บทที่ 3

การวางแผนกระบวนการผลิต

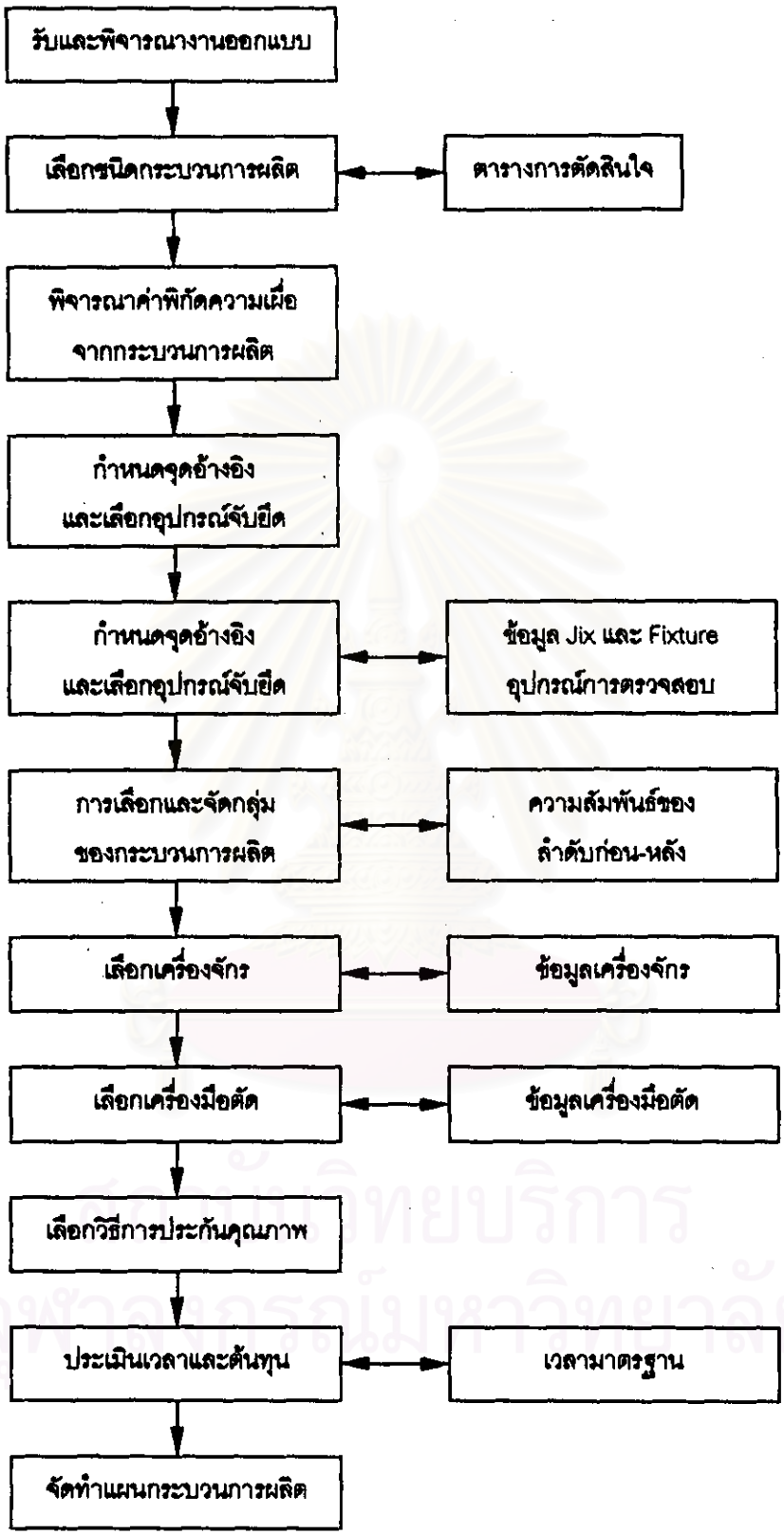
บทนี้ในส่วนแรกจะกล่าวถึงขั้นตอนการวางแผนกระบวนการผลิตสำหรับงานแมชชีนนิ่ง เนื่องจากงานวิจัยนี้ครอบคลุมเฉพาะการเลือกชนิดกระบวนการผลิต การเลือกเครื่องมือ การกำหนดสภาวะการตัดเฉือนของการสร้างรู และการกัดปาดหน้า ดังนั้นในส่วนที่ 2 และ 3 จะกล่าวถึงการวางแผนกระบวนการสร้างรู และการวางแผนกระบวนการกัด ตามลำดับ พร้อมยกตัวอย่างประกอบเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

3.1 ขั้นตอนการวางแผนกระบวนการผลิตในงานแมชชีนนิ่ง

การวางแผนกระบวนการผลิต คือกระบวนการในการพิจารณาวิธีการผลิตสินค้า โดยการวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ต้องการผลิต และตัดสินใจเลือกวิธีการผลิตในขั้นตอนต่างๆ ในความเป็นจริงการวางแผนกระบวนการผลิตมีส่วนเกี่ยวข้องตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบซึ่งเราจะต้องมีการพิจารณาความสามารถในการผลิตชิ้นงานที่ถูกออกแบบ ความสามารถของกระบวนการผลิตชนิดต่างๆจะถูกใช้เป็นข้อจำกัดของการออกแบบ และก่อนที่จะได้เป็นแบบชิ้นงานที่สมบูรณ์การวางแผนกระบวนการผลิตก็จะเข้าไปมีส่วนช่วยในการพิจารณาความยากง่ายในการผลิตซึ่งจะมีผลต่อต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆเข้ามาเกี่ยวข้อง งานออกแบบที่ผ่านการรับรองจากฝ่ายออกแบบจะถูกส่งไปยังฝ่ายผลิต ผู้วางแผนกระบวนการผลิตจะทำการกำหนดรายละเอียดการผลิตชิ้นงานในขั้นตอนต่างๆ โดยรายละเอียดดังกล่าวอาจรวมถึง ลำดับการทำงานของกระบวนการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ ชนิดเครื่องมือตัด ชนิดอุปกรณ์จับยึดและวิธีการจับยึด ค่าสภาวะการตัดเฉือน และวิธีการตรวจสอบและทดสอบคุณภาพของชิ้นงาน เป็นต้น

เนื่องจากขั้นตอนการวางแผนมักแตกต่างกันตามวิธีการและประสบการณ์ของผู้วางแผนแต่ละคน งานวิจัยนี้ได้อาศัยขั้นตอนการวางแผนจากทฤษฎีการวางแผนกระบวนการผลิต แคตตาล็อคเครื่องมือตัด และข้อมูลจากโรงงานที่ทำการศึกษา กล่าวโดยสรุปการวางแผนกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้ (ดังรูปที่ 3.1)

การวิเคราะห์แบบเบื้องต้น เมื่อผู้วางแผนกระบวนการผลิตได้รับแบบของชิ้นงาน ผู้วางแผนต้องพิจารณารายละเอียดต่างๆที่กำหนดไว้ในแบบซึ่งได้แก่



