนึ่งจะถูกให้ชื่อ (Symbol) แบบชิ้นงานจะถูกแสดงแปลงให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

ความสามารถทางด้านขนาด ค่าพิกัดความเผื่อ และคุณภาพผิว นอกจากความสามารถในการสร้างรูปร่างของแต่ละกระบวนการ และเครื่องมือแล้ว ยังมีความสามารถในการสร้างขนาด ค่าพิกัดความเผื่อ และคุณสมบัติของพื้นผิวของตัวมันเอง ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการในการเจาะไม่สามารถเจาะรูที่มีขนาดและความลึกไม่จำกัดได้ และไม่สามารถเจาะรูที่มีขนาดเล็กแบบไม่จำกัดได้ ในความเป็นจริงการเจาะสามารถสร้างรูที่มีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นช่วงๆ (Discrete) นอกจากความสามารถทางด้านขนาดของทุกๆกระบวนการผลิตแล้วยังมีความสามารถด้านค่าพิกัดความเผื่อ และค่าความเรียบผิวของผิวสำเร็จ สำหรับการวางแผนกระบวนการผลิต เราจะเป็นต้องมีข้อมูลเหล่านี้ โดยจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบซึ่งสามารถเรียกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความสามารถทางด้านขนาด จะพิจารณาทั้งจากขนาดของเครื่องมือ และ/หรือ ลักษณะการทำงานของเครื่องจักร สำหรับกระบวนการผลิตที่ใช้วิธีการขึ้นรูป ความสามารถในการสร้างขนาดมักจะพิจารณาจากขนาดของเครื่องมือ เช่น กระบวนการเจาะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความลึกของรูที่สามารถทำได้ขึ้นอยู่กับขนาดของดอกสว่านที่มีอยู่ สำหรับวิธีการสร้างรูปร่างความสามารถทางด้านขนาดไม่เพียงแต่ถูกจำกัดโดยเครื่องมือที่ใช้เท่านั้น แต่ยังถูกจำกัดโดยเครื่องจักรที่ใช้กระทำกระบวนการเหล่านั้น เช่นในงานแมชชีนนิ่งแบบ 3 แกน แกน Z มักเป็นแกนหมุนของเครื่องมือ ถ้าเป็นการทำโพรง ระยะลึกมากที่สุดจะถูกจำกัดโดยความยาวของเครื่องมือ เมื่อพยายามป้อนให้ลึกยิ่งขึ้นแกนหมุนจะกระทบกับตัวชิ้นงาน แต่ในกรณีที่โพรงเปิดอยู่มีขนาดใหญ่เพียงพอให้แกนของเครื่องมือตัดสามารถเคลื่อนที่เข้าไปได้แล้ว ข้อจำกัดจะอยู่ที่ระยะการเคลื่อนที่ใกลสุดของแกนหมุน สำหรับแกน x และ y มีข้อจำกัดด้านขนาดคือ ข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ไปตามแกนต่างๆของเครื่องจักร

สำหรับกระบวนการสร้างรู ความลึกของรูที่สามารถแมชชีนได้จะสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องมือที่ใช้ กระบวนการเจาะโดยทั่วไปสามารถเจาะรูได้ลึก 3 ถึง 8 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู แต่ถึงอย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติจะจำกัดค่าอัตราส่วนระหว่าง ความลึกต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 4 โดยรูที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างความลึกต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่านี้จะต้องทำการเจาะด้วยกระบวนการเจาะรูลึก (Deep Hole Drilling Process) เช่น Gun Drill เป็นต้น ความ



รูปที่ 4.8 ลักษณะคมตัด และทิศทางการป้อน

สามารถอาจถูกจำกัดโดยการเปลี่ยนรูปของเครื่องมือ การเสียดสีระหว่างเครื่องมือตัดกับผนังของรู และ การไหลของเศษ

การพิจารณาความสามารถทางด้านค่าพิกัดความเผื่อเป็นเรื่องซับซ้อนมาก มีหลายๆปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของกระบวนการผลิต เช่น การสึกหรอและการเปลี่ยนรูปของเครื่องมือตัด ความร้อนที่ก่อตัวขึ้นระหว่างเครื่องมือและชิ้นงาน การประกอบเครื่องมือตัดที่ไม่ตรงศูนย์ และความผิดพลาดของอุปกรณ์จับยึด เป็นต้น จึงเป็นการยากที่จะระบุค่าความสามารถทางด้านค่าพิกัดความเผื่อให้ได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นหนทางเดียวที่เป็นไปได้ก็คือใช้ประสบการณ์ และหนังสือคู่มือต่างๆ โดยค่าความสามารถทางด้านค่าพิกัดความเผื่อของแต่ละโรงงานควรมีการเก็บข้อมูลและปรับปรุงค่าความสามารถให้มีความทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

ข้อจำกัดของกระบวนการผลิต ความสามารถของกระบวนการผลิตจะพิจารณาจากความสามารถในการสร้างรูปร่าง และขนาดนั้นไม่พอเพียง กระบวนการผลิตต้องพิจารณาข้อจำกัดอื่นๆก่อน

ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ โดยทั่วไปข้อจำกัดเหล่านี้ประกอบไปด้วยข้อจำกัดทางด้านรูปทรง (Geometric Constraints) และ ข้อจำกัดทางเทคนิค (Technological Constraints)

ตัวอย่างของข้อจำกัดทางด้านรูปทรง เช่น การชนกันระหว่างชิ้นส่วนเครื่องมือตัดส่วนที่ไม่ได้ตัดเฉือน กับตัวชิ้นงาน เป็นต้น ลักษณะรูปทรงของเครื่องมือเป็นสาเหตุทำให้เกิดข้อจำกัดต่างๆเนื่องมาจากส่วนของเครื่องมือที่ไม่มีหน้าที่ตัดเฉือน ยกตัวอย่างเช่น เราไม่สามารถ Bore Ream หรือ Broach ถ้าไม่มีรูนั้นอยู่ก่อน จากรูป 4.8 เห็นได้ชัดว่าเครื่องมือสำหรับ Boring และ Reaming มีมุมคมตัดอยู่บนด้านนอกของเครื่องมือทำให้สามารถนำเนื้อวัสดุออกจากผนังรูเป็นแผ่นบางๆเท่านั้น หากไม่มีการเตรียมรูไว้ก่อนส่วนปลายของเครื่องมือจะชนกับผิวชิ้นงาน อีกตัวอย่างหนึ่งเช่น หากต้องการกัดโพรงที่มีความลึกกว่าความยาวของเครื่องมือแล้ว มีดกัดไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้เนื่องจากอุปกรณ์จับยึดมีดกัดและแกนหมุนของเครื่องมือจะชนผิวชิ้นงานเสียก่อน การพิจารณางานออกแบบในภาพรวมเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีการชนกันระหว่างเครื่องมือ กับชิ้นส่วนอื่นๆ ในระหว่างการตัดเฉือน

ข้อจำกัดทางด้านเทคนิคเป็นอีกส่วนหนึ่งในการกำหนดความสามารถของกระบวนการผลิต เช่น การสร้างรูบนผิวลาดเอียง ซึ่งปลายดอกสว่านสามารถลื่นไถลบนพื้นเอียงได้ ดังนั้นตำแหน่ง และรูปร่างของรูจึงยากในการควบคุม อีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่ แรงที่เกิดขึ้นในการตัดเฉือนซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนรูปของชิ้นงาน และจะถูกนำไปใช้ในการกำหนดวิธีการในการจับยึดชิ้นงานต่อไป

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นปัจจัยหลักในการกำหนดต้นทุนของกระบวนการผลิต สำหรับการผลิตแบบจำนวนมากจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ก่อนทำการเลือกชนิดกระบวนการผลิต หรือเมื่อมีทางเลือกของกระบวนการผลิตมากกว่าหนึ่งทางเลือกจึงมีการเปรียบเทียบโดยอาศัยต้นทุนการผลิตจากทั้งสองกระบวนการ โครงสร้างของต้นทุนประกอบไปด้วย ต้นทุนแรงงาน ต้นทุนค่าโสหุ้ยของเครื่องจักร ต้นทุนการเปลี่ยนเครื่องมือตัด และต้นทุนเครื่องมือตัด ระบบที่ทำการศึกษาหากมีทางเลือกของกระบวนการผลิตมากกว่าหนึ่งกระบวนการจะทำการพิจารณากระบวนการผลิตที่ใช้เวลาในการผลิตต่ำที่สุดสำหรับแต่ละพื้นผิวที่ต้องการทำการแมชชีนนิ่ง

4.3.4 ตัวอย่างการนำเสนอความสามารถของกระบวนการผลิต

ในระบบที่ทำการศึกษาจะอาศัยความสามารถของกระบวนการในระดับทั่วไปซึ่งรวบรวมจากคู่มือการตัดเฉือนวัสดุ แคตตาล็อตเครื่องมือตัด และประสบการณ์ของผู้วางแผนกระบวนการผลิต จากที่

ได้กล่าวมาแล้วว่าโครงสร้างของข้อมูลความสามารถของกระบวนการผลิตมีลักษณะไม่แตกต่างกันจะแตกต่างกันก็เพียงข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนเท่านั้น ดังนั้นหากมีการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตของโรงงานก็สามารถนำมาปรับปรุงข้อมูลฐานความรู้ของกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตที่มีอยู่จริงได้

ส่วนการเลือกชนิดกระบวนการผลิตประกอบไปด้วยฐานความรู้ของกระบวนการผลิตชนิดต่างๆ ข้อมูลที่ป้อนเข้าเพื่อเลือกชนิดกระบวนการผลิตจะเป็นข้อมูลของลักษณะรูปร่างพิเศษที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม AutoCAD ฐานความรู้ของกระบวนการผลิตพัฒนาขึ้นโดยโปรแกรมภาษา AutoLISP โดยกฎเกณฑ์ในการเลือกชนิดกระบวนการผลิตจะอยู่ในรูปแบบของ IF ..... Then ..... ตัวอย่างของกฎเกณฑ์ของการเลือกสว่านคมเลื่อยแสดงไว้ตอนท้ายของหัวข้อนี้ ตัวแปร feat แสดงถึงรูปร่างที่ต้องการทำการแมชชีนนิ่ง จากตัวอย่างสามารถแปลความหมายได้ดังนี้ ถ้ารูปร่างของพื้นผิวที่ต้องการเป็นรูทะลุ (Through) หรือ รูตันสามารถทิ้งรอยไว้ที่ก้นรูได้ (Drill Mark) อัตราส่วนระหว่างความลึกและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10.5 ถึง 38 เซนติเมตร ความร่วมศูนย์ต้องไม่ต่ำกว่า $0.05+0.0005(\text{ความลึก} / \text{เส้นผ่านศูนย์กลาง})^3$ ความเที่ยงความกลมไม่ต่ำกว่า 0.1 และความร่วมศูนย์ไม่ต่ำกว่า $0.025(\text{เส้นผ่านศูนย์กลาง})^{0.3}$ หากเงื่อนไขทั้งหมดข้างต้นเป็นจริงแสดงว่า Twist Drill เป็นทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้ จากนั้นทำการค้นหา Twist Drill จากฐานข้อมูลของ Twist Drill ต่อไป

```
;
; twist drill
;
        (if (and
                (or (= feat "THROUGH") (= feat "DRILL_MARK"))
                (< (/ length diameter) 10)
                (>  diameter 10.50)
                (<= diameter 38.00)
                (>= straightness (+ 0.05 (* 0.0005 (expt (/ length diameter) 3))))
                (>= circularity 0.1)
                (>= concentricity (* 0.025 (expt d 0.3)))
                (or (and (>= sf 3.125) (<= sf 12.5))))
        (progn
                (setq tool (twist_drill diameter length len sf hbn))
                (if (/= tool nil)
                   (progn
                        (setq tool (cons 0 tool)) ;decision on intermediate process
                        (setq finish (cons tool finish))))
```

4.4 การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวางแผนกระบวนการผลิต

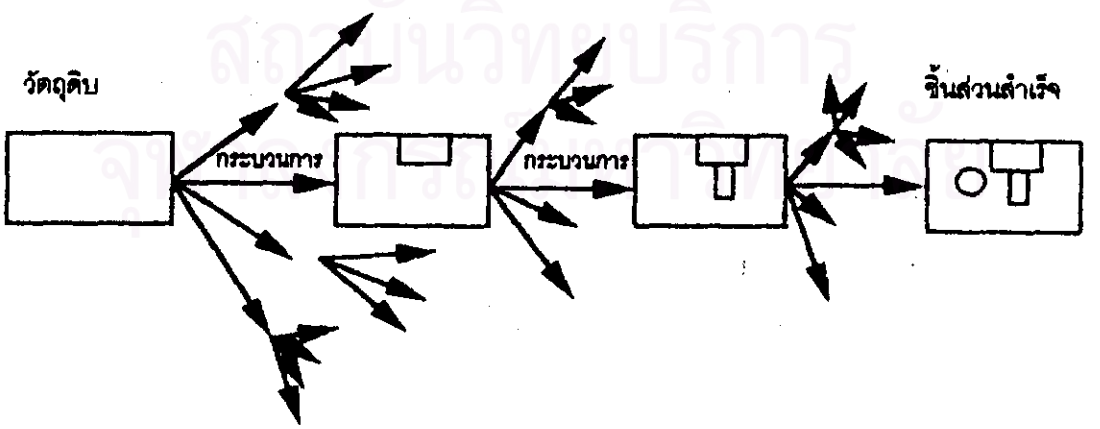
ในการแก้ปัญหาการวางแผนกระบวนการผลิตด้วยการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ นอกจากมีฐานความรู้ของความสามารถของกระบวนการผลิตแล้ว ยังต้องมีกลไกในการควบคุมการเลือกกระบวนการผลิตหรือเรียกว่า Inference Engine ในส่วนนี้จะกล่าวถึง วิธีการต่างๆที่ใช้เลือกชนิดกระบวนการผลิต รวมทั้ง การวางแผนกระบวนการผลิตในส่วนอื่นๆ ได้แก่ การเลือกเครื่องมือ การกำหนดสภาวะการตัดเฉือน และการเลือกเครื่องจักร เป็นต้น

4.4.1 กลไกในการเลือกชนิดกระบวนการผลิต

หากแบ่งตามทิศทางการวางแผน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวางแผนไปข้างหน้า (Forward Planning) และ การวางแผนย้อนกลับ (Backward Planning)

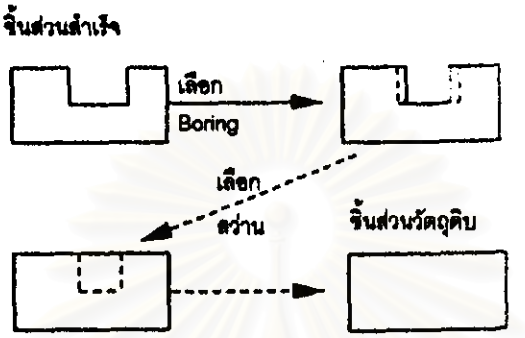
การวางแผนไปข้างหน้า หมายถึงการค้นหาแผนกระบวนการผลิตโดยเริ่มจากชิ้นงานวัตถุดิบจนกระทั่งได้ชิ้นงานสำเร็จตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.9

การวางแผนย้อนกลับ จะเริ่มวางแผนกระบวนการผลิตจากชิ้นส่วนสำเร็จและวางแผนย้อนกลับจนได้ชิ้นส่วนวัตถุดิบ รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างการวางแผนกระบวนการย้อนกลับของการสร้างรูโดยกฎเกณฑ์ของกระบวนการ Boring คือ ถ้าลักษณะรูปร่างเป็นรู และมีค่าระดับความเรียบผิวมากกว่า 20 ไมโครนิ้ว จะเลือกกระบวนการ Boring และลดขนาดรูลง 0.01 โดยมีระดับความเรียบผิว 500



รูปที่ 4.9 การวางแผนกระบวนการผลิตแบบไปข้างหน้า

ไมโครนิ้ว จากรูปที่ 4.10 เมื่อพิจารณาชิ้นงานสำเร็จได้เลือกกระบวนการ Boring เป็นอันดับแรก แต่การ Boring สามารถขยายรูที่มีอยู่เดิมเท่านั้น ดังนั้นต้องมีกระบวนการก่อนหน้าซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลดลง 0.01 และระดับความเรียบผิว 500 ไมโครนิ้ว จึงเลือกกระบวนการเจาะ จากนั้นรูที่ต้องการก็จะหายไป



รูปที่ 4.10 การวางแผนแบบย้อนกลับสำหรับการสร้างรู

4.4.2 ส่วนอื่น ๆของการวางแผนกระบวนการผลิต

การกำหนดสภาวะการตัดเฉือน รวมถึง อัตราการป้อน และความเร็วตัด ค่าสภาวะการตัดเฉือนมักขึ้นอยู่กับวัสดุเครื่องมือตัด วัสดุชิ้นงาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องมือตัด และความลึกการตัดเฉือน ระบบส่วนใหญ่จะกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือนโดยการเปิดตาราง เนื่องจากมีหลายองค์ประกอบให้พิจารณาดังนั้นการจัดเก็บข้อมูลจึงต้องอาศัยฐานข้อมูลที่ใหญ่ และไม่เหมาะสมที่จะจัดเก็บข้อมูลอยู่ในรูปของฐานความรู้

การ Optimization แผนกระบวนการผลิต เป้าหมายของการวางแผนกระบวนการผลิต คือ การพิจารณากลุ่มของกระบวนการผลิตที่ประหยัดที่สุดที่สามารถสร้างชิ้นงานที่กำหนด มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนของการผลิต หากเราเลือกเครื่องมือตัดตามความเหมาะสมในการแมชชีนนิ่งแล้วอาจจำเป็นต้องมีการเก็บสต๊อคเครื่องมือตัดไว้เป็นจำนวนมาก ซึ่งต้นทุนค่าเครื่องมือตัดอาจสูงกว่าต้นทุนค่าแมชชีนนิ่ง ดังนั้นเป้าหมายที่สำคัญที่สุด คือ ลดจำนวนเครื่องมือตัดที่ต้องใช้ ลดจำนวนครั้งการปรับตั้งชิ้นงาน ลดจำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้ และลดจำนวนเครื่องมือที่ต้องเปลี่ยน

การเลือกเครื่องมือตัด ต้องมีการตัดสินใจในหลายๆด้านในการเลือกเครื่องมือตัด เครื่องมือมีความหลากหลายทางด้าน ชนิดของเครื่องมือ ลักษณะรูปทรง (มุมหลบ มุมตัด และมุมคาย เป็นต้น)

วัสดุของเครื่องมือ (เหล็กรอบสูง คาร์ไบด์ และเหล็กแข็งชนิดอื่นๆ) ขนาดของเครื่องมือ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความยาว เป็นต้น) และส่วนประกอบของเครื่องมือ (เม็ดมีด และที่จับยึดเครื่องมือ เป็นต้น) การเลือกชนิดของเครื่องมือจะพิจารณาจากชนิดกระบวนการผลิต ส่วนการพิจารณาในส่วนอื่นๆ จะพิจารณาจากชนิดวัสดุชิ้นงาน ค่าความแข็งของชิ้นงาน ทิศทางการป้อน และขนาดของลักษณะรูปร่างพิเศษ เป็นต้น การเลือกแผนกระบวนการผลิตที่เหมาะสมควรเป็นแผนที่ใช้เครื่องมือน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ในงานกัดควรเลือกเครื่องมือที่สามารถใช้ได้กับหลายๆพื้นผิวซึ่งในบางครั้งอาจไม่เหมาะสมที่สุดสำหรับบางพื้นผิวก็ได้ เนื่องจากเครื่องมือที่มีใช้ในบางโรงงานมีจำนวนมากดังนั้นการจัดเก็บข้อมูลควรเก็บอยู่ในรูปของฐานข้อมูลจะมีความเหมาะสมกว่าการจัดเก็บโดยใช้ฐานความรู้

การเลือกเครื่องจักร มีลักษณะเหมือนการเลือกเครื่องมือ เนื่องจากเครื่องจักรมีคุณสมบัติที่เฉพาะและมีจำนวนจำกัดในแต่ละโรงงาน ดังนั้นจึงสามารถจัดเก็บอยู่ในรูปของฐานความรู้ของเครื่องจักรได้ คุณลักษณะของเครื่องจักรที่จำเป็นในการพิจารณาเลือกเครื่องจักรได้แก่ ชนิดของเครื่องจักร ชนิดกระบวนการผลิต ขนาดของโต๊ะทำงาน กำลังของแกนหมุน ชนิดของแกนหมุน ช่วงของอัตราการป้อนและความเร็วรอบ ความแม่นยำ และราคา เป็นต้น การเลือกเครื่องจักรต้องให้สัมพันธ์กับกำลังที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งได้จากการคำนวนเมื่อมีการกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย