

หน่วยที่ 7

การเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกัด

(NC Programming for Milling)

สาระการเรียนรู้

- 7.1 โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี
- 7.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซี
- 7.3 ชนิดคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี
- 7.4 คำสั่งจีโค้ด (G-Code) และคำสั่งเอ็มโค้ด (M-Code) สำหรับงานกัด
- 7.5 การขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกัดซีเอ็นซี
- 7.6 การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัด
- 7.7 คำสั่งสำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour)
- 7.8 การเขียนโปรแกรมงานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular Pocket)
- 7.9 การเขียนโปรแกรมงานกัดหลุมแบบวงกลม (Circular Pocket)
- 7.10 คำสั่งวัฏจักรสำหรับการเขียนโปรแกรมงานเจาะรู (Drill)
- 7.11 การเขียนโปรแกรมงานกัดร่อง (Slot)
- 7.12 การตรวจสอบและการแก้ไขและโปรแกรมเอ็นซีกับเครื่องกัดซีเอ็นซี

สาระสำคัญ

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการกัดชิ้นงานเป็นรูปร่างต่าง ๆ นั้น ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องมีพื้นฐานด้านต่างๆ เช่น พื้นฐานโปรแกรมเอ็นซี พื้นฐานการอ่านแบบ พื้นฐานวิธีการหรือลำดับการขึ้นรูปชิ้นงาน ตลอดจนการเลือกใช้คำสั่งที่จะเขียนเป็นโปรแกรมตัดเฉือนชิ้นงาน เช่น กลุ่มคำสั่งจีโค้ด (G-Code) กลุ่มคำสั่งเอ็มโค้ด (M-Code) และโค้ดอื่นๆที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี รวมทั้งการเลือกใช้คำสั่งวัฏจักรหรือคำสั่งสำเร็จรูปในการเขียนโปรแกรมงานกัดในหน่วยนี้จะอ้างอิงกับชุดคอนโทรลเลอร์ Mach 3 กับเครื่องกัดมินิซีเอ็นซีที่ผู้สอนได้จัดสร้างตัวเครื่องจักรและชุดควบคุมขึ้นมาเอง

จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี
2. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซี
3. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจชนิดคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี
4. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจความหมายของจีโค้ด (G-Code) สำหรับงานกัดซีเอ็นซี
5. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจความหมายของเอ็มโค้ด (M-Code) สำหรับงานกัดซีเอ็นซี
6. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจลักษณะการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกัดซีเอ็นซี
7. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัด
8. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนคำสั่งสำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour)
9. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมสำหรับงานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular Pocket)

10. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมสำหรับงานกัดหลุมแบบวงกลม (Circular Pocket)
11. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมคำสั่งวัฏจักรสำหรับงานเจาะรู (Drilling)
12. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมคำสั่งสำหรับงานกัดร่อง (Slot)
13. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการปฏิบัติงานกับเครื่องกัดซีเอ็นซี
14. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการตรวจสอบและการแก้ไขโปรแกรมเอ็นซีกับเครื่องกัดซีเอ็นซี

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยที่ 7 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีได้ถูกต้อง
2. บอกส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซีได้
3. บอกชนิดคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซีได้
4. บอกความหมายจีโค้ด (G-Code) สำหรับงานกัดซีเอ็นซีได้
5. บอกความหมายเอ็มโค้ด (M-Code) สำหรับงานกัดซีเอ็นซีได้
6. บอกลักษณะการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกัดซีเอ็นซีได้
7. บอกวิธีการเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัดได้
8. เขียนคำสั่งสำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูปได้ถูกต้อง
9. เขียนโปรแกรมสำหรับงานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยมได้ถูกต้อง
10. เขียนโปรแกรมสำหรับงานกัดหลุมแบบวงกลมได้ถูกต้อง
11. เขียนโปรแกรมคำสั่งวัฏจักรสำหรับงานเจาะรูได้อย่างถูกต้อง
12. เขียนโปรแกรมสำหรับงานกัดร่องได้อย่างถูกต้อง
13. ปฏิบัติงานกับเครื่องกัดซีเอ็นซีได้อย่างถูกต้อง
14. ตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมเอ็นซีกับเครื่องกัดซีเอ็นซีได้

7.1 โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี

โปรแกรม (Program) หมายถึง การรวมกันของบล็อก หรือบรรทัดคำสั่ง หลาย ๆ บล็อกที่เขียนตามลำดับขั้นตอนใน การทำงานตามที่กำหนดไว้ โปรแกรมประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการทำงานและคำสั่งช่วยในการทำงาน โปรแกรมเอ็นซี จะมีลักษณะเหมือนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยจะประกอบด้วยบรรทัดคำสั่งในแต่ละ บรรทัดประกอบด้วยคำสั่งต่าง ๆ สำหรับโปรแกรมเอ็นซี มีศัพท์เรียกเฉพาะเมื่อเทียบกับโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 แสดงการเปรียบเทียบภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วไปกับภาษาโปรแกรมเอ็นซี

ลำดับที่	ภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วไป	ภาษาโปรแกรมเอ็นซี
1	บรรทัด (Line)	บล็อก (Block)
2	คำสั่ง	เวิร์ด (Word)

บล็อก (Block) หมายถึง เวิร์ด (Word) ที่ประกอบอยู่ใน บล็อก

เวิร์ด (Word) หมายถึง ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เรียกว่าโค้ด (Code) และตัวเลข (Numbers)

7.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซี

ส่วนประกอบของ พื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซี จะแยกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

7.2.1 ส่วนหัวของโปรแกรม

เป็นส่วนที่คอนโทรลเลอร์กำหนดให้เขียนรายละเอียด เช่น สัญลักษณ์ของ ISO Program (%) หมายเลขโปรแกรมและ ชื่อโปรแกรม เช่น 0123 (CHATCHAI) ชุดควบคุมบางรุ่นอาจใช้เครื่องหมาย หรือรูปแบบการเขียนแบบอื่นๆให้ศึกษาจากคู่มือของเครื่องจักร

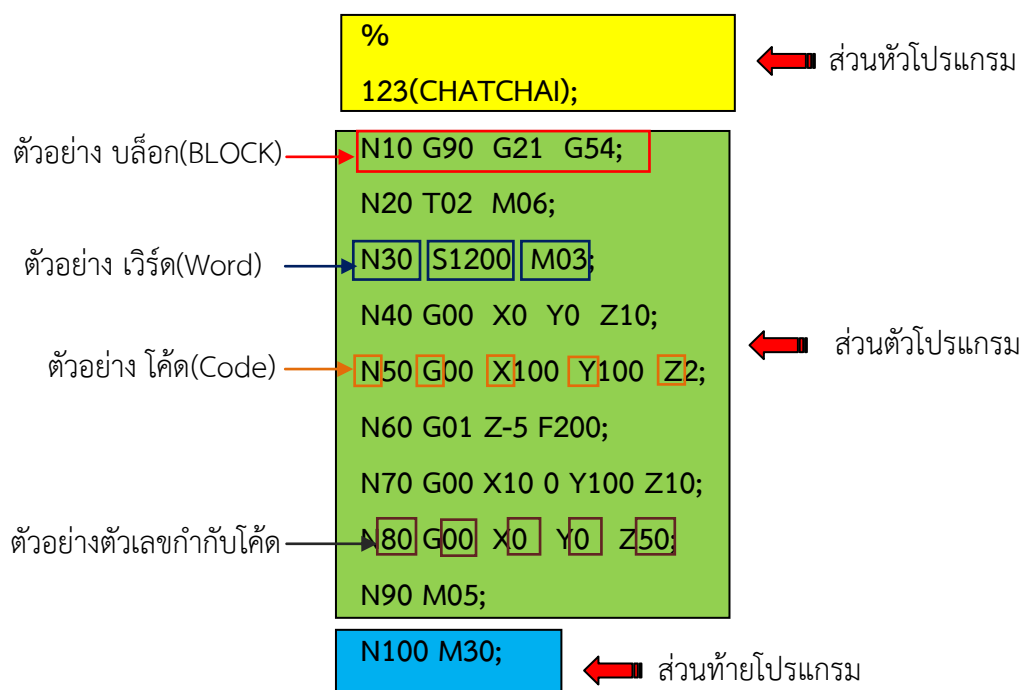
7.2.2 ส่วนตัวโปรแกรมหรือตัวโปรแกรมเอ็นซี

จะประกอบไปด้วยจีโค้ด เอ็มโค้ด และโค้ดอื่นที่สั่งให้เครื่องมือตัดและเครื่องจักรทำงานโดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ตัวโปรแกรม ประกอบด้วย บล็อก (Block) หรือ บรรทัด
 บล็อก (Block) ประกอบด้วย เวิร์ด (Word) หรือ คำสั่ง
 เวิร์ด (Word) ประกอบด้วย โค้ดและตัวเลข

7.2.3 ส่วนท้ายของโปรแกรม

ท้ายโปรแกรมจะกำหนดลักษณะการจบโปรแกรม ด้วยคำสั่ง M30 หรือ M02 โดยทั้ง 3 ส่วนประกอบ คือส่วนหัวโปรแกรม ส่วนตัวโปรแกรม และส่วนท้ายโปรแกรมสามารถแยกให้เห็นได้ ดังแสดงในรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซี

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

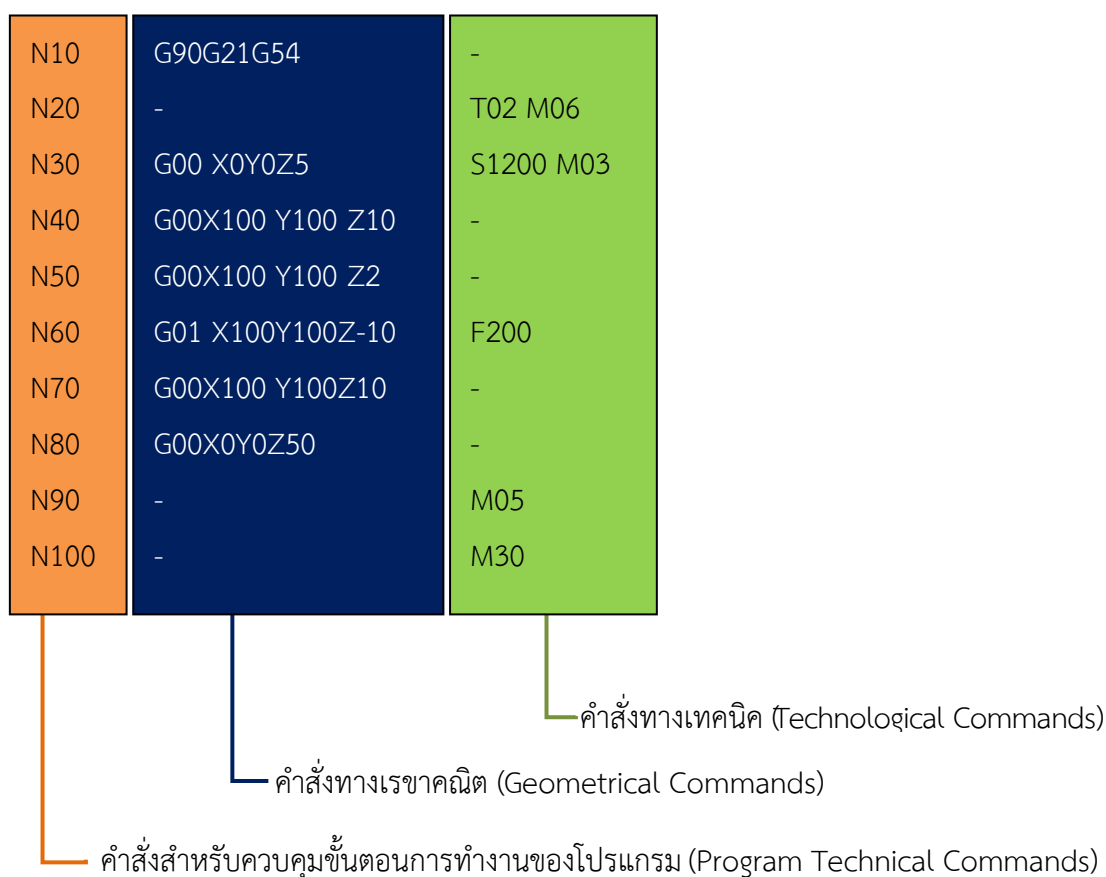
7.3 ชนิดคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี

ชนิดของคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

7.3.1 คำสั่งสำหรับควบคุมขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Program Technical Commands) คือ คำสั่งที่ใช้ในการกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

7.3.2 คำสั่งทางเรขาคณิต (Geometrical Commands) คือ คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด เพื่อให้ได้ขนาดและรูปร่างทางเรขาคณิตตามแบบงานที่ต้องการ

7.3.3 คำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Technological Commands) เช่น ความเร็วป้อน ความเร็วรอบเพลาหัวจับชิ้นงาน การเปิดพลาจับเครื่องมือตัดและการเปลี่ยน Tools (Tools Chang) เป็นต้น ชนิดของคำสั่งที่ประกอบอยู่ในโปรแกรมเอ็นซีสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7. 2



รูปที่ 7.2 แสดงชนิดของคำสั่งในตัวโปรแกรมเอ็นซี

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

จากรูปที่ 7.2 โค้ดคำสั่งควบคุมโปรแกรม เกี่ยวข้องกับการกำหนดลำดับขั้นตอนการควบคุม การทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ได้แก่ เอ็นโค้ด (N-Code) ส่วนคำสั่งทางเรขาคณิตเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร เพื่อให้ได้รูปร่างทาง เรขาคณิตของชิ้นงานที่ต้องการได้แก่ คำสั่ง จีโค้ด (G-Code) และค่าตำแหน่งโคออร์ดิเนตแกน X, Y, และ Z คำสั่งทางเทคนิคเป็นการควบคุมทางเทคนิคของการทำงานของเครื่องจักร เช่น

อัตราป้อน (Feed rate), ความเร็วรอบเพลลา สปินเดิล (Spindle Speed), การเปิด-ปิด เพลลาจับเครื่องมือตัด (Spindle On-Off) และการเปลี่ยนเครื่องมือตัด (Tools Chang) ดังนั้นโค้ดหลักสำคัญที่ใช้กับงานเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC) คือ จีโค้ด (G-Code) และเอ็มโค้ด (M-Code) และโค้ดอื่นๆโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. จีโค้ด (G-Code)

จีโค้ด (G-Code) เป็นคำสั่งควบคุมสั่งการให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทำกาตัดเฉือน (Machining) ขึ้นงานให้เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต ซึ่งต้องกำหนดทิศทางและตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Tools) โดยลักษณะของการเคลื่อนที่จะเป็นเส้นตรง เส้นโค้งวงกลมก็ได้ และใช้เป็นคำสั่งในการกำหนดระบบการทำงานของเครื่องจักร เช่นกำหนดวิธีการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ (Absolute) หรือ แบบต่อเนื่อง (Incremental) หรือกำหนดหน่วยวัดระยะทาง เป็นต้นโดยมีมาตรฐานต่างๆ ในการใช้งาน เช่น มาตรฐาน ISO 6983/BS 3636 ANSI/EIARS-2740 (สหรัฐอเมริกา) มาตรฐานBS 3635 (อังกฤษ), และมาตรฐานDIN 66025(เยอรมัน) เป็นต้น

2. เอ็มโค้ด (M-Code)

เอ็มโค้ด (M-Code) เป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม โปรแกรม หรือ กลไกการทำงานของเครื่องจักรกล CNC ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด เช่น การให้เพลลาจับเครื่องมือตัดหมุนในทิศทางที่ต้องการเปลี่ยนเครื่องมือตัด หรือใช้ควบคุมลักษณะการจบโปรแกรม เป็นต้น

3. โค้ดอื่น ๆ ที่ใช้ในเวิร์ดหรือคำสั่ง

โค้ดในแต่ละเวิร์ด นอกเหนือจากจีโค้ด และเอ็มโค้ดแล้วยังประกอบด้วยโค้ดอื่นๆอีกประเภทดังนี้

1. เลขที่บล็อกหรือเลขที่บรรทัด ได้แก่โค้ด N
2. ตำแหน่งหรือระยะทางความยาว ได้แก่โค้ด X, Y, Z, U, V, W, A, B, C และQ
3. ตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลม ได้แก่โค้ด R หรือ I, J และ K
4. ความเร็วเพลลาหัวจับชิ้นงานและความเร็วตัดได้แก่โค้ด S และ V
5. อัตราป้อน (Feed) ได้แก่โค้ด F
6. เครื่องมือตัด (Tools) ได้แก่โค้ด T , D, และH
7. เวลา (Time) ได้แก่โค้ด P

โดยโค้ดอื่นๆทั้ง 7 ประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เลขที่บล็อกหรือเลขที่บรรทัด (Block Number: N)

บล็อก คำสั่งต่าง ๆ จะเริ่มต้นด้วยตัวอักษรตัวN และตามด้วยตัวเลข ในการกำหนดตัวเลขควรเว้นระยะห่าง เช่นเว้นบล็อกละ 5 จะได้ N5, N10, N15... หรือบล็อกละ 10 จะได้ N10, N20, N30...ไม่ควรจะเขียนโดยไม่เว้นระยะห่างN1, N1, N3...เพราะเวลาจะแก้ไขโปรแกรมหรือแทรกบล็อกจะทำให้ไม่สามารถกำหนดเลขที่บล็อกได้ ทำให้การตรวจสอบโปรแกรมยุ่งยาก

2. ตำแหน่งหรือระยะทางความยาว

ในการเคลื่อนที่ของทุลทั้งแนวเส้นตรงและแนวเส้นโค้ง จะต้องระบุโดยใช้ตัวเลข (0 ถึง 9) โดยมีเครื่องหมายบวก (+) หรือลบ (-) นำหน้าตัวเลขเพื่อใช้บอกทิศทางในการเคลื่อนที่ตามแกนนั้น ๆ เช่น X10 Y10 Z5 หรือ X-10 Y10 Z-10 เป็นต้น

3. ตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลม

จีโค้ด ที่ใช้คือ G02, G03 และตำแหน่งของจุดศูนย์กลางวงกลม ตำแหน่งจุดศูนย์กลาง ส่วนโค้งของวงกลมจะใช้โคออร์ดิเนต, J และ K ในการบอกตำแหน่งจะใช้ตัวเลขบอกตำแหน่งในการเคลื่อนที่โดยที่ I จะวัดระยะทางในแนวนอน X, J จะวัดระยะทางในแนวนอน Y และ K จะวัดระยะทางในแนวนอน Z โดยที่วัดระยะทางจากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งหรือบางคอนโทรลเลอร์อาจจะบอณเป็นค่ารัศมี (R) ได้เลย

4. ความเร็วรอบเพลาสปีนเดิล (Spindle Speed: S)

ใช้ตัวอักษร S และตามด้วยตัวเลข เช่น S1200 หมายถึง ความเร็วรอบ เพลาจับเครื่องมือตัดหรือเพลาสปีนเดิล หมุน 1,200 รอบ/นาที (rpm. หรือ rev/min) ความเร็วรอบเพลาหัวจับชิ้นงานเรียกว่า "สปีนเดิล สปีด (Spindle Speed)"

5. อัตราป้อน (Feed Rate: F)

ความเร็วป้อน คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ในขณะที่ตัดเฉือนชิ้นงานหรือเคลื่อนที่ลิกลงในชิ้นงานเพื่อกัดหรือกลึงเอาเนื้อชิ้นงานออก หน่วยความเร็วป้อนสามารถกำหนดได้เป็นลักษณะดังนี้คือ

1. มิลลิเมตร/นาที (mm/min) หรือนิ้ว/นาที (inch/min) ใช้สำหรับการกัดและการเจียที่ ใช้คือ G94
2. มิลลิเมตร/รอบ (mm/rev) หรือนิ้ว/รอบ (inch/rev) สำหรับการกลึง โค้ดที่ใช้คือ G95

6. เครื่องมือตัด (Tools: T)

ใช้ตัวอักษร T และตามด้วยตัวเลข เช่น T02 หรือ T2 โดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับโค้ดในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด (Tools) ด้วยคำสั่ง M06 เช่น T05 M06 หรือ T02 M06 เป็นต้น

7. เวลา (Time) ใช้อักษรตัว P ตามด้วยตัวเลข เช่น P01 กำหนดเวลาแช่หรือรอ 1 วินาที เป็นต้น (ที่มา : สมบัติ ชิวหา. 2555 : 184)

ข้อที่ควรจำ

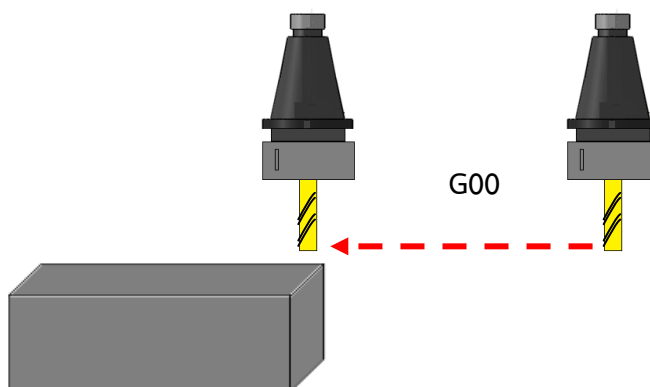
1. สำหรับชุดควบคุมบางรุ่นไม่จำเป็นต้องกำหนดเลขที่บล็อก (N) ทุกบรรทัดก็ได้
2. โค้ดบางตัวไม่จำเป็นต้องเขียนในบล็อกต่อไปก็ได้ จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง เป็นคำสั่งอย่างอื่น เช่น G00, G01, G02, G03, M03, M04 และค่า F, S
3. ไม่จำเป็นต้องใส่ค่าโคออร์ดิเนตเดิม X, Y และ Z ในบล็อกต่อไปหาก ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจะต้องใส่ค่าโคออร์ดิเนตใหม่ เช่น
N50 G01X10Y20Z-3F200;
N60 G00Z10; (ค่าในแนวแกน X และแกน Y คงที่ไม่ต้องเขียนในบรรทัดคำสั่งก็ได้)
4. เราสามารถเขียนคำสั่งจีโค้ด หรือเอ็มโค้ด ในบล็อกเดียวกันก็ได้ แต่จะมีจำนวนจำกัด เช่น ในหนึ่งบล็อกจะได้จีโค้ด 2 ตัว และเอ็มโค้ด 3 ตัว เช่น
N50 G90 G01 X50Y50Z-2 F200 T02 M06 S1000 M03 M08;
5. โค้ดบางตัวของชุดควบคุม จะถูกกำหนดขึ้นเองเมื่อเริ่มทำโปรแกรมหรือเป็น ค่าใช้งานเริ่มต้น (Default หรือ Self Start) เช่น G90, G21, G17 โค้ดต่างๆ เหล่านี้ไม่จำเป็นต้องเขียนไว้ในโปรแกรมก็ได้
6. คำสั่งกลุ่มเดียวกันไม่สามารถใช้ในบรรทัดเดียวกันได้ เช่น G00 กับ G01, G02 กับ G03 เป็นต้น

7.4 คำสั่งจีโค้ด และเอ็มโค้ดสำหรับงานกัดซีเอ็นซี

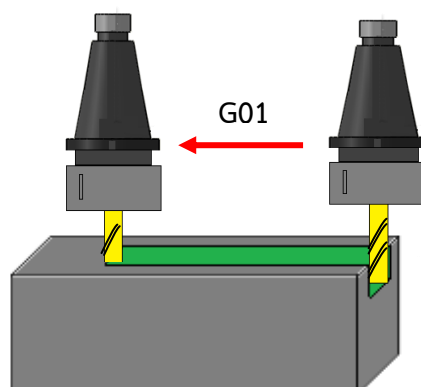
7.4.1 จีโค้ด (G-Code)

คำสั่งจีโค้ด เป็นคำสั่งที่ใช้ในการควบคุม การทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี เพื่อทำการขึ้นรูปชิ้นงาน จีโค้ด มีมาตรฐานอุตสาหกรรม เช่น มาตรฐาน ISO 6983/BS3635 มาตรฐาน ANSI/EIA RS-274D (อเมริกา) BS3635 (อังกฤษ) และ มาตรฐาน DIN 66 025 (เยอรมัน) โดยทุกมาตรฐานมีพื้นฐานเดียวกัน คำสั่งจีโค้ดจะเป็นคำสั่งที่ทำหน้าที่ดังนี้ **ที่มา : อภิสิทธิ์ ตันตระกูลศิลป์. 2550 : 187)**

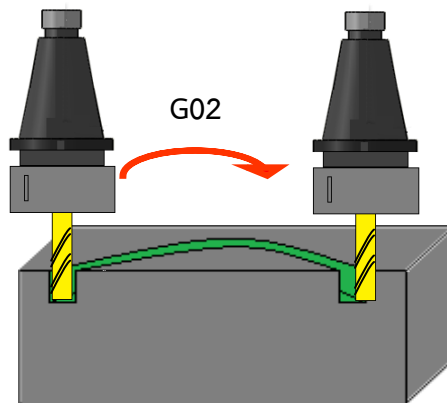
1. ควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด G00, G01, G02 และ G03
2. กำหนดระบบการทำงาน เช่น หน่วยวัดระยะทาง ระบบการกำหนดตำแหน่ง ระนาบการทำงาน คำสั่งเช่น G17, G18, G19, G20, G21, G90, G91 เป็นต้น
3. ยกเลิกคำสั่งตกค้าง เช่น การยกเลิกการชดเชยรัศมีเครื่องมือตัด ด้วยคำสั่ง G40 ยกเลิกคำสั่งวัฏจักรการเจาะรูด้วย คำสั่ง G80 เป็นต้น ตัวอย่างคำสั่งจีโค้ด ดังแสดงในรูปที่ 7.3 - 7.12



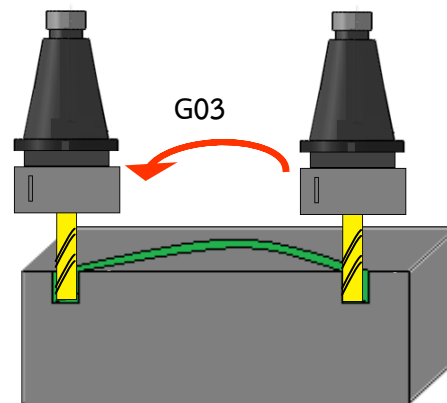
รูปที่ 7.3 แสดงคำสั่ง G00 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงของเครื่องมือตัดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่อง (Rapid Traverse) โดยเครื่องมือตัดอยู่เหนือชิ้นงาน
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



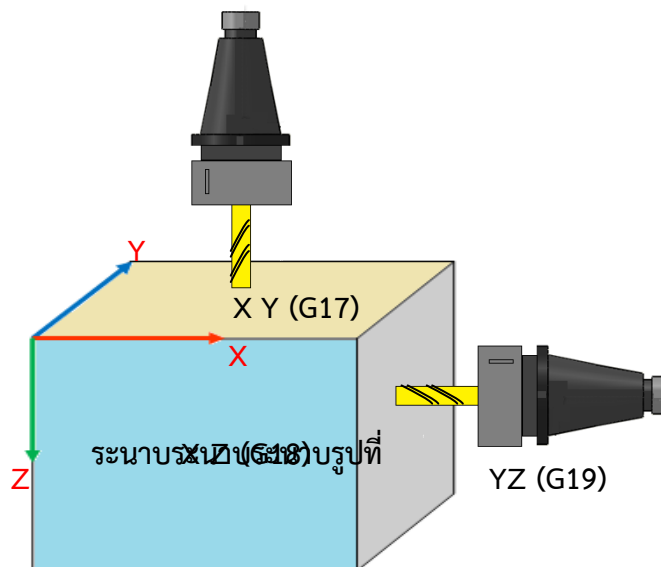
รูปที่ 7.4 แสดงคำสั่ง G01 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงของเครื่องมือตัดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งลึกเข้าไปในเนื้อชิ้นงานด้วยอัตราป้อน (Feed Rate) ที่กำหนด
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



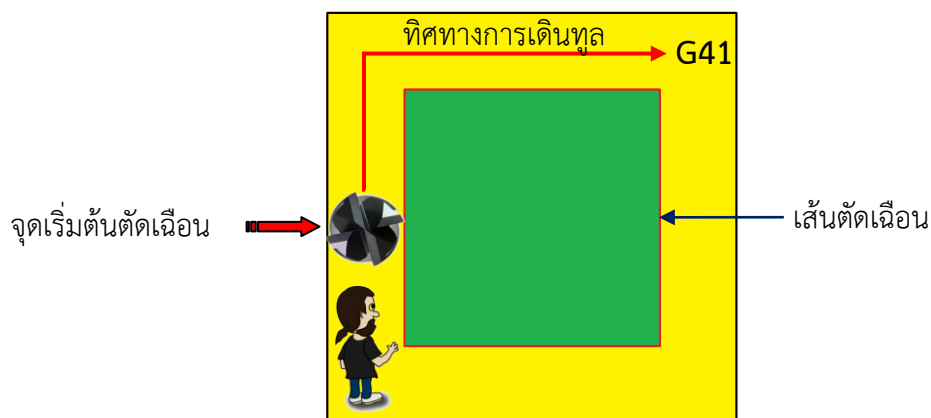
7.5 แสดงคำสั่ง G02 การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งหรือวงกลมเล็กเข้าไปในเนื้อของชิ้นงานทิศทางตามเข็มนาฬิกา
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



รูปที่ 7.6 แสดงคำสั่ง G03 การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งหรือวงกลมเล็กเข้าไปในเนื้อของชิ้นงานทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

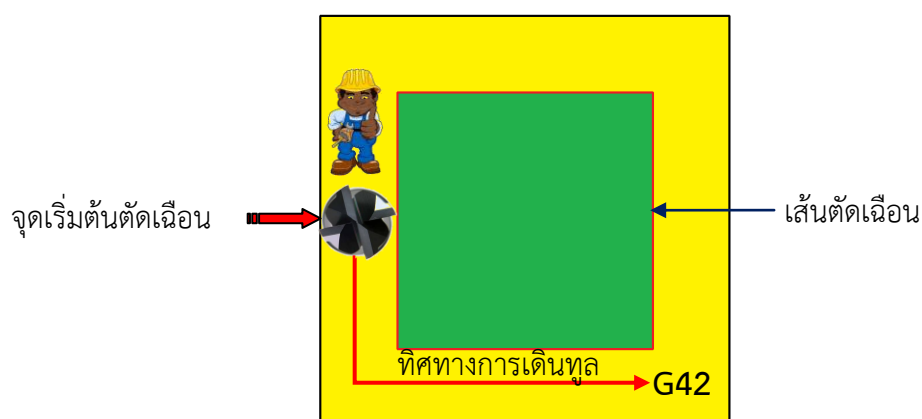


รูปที่ 7.7 แสดงการเลือกระนาบในการทำงานด้วยคำสั่ง G17, G18 และ G19
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



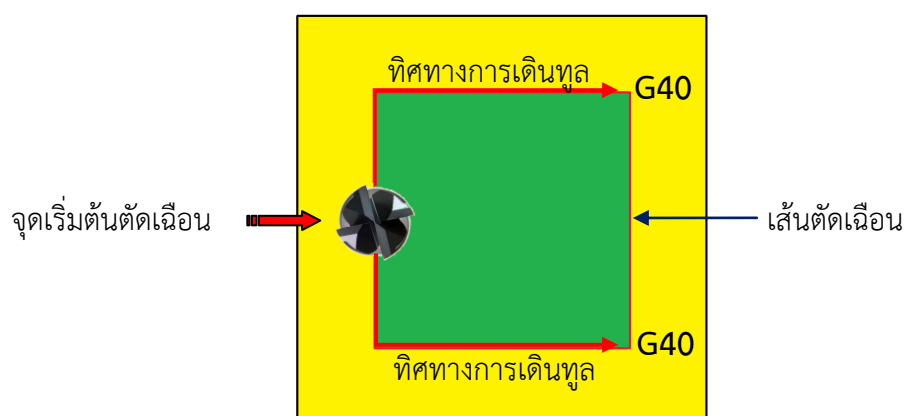
รูปที่ 7.8 แสดงคำสั่ง G41 เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีของทูลโดยทูลอยู่ด้านซ้ายมือเส้นตัดเฉือนเมื่อมองตามหลังทิศทางการเดินของทูล

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



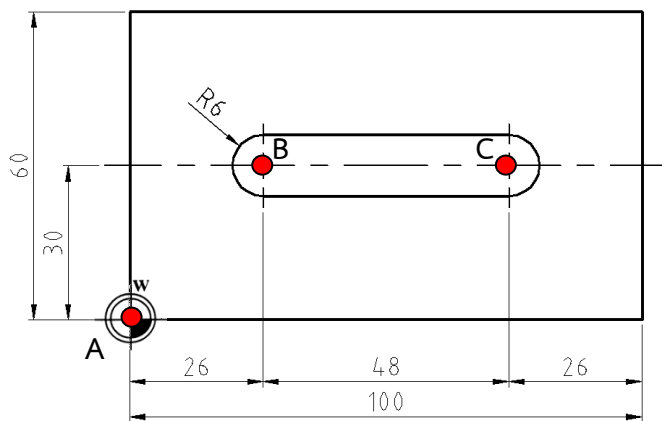
รูปที่ 7.9 แสดงคำสั่ง G42 เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีของทูลโดยทูลอยู่ด้านขวามือของเส้นตัดเฉือนเมื่อมองตามหลังทิศทางการเดินของทูล

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



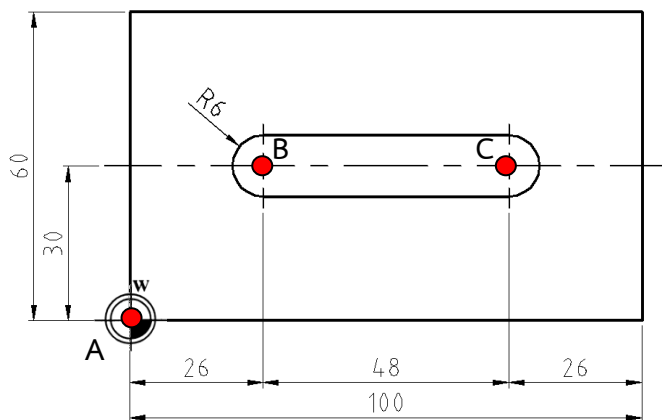
รูปที่ 7.10 แสดงคำสั่ง G40 เป็นคำสั่งยกเลิกการชดเชยรัศมีของมิดกัตโดยจุดศูนย์กลางทูลจะทับเส้นตัดเฉือน

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



ตำแหน่ง	Absolute(G90)	
	ค่าแกนX	ค่าแกนY
A	0	0
B	26	30
C	74	30

รูปที่ 7.11 แสดงการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ (Absolute) ด้วยคำสั่ง G90
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



ตำแหน่ง	Incremental(G91)	
	ค่าแกนX	ค่าแกนY
A	0	0
B	26	30
C	48	0

รูปที่ 7.12 แสดงการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Incremental) ด้วยคำสั่ง G91
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

นอกจากตัวอย่างคำสั่งจีโค้ดข้างต้นที่ที่นิยมใช้แล้วยังมี จีโค้ดอื่นๆที่เป็นจีโค้ดพื้นฐานที่ใช้ในงานกัดซีเอ็นซี ดังแสดงตามตารางที่ 7.2 (ที่มา : สมจิตร จอมคำสิงห์. 2558 : 166)

ตารางที่ 7.2 แสดงจีโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกัดซีเอ็นซี

โค้ด	ความหมาย/การทำงาน
G00	การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงของเครื่องมือตัดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่อง (Rapid Traverse) โดยเครื่องมือตัดอยู่เหนื่องาน
G01	การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงของเครื่องมือตัดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งลึกเข้าไปในเนื้อชิ้นงานด้วยอัตราป้อน (Feed Rate) ที่กำหนด
G02	การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งหรือวงกลมลึกเข้าไปในเนื้อของชิ้นงานทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 7.2 แสดงจีโค้ดพื้นฐานงานกัด (ต่อ)

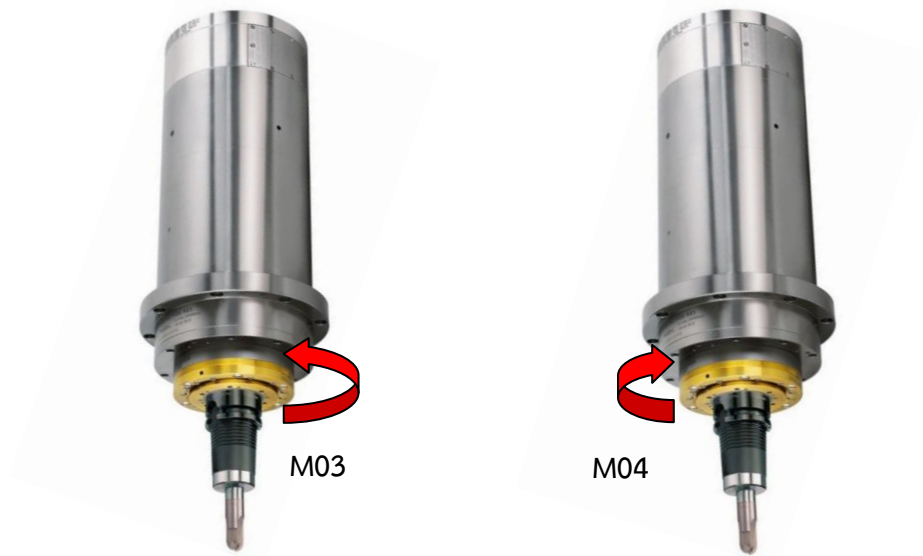
โค้ด	ความหมาย/การทำงาน
G03	การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งหรือวงกลมลึกเข้าไปในเนื้อของชิ้นงานทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
G04	หยุดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดชั่วขณะตามเวลาที่กำหนด โดยเพลาจับเครื่องมือตัดยังหมุนอยู่
G17	กำหนดใช้ ระนาบ X, Y
G18	กำหนดใช้ ระนาบ X, Z
G19	กำหนดใช้ ระนาบ Y, Z
G20	กำหนดหน่วยความยาวเป็น นิ้ว (Inch)
G21	กำหนดหน่วยความยาวเป็น มิลลิเมตร (mm)
G28	การเคลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิงแบบอัตโนมัติ
G33	การทำเกลียว
G40	ยกเลิกการชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด
G41	การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านซ้ายมือเส้นตัดเฉือน
G42	การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านขวามือเส้นตัดเฉือน
G43	การชดเชยขนาดของความยาวเครื่องมือตัดถอยออกจากจุดอ้างอิง (+)
G44	การชดเชยขนาดของความยาวเครื่องมือตัด ลงต่ำกว่าจุดอ้างอิง (-)
G49	การยกเลิกการชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด
G54-G59	จุดอ้างอิงหลายๆ จุดบนชิ้นงาน 1 ชิ้น อาจมีหลายโปรแกรมเอ็นซีในชิ้นงานนั้น ๆ หรือมีชิ้นงานหลายๆ ชิ้น แต่ใช้โปรแกรมเอ็นซีเดียวกันในการผลิต
G80	ยกเลิกวัฏจักรงานเจาะแบบต่าง ๆ
G81ถึงG83	วัฏจักรการเจาะรู (Drilling Cycle) ต่าง ๆ
G84	วัฏจักรการทำเกลียว
G85ถึงG88	วัฏจักรการคว้านรู (Boring Cycle) ต่าง ๆ
G90	กำหนดการเขียนโปรแกรมให้เป็นแบบสัมบูรณ์
G91	กำหนดการเขียนโปรแกรมให้เป็นแบบต่อเนื่อง
G94	ให้ค่าอัตราป้อนเป็น มิลลิเมตร/นาที (mm/min)

7.4.2 เอ็มโค้ด (M-Code)

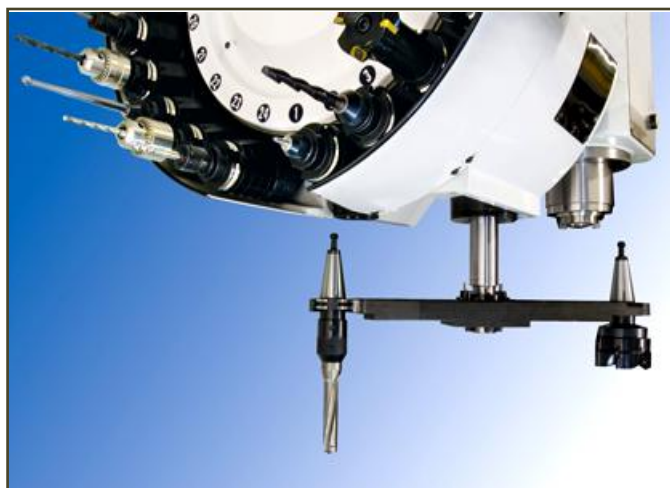
เอ็มโค้ด(M-Code) เป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกการทำงานของเครื่องจักรกล ซีเอ็นซีที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดคำสั่งเอ็มโค้ดจะเป็นคำสั่งที่ทำหน้าที่ดังนี้

1. ควบคุมการเปิด ปิด อุปกรณ์ต่างๆ เช่น คำสั่ง M05 เป็นต้น, M0 , M06, M08
2. ควบคุมโปรแกรม เช่นคำสั่ง M01, M02, M30 เป็นต้น

ตัวอย่างคำสั่งเอ็มโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกัดงานกัด ดังแสดงในรูปที่ 7.13 - 7.16



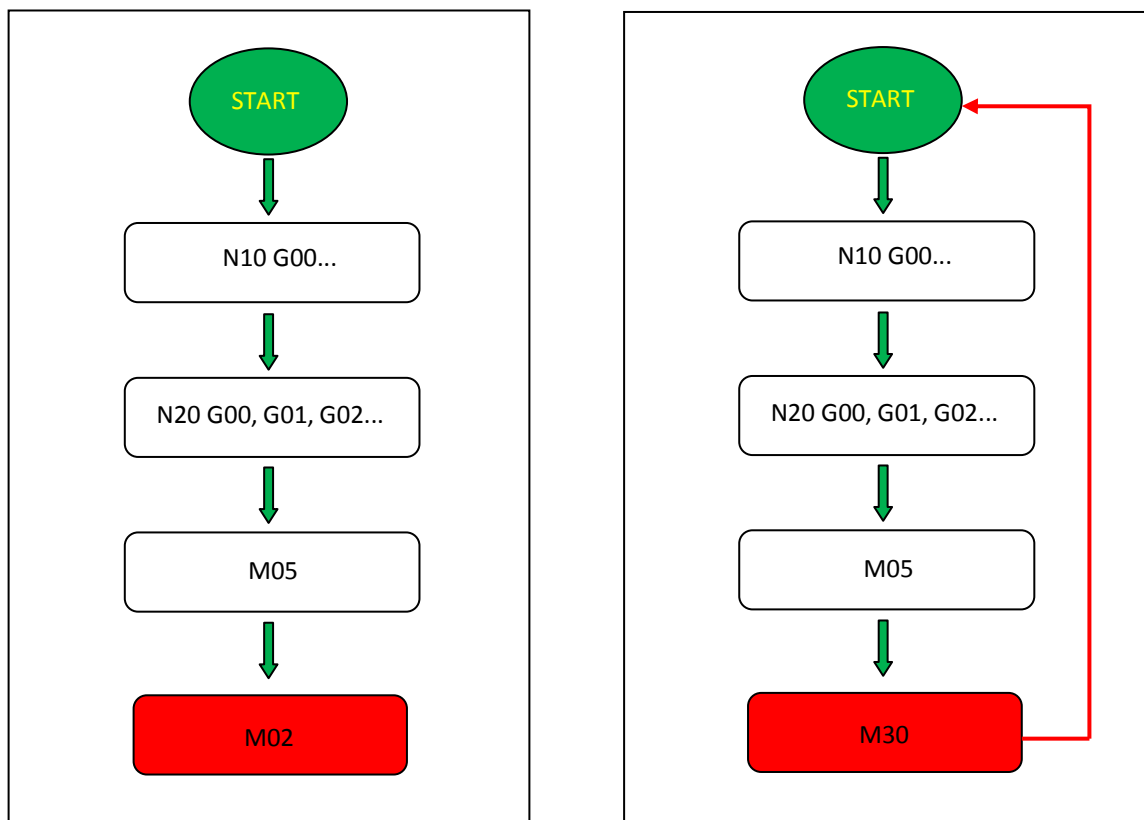
รูปที่ 7.13 แสดงทิศทางการหมุนของเพลาสปินเดิล (มองจากด้านบนลงมา) เมื่อใช้คำสั่ง M03 และ M04
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



รูปที่ 7.14 แสดงอุปกรณ์เปลี่ยนเครื่องมือตัดอัตโนมัติ ทำงานเมื่อใช้คำสั่ง M06
(ที่มา : <http://www.centroidcnc.com>)



รูปที่ 7.15 แสดงการใช้คำสั่ง M08 เป็นคำสั่งเปิดน้ำหล่อเย็น
(ที่มา : <http://www.bandaprecisionengineering.co.uk>)



รูปที่ 7.16 แสดงลักษณะข้อแตกต่างการจบโปรแกรมเมื่อใช้คำสั่ง M02 และ M30
(ที่มา : นัตรชัย สมพงศ์. 2559)

นอกจากตัวอย่างคำสั่งเอ็มโค้ดข้างต้น ที่ที่นิยมใช้แล้ว ยังมีเอ็มโค้ดอื่นๆที่เป็นเอ็มโค้ดพื้นฐาน ที่ใช้ในงานกัดซีเอ็นซีดังแสดงตามตารางที่ 7.3 (ที่มา : ซาลี ตระการกุล. 2540 : 253)

ตารางที่ 7.3 แสดงเอ็มโค้ดพื้นฐานที่ใช้ในงานกัดซีเอ็นซี

โค้ด	ความหมาย/การทำงาน
M00	หยุดโปรแกรมชั่วคราว แต่ถ้าจะทำงานต่อก็กดปุ่มสวิตช์
M01	หยุดโปรแกรมเมื่อต้องการ (Optional Stop) โดยเมื่อจะให้หยุดต้องกดปุ่ม Option Stop ที่แผงควบคุมของคอนโทรลเลอร์
M02	สิ้นสุดโปรแกรม หรือจบโปรแกรม
M03	ให้เฟลสปีนเดิลหมุนตามเข็มนาฬิกา
M04	ให้เฟลสปีนเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05	หยุดการหมุนของเฟลาจับเครื่องมือตัด
M06	เปลี่ยนทูล (Tools Chang)โดยอัตโนมัติ
M07	เปิดน้ำหล่อเย็นให้ไหลเป็นละออง
M08	เปิดน้ำหล่อเย็น
M09	ปิดการไหลของน้ำหล่อเย็น
M10	เปิดปากจับงาน
M11	ปิดปากกาจับงาน
M13	เฟลาจับเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกาพร้อมทั้งเปิดน้ำหล่อเย็น
M14	เฟลาจับเครื่องมือตัดหมุนทวนเข็มนาฬิกาพร้อมทั้งเปิดน้ำหล่อเย็น
M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปยังบล็อกแรก หรือจุดเริ่มต้นของโปรแกรม

7.5 การขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกัดซีเอ็นซี

การขึ้นรูปชิ้นงานกัด คือ การที่เครื่องมือตัดทำการตัดเฉือนเศษโลหะออกจากชิ้นงาน เพื่อให้ได้ รูปร่าง และขนาดตามแบบที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปงานกัดซีเอ็นซีมีลักษณะของการขึ้นรูป ชิ้นงานอยู่หลากหลายลักษณะ เช่น การกัดงานตามเส้นขอบรูป (Contour) งานปาดผิวหน้า (Flat Surface) งานกัดหยาบ (Roughing) งานกัดเก็บละเอียด (Finishing) งานเจาะรู (Drilling) งานคว้านรู (Boring) งานทำเกลียว (Tapping) และงานคว้านรูเรียบ (Reamer) งานขุดหลุม (Pocket) เป็นต้น

7.6 การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัดซีเอ็นซี

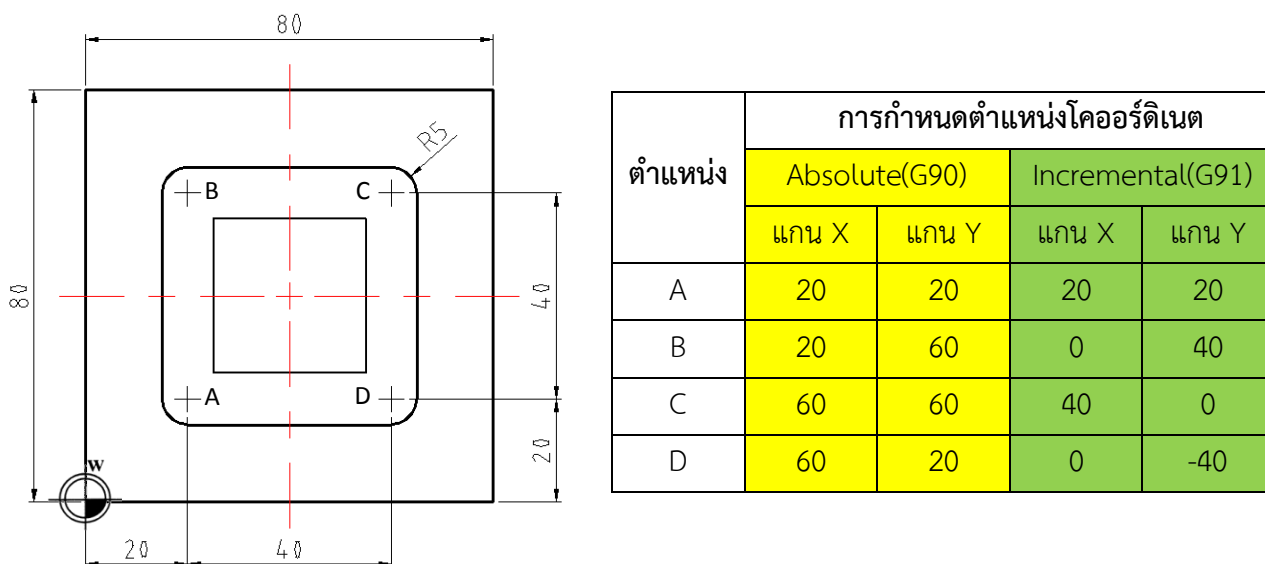
ก่อนที่จะทำการเขียนโปรแกรมเอ็นซี ผู้ปฏิบัติงานจะต้องทำการศึกษาคู่มือในการใช้งานเครื่องจักรกัดซีเอ็นซี เฉพาะรุ่นก่อนการทำงาน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงาน เพราะระบบควบคุมนี้จะทำหน้าที่ควบคุมให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทำงานตามขั้นตอนต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ใน โปรแกรมเอ็นซี ผู้ปฏิบัติงาน

จะเป็นผู้ป้อน โปรแกรมเอ็นซี เข้าไปในระบบควบคุม ระบบควบคุมจะอ่านโปรแกรมเอ็นซี และเปลี่ยนข้อมูลเหล่านี้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อควบคุมให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีและอุปกรณ์ต่างๆทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ การสร้างโปรแกรมเอ็นซีจะมีรูปแบบที่กำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต ระบบควบคุม (Controller) ภายใต้แนวทางที่เป็นมาตรฐานโดยแบ่งวิธีการเขียนโปรแกรมตามลักษณะการกำหนดตำแหน่งโคออร์ดิเนตได้เป็น 2 ระบบ คือ

7.6.1. การเขียนโปรแกรมโดยวิธีกำหนดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ (Absolute) โดยใช้คำสั่ง G90

7.6.2. การเขียนโปรแกรมโดยวิธีกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง (Incremental) โดยใช้คำสั่ง G91

โดยข้อแตกต่างของการกำหนดตำแหน่งทั้ง 2 ระบบ คือ การกำหนดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ (Absolute) จะวัดระยะทางจุดหรือตำแหน่งต่างๆบนชิ้นงาน ที่เครื่องมือตัด จะเคลื่อนที่ไป โดยอ้างอิงจุดศูนย์ชิ้นงานหรือจุดศูนย์โคออร์ดิเนตเป็นจุดเริ่มต้นในการวัดระยะทางเพียงจุดเดียวเพื่อหาระยะทางของตำแหน่งต่างๆบนชิ้นงาน ส่วนการกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง(Incremental) จะอ้างอิงจุดหรือตำแหน่งปัจจุบันที่เครื่องมือตัดหยุดอยู่เป็นจุดศูนย์โคออร์ดิเนตเพื่อวัดระยะทางในจุดต่อไปตามทิศทางและเครื่องหมายของแนวแกนมีลักษณะการวัดตำแหน่งแบบจุดต่อจุด ดังแสดงในรูปที่ 7.17

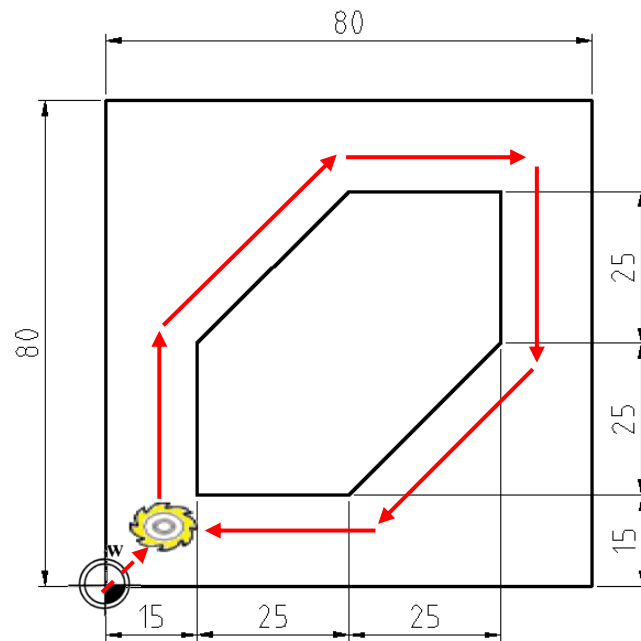


รูปที่ 7.17 แสดงการกำหนดตำแหน่งโคออร์ดิเนตแบบสัมบูรณ์ (Absolute) และแบบต่อเนื่อง (Incremental)
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

7.7 การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour)

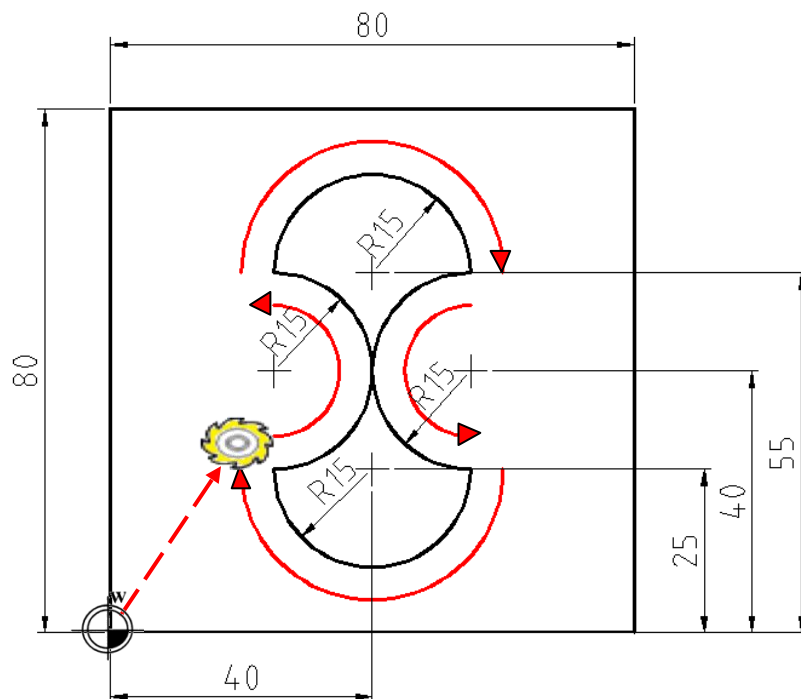
วิธีการเขียนโปรแกรมซีเอ็นซีตามเส้นขอบรูป จะมีลักษณะ การเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงาน ของเครื่องมือตัดทีละ 1 แนวแกน เช่น แนวแกน X, แนวแกน Y หรือแนวแกน Z และในเวลาเดียวกัน เคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แนวแกน เช่น แกน X, Y แกน X, Z และแกน Y, Z ขึ้นอยู่กับระนาบ หรือด้านของชิ้นงานที่ต้องการตัดเฉือน หรือชนิดของเครื่องกัดโดยสามารถเขียนโปรแกรมเอ็นซี (NC Program) ตัดเฉือนชิ้นงานตามเส้นขอบรูป ได้ 2 ลักษณะคือ

7.7.1 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูป แบบเส้นตรง (Linear Interpolation) เส้นทางของเครื่องมือตัดจะเป็นเส้นตรงที่ขนานกับแนวแกนหลักหรือเส้นตรงทำมุมกับแนวแกนหลักก็ได้ดังแสดงในรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.18 แสดงการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดตามเส้นขอบรูปแบบเส้นตรง (Liner Interpolation)
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

7.7.2 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูปแบบเส้นโค้ง (Circular Interpolation)
เส้นทางของเครื่องมือตัดจะเป็นเส้นโค้งมีทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 7.19



รูปที่ 7.19 แสดงการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดตามเส้นขอบรูปแบบเส้นโค้ง (Circular Interpolation)
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูป จะใช้คำสั่งจีโค้ดเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด อยู่ 4 คำสั่ง โดยคำสั่งที่ใช้ควบคุม การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ตามเส้นขอบรูปแบบเส้นตรง (Linear Interpolation) คือ คำสั่ง G00 และ G01 ส่วนคำสั่งที่ใช้ควบคุม การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ตามเส้นขอบรูปแบบเส้นโค้ง (Circular Interpolation) คือคำสั่ง G02 และ G03 โดยมีรายละเอียดดังนี้

G00 คือ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่อง (Rapid Traverse) โดยบล็อกของ G00 มีโครงสร้างของบรรทัดคำสั่ง ดังนี้

N... G00 X... Y... Z...

เมื่อ X... Y... Z... คือ ค่าโคออร์ดิเนตตำแหน่งเป้าหมายในแนวแกน X ที่ต้องการให้ทูลหยุดการเคลื่อนที่

G01 คือ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงลึกเข้าไปในเนื้อชิ้นงานความเร็วอัตราป้อนที่กำหนดจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยบล็อกของ G01 มีโครงสร้างของบรรทัดคำสั่ง ดังนี้

N... G01 X... Y... Z... F...

เมื่อ X... Y... Z... คือ ค่าโคออร์ดิเนตตำแหน่งเป้าหมายในแนวแกน X ที่ต้องการให้ทูลหยุดการเคลื่อนที่

F... คือ ค่าความเร็วอัตราป้อนตัด

G02 คือ การเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานแนวเส้นโค้ง หรือวงกลม จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ด้วยความเร็ว ตามอัตรา ป้อนที่กำหนดทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยบล็อกของ G02 มีโครงสร้าง ของบรรทัด คำสั่ง ดังนี้

N... G02 X... Y... Z... R... หรือ (I... J... K...) F...

เมื่อ X... Y... Z... คือ ค่าโคออร์ดิเนตตำแหน่งเป้าหมายในแนวแกน X ที่ต้องการให้ทูลหยุดการเคลื่อนที่

R... คือ รัศมีของส่วนโค้ง

I... คือ ระยะทางที่วัดในแนวแกน X จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง

J... คือ ระยะทางที่วัดในแนวแกน Y จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง

K... คือ ระยะทางที่วัดในแนวแกน Z จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง

F... คือ ค่าความเร็วอัตราป้อนตัด

หมายเหตุ การกำหนดค่าของส่วนโค้งผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเลือกว่า จะใช้แบบใดระหว่างการกำหนดส่วนโค้งด้วยค่ารัศมีของส่วนโค้ง(R) หรือแบบกำหนดค่าระยะทางในส่วนโค้ง (I, J, K) โดยสามารถศึกษาได้จากคู่มือเครื่องจักรซีเอ็นซี ของแต่ละบริษัทผู้ผลิตที่กำหนดให้ใช้แบบใด

G03 คือ การเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงาน แนวเส้นโค้ง หรือวงกลม จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วตามอัตราป้อนที่กำหนดทิศทางวนเข็มนาฬิกา โดยบล็อก **G03** มีโครงสร้างของบรรทัดคำสั่ง ดังนี้

N... G03 X... Y... Z... R... หรือ (I... J... K...)

เมื่อ X... Y... Z... คือ ค่าโคออร์ดิเนตตำแหน่งเป้าหมายในแนวแกน Z ที่ต้องการให้ทูลหยุดการเคลื่อนที่

R... คือ รัศมีของส่วนโค้ง

I... คือ ระยะทางที่วัดในแนวแกน X จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง

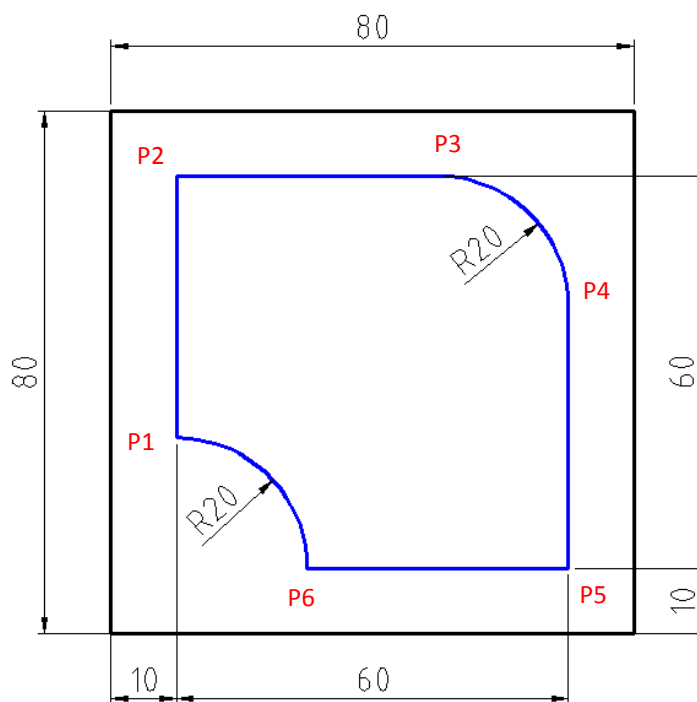
J... คือ ระยะทางที่วัดในแนวแกน Y จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง

K... คือ ระยะทางที่วัดในแนวแกน Z จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง

F... คือ ค่าความเร็วอัตราป้อนตัด

หมายเหตุ การกำหนดค่าของส่วนโค้งผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเลือกว่าจะใช้แบบใดระหว่างการกำหนดส่วนโค้งด้วยค่ารัศมีของส่วนโค้ง(R) หรือแบบกำหนดระยะทางในส่วนโค้ง (I, J, K) โดยสามารถศึกษาได้จากคู่มือเครื่องจักรซีเอ็นซี ของแต่ละบริษัทผู้ผลิตว่ากำหนดให้ใช้แบบใด

ตัวอย่างที่ 7.1 จงเขียนโปรแกรมงานกัดตามเส้นขอบรูป โดยใช้คำสั่ง G00, G01, G02 และ G03 โดยกำหนดให้เขียนโปรแกรมเอ็นซีแบบสัมบูรณ์ (Absolute) กำหนดให้ความเร็วรอบเพลสปีนเดิล 1200 รอบ/นาที, สปีนเดิลหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาใช้ทูลหมายเลข 2 ตัดเฉือนชิ้นงาน, กัดงานลึก 2 มิลลิเมตร, อัตราป้อน 100 มิลลิเมตร/นาที กำหนดส่วนโค้งด้วยค่ารัศมีส่วนโค้ง R เริ่มตัดเฉือนงานจากจุด P1, P2, P3... ถึง P1 ตามลำดับ



(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงษ์. 2559)

ตารางที่ 7.4 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour)

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
-	-	% 0123(Contour);	หัวโปรแกรม เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%) กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 123 กำหนดชื่อโปรแกรม Contour
N10	G90G21G54	-	กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมบูรณ์ กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร กำหนดจุดศูนย์ขึ้นงานลำดับที่1
N20	-	T02	กำหนดใช้툴หมายเลข 2
N30	-	S1200 M03	กำหนดความเร็วเฟดสปินเดิล 1200 รอบต่อนาที หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา
N40	G00	X0 Y0 Z5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N50	G00	X10 Y30 Z2	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ ตำแหน่ง X10 Y30 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 2 มิลลิเมตร
N60	G01	X10 Y30 Z-2 F100	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X10 Y30 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N70	G01	X10 Y70Z-2	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X10 Y70 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N80	G01	X50 Y70 Z-2	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X50 Y70 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N90	G02	X70 Y50 Z-2 R20	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาตัด เฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X70 Y50 กินลึกลงใน ผิวงาน 2 มิลลิเมตร รัศมีส่วนโค้ง 20 มิลลิเมตร
N100	G01	X70 Y10 Z-2	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X70 Y10 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 7.4 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour) (ต่อ)

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
N110	G01	X30 Y10 Z-2	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X30 Y10 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N120	G03	X10 Y30 Z-2 R20	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกาตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X10 Y30 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร รัศมีส่วนโค้ง 20 มิลลิเมตร
N130	G00	X10 Y30 Z10	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X10 Y30 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 10 มิลลิเมตร
N140	G00	X0 Y0 Z50	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 50 มิลลิเมตร
N150	-	M05	ปิดเฟลสปีนเดิล
N160	-	M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม

จากการเขียนโปรแกรมเอ็นซีดังตัวอย่างที่ 7.1 ไม่สามารถกัดงานตามเส้นขอบรูปได้ตามขนาดที่แบบงานได้กำหนดไว้ เนื่องจากตำแหน่งที่ทูลไปหยุดอยู่ตามค่าโคออร์ดิเนตที่กำหนดไว้ในโปรแกรมคือจุดศูนย์กลางของทูล เวลาเดินทูลรัศมีทูลจะตัดเฉือนชิ้นงานไปด้วยจึงทำให้ขนาดในแต่ละด้านของแบบงานหายไปเท่ากับรัศมีของทูลที่นำมาใช้ หากต้องการตัดเฉือนชิ้นงานให้ได้ขนาดตามแบบงานและยังคงสามารถเขียนตำแหน่งการตัดเฉือนได้เช่นเดิม หรือเขียนตำแหน่งของจุดตัดเฉือนจากขนาดที่อ่านได้เลยจากแบบงานได้เลย โดยผู้เขียนโปรแกรมจะต้องกำหนด จีโค้ดชดเชยรัศมีทูลลงในโปรแกรมเอ็นซี เวลาตัดเฉือนชิ้นงานคอนโทรลเลอร์จะชดเชยรัศมีทูลจากค่าโคออร์ดิเนตที่กำหนดไว้ตามแบบงานตามคำสั่งที่เลือกใช้

สำหรับงานกัดนั้นจะมีคำสั่งจีโค้ดที่ใช้สำหรับการชดเชย รัศมีทูล ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีจะไม่คำนึงว่าการเขียนโปรแกรมเอ็นซีจะใช้ดอกกัด เอ็นมิลล์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่หรือเล็กซึ่งคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซี เพื่อชดเชยรัศมีของดอกกัดเอ็นมิลล์ มีดังนี้

1. คำสั่ง G41 การชดเชยรัศมีของทูลโดยทูลอยู่ด้านซ้ายมือของเส้นตัดเฉือน
2. คำสั่ง G42 การชดเชยรัศมีของทูลโดยทูลอยู่ด้านขวามือของเส้นตัดเฉือน
3. คำสั่ง G40 ยกเลิกการชดเชยรัศมีทูล

โดยก่อนใช้คำสั่ง G41 และ G42 นั้นจะต้องนำค่าขนาดของดอกกัดเอ็นมิลล์ไปใส่ไว้ใน ตารางค่าตัวแปร (ตารางข้อมูลเครื่องมือตัด) ของเครื่องกัดซีเอ็นซีก่อน เพื่อในขณะทำงาน คอนโทรลเลอร์ เครื่องกัดซีเอ็นซี จะได้นำเอาค่าขนาดของของดอกกัดเอ็นมิลล์ที่เลือกใช้ มาคำนวณในโปรแกรมเอ็นซี

ในการพิจารณาเลือกใช้คำสั่งการชดเชยขนาดด้วยคำสั่ง G41 และ G42 นั้น สิ่งที่สำคัญคือการกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด โดยที่คำสั่ง G41 จะใช้เพื่อชดเชยขนาด รัศมีของทูล เมื่อทูลอยู่ทางด้านซ้ายของเส้นตัดเฉือนเมื่อมองตามทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนคำสั่ง G42 นั้นจะใช้เพื่อชดเชยขนาดของทูลเมื่อทูลอยู่ทางด้านขวาของ เส้นตัดเฉือน เมื่อมองตามทิศทางการเคลื่อนที่ของ ทูล และเมื่อใช้คำสั่ง G41 และ G42 แล้ว สามารถที่จะเขียนโปรแกรมโดยใช้ค่าโคออร์ดิเนตจากแบบงานที่กำหนดไว้ได้เลย โดยที่ไม่จำเป็นต้องคำนวณหา ระยะเพื่อของเครื่องมือตัดแต่ประการใด ทั้งนี้เนื่องจากว่าเมื่อระบบควบคุมของเครื่องได้รับคำสั่งในการชดเชยแล้ว จุดโคออร์ดิเนตต่างๆ ที่กำหนดไว้ในโปรแกรมนั้นก็จะถูกปรับเปลี่ยนโดยอัตโนมัติ

นอกเหนือจากทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดจะเป็นตัวกำหนดการใช้คำสั่ง G41 และ G42 สิ่งที่จะต้องพิจารณาอีกประการหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นเดียวกันนั้นก็คือ ทิศทางการหมุนของ เครื่องมือตัด (หมุนตามเข็มนาฬิกา, หมุนทวนเข็มนาฬิกา) ชนิดของการขึ้นรูป (ขึ้นรูปด้านใน, ขึ้นรูปด้านนอก) ทิศทางการป้อนของเครื่องมือตัด และควรใช้คำสั่งชดเชยก่อนตำแหน่งที่จะทำการตัดเฉือนจุดแรกเพื่อให้ทูล สามารถชดเชยค่ารัศมีได้ทันก่อนการตัดเฉือน เป็นต้น

จากตัวอย่าง ที่ 7.1 หากต้องการชดเชยรัศมีทูลเพื่อกัดงานให้ได้ขนาดตามแบบงาน โดยกำหนดให้ทูล อยู่ด้านซ้ายมือของเส้นตัดเฉือนสามารถเขียนโปรแกรมได้ดังแสดงในตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour) โดยใช้คำสั่งชดเชยรัศมีทูล

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
-	-	% 0124(Contour);	หัวโปรแกรม เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%) กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 123 กำหนดชื่อโปรแกรม Contour
N10	G90G21G54	-	กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสมบูรณ์ กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร กำหนดจุดศูนย์ขึ้นงานลำดับที่ 1
N20	-	T02	กำหนดใช้ทูลหมายเลข 2
N30	-	S1200 M03	กำหนดความเร็วเพลสปีนเดิล 1200 รอบต่อ นาที หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา
N40	G00	X0 Y0 Z5	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N45	G41	-	ชดเชยรัศมีทูลทางด้านซ้ายของเส้นตัดเฉือน

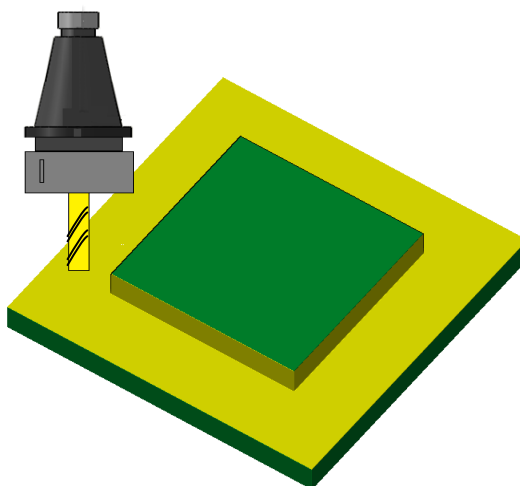
ตารางที่ 7.5 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour) โดยใช้คำสั่งชดเชยรัศมีทูล (ต่อ)

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
N50	G00	X10 Y30 Z2	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X10 Y30 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 2 มม.
N60	G01	X10 Y30 Z-2 F100	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X10 Y30 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N70	G01	X10 Y70 Z-2	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X10 Y70 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N80	G01	X50 Y70 Z-2	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X50 Y70 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N90	G02	X70 Y50 Z-2 R20	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X70 Y50 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร รัศมีส่วนโค้ง 20 มิลลิเมตร
N100	G01	X70 Y10 Z-2	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X70 Y10 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N110	G01	X30 Y10 Z-2	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X30 Y10 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร
N120	G03	X10 Y30 Z-2 R20	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกาตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X10 Y30 กินลึกลงในผิวงาน 2 มิลลิเมตร รัศมีส่วนโค้ง 20 มิลลิเมตร
N130	G00	X10 Y30 Z10	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X10 Y30 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 10 มิลลิเมตร
N140	G00	X0 Y0 Z50	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 50 มิลลิเมตร
N145	G40	-	ยกเลิกการชดเชยรัศมีทูล
N150	-	M05	ปิดเฟลสปีนเดิล
N160	-	M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม

7.8 การเขียนโปรแกรมงานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular Pocket)

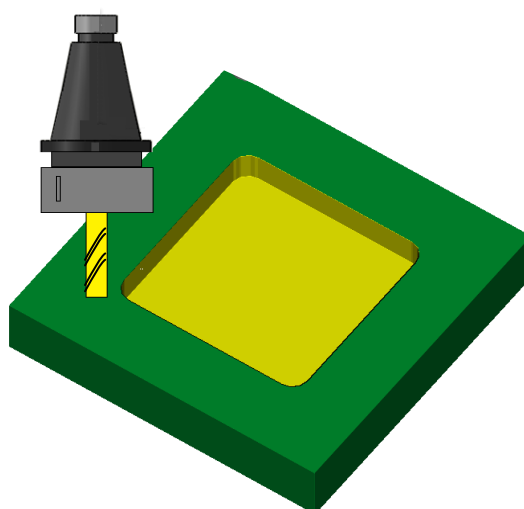
ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยมที่มีความซับซ้อนส่วนใหญ่จะนิยมใช้โปรแกรมแคดแคม (CAD/CAM) ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซี เพราะผู้เขียนโปรแกรมจะใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีที่รวดเร็วกว่าแต่ถ้าชิ้นงานที่กัดนั้นไม่มีความซับซ้อนมากผู้เขียนก็สามารถเขียนโปรแกรมเอ็นซีทั่วๆไปได้โดยงานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยม (Pocket) มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

7.8.1 งานกัดหลุมสี่เหลี่ยมด้านนอก คือ การกัดเอาเนื้อโลหะ ของชิ้นงานด้านนอก กรอบสี่เหลี่ยมออกจนได้รูปร่างตามแบบชิ้นงานที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 7.20



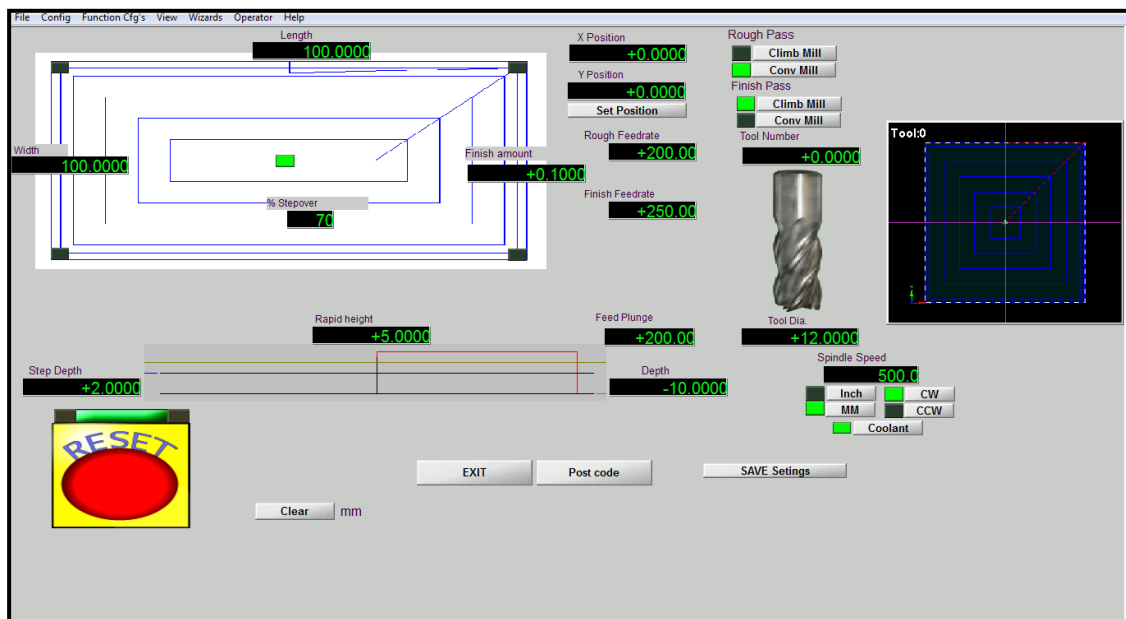
รูปที่ 7.20 แสดงงานกัดชิ้นงานแบบหลุมสี่เหลี่ยมด้านนอก
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

7.8.2 งานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยมด้านใน คือ การกัดเอาเนื้อโลหะ ของชิ้นงานด้านใน กรอบสี่เหลี่ยมออกจนเป็นหลุมหลุมสี่เหลี่ยมจนได้รูปร่างตามแบบชิ้นงานที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 7.21



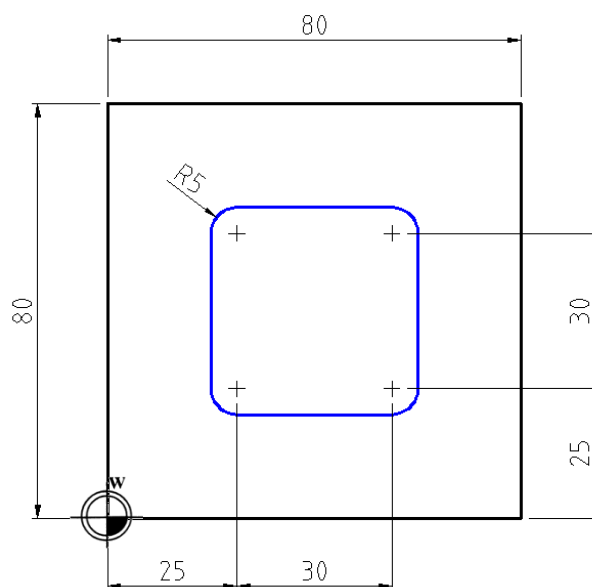
รูปที่ 7.21 แสดงงานกัดชิ้นงานแบบหลุมสี่เหลี่ยมด้านใน
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

สำหรับคอนโทรลเลอร์ Mach 3 ที่ใช้ในการเรียนการสอน คอนโทรลเลอร์ไม่รองรับคำสั่งวัฏจักรการกัดหลุมสี่เหลี่ยม แต่มีคำสั่งสำเร็จรูปสำหรับกัดหลุมแบบต่างๆให้เลือกใช้ดังแสดงในรูปที่ 7.22



รูปที่ 7.22 แสดงชุดคำสั่งสำเร็จรูปในการกัดชิ้นงานแบบหลุมสี่เหลี่ยมด้านในของคอนโทรลเลอร์ Mach3
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ตัวอย่างที่ 7.2 จงเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยมโดยใช้คำสั่ง พื้นฐาน, กำหนดให้ใช้เครื่องมือตัด หมายเลข 1 ความเร็วรอบเพลลา สปินเดิล 1250 รอบ/นาที, หมุนใน ทิศทางตามเข็มนาฬิกา, อัตราป้อน 120 มิลลิเมตร/นาที และกัดหลุมลึก 5 มิลลิเมตร



(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ตารางที่ 7.6 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดหลุมสี่เหลี่ยม(Pocket) โดยใช้คำสั่งพื้นฐาน

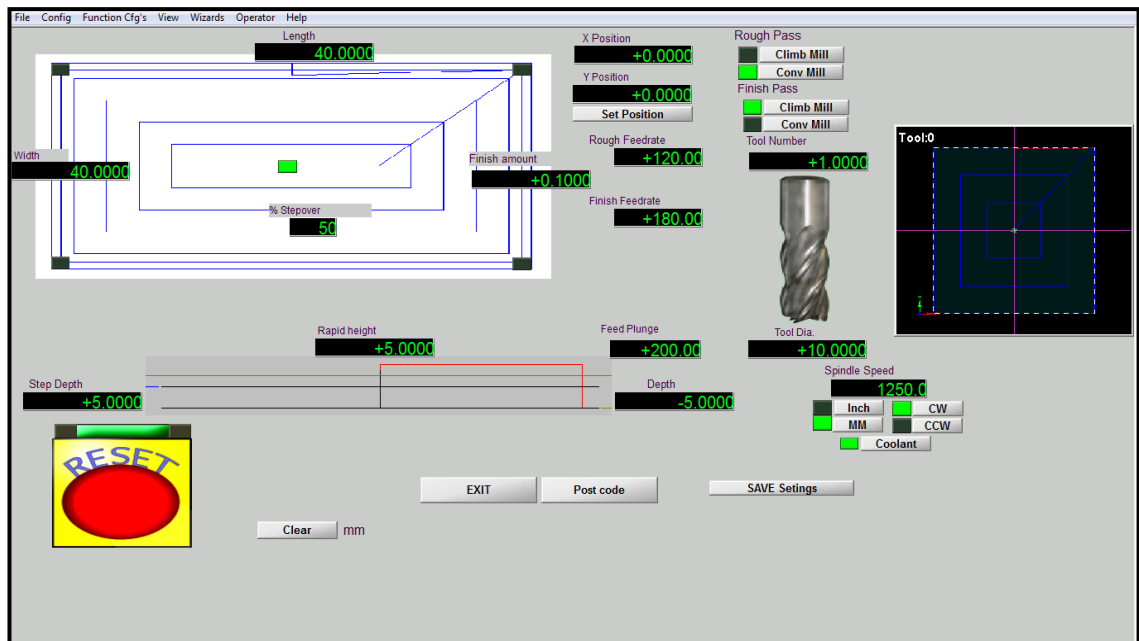
บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
-	-	% 0126(Pocket);	หัวโปรแกรม เขียนสัญลักษณ์ของ Iso Program (%) กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 126 กำหนดชื่อโปรแกรม Pocket
N10	G90G21G54	-	กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมบูรณ์ กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร กำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานลำดับที่1
N20	-	T01	กำหนดใช้툴หมายเลข 2
N30	-	S1250 M03	กำหนดความเร็วเฟดสปินเดิล 1250 รอบต่อนาที หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา
N40	G00	X0 Y0 Z5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N50	G00	X25Y25Z5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ ตำแหน่ง X25 Y25 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N60	G01	X25Y25Z-5F120	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X25 Y25 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร ด้วยอัตราป้อนตัด 120 มิลลิเมตรต่อนาที
N70	G01	X55Y25Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X55 Y25 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N80	G01	X55Y35Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X55 Y35 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N90	G01	X25Y35Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X25 Y35 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N100	G01	X25Y45 Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ ตำแหน่ง X25 Y45 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 7.6 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัทลุ่มสี่เหลี่ยม(Pocket) โดยใช้คำสั่งพื้นฐาน (ต่อ)

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
N110	G01	X55Y45 Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X55 Y45 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N120	G01	X55Y55 Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X55 Y55 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N130	G01	X25Y55 Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X25 Y55 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N140	G01	X25Y25 Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X25 Y25 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N150	G01	X55Y25 Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X55 Y25 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N160	G01	X55Y55 Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X55Y55กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N170	G01	X25Y55 Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X25 Y55 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N180	G00	X25Y55Z10	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X25 Y55 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 10 มิลลิเมตร
N190	G00	X0Y0Z20	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 20 มิลลิเมตร
N200	-	M05	ปิดเฟลสปีนเดิล
N210	-	M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม

จากตัวอย่างที่ 7.2 สามารถใช้คำสั่งสำเร็จรูปการกัดหลุมสี่เหลี่ยมของคอนโทรลเลอร์
กำหนดค่าต่างๆในตารางได้ ดังแสดงในรูปที่ 7.23

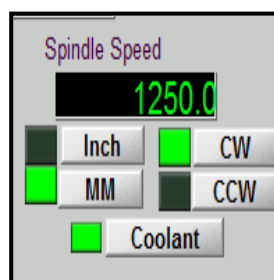
Mach3 โดย



รูปที่ 7.23 แสดงการป้อนค่าข้อมูลในการกัดชิ้นงานแบบหลุมสี่เหลี่ยมด้านในของคอนโทรลเลอร์ Mach3
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ในการทำโปรแกรมกัดหลุมสี่เหลี่ยม จากตัวอย่างที่ 7.2 ในคอนโทรลเลอร์ Mach3 ผู้ทำโปรแกรมจะต้องป้อนข้อมูลที่จำเป็นตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตรตั้งค่าความเร็วรอบของเพลาสปินเดิล (Spindle Speed) และกำหนดทิศทางการหมุน ดังแสดงในรูปที่ 7.24



รูปที่ 7.24 แสดงการกำหนดหน่วยวัด ค่าความเร็วรอบของเพลาสปินเดิลและทิศทางการหมุนในการกัดหลุม
สี่เหลี่ยม ของคอนโทรลเลอร์ Mach3

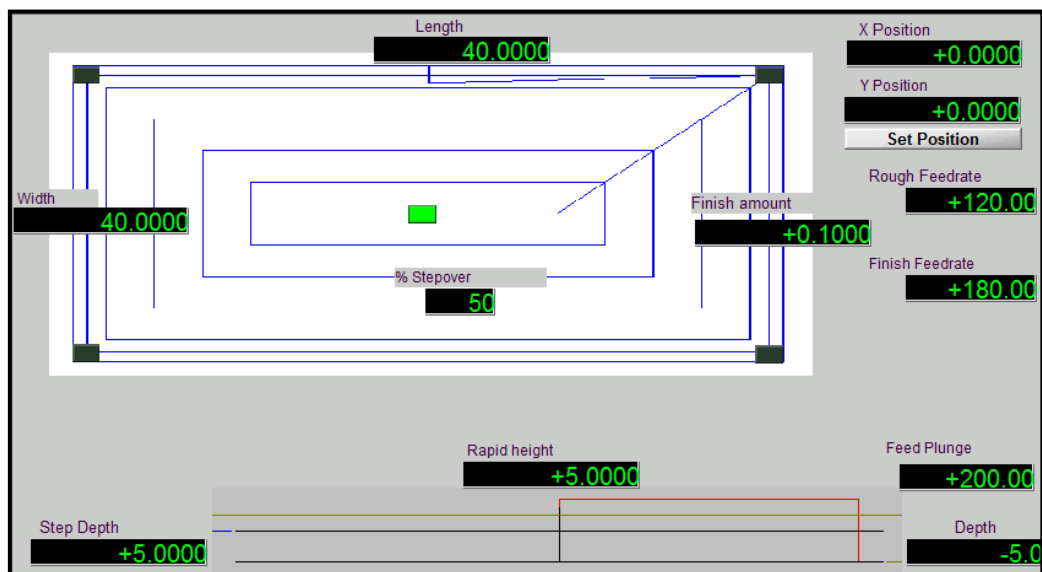
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

2. กำหนดหมายเลขทูล (Tool Number) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทูล (Tool Dia.) ดังแสดงในรูปที่ 7.25



รูปที่ 7.25 แสดงการกำหนดหมายเลขเครื่องมือตัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทูล
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

3. กำหนดค่าความกว้าง (Width) ความยาว (Length) ความลึกของหลุมสี่เหลี่ยม (Depth), ระยะขยับเส้นทางเดินทูล (Step over), กำหนดจุดตำแหน่งจุดศูนย์โคออร์ดิเนต (Set Position), อัตราป้อนตัดหยาบ (Rough Feed rate), อัตราป้อนตัดผิวสำเร็จ (Finish Feed rate), ระยะทูลยกเหนือผิวงาน (Rapid height) และ ความลึกการตัดเฉือนในแต่ละครั้ง (Step Depth) ดังแสดงในรูปที่ 7.26



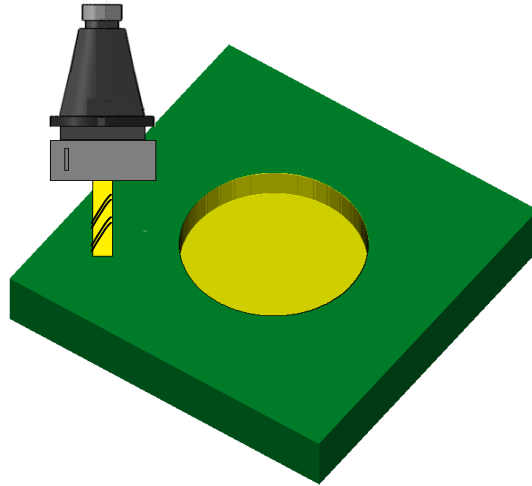
รูปที่ 7.26 แสดงการกำหนดข้อมูลหลุมสี่เหลี่ยมและเงื่อนไขการตัดเฉือน
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

4. กดปุ่ม Post Code

5. กดปุ่ม Exit

8.6 การเขียนโปรแกรมงานกัดหลุมแบบวงกลม (Circular Pocket)

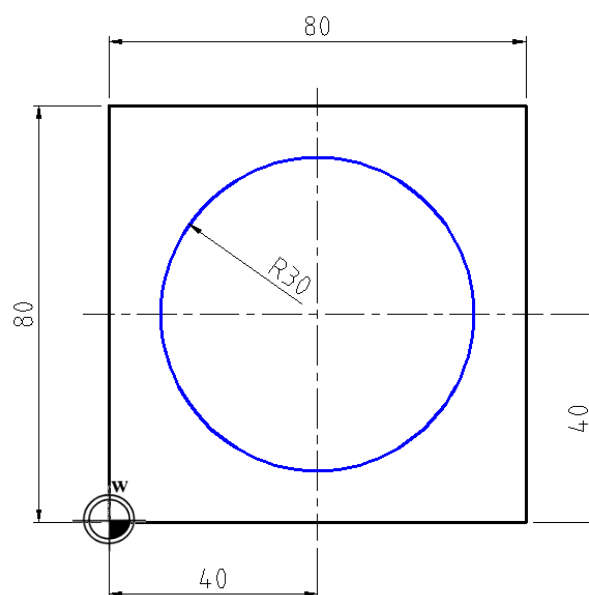
การเขียนโปรแกรมงานกัดหลุมแบบวงกลม เป็นการเขียนคำสั่งเพื่อตัดเฉือนเนื้อวัสดุออกจนเป็นหลุมวงกลม ดังแสดงในรูปที่ 7.27 การสร้างโปรแกรมส่วนใหญ่นิยมใช้โปรแกรมCAD/CAM เขียนโปรแกรมเช่นเดียวกับการตัดเฉือนงานแบบหลุมสี่เหลี่ยมถ้าชิ้นงานที่กัดนั้นไม่มีความซับซ้อนมากผู้เขียนก็สามารถเขียนโปรแกรมเอ็นซีด้วยคำสั่งพื้นฐานทั่วๆไปได้ ดังแสดงในตัวอย่างที่ 7.3



รูปที่ 7.27 แสดงงานกัดหลุมแบบวงกลม

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ตัวอย่างที่ 7.3 จงเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกัดหลุมแบบวงกลมโดย เลือกใช้คำสั่ง G00, G01, G02 และ G03 ให้กำหนดส่วนโค้งแบบระยะทางในส่วนโค้ง (I) , (J) กำหนดใช้ทูลหมายเลข 1 กำหนดให้ ความเร็วรอบเพลสปีนเดิล 1200 รอบ/นาที, หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา, อัตราป้อนตัด 120 มิลลิเมตร/นาที และกัดงานลึก 3 มิลลิเมตร ให้ได้ขนาดตามแบบงาน



(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

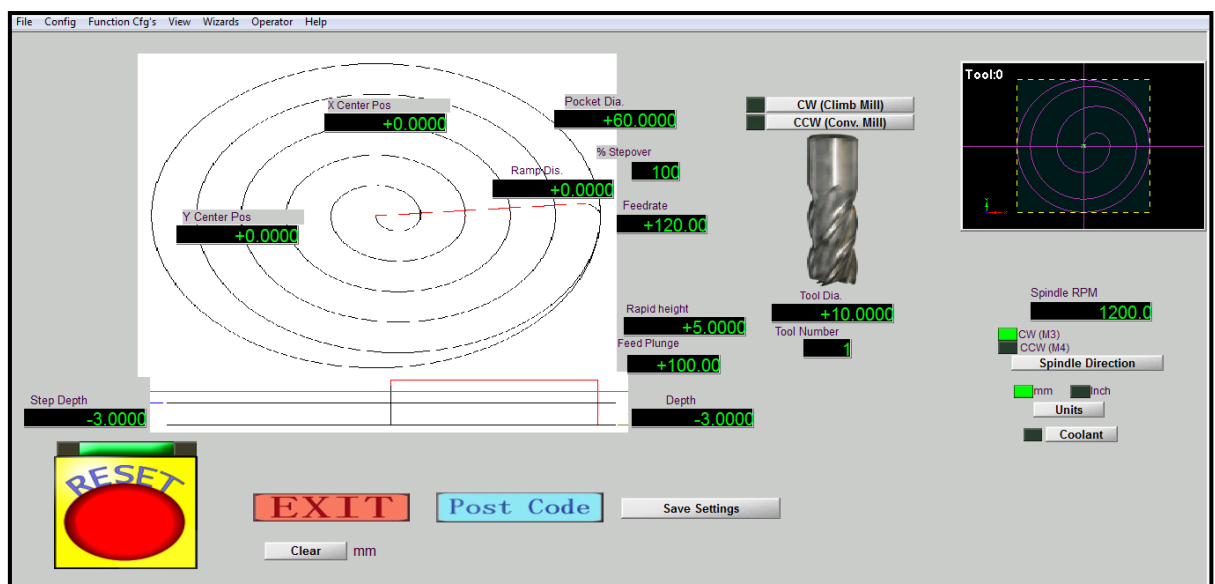
ตารางที่ 7.7 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดหลุมวงกลมโดยใช้คำสั่งพื้นฐาน

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่ง เสริม	ความหมาย/การทำงาน
-	-	% 0127(Pocket2);	หัวโปรแกรม เขียนสัญลักษณ์ของ Iso Program (%) กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 126 กำหนดชื่อโปรแกรม Pocket2
N10	G90G21 G54	-	กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสมบูรณ์ กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร กำหนดจุดศูนย์ขึ้นงานลำดับที่ 1
N20	-	T01	กำหนดใช้툴หมายเลข 1
N30	-	S1200 M03	กำหนดความเร็วเพลสปีนเดิล 1200 รอบต่อนาที หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา
N40	G00	X0 Y0 Z5	เคลื่อนที่툴แนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N50	G00	X15Y40Z5	เคลื่อนที่툴แนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X15 Y40 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N60	G01	X15Y40Z-3F120	เคลื่อนที่툴แนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X15 Y40 กินลึกลงในผิวงาน 3 มิลลิเมตร
N70	G02	X15Y40Z-3I25J0	เคลื่อนที่툴แนวเส้นโค้งเป็นวงกลมทิศทางตามเข็มนาฬิกา ตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X15 Y40 กินลึกลงใน ผิวงาน 3 มิลลิเมตร ค่าระยะทางในส่วนโค้งค่า I25 J0
N80	G01	X25Y40Z-3	เคลื่อนที่툴แนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X25 Y40 กินลึกลงในผิวงาน 3 มิลลิเมตร
N90	G02	X25Y40Z-3I15J0	เคลื่อนที่툴แนวเส้นโค้งเป็นวงกลมทิศทางตามเข็มนาฬิกา ตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X25 Y40 กินลึกลงใน ผิวงาน 3 มิลลิเมตร ค่าระยะทางในส่วนโค้งค่า I15 J0

ตารางที่ 7.7 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดหลุมวงกลมโดยใช้คำสั่งพื้นฐาน (ต่อ)

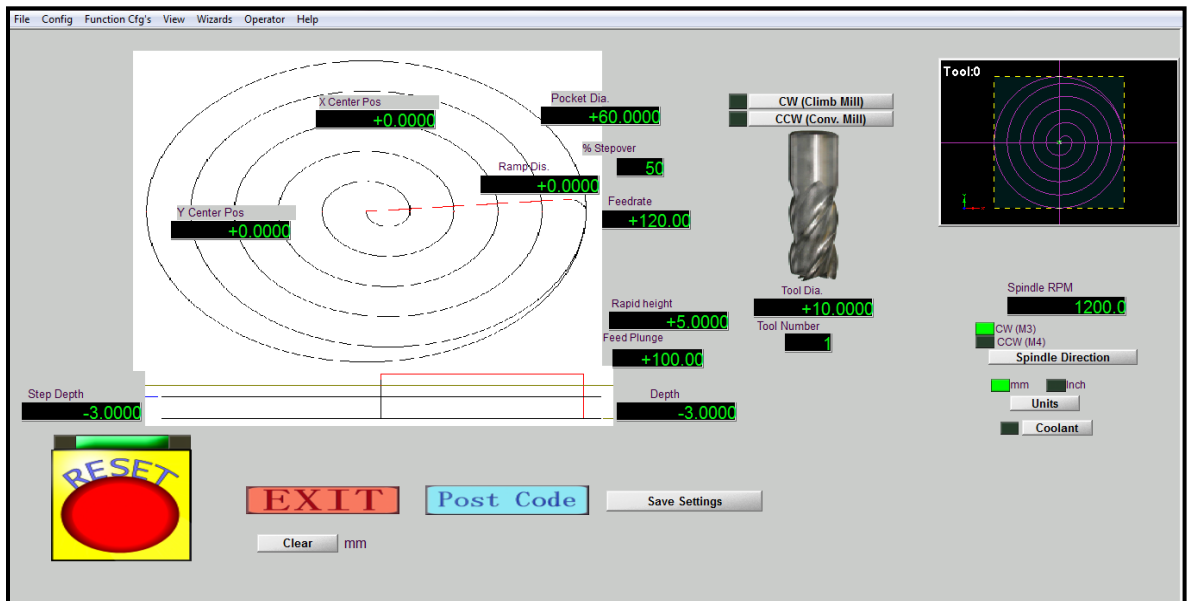
บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
N100	G01	X35Y40Z-3	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X35 Y40 กินลึกลงในผิวงาน 3 มิลลิเมตร
N110	G02	X35Y40Z-3I5J0	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นโค้งเป็นวงกลมทิศทางตามเข็มนาฬิกา ตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X35 Y40 กินลึกลงในผิวงาน 3 มิลลิเมตร ค่าระยะทางในส่วนโค้งค่า I5 J0
N120	G00	X35Y40Z5	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X35 Y40 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N130	G00	X0Y0Z50	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 50 มิลลิเมตร
N140	-	M05	ปิดเฟลสปีนเดิล
N150	-	M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม

สำหรับคอนโทรลเลอร์ Mach 3 ที่ใช้ในการเรียนการสอนคอนโทรลเลอร์มีคำสั่งสำเร็จรูปให้เลือกใช้สำหรับการกัดหลุมแบบวงกลมดังแสดงในรูปที่ 7.28



รูปที่ 7.28 แสดงชุดคำสั่งสำเร็จในการกัดชิ้นงานแบบหลุมวงกลมของคอนโทรลเลอร์ Mach3
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

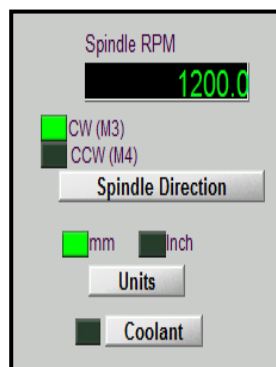
จากตัวอย่างที่ 7.3 สามารถใช้คำสั่งสำเร็จรูปการกัดหลุมวงกลมของคอนโทรลเลอร์ Mach3 โดยกำหนดค่าต่างๆในตารางได้ดังแสดงในรูปที่ 7.29



รูปที่ 7.29 แสดงการป้อนค่าข้อมูลจากตัวอย่างที่ 7.3 ในก๊อจขึ้นงานแบบหลุมวงกลมของคอนโทรลเลอร์ Mach3 (ที่มา : ฉัตรชัย สมพงษ์. 2559)

ในการทำโปรแกรมกัดหลุมวงกลมจากตัวอย่างที่ 7.3 ในคอนโทรลเลอร์ Mach3 ผู้ทำโปรแกรมจะต้องป้อนข้อมูลที่จำเป็นในการสร้างโปรแกรมตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ต่อไปนี

1. เลือกหน่วยวัด และกำหนดทิศทาง การหมุนของสปินเดิล และตั้งค่า ความเร็วรอบเพลาสปินเดิล (Spindle RPM) ดังแสดงในรูปที่ 7.30



รูปที่ 7.30 แสดงการกำหนดหน่วยวัด ค่าความเร็วรอบของเพลาสปินเดิลและทิศทางการหมุนในการกัดหลุมวงกลมของคอนโทรลเลอร์ Mach3

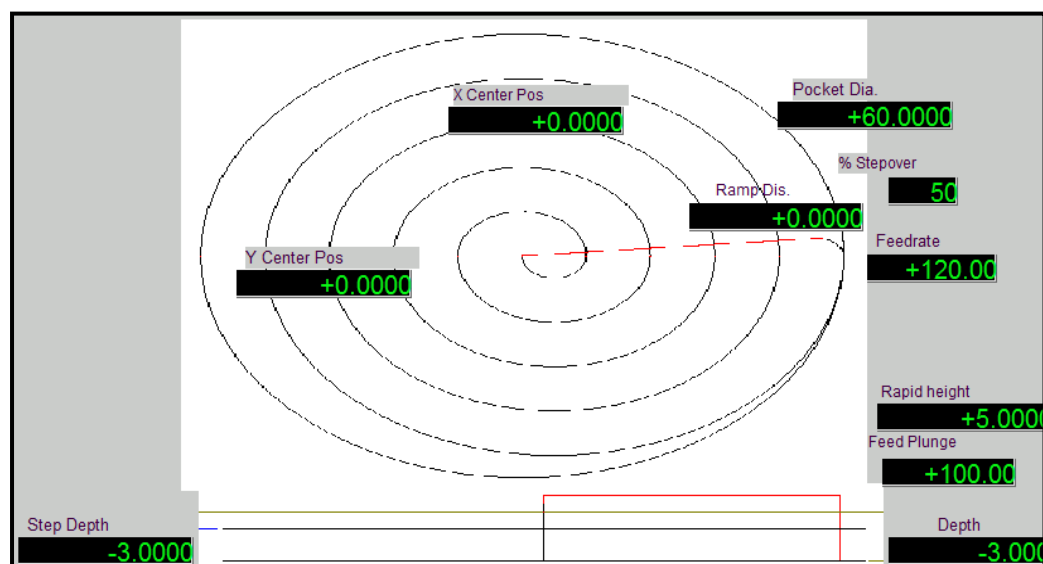
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงษ์. 2559)

2. กำหนดหมายเลขทูล (Tool Number) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทูล (Tool Dia.) ดังแสดงในรูปที่ 7.31



รูปที่ 7.31 แสดงการกำหนดหมายเลขเครื่องมือตัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทูล
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงษ์. 2559)

3. ป้อนค่าตำแหน่งของจุดโคออร์ดิเนตจุดศูนย์กลางของวงกลมในแนวแกน X (X center pos.) และแนวแกน Y (Y center pos.), ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลุมวงกลม (Pocket Dia.), ระยะขยับเส้นทางเดินทูล (Step over), อัตราป้อนตัด (Feed rate), ความลึกของหลุมวงกลม (Depth), ระยะยกทูลเหนือผิวงาน (Rapid height) และ ความลึกการตัดเฉือนในแต่ละครั้ง (Step Depth) ดังแสดงในรูปที่ 7.32



รูปที่ 7.32 แสดงการกำหนดข้อมูลหลุมสี่เหลี่ยมและเงื่อนไขการตัดเฉือน
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงษ์. 2559)

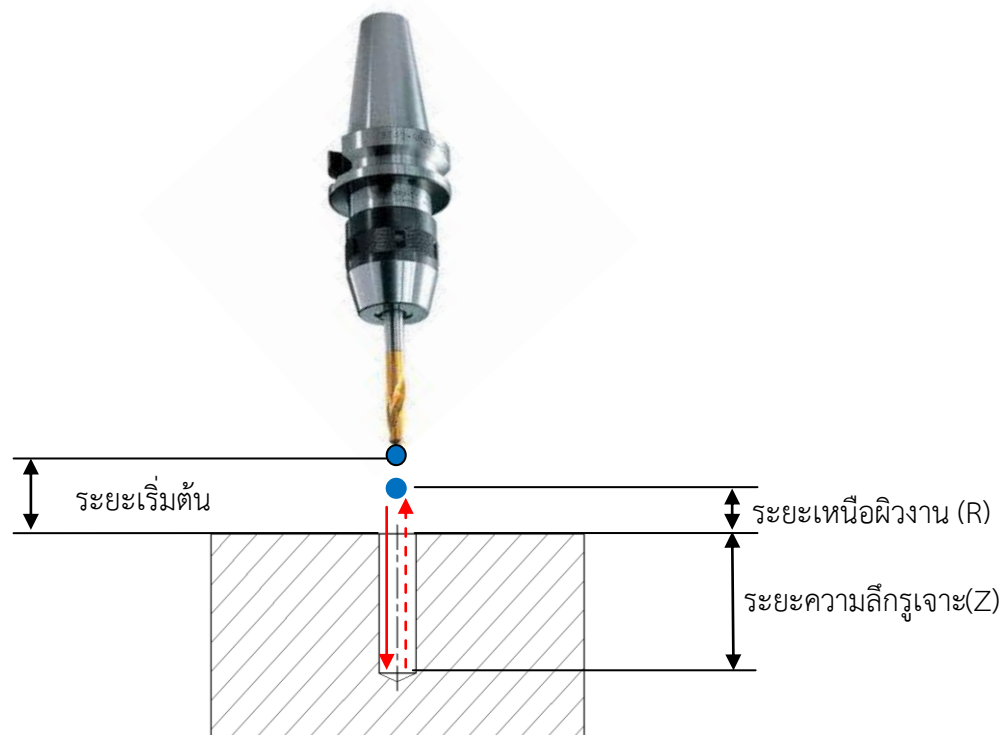
4. กดปุ่ม Post Code

5 . กดปุ่ม Exit

7.10 คำสั่งวัฏจักรสำหรับการเขียนโปรแกรมงานเจาะรู

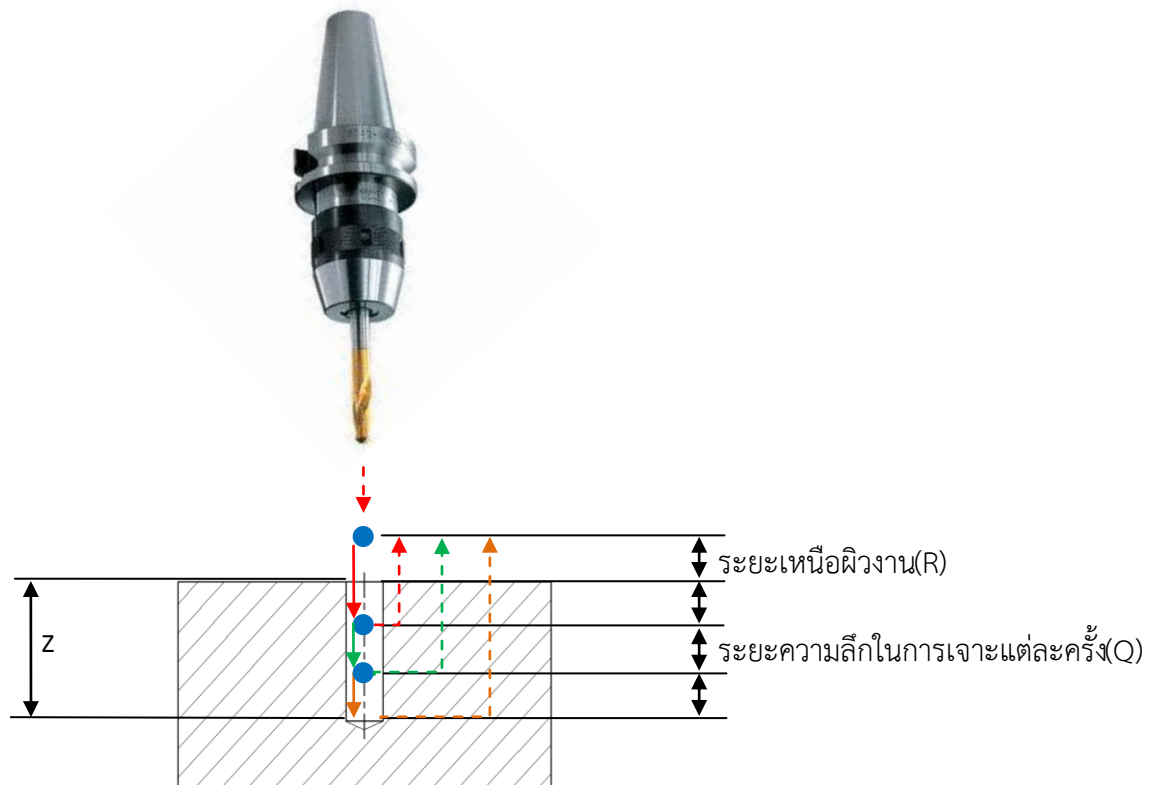
โดยทั่วไปในการเจาะรูบนเครื่องกัดซีเอ็นซีสามารถใช้คำสั่ง G00 และ G01 สำหรับเขียนโปรแกรมได้ แต่ผู้เขียนโปรแกรมเอ็นซีมักนิยมใช้คำสั่งดังกล่าว เพราะจะเสียเวลามากในการเขียนโปรแกรม ส่วนใหญ่จะใช้คำสั่งในการเจาะรูแบบวัฏจักร โดยคำสั่งงานเจาะรูแบบวัฏจักรตามมาตรฐาน ISO มีอยู่มากมายหลายแบบ โดยในหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ของรายวิชาโปรแกรมซีเอ็นซี นี้จะกล่าวถึงการเจาะรูแบบวัฏจักรที่ นิยมใช้ในการทำงานอยู่ 2 แบบ ดังนี้ (ที่มา : สมบัติ ชิวหา. 2557 : 343)

7.10.1 การเจาะรูแบบวัฏจักรด้วยคำสั่ง G81 คือการเจาะรูแบบครั้งเดียวทะลุไม่มีการยกขดดอกสว่าน ในการคายเศษโลหะออกจากรูเจาะโดยคำสั่ง G81 นี้เหมาะกับงานที่มีความหนาของชิ้นงานตั้งแต่ 1-25 มิลลิเมตร เรียกการเจาะรูแบบนี้ว่า "วัฏจักรการเจาะรูตื้น (Drilling Cycle)" ดังแสดงในรูปที่ 7.33



รูปที่ 7.33 แสดงวัฏจักรการเจาะงานด้วยคำสั่ง G81
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

7.10.2 การเจาะรูแบบวัฏจักรด้วยคำสั่ง G83 คือ การเจาะรูชิ้นงานแบบหลาย ๆ ครั้ง และดอกสว่านจะทำการยกให้พ้นผิวชิ้นงานที่ทำการเจาะเพื่อทำการคายเศษโลหะที่ขณะทำการเจาะให้หลุดออกมณอกรูเจาะ ทำซ้ำแบบนี้จนกว่าจะถึงตำแหน่งที่ต้องการเจาะรู หรือจนกว่าการเจาะรูชิ้นงานจะทะลุโดยคำสั่ง G83 นี้เหมาะกับงานที่มีขนาดความหนาของชิ้นงานมากๆ เรียกการเจาะรูแบบนี้ว่า "วัฏจักรการเจาะรูลึก (Peck Drilling Cycle)" ดังแสดงในรูปที่ 7.34



รูปที่ 7.34 แสดงวัฏจักรการเจาะงานด้วยคำสั่ง G83
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ลำดับ ขั้นตอนในการการปฏิบัติงานในการเขียนโปรแกรมคำสั่งวัฏจักรการเจาะรูมีขั้นตอนดังนี้ คือ

1. เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งศูนย์กลางของรูเจาะในแนวแกน X และแนวแกน Y
2. เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของระดับอ้างอิง(Reference) หรือระดับ R
3. ป้อนเครื่องมือตัดในทิศทางของแนวแกนกระแทกถึงระดับความลึกที่ต้องการ(Z-Level)
4. ปฏิบัติงานในลักษณะต่างๆ จะขึ้นอยู่กับคำสั่งนั้นๆ
5. ถอยเครื่องมือตัดขึ้นไปยังตำแหน่งของระดับอ้างอิง(Level) หรือระดับเริ่มต้น

นอกจากนี้ยังมีคำสั่งที่ใช้ร่วมกับคำสั่ง G81 และ G83 คือ คำสั่ง G80, คำสั่ง G98 และคำสั่ง G99 โดยมีรายละเอียดการใช้คำสั่งดังดังนี้

1. คำสั่ง G80 คือ การยกเลิกคำสั่งเจาะรูแบบวัฏจักร G81 และ G83

2. คำสั่ง G98 และคำสั่ง G99 คือการที่ดอกสว่านเมื่อทำการเจาะชิ้นงานเสร็จจะกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งที่เริ่มต้นในการเจาะรูซึ่งเป็นคำสั่งที่ตั้ง ค่าไว้ของคำสั่ง G98 ส่วนคำสั่ง G99 นั้นจะต้อง ทำการกำหนดระยะที่ดอกสว่าน พ้นเหนือผิวชิ้นงานระดับอ้างอิงหรือระดับ R โดยที่จุดระดับอ้างอิงหรือระดับ R นี้จะเป็นจุดที่ดอกสว่านถอยออกพ้นชิ้นงานออกมาภายนอกเศษโลหะ และเมื่อทำการเจาะรูชิ้นงานเสร็จ ดอกสว่านจะทำการถอยมาอยู่เหนือชิ้นงานที่ผู้ปฏิบัติงานกำหนด

บล็อก (Block) ของ G81 มีโครงสร้างประกอบไปด้วยเวิร์ดต่างๆ ของแต่ละโค้ด คือ

N... G81 G98 X... Y... Z... R...L...

บล็อก (Block) ของ G83 มีโครงสร้างประกอบไปด้วยเวิร์ดต่างๆ ของแต่ละโค้ด คือ

N... G83 G99 X... Y... Z... R...L...Q...

เมื่อ...

G98 หมายถึง เจาะรูชิ้นงานเสร็จดอกสว่านจะถอยกลับไปยังจุดเริ่มต้น

G99 หมายถึง เจาะรูชิ้นงานเสร็จดอกสว่านจะถอยกลับไปยังจุดระดับอ้างอิงหรือระดับ R

X หมายถึง ตำแหน่งรูเจาะวัดระยะทางในแนวแกน X

Y หมายถึง ตำแหน่งรูเจาะวัดระยะทางในแนวแกน Y

Z หมายถึง ความลึกในการเจาะรูชิ้นงาน (มิลลิเมตร)

Q หมายถึง ความลึกในการเจาะรูในแต่ละครั้ง (มิลลิเมตร)

R หมายถึง ระยะยกของดอกสว่านเหนือผิวงานในการคายเศษโลหะ (มิลลิเมตร)

L หมายถึง จำนวนรูเจาะที่ต้องการ

นอกจากคำสั่งเจาะรูแบบวัฏจักร G81 และ G83 ยังมีคำสั่งวัฏจักรอื่นๆดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 7.8 แสดงคำสั่งวัฏจักรที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานเจาะรูแบบต่างๆ

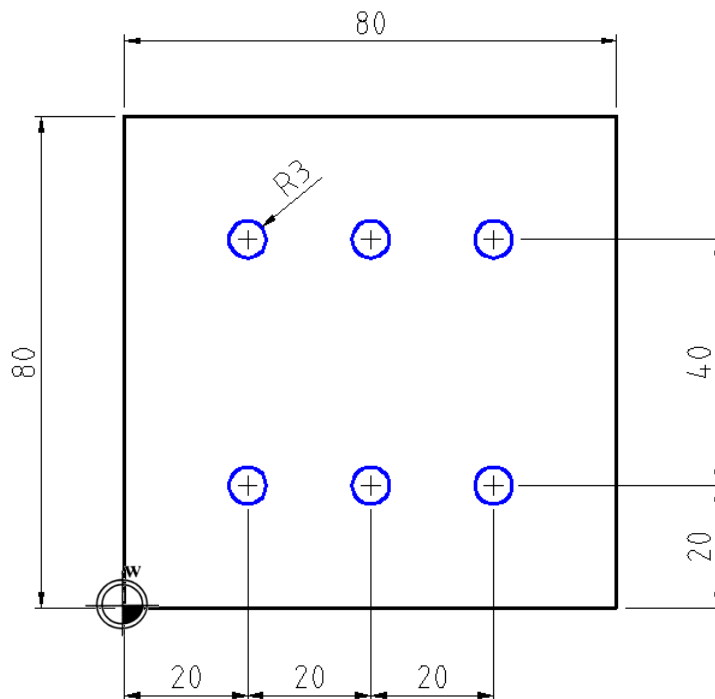
คำสั่ง	หน้าที่	การทำงานในทิศทาง แนวแกน Z	ลักษณะการทำงาน ที่ด้านล่างรูเจาะ	ลักษณะการทำงาน ขณะถอยกลับใน แนวแกน Z
G80	ยกเลิกวัฏจักรการเจาะ	-	-	-
G81	วัฏจักรการเจาะรู	การป้อนตัด	-	การเคลื่อนที่เร็ว
G82	วัฏจักรการคว้าน	การป้อนตัด	หยุดแช่	การเคลื่อนที่เร็ว
G83	วัฏจักรการเจาะรูลึก	ขึ้น-ลงตามระยะป้อน	-	การเคลื่อนที่เร็ว
G84	วัฏจักรการตีปเกลียว	การป้อนตัด	หยุดแช่, เพลาหมุน กลับด้าน	การป้อนตัด
G85	วัฏจักรการคว้าน ละเอียด	การป้อนตัด	-	การป้อนตัด

ตารางที่ 7.8 แสดงคำสั่งวัฏจักรที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานเจาะรูแบบต่างๆ (ต่อ)

คำสั่ง	หน้าที่	การทำงานในทิศทาง แนวแกน Z	ลักษณะการทำงาน ที่ด้านล่างรูเจาะ	ลักษณะการทำงาน ขณะถอยกลับใน แนวแกน Z
G86	วัฏจักรการคว้าน	การป้อนตัด	เพลาลมุนกลับด้าน	การเคลื่อนที่เร็ว
G87	วัฏจักรการคว้านขยาย รูเจาะ	การเคลื่อนที่เร็ว	เพลาลมุนกลับด้าน	การป้อนตัด
G88	วัฏจักรการคว้าน	การป้อนตัด	หยุดแช่, เพลาลมุน กลับด้าน	การเคลื่อนที่เร็ว
G89	วัฏจักรการคว้าน ละเอียด	การป้อนตัด	เพลาลมุน กลับด้าน	การป้อนตัด

(ที่มา : S.C. Jonathan Lin. 1994: 299)

ตัวอย่างที่ 7.4 จงเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานเจาะรูแบบวัฏจักรด้วยคำสั่ง G81 กำหนดใช้พูลหมายเลข 2, กำหนดให้ความเร็วรอบเพลาสปินเดิล เท่ากับ 1200 รอบ/นาที, อัตราป้อน 80 มิลลิเมตร/นาที, หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และความลึกรูเจาะ 5 มิลลิเมตร, เจาะรูจำนวน 6 รู ตามแบบงาน



(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

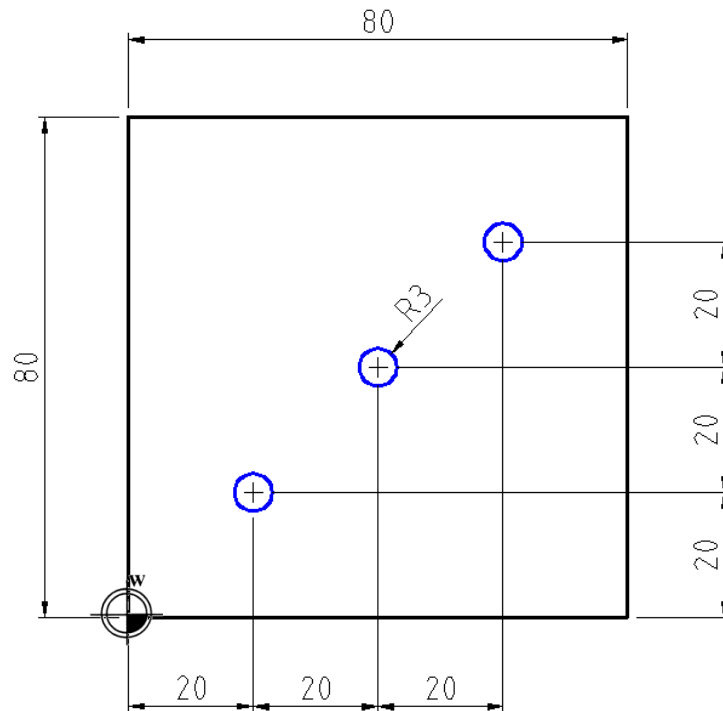
ตารางที่ 7.9 แสดงการเขียนโปรแกรมงานเจาะรูแบบวัฏจักรด้วยคำสั่ง G81

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
-	-	% 0125(drill);	หัวโปรแกรม เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%) กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 123 กำหนดชื่อโปรแกรม drill
N10	G90G21G54	-	กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสมบูรณ์ กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร กำหนดจุดศูนย์ขึ้นงานลำดับที่ 1
N20	-	T02	กำหนดใช้ทูลหมายเลข 2
N30 N40	- G00	S1200 M03 X0 Y0 Z10	กำหนดความเร็วเพลสปีนเดิล 1200 รอบต่อนาที หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N50	G00	X0 Y20 Z10	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ ตำแหน่ง X0 Y20 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 10 มิลลิเมตร
N60	G01	F80	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานด้วย อัตราป้อนเท่ากับ 80 มิลลิเมตรต่อนาที
N70	G91G81G98	X20Y0Z-5R5L3	กำหนดการกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง กำหนดวัฏจักรการเจาะรูขึ้น กำหนดให้ทูลยกถึง ระยะจุดเริ่มต้น ตำแหน่งรูเจาะห่างจากจุดศูนย์ ปัจจุบันในแนวแกน X20 Y0 เจาะรูลึก 5 มิลลิเมตร ระยะยกเหนือผิวงาน 5 มิลลิเมตร เจาะรูทั้งหมด 3 รู
N80	G90G00	Z10	กำหนดการกำหนดตำแหน่งแบบสมบูรณ์ เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ ตำแหน่ง X20 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 10 มิลลิเมตร

ตารางที่ 7.9 แสดงการเขียนโปรแกรมงานเจาะรูแบบวิถีจักรด้วยคำสั่ง G81 (ต่อ)

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
N90	G00	X0Y60	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y60 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 10 มิลลิเมตร
N100	G91G81G98	X20 Y0Z-5R5L3	กำหนดการกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง กำหนดวิถีจักรการเจาะรูขึ้น กำหนดให้ทูลยกถึงระยะจุดเริ่มต้น ตำแหน่งรูเจาะห่างจากจุดศูนย์กลางปัจจุบันในแนวแกน X20 Y0 เจาะรูลึก 5 มิลลิเมตร ระยะยกเหนือผิวงาน 5 มิลลิเมตร เจาะรูทั้งหมด 3 รู
N110	G80		ยกเลิกวิถีจักรการเจาะรู
N120	G90G00	X0Y0Z20	กำหนดการกำหนดตำแหน่งแบบสมบูรณ์ เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 20 มิลลิเมตร
N130	-	M05	ปิดเพลสปีนเดิล
N140	-	M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม
หมายเหตุ : ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการเจาะแบบวิถีจักรจะใช้กับคอนโทรลเลอร์ Mach 3			

ตัวอย่างที่ 7.5 จงเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานเจาะรูแบบวงจักรด้วยคำสั่ง G83 กำหนดใช้ทูลหมายเลข 2, กำหนดให้ความเร็วรอบเพลาสปินเดิล เท่ากับ 1200 รอบ/นาที, อัตราป้อน 80 มิลลิเมตร/นาที, หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และความลึกเจาะ 20 มิลลิเมตร, ป้อนความลึกครั้งละ 5 มิลลิเมตร เจาะรู จำนวน 3 รู ตามแบบงาน



(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ตารางที่ 7.10 แสดงการเขียนโปรแกรมงานเจาะรูแบบวงจักรด้วยคำสั่ง G83

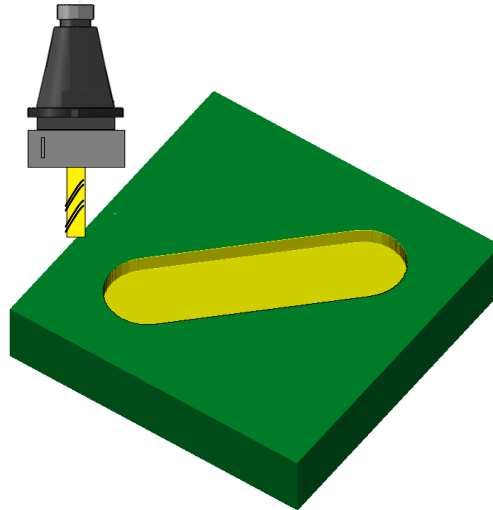
บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
-	-	% O125(drill);	หัวโปรแกรม เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%) กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 123 กำหนดชื่อโปรแกรม drill
N10	G90G21G54	-	กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสมบูรณ์ กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร กำหนดจุดศูนย์ขึ้นงานลำดับที่ 1
N20	-	T02	กำหนดใช้ทูลหมายเลข 2
N30	-	S1200 M03	กำหนดความเร็วเพลาสปินเดิล 1200 รอบต่อนาที หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 7.10 แสดงการเขียนโปรแกรมงานเจาะรูแบบวัฏจักรด้วยคำสั่ง G83 (ต่อ)

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
N40	G00	X0 Y0 Z10	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรง ด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 10 มิลลิเมตร
N50	G00	X0 Y0 Z5	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N60	G01	F80	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ด้วยอัตราป้อนเท่ากับ 80 มิลลิเมตรต่อนาที
N60	G91G83G99	X20Y20Z-20R5L3Q5	กำหนดการกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง กำหนดวัฏจักรการเจาะรูลึก กำหนดให้ทูลยกถึงระยะเหนือผิวงานตำแหน่งรูเจาะห่างจากจุดศูนย์ปัจจุบันในแนวแกน X20 Y20 เจาะรูลึก 20 มิลลิเมตร ระยะยกเหนือผิวงาน 5 มิลลิเมตร เจาะรูทั้งหมด 3 รู ความลึกในการเจาะรูแต่ละครั้งเท่ากับ 5 มิลลิเมตร
N70	G80		ยกเลิกวัฏจักรการเจาะรู
N80	G90G00	X0Y0Z20	กำหนดการกำหนดตำแหน่งแบบสมบูรณ์ เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 20 มิลลิเมตร
N90	-	M05	ปิดเฟลสปีนเดิล
N100	-	M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม
หมายเหตุ : ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการเจาะแบบวัฏจักรจะใช้กับคอนโทรลเลอร์ Mach 3			

8.8 การเขียนโปรแกรมงานกัดร่อง (Slot)

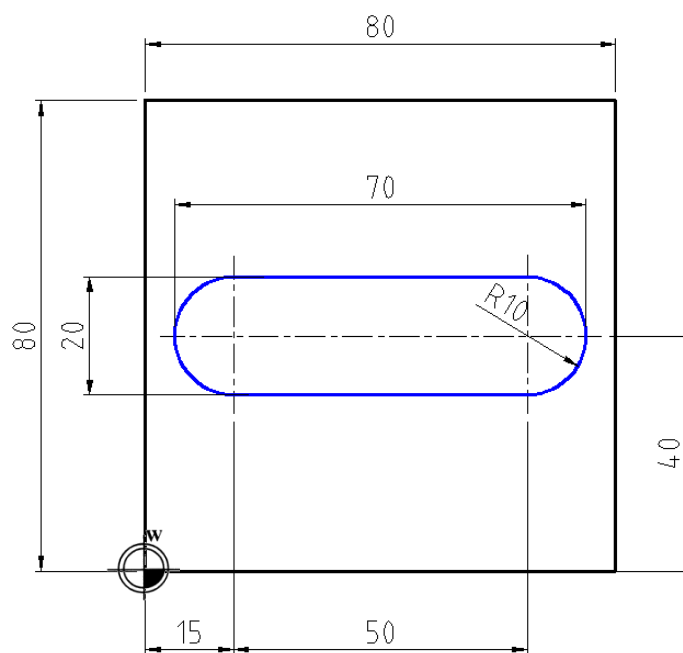
การเขียนโปรแกรมงานกัดร่อง (Slot) เป็นการเขียนคำสั่งเพื่อตัดเฉือนเนื้อวัสดุออกจนเป็นร่องให้ได้ขนาด ความกว้าง ความยาว และความลึกตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 7.35 ส่วนใหญ่นิยมใช้โปรแกรม CAD/CAM เขียนโปรแกรมเช่นเดียวกับการตัดเฉือนงานแบบอื่นๆ เพราะสามารถลดเวลาการเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่งพื้นฐานหาก ร่อง ไม่ซับซ้อนผู้เขียนก็สามารถเขียนโปรแกรมเอ็นซีด้วยคำสั่งพื้นฐานทั่วๆไปได้เช่นกัน



รูปที่ 7.35 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกัดร่อง

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ตัวอย่างที่ 7.5 จงเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกัดร่อง โดยกำหนดให้ใช้ทูลหมายเลข 2, กำหนดให้ความเร็วรอบเพลาจับ เครื่องมือตัด เท่ากับ 1000 รอบต่อนาที หมุนในทิศทาง ตามเข็มนาฬิกา, อัตราป้อนตัดเท่ากับ 120 มิลลิเมตร/นาที และความลึกในการกัดร่องเท่ากับ 5 มิลลิเมตร



(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ตารางที่ 7.11 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดร่องด้วยคำสั่งพื้นฐาน

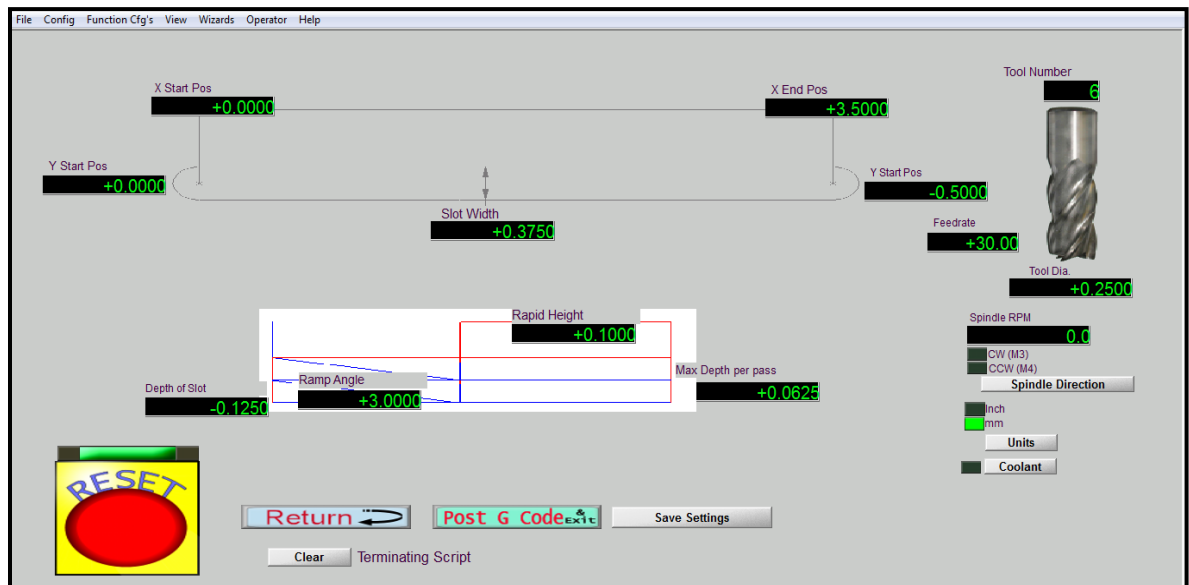
บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
-	-	% 0129(slot);	หัวโปรแกรม เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%) กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 129 กำหนดชื่อโปรแกรม slot
N10	G90G2 1G54	-	กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมผัส กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร กำหนดจุดศูนย์ขึ้นงานลำดับที่1
N20	-	T02	กำหนดใช้툴หมายเลข 2
N30	-	S1200 M03	กำหนดความเร็วเพลสปีนเดิล 1200 รอบต่อนาที หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา
N40	G00	X0 Y0 Z10	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N50	G00	X15Y40Z5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X15 Y40 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 5 มิลลิเมตร
N60	G01	X15Y40Z-5F120	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรง ตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X15 Y40 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตรด้วยอัตราป้อน เท่ากับ 120 มิลลิเมตรต่อนาที
N70	G01	X65Y40Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X65 Y40 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N80	G00	X65Y40Z10	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X65 Y40 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z10 มิลลิเมตร
N90	G42		ชดเชยรัศมีทุลทางด้านขวามือของเส้นตัดเฉือน
N100	G00	X15Y30Z5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X15 Y30 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z5 มิลลิเมตร
N110	G01	X15Y30Z-5	เคลื่อนที่ทุลแนวเส้นตรงตัดเฉือนขึ้นงานไปที่ตำแหน่ง X15 Y30 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 7.11 แสดงการเขียนโปรแกรมงานกัดร่องด้วยคำสั่งพื้นฐาน (ต่อ)

บรรทัด	จีโค้ด	โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม	ความหมาย/การทำงาน
N120	G02	X15Y50Z-5R10	ตัดเฉือนงานเป็นเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง X15 Y50 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร ด้วยรัศมีส่วนโค้งเท่ากับ 10
N130	G01	X65Y50Z-5	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X65 Y50 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N140	G02	X65Y30Z-5R10	ตัดเฉือนงานเป็นเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง X65 Y30 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร ด้วยรัศมีส่วนโค้งเท่ากับ 10
N150	G01	X15Y30Z-5	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่ง X15 Y30 กินลึกลงในผิวงาน 5 มิลลิเมตร
N160	G00	X15Y30Z10	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X15 Y30 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 10 มิลลิเมตร
N170	G40		ยกเลิกการชดเชยรัศมีทูล
N180	G00	X0Y0Z50	เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่ง X0 Y0 อยู่เหนือผิวงานในแกน Z 50 มิลลิเมตร
N190	-	M05	ปิดเฟลสปีนเดิล
N200	-	M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม
หมายเหตุ : ค่าตัวแปรต่างๆ ใช้กับคอนโทรลเลอร์ Mach 3			

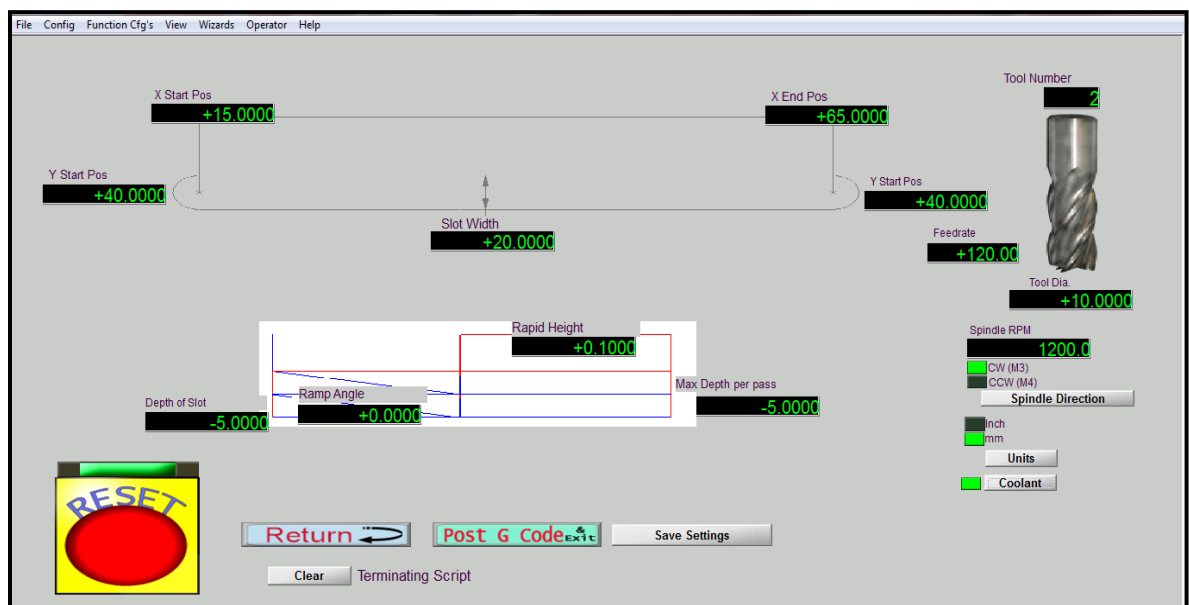
สำหรับคอนโทรลเลอร์
ดังแสดงในรูปที่ 7.36

Mach 3 ที่ใช้ในการเรียนการสอนสามารถใช้คำสั่งสำเร็จรูปการกัดร่อง (Slot)



รูปที่ 7.36 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกัดร่อง
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

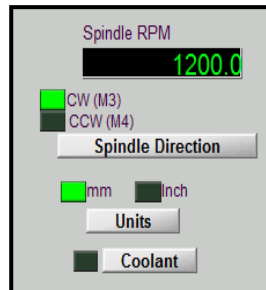
จากตัวอย่างที่ 7.11 สามารถใช้คำสั่งสำเร็จรูปการกัดร่องของคอนโทรลเลอร์ Mach3 โดยกำหนดค่าต่างๆในตาราง ดังแสดงในรูปที่ 7.37



รูปที่ 7.37 แสดงหน้าต่างคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกัดร่อง
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ในการทำโปรแกรมกัดร่องจากตัวอย่างที่ 7.11 ในคอนโทรลเลอร์ Mach3 ผู้ทำโปรแกรมจะต้องป้อนข้อมูลที่จำเป็นในการสร้างโปรแกรมตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เลือกหน่วยวัดและทิศทางการหมุนของสปินเดิลและความเร็วรอบเพลาสปินเดิล ดังแสดงในรูปที่ 7.38



รูปที่ 7.38 แสดงการกำหนดหน่วยวัด ค่าความเร็วรอบของเพลาสปินเดิลและทิศทางการหมุนในการกัดร่องของคอนโทรลเลอร์ Mach3

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงษ์. 2559)

2. กำหนดหมายเลขทูล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทูล ดังแสดงในรูปที่ 7.39



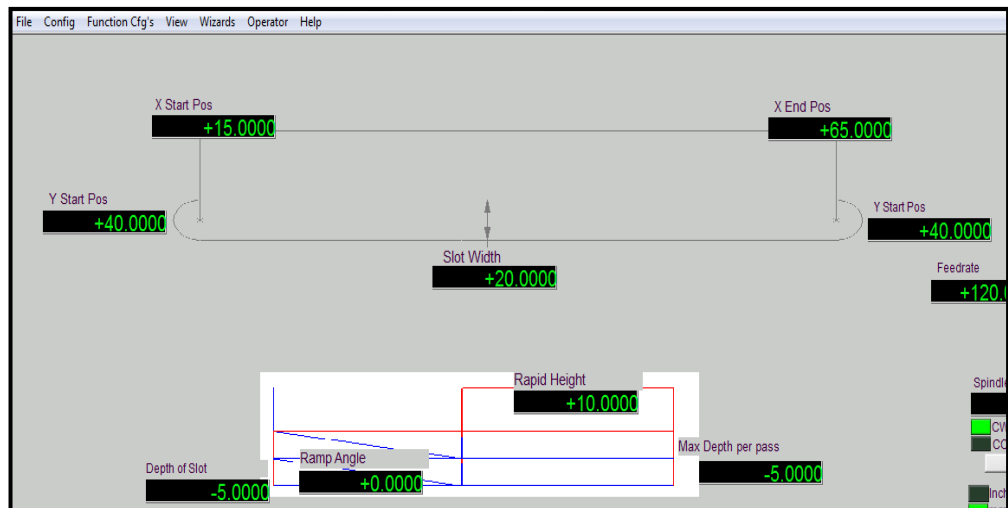
รูปที่ 7.39 แสดงการกำหนดหมายเลขเครื่องมือตัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทูล

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงษ์. 2559)

3. ป้อนค่าตำแหน่ง ของค่าจุดศูนย์โคออร์ดิเนตจุดเริ่มต้นของร่อง ในแนวแกน X (X start pos.), และแนวแกน Y (Y start pos.), ป้อนค่าตำแหน่งจุดศูนย์โคออร์ดิเนตจุดสิ้นสุดร่องในแนวแกน X (X End pos.), และแนวแกน Y (Y End pos.), ความกว้างร่อง(Slot Width), อัตราป้อนตัด(Feed rate), ความลึกของร่อง(Max Depth Per pass), ระยะทูลยกเหนือผิวงาน (Rapid height) และ ความลึกการตัดเฉือนในแต่ละครั้ง (Depth of Slot), มุมลาด (Ramp Angle) ดังแสดงในรูปที่ 7.40

4. กดปุ่ม Post G Code

- 5 . กดปุ่ม Return



รูปที่ 7.40 แสดงการกำหนดข้อมูลของร่องและเงื่อนไขการตัดเฉือน

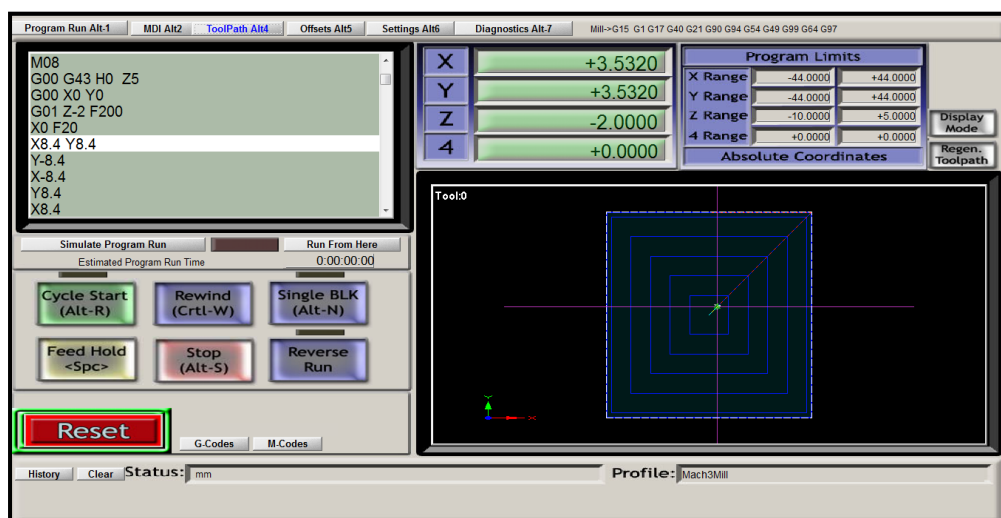
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

7.12 การตรวจสอบและการแก้ไขโปรแกรมเอ็นซี กับเครื่องกัดซีเอ็นซี

ในการแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้องของงานกัดด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี สามารถทำการแก้ไข และตรวจสอบความถูกต้องได้อยู่ 2 ลักษณะ ดังนี้

7.12.1 การตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องด้วยโปรแกรมซิมูเลชัน

โดยทั่วไปแล้วผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องกัดซีเอ็นซีนั้น นิยมทำโปรแกรมเอ็นซี และตรวจสอบโปรแกรมการตัดเฉือน ส่วนใหญ่จะนิยมใช้โปรแกรมแคดแคม (CAD-CAM) เพราะสามารถจำลองการตัดเฉือนงาน ที่มีลักษณะซับซ้อนได้ นอกจากการทดสอบด้วยโปรแกรมแคดแคมแล้วคอนโทรลเลอร์ที่เครื่องจักรก็สามารถซิมูเลชัน ได้เช่นกันโดยสามารถ ทำการ ตรวจสอบ แก้ไขโปรแกรมเอ็นซี ได้ที่หน้าจอภาพ (Monitor) ที่ทำการซิมูเลชันของชุดคอนโทรล ในเบื้องต้นได้ทันที ดังแสดงในรูปที่ 7.41



รูปที่ 7.41 แสดงโปรแกรมซิมูเลชันตรวจสอบโปรแกรมเอ็นซีของคอนโทรลเลอร์Mach3

(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ในความเป็นจริงนั้นในการผลิตชิ้นส่วนกับเครื่องกัดซีเอ็นซี จะยึดกับตัวโปรแกรมเพียง อย่างเดียวไม่ได้ ยังมีองค์ประกอบอีกหลายอย่างที่ตรวจสอบเช่น ความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X แนวแกน Y และแนวแกน Z ของเครื่องกัดซีเอ็นซี และความแม่นยำในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวแกน X แนวแกน Y และแนวแกน Z ของเครื่องกัดซีเอ็นซีว่ามีค่าถูกต้องและแม่นยำ มากน้อยเพียงใด

7.12.2 การแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานที่ผลิตจากเครื่องกัดซีเอ็นซี

หลังจากที่ทำการเขียนโปรแกรมเอ็นซีของงานกัดซีเอ็นซี และทำการกัดขึ้นรูปชิ้นงาน แล้วนำชิ้นงานมาตรวจสอบความถูกต้อง โดยมีแนวทางในการปฏิบัติงานกับเครื่องกัดซีเอ็นซี ดังนี้

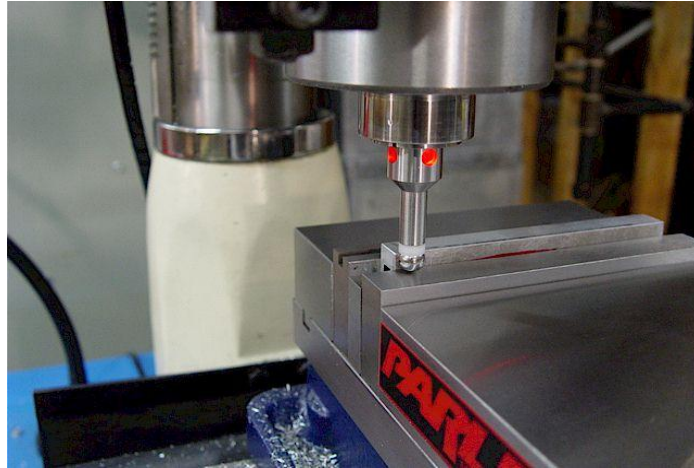
1. ทำการศึกษาแบบชิ้นงานที่จะทำการตัดเฉือน กับเครื่องกัดซีเอ็นซีเพราะว่า ผู้ที่ปฏิบัติงาน กับเครื่องกัดซีเอ็นซีจะได้ทำการวางแผนในการเลือกเครื่องมือตัด และกำหนดค่าของเครื่องมือตัดที่เหมาะสมกับชิ้นงานนั้นๆ จะทำให้ชิ้นงานที่ผลิตออกมามีคุณภาพตามต้องการ

2. การตรวจสอบอุปกรณ์ในการจับยึดชิ้นงานกับเครื่องกัดซีเอ็นซี โดยทั่วไปชิ้นงานกัดจะจับยึดชิ้นงานด้วยปากกา (Vise) หรือจับยึดชิ้นงานติดกับโต๊ะงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีโดยใช้แท่งระดับ (Step Block) หรือแคลมป์ยึดแบบแท่งระดับ (Step Clamp) เมื่อทำการจับยึดชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการ ปรับตั้งค่าความขนาน และตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นงานในแนวแกน X แนวแกน Y และในแนวแกน Z เพื่อให้ได้ ความขนานของชิ้นงาน และได้ตำแหน่งในการจับยึดชิ้นงานที่ถูกต้องที่สุด ในการปรับตั้งค่าความขนาน และตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นงาน จะใช้อุปกรณ์ที่ชื่อว่าอุปกรณ์ทดสอบชิ้นงานด้วยการสัมผัส (Touch Probe) หรืออุปกรณ์หาระยะขอบผิวชิ้นงาน (Edge Finder) ดังแสดงในรูปที่ 7.42-7.43



รูปที่ 7.42 แสดงอุปกรณ์ทดสอบชิ้นงานด้วยการสัมผัส (Touch Probe) ในการหาตำแหน่งต่างๆของชิ้นงานบนเครื่องกัดซีเอ็นซี

(ที่มา : www.blum-novotest.com)

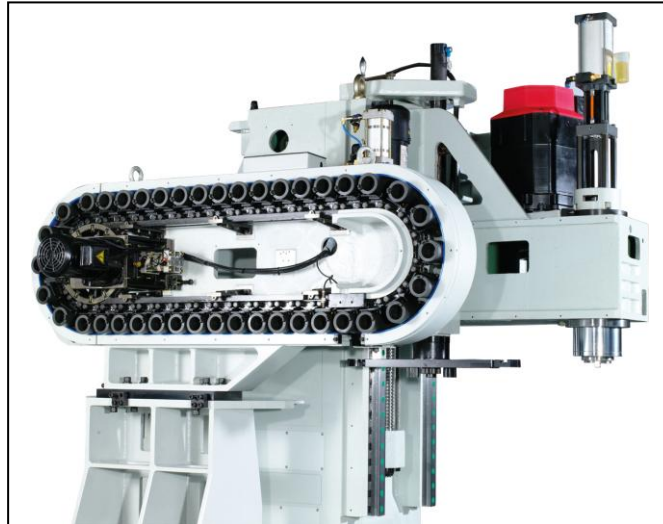


รูปที่ 7.43 แสดงการใช้งานอุปกรณ์หาขอบผิวชิ้นงาน (Edge Finder)
(ที่มา : <http://www.dulrapun.com>)

3. ผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องกัดซีเอ็นซี ต้องทำการติดตั้งเครื่องมือตัด ที่จะทำให้ถูกต้อง ตามตำแหน่ง เพราะในขั้นตอนการ ติดตั้งเครื่องมือ ตัดนั้น ถือว่าสำคัญมาก เนื่องจากเครื่องมือตัดที่ทำการติดตั้งนั้นจะต้อง สัมพันธ์กับแบบงานและลำดับขั้นตอนหรือกระบวนการตัดเฉื่อยทั่วไปเครื่องมือตัดของเครื่องกัดซีเอ็นซี จะติดตั้ง อยู่กับชุดอุปกรณ์จัดเก็บเครื่องมือ ตัด ชนิดจานหมุน เปลี่ยนอัตโนมัติ (Carousel Type Tools Magazine) ดังแสดงในรูปที่ 7.44 หรือชุดอุปกรณ์จัดเก็บเครื่องมือตัดชนิดโซ่ (Chain Type Tools Magazine) ตามหมายเลข ที่กำหนดไว้ดังแสดงในรูปที่ 7.45

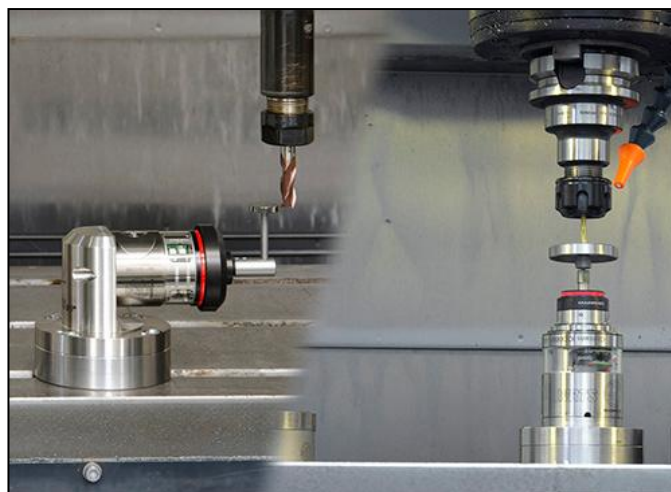


รูปที่ 7.44 แสดงชุดอุปกรณ์จัดเก็บเครื่องมือตัดชนิดจานหมุนเปลี่ยนอัตโนมัติ (Carousel Type Tools Magazine)
(ที่มา : <http://www.kutenich.com>)

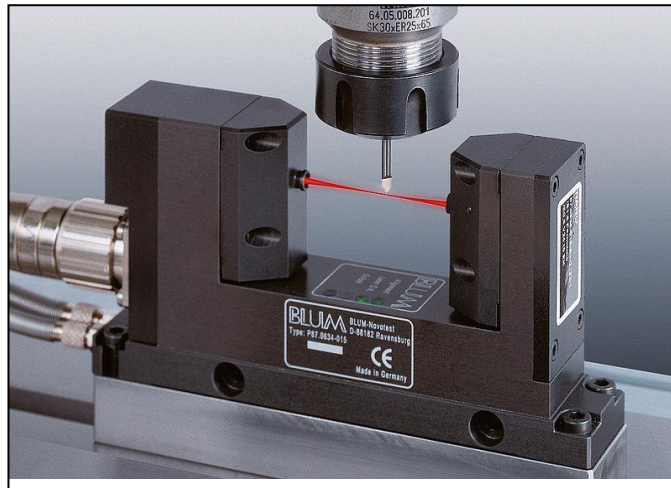


รูปที่ 7.45 แสดงชุดอุปกรณ์จัดเก็บเครื่องมือตัดชนิด โซ
(ที่มา : <http://kaast-usa.com>)

เมื่อทำการติดตั้งเครื่องมือตัดเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปต้องทำการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ของเครื่องมือตัด โดยทั่วไปในการปรับตั้งค่าต่างๆ ของเครื่องมือตัดจะทำการตั้งค่าเฉพาะความยาวของเครื่องมือตัด ในแนวแกน Z ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความโตของเครื่องมือตัดไม่ต้องทำการตั้งค่าเพราะมีขนาดที่แน่นอน เพื่อที่จะนำเอาค่าความยาวและค่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความโตของเครื่องมือตัดไปเก็บไว้ในชุดควบคุมโหมดปรับตั้งเครื่องมือตัด (Tool Setting) ของเครื่องกัดซีเอ็นซีซึ่งอุปกรณ์ทดสอบ เครื่องมือตัดงานกัด (Tools Presetting Milling) มีทั้งแบบสัมผัสกับเครื่องมือตัด (Contact Tools Setting) โดยตรงดังแสดงในรูปที่ 7.4 6 และแบบไม่สัมผัสกับเครื่องมือตัด (Non-Contact Tools Setting) เช่นเครื่องมือที่ใช้วัดความยาวของเครื่องมือตัดแบบเลเซอร์ (Laser) ดังแสดงในรูปที่ 7.47



รูปที่ 7.46 แสดงอุปกรณ์ทดสอบเครื่องมือตัดงานกัดแบบสัมผัสกับเครื่องมือตัดโดยตรง
(ที่มา : <http://www.marposs.com>)



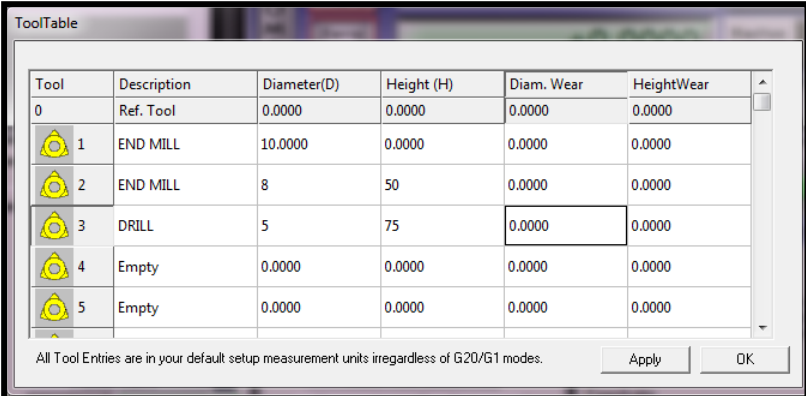
รูปที่ 7.47 แสดงการใช้เครื่องมือที่ใช้วัดความยาวของเครื่องมือตัด แบบเลเซอร์
(ที่มา : <https://www.blum-novotest.com>)

4. ผู้ปฏิบัติงานทำการทดลองกัดชิ้นงานจริงกับเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC) ในขั้นตอนนี้ผู้ปฏิบัติงานจะต้องทำการทดลองกัดชิ้นงานจริงออกมา เพื่อทำการตรวจสอบขนาดในส่วนต่าง ๆ ตามแบบงานว่าจุดทุกจุดที่วัดได้จากชิ้นงานที่ทำการทดลองกัดออกมานั้น ขนาดตรงตามแบบงานที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยใช้เครื่องมือวัดและตรวจสอบงานกัดพื้นฐาน เช่น เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier caliper), ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 7.48



รูปที่ 7.48 แสดงเครื่องมือวัดและตรวจสอบงานกัดพื้นฐาน
(ที่มา : <https://www.wonkeedonkeetools.co.uk>)

5. เมื่อผู้ปฏิบัติงานวัด และตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการทดลองกัณฑ์แล้ว ถ้าชิ้นงานนั้นได้ขนาด และผิวงานตามแบบงานที่ถูกต้องก็สามารถจะทำการกัดชิ้นงานตามกระบวนการผลิตได้ แต่ถ้าชิ้นงานทดลองกัณฑ์นั้น วัดและตรวจสอบขนาดไม่ถูกต้องตามแบบงาน ผู้ปฏิบัติงานสามารถแก้ไขขนาดส่วนที่ผิดพลาดนั้นได้ไม่ว่าจะแก้ไข การปรับตั้งค่าเครื่องมือตัดที่ตารางตั้งค่าเครื่องมือตัด (Tools Table) ดังแสดงในรูปที่ 7.49 หรือ แก้ไขลักษณะ การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวแกน X แกน Y และแกน Z โดยสามารถแก้ไขจากโปรแกรมเอ็นซีเป็นต้น



Tool	Description	Diameter(D)	Height (H)	Diam. Wear	HeightWear
0	Ref. Tool	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	END MILL	10.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	END MILL	8	50	0.0000	0.0000
3	DRILL	5	75	0.0000	0.0000
4	Empty	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	Empty	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

All Tool Entries are in your default setup measurement units regardless of G20/G1 modes.

Apply OK

รูปที่ 7.49 แสดงตารางตั้งค่าเครื่องมือตัด (Tools Table) ของคอนโทรลเลอร์ Mach3
(ที่มา : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ในการกัดชิ้นงานในงานกัดซีเอ็นซีส่วนใหญ่จะมีการวัดขนาดและทำการจดบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดเพราะต้องการให้ชิ้นงานออกมามีคุณภาพตามแบบที่กำหนดรายละเอียดการใช้คำสั่งนอกจากคำสั่งพื้นฐานและคำสั่งวัฏจักรแล้วยังมีชุดคำสั่งสำเร็จรูปผู้ทำโปรแกรมเอ็นซีจะต้องศึกษาจากคอนโทรลเลอร์ควบคุมเครื่องกัดที่ใช้งานเพื่อจะได้ใช้คำสั่งได้ถูกต้องและลดเวลาในการเขียนโปรแกรม

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7

ตอนที่ 1 คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

- 1. โปรแกรมประกอบด้วยบล็อก บล็อกประกอบด้วยเวิร์ด เวิร์ดประกอบด้วยโค้ดและตัวเลข
- 2. ส่วนตัวโปรแกรมจะทำหน้าที่กำหนดหมายเลขและชื่อโปรแกรม
- 3. คำสั่งที่อยู่ในโปรแกรมเอ็นซีสามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด
- 4. คำสั่ง G02 การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งหรือวงกลมลึกเข้าไปในเนื้อของชิ้นงานทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- 5. คำสั่ง M03 กำหนดให้เฟลสปินเดิลหมุนทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- 6. งานคว้านรู (Boring) ไม่สามารถทำได้บนเครื่องกัดซีเอ็นซี
- 7. วิธีการเขียนโปรแกรมตามลักษณะการกำหนดตำแหน่งโคออร์ดิเนตได้เป็น 2 ระบบ
คือ แบบสมบูรณ์และแบบต่อเนื่อง
- 8. งานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular Pocket) ที่มีความซับซ้อนส่วนใหญ่จะเขียนด้วยโปรแกรมพื้นฐาน
- 9. การเขียนโปรแกรมงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour) เป็นการเดินทูลตัดเฉือนงานตามเส้น รอบรูป
- 10. คำสั่งวัฏจักรสำหรับการเขียนโปรแกรมงานเจาะรูลึก จะใช้คำสั่ง G81

ตอนที่ 2 คำสั่ง จงเติมคำตอบให้สมบูรณ์

1. จงอธิบายโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีมาพอสังเขป

.....

.....

.....

2. ส่วนประกอบของพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซี จะแยกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

- 2.1.....
- 2.2.....
- 2.3.....

3. จงบอกชนิดของคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซีมีอยู่ 3 ชนิด อะไรบ้าง

- 3.1.....
- 3.2.....
- 3.3.....

4. จงบอกความหมายของคำต่อไปนี้

4 .1 คำสั่งจีโค้ด (G Code) มีความหมายอย่างไร

.....

.....

.....

.....

4 .2 คำสั่งเอ็มโค้ด (M Code) มีความหมายอย่างไร

.....

.....

.....

.....

5. จงยกตัวอย่างลักษณะงานที่สามารถขึ้นรูปขึ้นงานด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีมา 5 ชนิด

- 5.1.....
- 5.2.....
- 5.3.....
- 5.4.....
- 5.5.....

6. การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour) จะใช้คำสั่งจีโค้ด (G Code) กลุ่มตัดเฉือนขึ้นงานในการกัดงานอยู่ทั้งหมด4 คำสั่งคืออะไรบ้าง พร้อมอธิบาย

- 6.1.....
-
- 6.2.....
-
- 6.3.....
-
- 6.4.....
-

7. ในการกัดงานแบบหลุมสี่เหลี่ยม(Rectangular Pocket) และหลุมวงกลม(Circular Pocket) สามารถแบ่งวิธีในการเขียนโปรแกรมได้ 4 วิธีอะไรบ้าง

- 7.1.....
- 7.2.....
- 7.3.....
- 7.4.....

8. จงบอกความหมายของการเจาะรูแบบวิถีจักรต่อไปนี้

8.1 คำสั่ง G81.....

.....

.....

8.2 คำสั่ง G83.....

.....

.....

9. ในการเขียนโปรแกรมงานกัดร่อง (Slot) ด้วยคอนโทรลเลอร์ Mach3 จะต้องป้อนข้อมูลที่จำเป็นอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. การแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมเอ็นซี สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ 2 ลักษณะ ได้แก่
อะไรบ้าง

10.1.....

.....

10.2.....

.....

แบบเฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7

ตอนที่ 1 คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

- ✓1. โปรแกรมประกอบด้วยบล็อก บล็อกประกอบด้วยเวิร์ด เวิร์ดประกอบด้วยโค้ดและตัวเลข
- ✗2. ส่วนตัวโปรแกรมจะทำหน้าที่กำหนดหมายเลขและชื่อโปรแกรม
- ✓3. คำสั่งที่อยู่ในโปรแกรมเอ็นซีสามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด
- ✓4. คำสั่ง G02 การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งหรือวงกลมลึกเข้าไปในเนื้อของชิ้นงานทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- ✗5. คำสั่ง M03 กำหนดให้เฟลสปีนเดิลหมุนทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- ✗6. งานคว้านรู (Boring) ไม่สามารถทำได้บนเครื่องกัดซีเอ็นซี
- ✓7. วิธีการเขียนโปรแกรมตามลักษณะการกำหนดตำแหน่งโคออร์ดิเนตได้เป็น 2 ระบบ
คือ แบบสัมบูรณ์และแบบต่อเนื่อง
- ✗8. งานกัดหลุมแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular Pocket) ที่มีความซับซ้อนส่วนใหญ่จะเขียนด้วยโปรแกรมพื้น
- ✓9. การเขียนโปรแกรมงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour) เป็นการเดินทูลตัดเฉือนงานตามเส้น รอบรูป
- ✗10. คำสั่งวัฏจักรสำหรับการเขียนโปรแกรมงานเจาะรูลึก จะใช้คำสั่ง G81

ตอนที่ 2 คำสั่ง จงเติมคำตอบให้สมบูรณ์

1. จงอธิบายโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีมาพอสังเขป

ตัวโปรแกรม ประกอบด้วย บล็อก (Block)

บล็อก (Block) ประกอบด้วย เวิร์ด (Word)

เวิร์ด (Word) ประกอบด้วย โค้ดและตัวเลข

2. ส่วนประกอบของพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซี จะแยกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

2.1 หัวโปรแกรม

2.2 ตัวโปรแกรม

2.3 ท้ายโปรแกรม

3. จงบอกชนิดของคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซีมีอยู่ 3 ชนิด อะไรบ้าง

3.1 คำสั่งสำหรับควบคุมขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Program Technical Commands)

3.2 คำสั่งทางเรขาคณิต (Geometrical Commands)

3.3 คำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Technological Commands)

4. จงบอกความหมายของคำต่อไปนี้

4.1 คำสั่งจีโค้ด (G Code) มีความหมายอย่างไร

จีโค้ด (G Code) เป็นคำสั่งควบคุมสั่งการให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทำการ ตัดเฉือน (Machining) ชิ้นงานให้เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต ซึ่งต้องกำหนดทิศทางและตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Tools) โดยลักษณะของการเคลื่อนที่จะเป็นเส้นตรง เส้นโค้งวงกลมก็ได้ และ ใช้เป็นคำสั่ง ในการกำหนดระบบการทำงานของเครื่องจักร

4.2 คำสั่งเอ็มโค้ด (M Code) มีความหมายอย่างไร

เอ็มโค้ด (M Code) เป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกการทำงานของเครื่องจักรกล ซีเอ็นซี ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด คำสั่งเอ็มโค้ดจะเป็นคำสั่งที่ทำหน้าที่ดังนี้

- ควบคุมการเปิด ปิด อุปกรณ์ต่างๆ เช่น คำสั่ง เป็นต้น M03 , M04 , M05 , M06, M08
- ควบคุมโปรแกรม เช่นคำสั่ง M01, M02, M30 เป็นต้น

5. จงยกตัวอย่างลักษณะงานที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีมา 5 ชนิด

5.1 การกัดงานตามเส้นขอบรูป (Contour)

5.2 งานเจาะรู (Drilling)

5.3 งานกัดหยาบ (Roughing)

5.4 งานขุดหลุม (Pocket)

5.5 งานปาดผิวหน้า (Flat Surface)

5.6 งานกัดเก็บละเอียด (Finishing)

5.8 งานคว้านรู (Boring)

5.9 งานทำเกลียว (Tapping)

5.10 งานคว้านรูเรียบ (Reamer)

6. การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัดตามเส้นขอบรูป (Contour) จะใช้คำสั่งจีโค้ด (G Code) กลุ่มตัดเฉือนชิ้นงานในการกัดงานอยู่ทั้งหมด 4 คำสั่งคืออะไรบ้าง พร้อมอธิบาย

6.1 G00 คือ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่อง (Rapid Traverse)

6.2 G01 คือ การเคลื่อนที่ แนวเส้นตรงลึกเข้าไปในเนื้อชิ้นงาน ความเร็วตามอัตราป้อน ที่กำหนดจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

6.3 G02 คือ การเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานแนวเส้นโค้ง หรือวงกลม จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วตามอัตราป้อนที่กำหนดทิศทางตามเข็มนาฬิกา

6.4 G03 คือ การเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานแนวเส้นโค้ง หรือวงกลม จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วตามอัตราป้อนที่กำหนดทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

7. ในการกัดงานแบบหลุมสี่เหลี่ยม(Rectangular Pocket) และหลุมวงกลม(Circular Pocket) สามารถแบ่งวิธีในการเขียนโปรแกรมได้ 4 วิธีอะไรบ้าง

7.1 ใช้คำสั่งพื้นฐาน

7 .2 ใช้คำสั่งวัฏจักร

7 .3 ใช้คำสั่งสำเร็จรูป

7.4 ใช้โปรแกรม CAD CAM

8. จงบอกความหมายของการเจาะรูแบบวัฏจักรต่อไปนี้

8.1 คำสั่ง G81

คำสั่ง G81 คือการเจาะรูแบบครั้งเดียวทะลุไม่มีการยกขอกดอกสว่านในการคายเศษโลหะออก โดยคำสั่ง G81 นี้เหมาะกับงานที่มีความหนาของชิ้นงานตั้งแต่ 1-25 มิลลิเมตร เรียกการเจาะรูแบบนี้ว่า "วัฏจักรการเจาะรู (Drilling Cycle)"

8.2 คำสั่ง G83

คำสั่ง G83 คือ การเจาะรูชิ้นงานแบบหลาย ๆ ครั้ง และ ดอกสว่านจะทำการยกให้พ้นผิวชิ้นงานที่ทำการเจาะเพื่อทำการคายเศษโลหะที่ขณะทำการเจาะให้หลุดออกมา นอกการเจาะ ทำซ้ำแบบนี้จนกว่าจะถึงตำแหน่งที่ต้องการเจาะรู หรือจนกว่าการเจาะรูชิ้นงานจะทะลุโดยคำสั่ง G83 นี้เหมาะกับงานที่มีขนาดความหนาของชิ้นงานมากๆ เรียกการเจาะรูแบบนี้ว่า "วัฏจักรการเจาะรูลึก (Peck Drilling Cycle)"

9. ในการเขียนโปรแกรมงานกัดร่อง (Slot) ด้วยคอนโทรลเลอร์ Mach3 จะต้องป้อนข้อมูลที่จำเป็นอะไรบ้าง

ป้อนค่าตำแหน่งจุดศูนย์โคออร์ดิเนตจุดเริ่มต้นร่อง ในแนวแกน X (X start pos), แนว (Y start pos), ป้อนค่าตำแหน่งจุดศูนย์โคออร์ดิเนตจุดสิ้นสุดร่องในแนวแกน X (X End pos), และแนวแกน (Y End pos), ความกว้างร่อง (Slot Width), อัตราป้อนตัด (Feed rate), ความลึกของหลุมวงกลม (Max Depth Per pass), ระยะทุลยกเหนือผิวงาน (Rapid height) และ ความลึกการตัดเฉือนในแต่ละครั้ง (Depth of Slot), มุมลาด (Ramp Angle)

10. การแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมเอ็นซี สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ 2 ลักษณะได้แก่อะไรบ้าง

10.1 การแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้องด้วยโปรแกรมซิมูเลชัน

10.2 การแก้ไขและตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานที่ผลิตจากเครื่องกัดซีเอ็นซี