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวางแผนกระบวนการผลิต

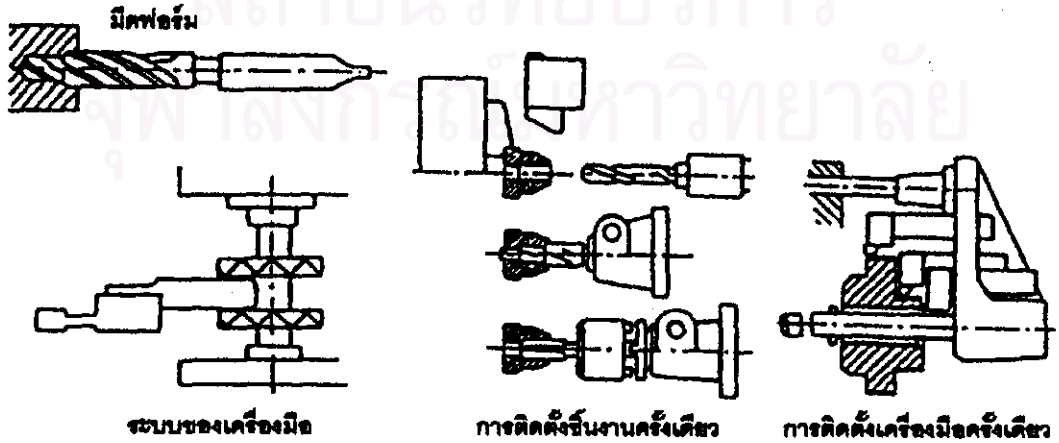
- ลักษณะรูปทรง ซึ่งมีผลต่อการเลือกชนิดกระบวนการผลิต เช่น หากชิ้นงานมีลักษณะสมมาตร การสร้างรูอาจพิจารณาการใช้กระบวนการกลึงซึ่งสามารถสร้างรูหลายๆระดับได้โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของเครื่องมือสัมพันธ์กับชิ้นงาน นอกจากนี้ผู้วางแผนกระบวนการผลิตยังต้องพิจารณาความแข็งแกร่งของชิ้นงานในขณะแมชชีนนิ่ง และการไม่เปลี่ยนรูปจากแรงจับยึดด้วยวิธีการปกติอีกด้วย

- ขนาดและค่าพิกัดความเผื่อ โดยการเปรียบเทียบกับความสามารถของกระบวนการผลิตที่มีอยู่ หากแบบชิ้นงานกำหนดให้มีขนาดพิเศษ เช่น เล็กมากๆ อาจจำเป็นต้องเลือกเครื่องมือตัดที่มีลักษณะพิเศษ หรือหากกำหนดให้ค่าพิกัดความเผื่อต่ำมากๆ เช่น ต่ำกว่า 0.0001 มม.อาจจำเป็นต้องใช้กระบวนการพิเศษ เช่น การเจียรไน เป็นต้น

- ค่าพิกัดความเผื่อทางด้านรูปทรง จะเป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์ของพื้นผิวที่ต้องทำการแมชชีนนิ่ง ซึ่งอาจต้องมีการจัดกลุ่มพื้นผิวเหล่านี้ กลุ่มของพื้นผิวที่มีความสัมพันธ์กันเหล่านี้เรียกว่า "พื้นผิวที่มีความสัมพันธ์กัน (Associated Surface)" วิธีการสร้างพื้นผิวที่มีความสัมพันธ์กันอาจอาศัยวิธีการหนึ่งในสี่ของวิธีการต่อไปนี้ 1) การใช้เครื่องมือตัดสำหรับสร้างรูปร่างเฉพาะ (Form Tool) 2) การอาศัยระบบของเครื่องมือ 3) การติดตั้งชิ้นงานครั้งเดียวและทำหลายกระบวนการ และ 4) การติดตั้งเครื่องมือเป็นชุด ดังรูปที่ 3.2

- ค่าความเรียบผิว มักใช้ในการเลือกชนิดกระบวนการผลิต โดยหากกำหนดระดับความเรียบผิวที่กระบวนการพื้นฐานไม่สามารถทำได้ เช่น R_a เท่ากับ 0.1 เป็นต้น อาจจำเป็นต้องใช้กระบวนการพิเศษ เช่น การเจียรไน เป็นต้น

- ชนิดวัสดุ และความแข็งของวัสดุ จะเป็นตัวกำหนดค่าสภาวะของการตัดเฉือน และวิธีการในการจับยึดชิ้นงาน เช่น วัสดุชิ้นงานเป็นเหล็กหล่ออาจจำเป็นต้องใช้แรงในการจับยึดสูงกว่าชิ้นงานที่เป็นอลูมิเนี่ยมเนื่องจากแรงที่เกิดจากการตัดเฉือนมีสูงกว่า แต่ทั้งนี้แรงในการจับยึดต้องไม่ทำให้รูปร่าง



รูปที่ 3.2 วิธีการสร้างพื้นผิวที่มีความสัมพันธ์กัน

ของชิ้นงานบิดเบี้ยวในขณะจับยึด

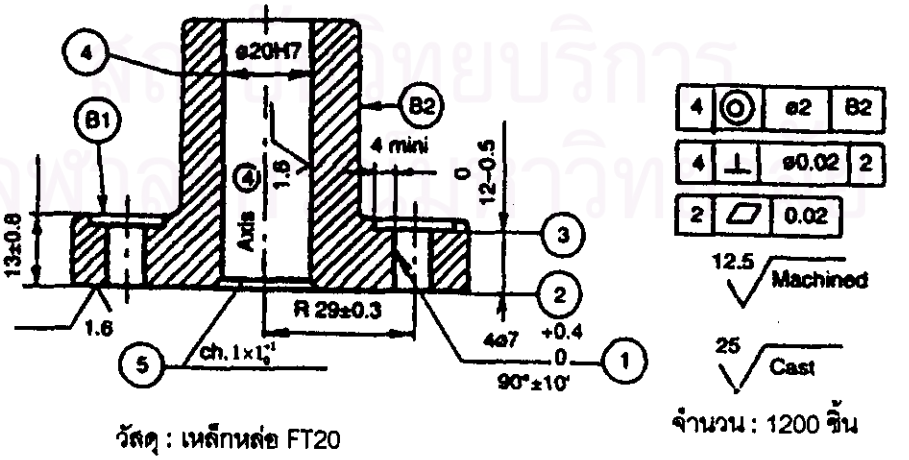
- จำนวนการผลิตต่อชุด จะเป็นตัวกำหนดชนิดของกระบวนการขึ้นรูปวัตถุดิบ เวลามาตรฐานสำหรับการผลิต วิธีการจับยึด และชนิดของเครื่องจักร เป็นต้น

ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบในเบื้องต้น จากรูปที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์แบบในเบื้องต้นมีดังนี้

- จากลักษณะรูปร่างของชิ้นงาน เพื่อต้องการลดจำนวนเนื้อวัสดุที่ต้องเสียไปในงานแมชชีนนิ่ง จะพิจารณาให้มีการขึ้นรูปวัตถุดิบด้วยวิธีการหล่อด้วยแบบหล่อทราย แล้วทำการแมชชีนนิ่งตบแต่งให้ได้ขนาดตามที่ต้องการอีกครั้ง
- จากการพิจารณารูปร่างทั่วไปของชิ้นส่วน มีลักษณะแข็งแกร่งดี จึงน่าจะมีความมั่นคงในขณะทำการผลิต และไม่จำเป็นต้องออกแบบอุปกรณ์จับยึดชนิดพิเศษ
- ระดับความแม่นยำที่กำหนดในแบบไม่สูงเกินไป ดังนั้นจึงสามารถผลิตได้โดยกระบวนการแมชชีนนิ่งชนิดพื้นฐาน ไม่ต้องการกระบวนการพิเศษแต่อย่างใด
- จำนวนการผลิตต่อชุดมีขนาดปานกลาง จึงไม่ต้องการอุปกรณ์จับยึดชนิดพิเศษ
- กระบวนการที่ต้องใช้ในการผลิต ได้แก่ การกลึง Boring และการเจาะ

ก่อนจะกล่าวถึงการวางแผนกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆต่อไป ต้องทำความเข้าใจความหมายของคำ 3 คำที่ใช้ในงานแมชชีนนิ่ง ได้แก่

- การทำงาน (Operation) ได้แก่ กระบวนการที่กระทำโดยเครื่องมือตัดใดๆ
- งานย่อย (Subjob) ได้แก่ การทำงานทั้งหมดที่กระทำเมื่อมีการจับยึดชิ้นงานครั้งหนึ่ง
- งาน (Job) ได้แก่ การทำงานทั้งหมดที่กระทำบนเครื่องจักรหนึ่งๆ



วัสดุ : เหล็กหล่อ FT20

จำนวน : 1200 ชิ้น

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างแบบชิ้นงาน

การเลือกชนิดกระบวนการผลิต เครื่องมือตัด และค่าสภาวะการตัดเฉือน สำหรับในแต่ละชิ้นส่วนจะประกอบไปด้วยลักษณะรูปร่างพิเศษ (Feature) จำนวนหนึ่งซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยชนิดกระบวนการแมชชีนชนิดต่างๆ เช่น กรณีชิ้นงานตัวอย่างในรูป 3.3 รายละเอียดของกระบวนการและเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับสร้างลักษณะรูปร่างพิเศษต่างๆที่ระดับความแม่นยำและระดับความเรียบผิวที่ต้องการแสดงดังตารางที่ 3.1 ในบางพื้นผิวเช่น พื้นผิวที่ (2) อาจทำการสร้างได้จากกระบวนการผลิต 2 ชนิด และด้วยการตัดผ่านหลายครั้ง ได้แก่ การสร้างผิวหยาบ และตามด้วยการสร้างผิวสำเร็จ การจะเลือกกระบวนการผลิตชนิดใดนั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องจักรที่มีอยู่ สำหรับพื้นผิวที่ (4) อาจต้องทำการตัดผ่านถึง 3 ครั้ง (สร้างผิวหยาบ สร้างผิวกึ่งสำเร็จ และสร้างผิวสำเร็จ) เพื่อให้ได้รูปร่างที่มีความแม่นยำตามต้องการ จำนวนเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละกระบวนการจะบันทึกอยู่ในสดมภ์สุดท้ายในตาราง 3.1 การพิจารณาจำนวนเครื่องมือ และจำนวนครั้งของการตัดผ่านจะพิจารณาจากค่าพิกัดความเผื่อที่ต้องการ เช่น พื้นผิวที่ (2) มีค่าพิกัดความเผื่อของตำแหน่งเท่ากับ $\pm$ 0.8 และค่าพิกัดความเผื่อสำหรับความราบเท่ากับ 0.02 และระดับความเรียบผิวเท่ากับ R_a 1.6 ซึ่งสามารถผลิตได้ทั้งเครื่องมือกัด และเครื่องมือปาดผิวในงานกลึง การพิจารณาความจำเป็นสำหรับการตัดผ่านในครั้งที่สองนั้นขึ้นอยู่กับค่าของรูปทรง ความเรียบผิว และค่าพิกัดความเผื่อที่สามารถทำได้โดยกระบวนการที่มีอยู่ (การกัด หรือการกลึง) ส่วนในการเลือกค่าสภาวะการตัดเฉือน (ความเร็วรอบ อัตราการป้อน ความลึกการตัดเฉือน จำนวนครั้งการตัดผ่าน น้ำหล่อเย็น เป็นต้น) จะกล่าวโดยละเอียดในส่วนต่อไป

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือต่างๆที่ถูกเลือกในแต่ละกระบวนการผลิตสำหรับชิ้นงานตัวอย่าง (รูปที่ 3.3)

พื้นผิว	ข้อกำหนดจากแบบ	เครื่องมือตัด			จำนวนเครื่องมือ
		งานหยาบ	งานกึ่งสำเร็จ	งานสำเร็จ	
(1)	$\varnothing 7^{+0.4}_{0}$; R_a 12.5; 29 ± 0.3	มีดกัด หรือ เครื่องมือปาดผิว	การเจาะ	การเจาะ	1
(2)	13 ± 0.8; R_a 1.6; *flatness* 0.02			มีดกัด หรือ เครื่องมือปาดผิว	1 - 2
(3)	$12^{\circ}_{-0.5}$; R_a 12.5			Countersinking	1
(4)	$\varnothing 20H7$; R_a 1.6 *concentricity* $\varnothing 2$; *perpendicular* 0.02	การเจาะ	Tool on Bar	Reamer	3
(5)	*Chamfer* $1 \times 1^{+1}_{0}$			เครื่องมือสำหรับ Chamfering	1

การจัดกลุ่มกระบวนการผลิต ขั้นตอนต่างๆที่ผ่านมาจะพิจารณากระบวนการผลิตสำหรับแต่ละพื้นผิว โดยยังไม่มีการพิจารณาข้อกำหนดทางด้านการกำหนดตำแหน่ง และความสัมพันธ์ของแต่ละพื้นผิว การผลิตชิ้นงานให้มีค่าพิกัดความเผื่อทั้งทางด้านตำแหน่ง และรูปร่างตามที่กำหนดนั้น อาจต้องมีการจัดกลุ่มของการทำงาน (Operation) เข้าเป็นงาน (Job) เดียวกัน หรือมีการติดตั้งชิ้นงานเพียงครั้งเดียว คุณภาพของงานที่ได้จะขึ้นอยู่กับระดับความแม่นยำของเครื่องจักร เช่น จากรูปตัวอย่าง พื้นผิว (2) และ (4) มีค่าพิกัดความเผื่อของความตั้งฉากเท่ากับ 0.02 จากข้อกำหนดนี้ทำให้พื้นผิวทั้งสองเป็นพื้นผิวที่มีความสัมพันธ์กันซึ่งสามารถสร้างพื้นผิวทั้งสองได้โดยการติดตั้งชิ้นงานบนเครื่องกลึงและสร้างพื้นผิวทั้งสองในครั้งเดียว นอกจากการรวมการทำงานตามความสัมพันธ์ของพื้นผิวแล้ว อาจพิจารณาการรวมการทำงานจากเหตุผลทางด้านการประหยัด เช่น การรวมการทำงานของพื้นผิว (5) และกลุ่มการทำงานของพื้นผิว (2) และ (4) เข้าด้วยกัน และกลุ่มการทำงานของพื้นผิว (1) และ (3) เข้าเป็นงานเดียวกัน

การเลือกเครื่องจักร ให้เหมาะสมกับงานต่างๆที่ได้กำหนดไว้จากขั้นตอนก่อนหน้า หลักเกณฑ์ในการเลือก ได้แก่ จำนวนเครื่องมือตัดที่ต้องใช้ จำนวนการผลิตต่อชุดที่ต้องการซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเวลามาตรฐานในการผลิตต่อชิ้น และระดับความแม่นยำของกระบวนการผลิตที่ถูกเลือก

จากตัวอย่างชิ้นส่วนในรูปที่ 3.3 เครื่องกลึงเหมาะสำหรับงานผลิตพื้นผิว (2) (4) และ (5) มากกว่าเครื่อง Boring ซึ่งต้องใช้เครื่องมือมากกว่า และการปรับตั้งเครื่องมือทำได้ยากกว่า การพิจารณาชนิดของเครื่องกลึงจะพิจารณาจากจำนวนการผลิตต่อชุด โดยเครื่องกลึงแต่ละชนิดจะมีระดับความแม่นยำและกำลังการผลิตแตกต่างกัน ตัวอย่างเครื่องกลึงชนิดต่างๆเช่น เครื่องกลึงกึ่งอัตโนมัติ เครื่องกลึงอัตโนมัติ และเครื่องกลึงซีเอ็นซี เป็นต้น

ข้อมูลความสามารถของเครื่องจักรที่ผู้วางแผนใช้ตัดสินใจเลือกเครื่องจักร เช่น เวลาการตั้งเครื่อง ต้นทุนต่อหน่วยเวลาผลิต และความยืดหยุ่นของเครื่องจักร เป็นต้น

การตัดสินใจอีกส่วนหนึ่งอาจเป็นการตัดสินใจเลือกระหว่างเครื่องจักรอเนกประสงค์ หรือเครื่องจักรเฉพาะงาน ลักษณะของเครื่องจักรอเนกประสงค์มีต้นทุนต่อหน่วยเวลาผลิตสูง การปรับตั้งเครื่องมือใช้เวลานาน การจับยึดของชิ้นส่วนบนอุปกรณ์จับยึดอาศัยการส่งถ่ายค่าพิกัดความเผื่อซึ่งอาจเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต และเป็นการใช้ความสามารถที่มีอยู่ของเครื่องจักรอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ข้อดีของเครื่องจักรชนิดนี้ คือ มีความยืดหยุ่นสูง และเหมาะสมกับการผลิตชิ้นงานชิ้นเดียวหรือมีจำนวนการผลิตต่อชุดน้อยๆ

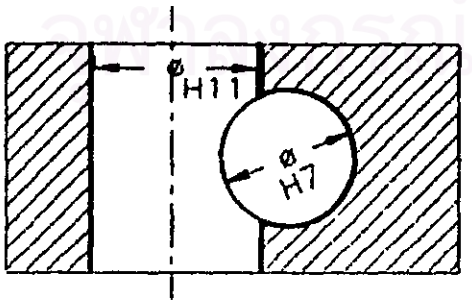
เครื่องจักรเฉพาะงาน ระยะต่างๆเป็นระยะจริงของชิ้นงาน ต้นทุนของเครื่องจักรต่ำ การปรับตั้งง่าย แต่อุปกรณ์จับยึดมีลักษณะเฉพาะงานจึงมีราคาแพง เครื่องจักรชนิดนี้เหมาะสำหรับการผลิตแบบจำนวนมาก

การจัดลำดับการทำงาน อาจพิจารณาบนพื้นฐานของข้อจำกัดทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ หลักเกณฑ์ในการเลือกกระบวนการผลิตให้ทำการผลิตในลำดับก่อนหน้ากระบวนการอื่น อาจสามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

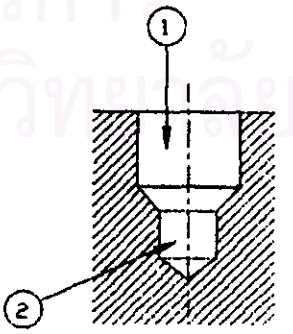
- เลือกผลิตพื้นผิวที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง (Datum) ก่อน
- พิจารณาจากข้อจำกัดทางด้านเทคนิค เช่น ในรูปที่ 3.4 รูที่มีขนาดเล็กกว่าหรือลึกกว่าต้องทำการแมชชีนนิ่งก่อนรูที่มีขนาดใหญ่หรือตื้นกว่า
- ข้อจำกัดทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตรวมทั้งการแตกหักเสียหายของเครื่องมือตัด เช่น ในรูปที่ 3.5 เราจะทำการเจาะรู (1) ที่มีขนาดใหญ่กว่าก่อนแล้วจึงเจาะรูเล็ก (2) ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการเจาะรูเล็กก่อนแล้วจึงเจาะรูใหญ่เพื่อขยายขนาด

การจัดทำรายงานแผนกระบวนการผลิต เป็นการทำรายงานรวมลำดับของกระบวนการผลิตทั้งหมดที่ได้กล่าวถึงก่อนหน้านี้ โดยรายละเอียดในรายงานอาจรวมถึง รายละเอียดของแต่ละกระบวนการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ในทุกๆกระบวนการผลิต และเครื่องมือตรวจสอบที่ต้องใช้ โดยอาจมีการร่างภาพพื้นผิวโดยเน้นส่วนที่จะทำการแมชชีนนิ่งในขั้นตอนต่างๆ

ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในส่วนนี้เป็นขั้นตอนต่างๆของการวางแผนกระบวนการผลิตในภาพรวม ในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงวิธีการวางแผนกระบวนการผลิตสำหรับการสร้างรู และการกัดปาดหน้า พร้อมยกตัวอย่างสำหรับแต่ละกระบวนการผลิต



รูปที่ 3.4 ข้อจำกัดทางด้านเทคนิค



รูปที่ 3.5 ข้อจำกัดทางเศรษฐศาสตร์

3.2 การวางแผนกระบวนการสร้างรู

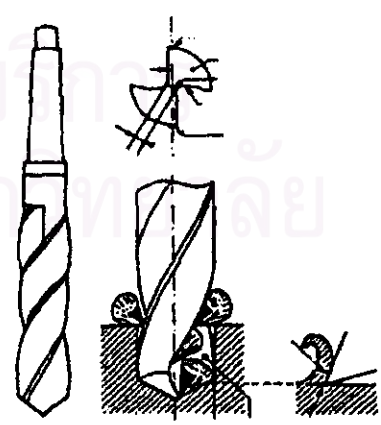
การสร้างรูดูเหมือนจะเป็นงานที่ง่ายที่สุด แต่มีเครื่องมือ และกระบวนการหลายชนิดที่สามารถใช้ในการสร้างรูได้ การวางแผนกระบวนการสร้างรูจึงเป็นหน้าที่ที่ต้องเลือกชนิดกระบวนการที่ใช้ต้นทุนต่ำสุด หรือใช้เวลาในการแมชชีนต่ำสุด ในการที่จะได้แผนกระบวนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ผู้วางแผนต้องทำการคำนวณ และประเมินทางเลือกต่างๆที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นงานที่ใช้เวลาค่อนข้างมาก

การวางแผนกระบวนการสร้างรู ผู้วางแผนต้องพิจารณาข้อกำหนดต่างๆของรูที่ต้องทำการสร้าง อันได้แก่ วัสดุชิ้นงาน ความแข็งของวัสดุชิ้นงาน ความสามารถในการแมชชีนของวัสดุ ลักษณะผิวก่อนแมชชีนเป็นผิวทึบหรือมีการเตรียมรูไว้แล้ว เป็นรูทะลุหรือไม่ทะลุ ความลึกของรู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ค่าพิกัดความเผื่อของขนาด ความเรียบผิว ค่าพิกัดความเผื่อของรูปทรง (ความตรง ,ความกลม ,ความร่วมศูนย์) ค่าพิกัดความเผื่อของตำแหน่ง ลักษณะของรูที่เตรียมไว้ และลักษณะพิเศษจำเพาะอื่นๆ (เช่น เกลียว Chamfer เป็นต้น)

3.2.1 เครื่องมือสำหรับการสร้างรู

เครื่องมือสำหรับการสร้างรูมีมากมายหลายชนิด ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือสร้างรู 6 ชนิดด้วยกัน คือ Twist Drill, Solid Carbide Drill, Core Drill, Insert Drill, Reamer และ Boring

Twist Drill (ดังรูปที่ 3.6) มักทำจากเหล็กรอบสูง เป็นเครื่องมือตัดที่สามารถสร้างรูจากพื้นผิวตัน รูปร่างของรูและก้นรูที่ได้จะมีขนาดและลักษณะเหมือนกับขนาดของเครื่องมือ ส่วนมากจะมี 2 คมตัด และ 2 คมเลื้อยสำหรับเคลื่อนย้ายเศษโลหะออกจากรูเจาะ คมตัดจะมีลักษณะเป็นกรวยโดยจะมีมุมที่แตกต่างกันไปตามการนำไปใช้งาน แรงจากการตัดเฉือนมักเกิดขึ้นไม่เท่ากันรอบๆแกนหมุนของเครื่องมือซึ่งจะให้มีการแรงผลักเครื่องมือให้ออกจากแนวศูนย์กลาง ดังนั้นรูที่สร้างโดย Twist Drill มักไม่มีความเที่ยงตรง



รูปที่ 3.6 Twist drill

รูปที่ 3.7 สว่านนำศูนย์

เพื่อต้องการให้มีความแม่นยำของตำแหน่งการเจาะมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการสร้างรูเล็กๆ มักใช้ดอกสว่านนำศูนย์เจาะนำก่อน ซึ่งลักษณะของดอกสว่านนำศูนย์ (ดังรูปที่ 3.7) มีขนาดสั้นและไม่มีการเสียรูปเมื่อมีการเจาะ ถึงแม้ว่า Twist Drill จะมีข้อด้อยอยู่มากแต่ก็ยังเป็นที่นิยมใช้ในการสร้างรูเนื่องจากราคาของเครื่องมือต่ำเมื่อเทียบกับเครื่องมือตัดชนิดอื่นๆ ความสามารถของ Twist Drill แสดงดังตารางที่ 3.2 และค่าสภาวะการตัดเฉือนของ Twist Drill สามารถคำนวณจากสูตร ดังนี้ (Halevi, 1995)

$$f = 2.83D^{0.6}R_a^{0.5}\frac{\left(1.09-0.04\frac{L}{D}\right)}{HBN}$$

$$V_c = \frac{3.38D^{0.4}\left(\frac{160}{HBN}\right)^{1.6}}{f^{0.6}}$$

โดย f = อัตราการป้อน (มม./รอบ)
V_c = ความเร็วตัด (เมตร/นาที)
D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)
L = ขนาดความลึก (มม.)
HBN =ความแข็งของวัสดุชิ้นงานในหน่วยบริเนล
R_a = ระดับความเรียบผิว

ตารางที่ 3.2 ความสามารถของ Twist Drill

รายการ	
1. ระดับความเรียบผิวสูงสุด (μm)	12.5
2. ระดับความเรียบผิวต่ำสุด (μm)	3.125
3. ความร่วมศูนย์ (Straightness)	$0.05+0.0005\left(\frac{L}{D}\right)^3$
4. ความเที่ยงความกลม (Roundness)	0.1
5. ความเที่ยงศูนย์ (Concentricity)	$0.025D^{0.3}$

Solid Carbide Drill ทำจากวัสดุคาร์ไบด์ สามารถใช้ความเร็วตัดสูงกว่าของ Twist Drill คาร์ไบด์มีสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) สูงกว่าเหล็กเหนียว (Steel) ทำให้มีคุณสมบัติการเบี่ยงเบน (Deflection) น้อยกว่าและแม่นยำกว่า Twist Drill ที่มีขนาดเดียวกัน เครื่องมือชนิดนี้สามารถสร้างรูจากพื้นผิวตันได้ รูปร่างของรูและก้นรูที่ได้จะมีขนาดและลักษณะเหมือนกับขนาดของ

เครื่องมือ ความสามารถของ Solid Carbide Drill แสดงดังตารางที่ 3.3 การกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือนของ Solid Carbide Drill สามารถคำนวณจากสูตรดังนี้ (Halevi, 1995)

$$f = 2.83D^{0.6}R_a^{0.5}\frac{\left(1.09-0.04\frac{L}{D}\right)}{HBN}$$

$$V_c = \frac{10.0D^{0.4}\left(\frac{160}{HBN}\right)^{1.6}}{f^{0.6}}$$

ตารางที่ 3.3 ความสามารถของ Solid Carbide Drill

รายการ	
1. ระดับความเรียบผิวสูงสุด (μm)	12.5
2. ระดับความเรียบผิวต่ำสุด (μm)	2.25
3. ความร่วมศูนย์ (Straightness)	0.02
4. ความเที่ยงความกลม (Roundness)	0.04
5. ความเที่ยงศูนย์ (Concentricity)	0.03

Core Drill (ดังรูปที่ 3.8) ลักษณะปลายของเครื่องมือไม่มีมุมจิก (Chisel Edge) ทำให้เครื่องมือชนิดนี้สามารถใช้ปรับปรุงรูที่มีอยู่เดิมเท่านั้น และยังทำให้แรงที่ใช้ในการป้อนลดลง ร่องคมเลื้อยมักมี 4 ร่อง ความแข็งแรงไม่แตกต่างจาก Twist Drill เครื่องมือชนิดนี้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และตำแหน่งของรูเจาะเนื่องจากเป็นการเจาะตามรูที่มีไว้เดิม แต่จากการที่ใช้แรงในการป้อนลดลงทำให้ความแม่นยำและระดับความเรียบผิวดีขึ้น ความสามารถของ Core Drill แสดงดังตารางที่ 3.4 ค่าสภาวะการตัดเฉือนของ Core Drill สามารถคำนวณจากสูตรดังนี้ (Halevi, 1995)

$$f = \frac{2.83D^{0.6}R_a^{0.5}\left(1.09-0.04\frac{L}{D}\right)}{HBN\left[\frac{D-D_I}{2D}\right]^{0.1}}$$

$$V_c = \frac{5D^{0.4}\left(\frac{160}{HBN}\right)^{1.6}}{f^{0.6}\left[\frac{D-D_I}{2}\right]^{0.1}}$$

รูปที่ 3.8 Core Drill

โดย D_I = ขนาดของรูเริ่มต้น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

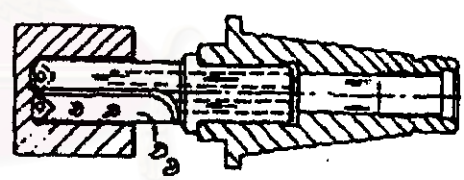
ตารางที่ 3.4 ความสามารถของ Core Drill

รายการ	
1. ระดับความเรียบผิวสูงสุด (μm)	12.5
2. ระดับความเรียบผิวต่ำสุด (μm)	1.575
3. ความร่วมศูนย์ (Straightness)	0
4. ความเที่ยงความกลม (Roundness)	0.05
5. ความเที่ยงศูนย์ (Concentricity)	0

Insert Drill (ดังรูปที่ 3.9) เป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างรูจากพื้นผิวตัน ตัวเครื่องมือทำจากเหล็กกล้า และมีร่องสำหรับคายเศษโลหะ Insert ทำด้วยวัสดุคาร์ไบด์ติดอยู่ที่ปลายทั้งสอง รูปร่างและตำแหน่งของ Insert เป็นตัวกำหนดความสมดุลของแรงที่เกิดขณะทำการตัดเฉือน วัสดุคาร์ไบด์สามารถใช้ความเร็วตัดได้สูงกว่าเหล็กรอบสูง ดังนั้น Insert Drill จึงสามารถทำงานได้เร็วกว่า Twist Drill เครื่องมือชนิดนี้สามารถสร้างรูที่มีลักษณะก้นเรียบได้ ความสามารถของ Insert Drill แสดงดังตารางที่ 3.5 ค่าสภาวะการตัดเฉือนของ Insert Drill สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้ (Halevi, 1995)

$$f = 0.3\left(\frac{D}{56}\right)^{0.426}\left(\frac{R_a}{12.5}\right)^{0.4}$$

$$V_c = \frac{7.32D^{0.6}}{f^{0.3}\left(\frac{HBN}{220}\right)^{0.9}}$$



รูปที่ 3.9 Insert Drill

ตารางที่ 3.5 ความสามารถของ Insert Drill

รายการ	
1. ระดับความเรียบผิวสูงสุด (μm)	12.5
2. ระดับความเรียบผิวต่ำสุด (μm)	3.125
3. ความร่วมศูนย์ (Straightness)	0.03
4. ความเที่ยงความกลม (Roundness)	0.07
5. ความเที่ยงศูนย์ (Concentricity)	0.05

Reamer ดังรูปที่ 3.10 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงรูเจาะ ไม่สามารถสร้างรูจากผิวตันได้ รูปร่างและขนาดของรูที่ได้จะเหมือนกับรูปร่างและขนาดของเครื่องมือ มักใช้กับการตบแต่งรูในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้ได้ขนาดตามที่กำหนด Reamer ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง และรูปร่างของรูได้ เนื่องจากเป็นการเจาะตามรูที่มีอยู่เดิมแล้ว แต่เนื่องจากอาศัยแรงในการป้อนน้อยลงทำให้สามารถปรับปรุงค่าความเรียบผิวให้ดีขึ้นได้ ความสามารถของ Reamer แสดงในตารางที่ 3.6 การกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือนสามารถคำนวณจากสูตรดังต่อไปนี้ (Halevi, 1995)

$$f = \frac{0.1}{(D - D_1)^{0.1}} \left(\frac{220}{HBN}\right)^{1.4} \left(\frac{D}{3}\right)^{0.42}$$

กรณี R_a มากกว่า 1.575

$$f = f\left(\frac{R_a}{3.125}\right)^{0.3}$$

รูปที่ 3.10 Reamer

กรณี R_a น้อยกว่า 1.575

$$f = 0.67 f\left(\frac{R_a}{1.575}\right)^{0.15}$$

$$V_c = 27\left(\frac{220}{HBN}\right)^{0.7}$$

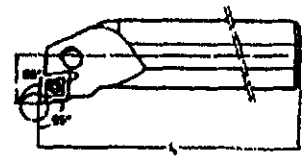
ตารางที่ 3.6 ความสามารถของ Reamer

รายการ	
1. ระดับความเรียบผิวสูงสุด (μm)	1.575
2. ระดับความเรียบผิวต่ำสุด (μm)	0.4
3. ความร่วมศูนย์ (Straightness)	0
4. ความเที่ยงความกลม (Roundness)	0.01
5. ความเที่ยงศูนย์ (Concentricity)	0

Boring ดังรูปที่ 3.10 รูปร่าง และขนาดของรูสามารถควบคุมได้โดยการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ สามารถใช้ในการปรับปรุงรูปร่างและตำแหน่งของรูได้ รวมทั้งสามารถสร้างรูที่ซ่อน และร่อง Slot ได้ รวมทั้งสามารถสร้างรูที่มีก้นเรียบได้ ขนาดของเครื่องมือไม่ควรมากกว่า 70 เปอร์เซนต์ของขนาดรูที่ต้องการ เพื่อให้เศษโลหะที่ถูกตัดสามารถหลุดออกจากชิ้นงานได้ ความสามารถของ Boring แสดงดังตารางที่ 3.7 การกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือนสามารถคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (Halevi, 1995)

$$f = 0.088R_a^{0.5}$$

$$V_c = \frac{90}{a^{0.1} f^{0.25}} \left(3.5 - 2.5 \left(\frac{HBN}{150} \right)^{0.18} \right)$$



รูปที่ 3.11 Boring

ตารางที่ 3.7 ความสามารถของ Boring

รายการ	
1. ระดับความเรียบผิวสูงสุด (μm)	12.5
2. ระดับความเรียบผิวต่ำสุด (μm)	0.8
3. ความร่วมศูนย์ (Straightness)	0.01
4. ความเที่ยงความกลม (Roundness)	0.01
5. ความเที่ยงศูนย์ (Concentricity)	0.01

ขั้นตอนการวางแผนกระบวนการสร้างรู เริ่มจากการพิจารณาหาเครื่องมือหรือกระบวนการที่สามารถสร้างรูที่มีลักษณะตามที่กำหนด โดยสิ่งที่กำหนดอาจเป็น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ระดับความเรียบผิว ค่าพิกัดความเผื่อทางด้านขนาด ค่าพิกัดความเผื่อทางด้านรูปทรง และลักษณะของก้นรู เป็นต้น การเลือกเครื่องมือหรือกระบวนการสร้างรูจะทำโดยการเปรียบเทียบข้อกำหนดต่างๆกับความสามารถของเครื่องมือสร้างรูแต่ละชนิด เช่น หากต้องการสร้างรูขนาด 20 มม. ลึก 90 มม. ระดับความเรียบผิว 1.5 Ra กระบวนการที่สามารถทำได้คือ Reaming และ Boring หากพิจารณาค่าอัตราส่วนความลึกต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าเท่ากับ 90/20 หรือเท่ากับ 4.5 พบว่า Insert Drill ไม่สามารถสร้างรูตามที่กำหนดได้ จากนั้นจะพิจารณาว่ากระบวนการที่ถูกเลือกสามารถสร้างรูจากเริ่มต้นได้หรือไม่ หรือเป็นการพิจารณาความจำเป็นต้องมีกระบวนการก่อนหน้ากระบวนการสำเร็จหรือไม่ หากมีความจำเป็นจะพิจารณากระบวนการก่อนหน้าโดยอาศัยหลักการที่ว่าการสร้างรูของแต่ละกระบวนการผลิตจะทำให้เกิดรอยขึ้นที่ผนังของรู (a_{min}) การพิจารณากระบวนการที่อยู่ก่อนหน้าจะพิจารณาจากความลึกของรอยที่เกิดจากกระบวนการก่อนหน้า (a_{min}) ว่าต้องไม่มากกว่าความลึกของการตัดเฉือนสูงสุดของกระบวนการในลำดับต่อไป (a_{max}) (Halevi, 1995) ด้วยวิธีการนี้สามารถที่จะคำนวณขนาดของเครื่องมือเล็กสุด (D_{cmin}) และขนาดของเครื่องมือใหญ่สุด (D_{cmax}) ของขั้นตอนต่างๆของกระบวนการผลิตได้ดังนี้

ขั้นตอนการสร้างผิวสำเร็จ ขนาดของเครื่องมือเล็กสุด (D_{cmin}) และใหญ่สุด (D_{cmax}) มีขนาดเท่ากับขนาดของรูที่ต้องการ

$$D_{cmax} = D_{cmin} = D$$

ในขั้นตอนการสร้างผิวกึ่งสำเร็จ ขนาดของเครื่องมือเล็กสุดมีค่าเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่ต้องการลบด้วยสองเท่าของความลึกของการตัดเฉือนสูงสุดของกระบวนการในลำดับต่อมา และขนาดของเครื่องมือใหญ่สุดมีค่าเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่ต้องการลบด้วยสองเท่าของความลึกของการตัดเฉือนสูงสุดของกระบวนการนั้นๆ

$$D_{cmax} = D - 2a_{min}$$

$$D_{cmin} = D - 2a_{max}$$

หลังจากได้ขั้นตอนต่างๆของกระบวนการผลิตในทางเลือกต่างๆแล้ว จะทำการกำหนดค่าสภาวะการตัดเฉือน และประมาณเวลาในการตัดเฉือน การเลือกชนิดกระบวนการผลิตจะทำการเลือกกระบวนการที่ใช้เวลาในการผลิตน้อยที่สุด ที่ได้กล่าวมาเป็นเลือกชนิดกระบวนการผลิตเฉพาะรูใดรูหนึ่ง เมื่อพิจารณาแผนรวมของทั้งชิ้นงาน จะต้องทำการรวมเครื่องมือชนิดต่างๆที่สามารถใช้ร่วมกันได้เข้าด้วยกัน เพื่อสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและลดจำนวนเครื่องมือตัดที่ต้องใช้

ตัวอย่างการวางแผนกระบวนการสร้างรู หากต้องการสร้างรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. ลึก 20 มม. ระดับความเรียบผิวเท่ากับ 1 มีก้นรูเป็นผิวเรียบ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการต่างๆกับรูที่ต้องการพบว่า จากลักษณะก้นรูเป็นผิวเรียบ เครื่องมือที่สามารถทำได้ ได้แก่ Core Drill, Insert Drill, Reamer และ Boring แต่ Core Drill และ Insert Drill ไม่สามารถสร้างรูที่มีระดับความเรียบผิวเท่ากับ 1 ได้ ดังนั้นจึงเหลือแค่ 2 ทางเลือกเท่านั้นในการสร้างรูที่กำหนด แต่เนื่องจากทั้งกระบวนการ Reaming และ Boring ไม่สามารถสร้างรูพื้นผิวตันได้ ดังนั้นต้องมีกระบวนการในลำดับก่อนหน้า

<u>ทางเลือกที่ 1</u> Reaming ความลึกในการตัดเฉือนสูงสุดของ Reamer สามารถคำนวณได้จากสูตร (Halevi, 1995)

$$a_{max} = \left[0.01D + 0.175R_a\right]\left[\frac{200}{HBN}\right]^{0.4}$$

<u>โดย</u> D = 20

R_a = 1

HBN = 200

<u>ดังนั้น</u>

$$a_{max} = \left[0.01(20) + 0.175(1)\right]\left[\frac{200}{200}\right]^{0.4} = 0.375$$

จากการคำนวณได้ค่า a_{max} ของ Reaming มีค่าเท่ากับ 0.375 จากนั้นพิจารณากระบวนการก่อนหน้า Reaming โดยการคำนวณค่า a_{min} ของ 2 ทางเลือกได้แก่ Insert Drill และ Core Drill ซึ่งสามารถสร้างรูจากผิวตัน และสร้างรูที่มีก้นเรียบได้ ค่า a_{min} มีค่าเท่ากับผลรวมของตัวแปรทั้งหมด 6 ตัว แปรด้วยกันคือ ค่าพิกัดความเผื่อทางด้านขนาด (l_1), ค่าระดับความเรียบผิว (l_2), Surface Integrity (l_3), ค่าพิกัดความเผื่อทางด้านรูปร่าง (l_4), ค่าพิกัดความเผื่อของตำแหน่ง (l_5), และระดับความลึกของการตัดเฉือนต่ำสุดของกระบวนการตามหลัง (l_6) โดยข้อมูลที่ใช้คำนวณอาศัยข้อมูลในตารางในภาคผนวก ก.(Halevi, 1995)

Insert Drill จำนวนเนื้อโลหะที่ต้องทำการตัดเฉือนออกโดย Reamer จะเท่ากับค่า a_{min} ของ Insert drill รวมกับความลึกของการตัดเฉือนน้อยที่สุดของการ Reaming (0.02 มม.) วิธีการและค่าต่างๆที่ใช้คำนวนแสดงดังภาคผนวก ก.

l_1 = 0.3 มม.

l_2 = $4 \times 12.5 \times 10^{-0.3}$ = 0.05 ไมโครเมตร

l_3 = 0.08 มม.

ll_1 = 0.03 มม.

ll_2 = 0.07 มม.

ll_3 = 0.08 มม.

ll_4 = 0.05 มม.

ll_5 = 0.10 มม.

$l_4 = \sqrt{(0.03^2+0.07^2+0.08^2+0.05^2+0.1^2)} = \sqrt{0.0247} = 0.157$ มม.

ll6 = 0.24 มม.

ll7 = 0 มม.

l_5 = 0.24 มม.

l_6 = 0.02 มม.

ดังนั้น a_{min} มีค่าเท่ากับ

a_{min} = 0.3 + 0.05 + 0.08 + 0.157 + 0.24 + 0.02 = 0.847 มม.

a_{min} ของ Twist Drill (0.847) มีค่ามากกว่า a_{max} ของการ Reaming (0.375) ดังนั้นไม่สามารถใช้ Insert Drill ก่อนหน้า Reamer ได้

Core Drill จำนวนเนื้อโลหะที่ต้องทำการตัดเฉือนออกโดย Reamer จะเท่ากับค่า a_{min} ของ Core Drill รวมกับความลึกของการตัดเฉือนน้อยที่สุดของการ Reaming (0.02 มม.) วิธีการและค่าต่างๆที่ใช้คำนวนแสดงดังภาคผนวก ก.

$I_1 = 0.03 + 0.012D^{0.5} = 0.08$ มม.

$I_2 = 4 \times 6.25 \times 10^{-3} = 0.025$ ไมโครเมตร

$I_3 = 0.05$ มม.

$II_1 = 0$ มม.

$II_2 = 0.05$ มม.

$II_3 = 0$ มม.

$II_4 = 0$ มม.

$II_5 = 0$ มม.

$I_4 = 0.05$ มม.

$II_6 = 0$ มม.

$II_7 = 0.001$ มม.

$I_5 = 0.001$ มม.

$I_6 = 0.02$ มม.

ดังนั้น a_{min} มีค่าเท่ากับ

$a_{min} = 0.08 + 0.025 + 0.05 + 0.05 + 0.001 + 0.02 = 0.226$ มม.

a_{min} ของ Core Drill (0.226) มีค่าน้อยกว่า a_{max} ของการ Reaming (0.375) ดังนั้นสามารถใช้ Insert Drill ก่อนหน้า Reamer ได้ ช่วงของขนาดของ Core Drill สามารถคำนวนได้โดย

$D_{cmax} = D - 2a_{min}$

$= 20 - 2\ (0.226)$

$= 19.55$ มม.

$D_{cmin} = D - 2a_{max}$

$= 20 - 2\ (0.375)$

$= 19.25$ มม.

เนื่องจาก Core Drill ไม่สามารถสร้างรูจากพื้นผิวตันได้จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการก่อนหน้า ค่า a_{max} ของ Core Drill มีค่าเท่ากับ 0.35(D) หรือเท่ากับ $0.35 \times 19.55 = 6.843$ ทำการคำนวณค่า a_{min} ของ Insert Drill โดยค่าความลึกการตัดเฉือนต่ำสุดของ Core Drill เท่ากับ 0.25 ดังนั้น a_{min} ของ Insert Drill เท่ากับ $0.3 + 0.05 + 0.08 + 0.157 + 0.24 + 0.25 = 1.077$ ค่า a_{min} ของ Insert Drill (1.077) มีค่าน้อยกว่า a_{max} ของ Core Drill (6.843) ดังนั้น Insert Drill สามารถทำก่อน Core Drill ได้ ช่วงของขนาดของ Core Drill สามารถคำนวนได้โดย

$D_{cmax} = 19.5 - 2\ (1.077) = 17.35$ มม.

D_{cmin} = 19.5 – 2 (6.843)

= 5.81 มม.

ลำดับขั้นตอนการทำงานของทางเลือกที่หนึ่ง ได้แก่

1. Insert Drill ขนาด 17 มม.
2. Core Drill ขนาด 19.5 มม.
3. Reamer ขนาด 20 มม.

<u>ทางเลือกที่ 2</u> Boring ความลึกในการตัดเฉือนสูงสุดของ Boring สามารถคำนวณได้จากสูตร (Halevi, 1995)

$$a_{max} = 0.1R_a^{1.4} + 0.3$$

โดย $R_a = 1$ ดังนั้น $a_{max} = 0.1(1)^{1.4} + 0.3 = 0.40$

จากการคำนวณได้ค่า a_{max} ของ Fine Boring มีค่าเท่ากับ 0.40 พิจารณากระบวนการ Rough Boring และ Core Drill จากการคำนวณค่า a_{min} ของ Rough Boring และ Core Drill มีค่าเท่ากับ 0.3832 และ 0.53 ตามลำดับ ดังนั้นสามารถใช้ Rough Boring ก่อนหน้า Fine Boring ได้ โดย จากการคำนวณขนาดของ Rough Boring อยู่ในช่วงระหว่าง 19.23 ถึง 19.18 จากนั้นพิจารณากระบวนการก่อนหน้า Rough Boring ค่า a_{max} ของ Rough Boring เท่ากับ 15.20 เลือกพิจารณา Insert Drill ซึ่งสามารถสร้างรูจากพื้นผิวตันได้ จากการคำนวณค่า a_{min} ของ Insert Drill มีค่าเท่ากับ 1.0895 ดังนั้นสามารถใช้ Insert Drill ก่อนหน้า Rough Boring ได้ โดยใช้ Insert Drill ขนาด 17 มม. ดังนั้นในทางเลือกที่สองมีลำดับขั้นตอนของกระบวนการดังนี้

1. Insert Drill ขนาด 17 มม.
2. Rough Boring ขนาด 19.23 มม.
3. Fine Boring ขนาด 20 มม.

จากนั้นทำการคำนวณค่าสภาวะการตัดเฉือนของขั้นตอนต่างๆของทั้งสองทางเลือกสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.8 จากตารางพบว่า ทางเลือกที่สองใช้เวลาน้อยที่สุด (0.21 นาที)

ตารางที่ 3.8 สรุปผลการคำนวณสภาวะการตัดเฉือน

ลำดับ	เครื่องมือ	ขนาด (มม.)	ระยะทำงาน (มม.)	ความเร็วตัด (ม./นาที)	อัตราป้อน (มม./รอบ)	เวลา (นาที)
ทางเลือกที่ 1 Reaming						
01	Insert Drill	17	20	73	0.18	0.08
02	Core Drill	19.5	20	20	0.40	0.16
03	Reaming	20	20	29	0.26	0.18
					เวลารวม	0.42
ทางเลือกที่ 2 Fine Boring						
01	Insert Drill	17	20	73	0.18	0.08
02	Roughing Boring	19.23	20	108	0.30	0.04
03	Finishing Boring	20	20	163	0.09	0.09
					เวลารวม	0.21

3.3 การวางแผนกระบวนการกัด และกระบวนการอื่นๆ

การกัดปาดหน้า จะอาศัยข้อมูลในการวางแผนจากแคตตาล็อคเครื่องมือตัดของ Sandvik Rotating Tools (Sandvik, 1997) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ การเลือกเครื่องมือ การเลือก Insert และการกำหนดสภาวะการตัดเฉือน

การเลือกเครื่องมือ อันดับแรกต้องพิจารณามุมเข้าทำงาน (Entering Angle) ของเครื่องมือปาดหน้าแต่ละชนิดต้องให้สัมพันธ์กับลักษณะพื้นผิวที่ต้องทำการแมชชีนนิ่ง จากนั้นทำการกำหนดระยะห่างระหว่าง Insert โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระยะห่างมาก (Coarse Pitch) ระยะใกล้ (Close Pitch) และระยะใกล้มาก (Extra Close Pitch) เกณฑ์ในการเลือกลักษณะเครื่องมือ คือ

ระยะห่างมาก

- เลือกใช้ในงานหยาบซึ่ง Insert ต้องรับภาระมาก
- เลือกใช้เมื่อมีข้อจำกัดในเรื่องกำลังของเครื่องจักร

ระยะใกล้

- มักใช้กับงานทั่วๆไป
- สามารถใช้ได้กับงานทำผิวหยาบหากเครื่องจักรมีความมั่นคงดี

ระยะไกล้มาก

- ใช้จำนวน Insert มากที่สุด
- เหมาะสำหรับทำงานภายใต้สภาวะที่มั่นคงสูง
- เหมาะสำหรับวัสดุชิ้นงานที่มีเศษสั้น
- เหมาะสำหรับวัสดุชิ้นงานที่ทนความร้อนได้ดี

จากนั้นทำการกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องมือ โดยควรจะใหญ่กว่าความกว้างของพื้นที่ตัดเฉือนประมาณ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะรูปทรงของ Insert ถูกจำแนกออกเป็น 3 ชนิดได้แก่ L, M และ H สำหรับงานที่มีแรงตัดเฉือนเกิดขึ้นน้อยจะใช้ชนิด L แต่สำหรับงานที่ต้องการอัตราการป้อนสูงๆจะใช้ชนิด H จากลักษณะรูปทรงของ Insert ชนิดเครื่องมือ และชนิดวัสดุชิ้นงานจะถูกนำมากำหนดเกรดของ Insert ที่ต้องใช้

หลังจากทราบชนิดของวัสดุชิ้นงาน ชนิดเครื่องมือ และเกรดของ Insert จะทำการคำนวณสภาวะการตัดเฉือนต่างๆโดยอาศัยสูตร และตารางต่างๆจากแคตตาล็อคของ Sandvik (1997)

Counterboring เป็นกระบวนการแมชชีนนิ่งที่ใช้สำหรับการขยายขนาดของรูตามความลึกที่กำหนด มักใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำร่องเพื่อฝังหัวสกรู โดยปกติมักจะทำร่วมอยู่ในกระบวนการเดียวกันกับการเจาะ การเลือก Counterbore จะพิจารณาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต้องการ

Chamfering ใช้สำหรับการลบผิวปากรู การเลือกเครื่องมือสำหรับ Chamfering จะพิจารณามุมที่กำหนดไว้ในแบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย