# หน่วยที่ 8
# การเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึง
# (NC Programming for Turning)

**สาระการเรียนรู้**

8.1 โครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานโปรแกรมเอ็นซีงานกลึง

8.2 คำสั่งจีโค้ดและเอ็มโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี

8.3 การขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี

8.4 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึง

8.5 การเขียนคำสั่งโปรแกรมงานกลึงปาดหน้า

8.6 การเขียนคำสั่งโปรแกรมงานกลึงปอก

8.7 การเขียนคำสั่งโปรแกรมงานกลึงเรียว

8.8 การเขียนคำสั่งโปรแกรมงานกลึงโค้ง

8.9 คำสั่งวัฏจักรและคำสั่งสำเร็จรูปสำหรับการเขียนโปรแกรมงานกลึงซีเอ็นซี

8.10 การแก้ไขและการตรวจสอบโปรแกรมเอ็นซี กับเครื่องกลึงซีเอ็นซี

**สาระสำคัญ**

ในการเขียน โปรแกรม เอ็นซีงานกลึงจะมีลักษณะโครงสร้างของโปรแกรมที่คล้ายกันกับโปรแกรมเอ็นซีงานกัดจะมีข้อแตกต่างอยู่บ้างในเรื่องของคำสั่งเฉพาะและแนวแกนการเคลื่อนที่หลัก ที่เครื่องกลึงจะมีแกนการเคลื่อนที่หลักเพียง 2 แนวแกนคือ แนวแกน X และแนวแกน Z ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงผู้เขียนโปรแกรมจะต้องศึกษาเรื่องแกนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร คำสั่ง G-Codeและ M-Code พื้นฐาน ตลอดจนเงื่อนไขการตัดเฉือนสำหรับงานกลึง นอกจากนี้จะต้องมีพื้นฐานการขึ้นรูปชิ้นงานกลึงในแบบต่างๆ เช่นการกลึงปาดหน้า การกลึงปอก การกลึงเรียว เป็นต้น ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงในหน่วยนี้จะอ้างอิงกับคอนโทรลเลอร์Mach 3 Turn และคอนโทรลเลอร์Fanuc กับเครื่องกลึงมินิซีเอ็นซี ที่ผู้สอนได้ซ่อมและปรับปรุงขึ้นมาเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน

**จุดประสงค์ทั่วไป**

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจโครงสร้างโปรแกรมเอ็นซีงานกลึง
2. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมงานกลึง
3. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจความหมายของจีโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกลึง
4. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจความหมายของเอ็มโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกลึง
5. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี
6. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมคำสั่งสำหรับกลึงปาดหน้า

7. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมคำสั่งสำหรับกลึงปอก
8. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมงานกลึงเรียว
9. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงโค้ง
10. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการเขียนโปรแกรมคำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึง
11. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการปฏิบัติงานกับเครื่องกลึงซีเอ็นซี
12. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมเอ็นซีกับเครื่องกลึงซีเอ็นซี

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

เมื่อศึกษาหน่วยที่ 8 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างโปรแกรมเอ็นซี (NC Program) งานกลึงได้อย่างถูกต้อง
2. บอกส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมงานกลึงได้
3. บอกความหมายจีโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกลึงซีเอ็นซีได้
4. บอกความหมายเอ็มโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกลึงซีเอ็นซีได้
5. บอกวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกลึงซีเอ็นซีได้
6. เขียนโปรแกรมคำสั่งสำหรับกลึงปาดหน้าได้อย่างถูกต้อง
7. เขียนโปรแกรมคำสั่งสำหรับกลึงปอกได้อย่างถูกต้อง
8. เขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับกลึงเรียวได้อย่างถูกต้อง
9. เขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงโค้งได้อย่างถูกต้อง
10. เขียนโปรแกรมคำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงได้อย่างถูกต้อง
11. ปฏิบัติงานกับเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้อย่างถูกต้อง
12. ตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมเอ็นซีกับเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้

**8.1 โครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซีงานกลึง**

โครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกลึงมีโครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานคล้ายกันกับโปรแกรมเอ็นซีของงานกัด โดยที่โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซียังประกอบไปด้วยการรวมกันของบล็อก หรือบรรทัดคำสั่ง หลาย ๆ บล็อกที่เขียนตามลำดับขั้นตอนใน การทำงานตามที่กำหนดไว้ ในแต่ละบล็อกประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวกับการทำงานและคำสั่งช่วยในการทำงาน จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันบ้างในส่วนของจำนวนแกนการเคลื่อนที่หลักของเครื่องจักรที่เครื่องกลึงจะมี 2 สองแนวแกนคือแกน X และแกน Z ส่วนเครื่องกัดจะมีแนวแกนการเคลื่อนที่ 3 แนวแกนคือแกน X แกน Y และแนวแกน Z จึงทำให้การเขียนตำแหน่งการตัดเฉือนลงในโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกลึงมีเพียง 2 แนวแกน นอกจากนี้ยังมีคำสั่ง G-Code และคำสั่ง M-Code สำหรับงานกลึงและเงื่อนไขการตัดเฉือนสำหรับงานกลึงซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป สำหรับส่วนประกอบพื้นฐานยังคงประกอบด้วย หัวโปรแกรม ตัวโปรแกรมและท้ายโปรแกรมโดยมีรายละเอียดเช่นเดียวกับงานกัด ตัวอย่างโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัดและโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกลึง ดังแสดงในรูปที่ 8.1

```
%
123(MILLING);
N10 G90 G21 G54;
N20 G28 X0 Y0 Z0;
N30 T01 M06;
N40 S1000 M03 M08;
N50 G00 X0 Y0 Z5;
N60 G00 X20 Y20 Z5;
N70 G01 X20 Y20 Z-5 F100;
N80 G01 X80 Y80 Z-5;
N90 G01 X80 Y80 Z5;
N100 G28 X0 Y0 Z0;
N110 M05;
N120 M09;
N130 M30;
%
```

**ตัวอย่างโปรแกรมเอ็นซีงานกัด**

```
%
124(TURNING);
N10 G90 G21 G54;
N20 G95;
M30 G28 U0 W0;
N40 G50 S8000;
N50 T0101 M06;
N60 G96 S120 M04 M08;
N70 G00 X100 Z2;
N80 G00 X100 Z-1;
N90 G01 X0 Z-1.6 F0.1;
N100 G01 X0 Z2;
N110 G28 U0 W0;
N120 M05 M09;
N130 M30;
%
```

**ตัวอย่างโปรแกรมเอ็นซีงานกลึง**

**รูปที่ 8.1** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมเอ็นซีงานกัดและโปรแกรมเอ็นซีงานกลึง

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**8.1.1 ชนิดของคำสั่งในงานกลึงซีเอ็นซี**

ชนิด ของคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมเอ็นซี สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดเช่นเดียวกับงานกัดดังนี้

8.1.1.1 คำสั่งสำหรับควบคุมขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Program Technical Commands) คือ คำสั่งที่ใช้ในการกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

8.1.1.2 คำสั่งทางเรขาคณิต (Geometrical Commands) คือ คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด เพื่อตัดเฉือนชิ้นงานให้ได้ขนาด และรูปร่างทางเรขาคณิตตามแบบงานที่ต้องการ

8.1.1.3 คำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Technological Commands) เช่น ความเร็วป้อน ความเร็วรอบเพลาหัวจับชิ้นงาน การเปิดเพลาหัวจับชิ้นงาน และการเปลี่ยนทูล (Tools Chang) เป็นต้น

สำหรับคำสั่งที่ใช้สั่งงานทั้ง 3 ชนิดจะแสดงด้วยโค้ดตัวอักษรต่างๆดังนี้

1. จีโค้ด (G-Code)

จีโค้ด (G-Code) เป็นคำสั่งควบคุมสั่งการให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทำการเคลื่อนที่ทูลให้ตัดเฉือนชิ้นงาน (Machining) ให้เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต ซึ่งต้องกำหนดทิศทางและตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ( Tools) โดยลักษณะของการเคลื่อนที่จะเป็นเส้นตรง เส้นโค้งก็ได้ และ ใช้เป็นคำสั่ง ในการ กำหนดระบบการทำงานของเครื่องจักร เช่นกำหนดวิธีการ เคลื่อนที่แบบ สัมบูรณ์ ( Absolute) หรือ แบบต่อเนื่อง (Incremental) การกำหนดหน่วยวัดระยะทาง การกำหนดรูปแบบคำสั่งวัฏจักร เป็นต้น

2. เอ็มโค้ด (M-Code)

เป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกการทำงานของเครื่องจักรกล CNC ที่ไม่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด เช่น การให้เพลาจับชิ้นงานหมุนในทิศทางตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา การเปิดและปิดน้ำหล่อเย็น การควบคุมการทำงานของโปรแกรมเป็นต้น

3. โค้ดอื่น ๆ ที่ใช้ในเวิร์ดหรือคำสั่งงานกลึง (**ที่มา** : สมบัติ ชิวหา. 2555 : 184)

โค้ดในแต่ละเวิร์ด นอกเหนือจากจีโค้ดและเอ็มโค้ดแล้วยังประกอบด้วยโค้ดอื่นๆ ปรากฏดังนี้

3.1 เลขที่บล็อกหรือเลขที่บรรทัด (Block Number: N) ได้แก่โค้ด N

บล็อก คำสั่งต่าง ๆ จะเริ่มต้นด้วยตัวอักษร N และตามด้วยตัวเลข ในการกำหนดตัวเลขควรเว้นระยะห่าง เช่นเว้นบล็อกละ 5 จะได้ N5, N10, N15, N... หรือบล็อกละ 10 จะได้ N10, N20, N30, N... ไม่ควรเขียนโดยไม่เว้นระยะห่างเช่น N1, N2, N3, N... เพราะเวลาจะแก้ไขโปรแกรมหรือแทรกบล็อกจะทำให้ไม่สามารถกำหนดเลขที่บล็อกได้ทำให้การตรวจสอบโปรแกรมยุ่งยาก

3.2 ตำแหน่งหรือระยะทางความยาว ได้แก่โค้ด X, Y, Z, U, V, W, A, B, C

ในการเคลื่อนที่ของทูลทั้งแนวเส้นตรงและแนวเส้นโค้ง ไปยังจุดหรือตำแหน่งในการตัดเฉือนจะต้องระบุโดยใช้ตัวเลข (0 ถึง 9) โดยมีเครื่องหมายบวก (+) หรือลบ (–) นำหน้าตัวเลขเพื่อใช้บอกทิศทางในการเคลื่อนที่ตามแกนนั้น ๆ เช่น X10 Z5 หรือ X50 Z-10 เป็นต้น

3.3 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลม ได้แก่โค้ด R หรือ I, J และ K

จีโค้ด ที่ใช้คือ G02, G03 และตำแหน่งของจุดศูนย์กลางวงกลม ตำแหน่งจุดศูนย์กลาง ส่วนโค้งของวงกลมจะใช้โคออร์ดิเนต I, J และ K ในการบอกตำแหน่งจะใช้ตัวเลขบอกตำแหน่งในการเคลื่อนที่

โดยที่ I จะวัดระยะทางในแนวแกน X, J จะวัดระยะทางในแนวแกน Y และ K จะวัดระยะทางในแนวแกน Z โดยที่วัดระยะทางจากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งหรือบางคอนโทรลเลอร์อาจจะบอกเป็นค่ารัศมี (R) ได้เลย

3.4 ความเร็วรอบเพลาสปินเดิล (Spindle Speed: S) ได้แก่โค้ด S

ใช้ตัวอักษร S และตามด้วยตัวเลข เช่น S2000 หมายถึง ความเร็วรอบ เพลาจับชิ้นงานหรือเพลาสปินเดิลหมุนด้วยความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที (rpm.หรือ rev/min)

3.5 อัตราป้อน (Feed Rate: F) ได้แก่โค้ด F

อัตราป้อน คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ในขณะตัดเฉือนชิ้นงานหรือเคลื่อนที่ลึกลงในชิ้นงานเพื่อกลึงเอาเนื้อชิ้นงานออก หน่วยของอัตราป้อนสามารถกำหนดได้เป็นลักษณะดังนี้คือ

3.5.1 มิลลิเมตร/นาที (mm/min) หรือนิ้ว/นาที (inch/min) ใช้สำหรับการกัดและการโค้ดที่ใช้คือ G94

3.5.2 มิลลิเมตร/รอบ (mm/rev) หรือนิ้ว/รอบ (inch/rev) สำหรับการกลึง โค้ดที่ใช้คือ G95

3.6 เครื่องมือตัด (Tools: T) ได้แก่โค้ด T

ใช้ตัวอักษร T และตามด้วยตัวเลขหมายเลขเครื่องมือตัดที่จะใช้งานและตามด้วยหมายเลขเครื่องมือตัดที่เรียกใช้ค่า Offset ตามตารางทูล เช่น T0505 โดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับโค้ดในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด (Tools) ด้วยคำสั่ง M06 เช่น T0505 M06 เป็นต้น

3.7 เวลา (Time) ได้แก่โค้ด P

ใช้อักษรตัว P ตามด้วยตัวเลข เช่น P01 กำหนดเวลาแช่หรือรอ 1 วินาทีเป็นต้น

**ข้อที่ควรจำ**

1. สำหรับชุดควบคุมบางรุ่นไม่จำเป็นต้องกำหนดเลขที่บล็อก (N) ทุกบรรทัดก็ได้

2. โค้ดบางตัวไม่จำเป็นต้องเขียนในบล็อกต่อไปก็ได้ จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นคำสั่งอย่างอื่น เช่น G00, G01, G02, G03, M03, M04 และค่า F, S

3. ไม่จำเป็น ต้องใส่ค่าโคออร์ดิเนต X และ Z ในบล็อกต่อๆ ไปหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจะต้องใส่ค่าโคออร์ดิเนตใหม่ เช่น

N50 G01X10Z-30F0.12;

N60 G01X20; (ค่าในแนวแกนZ และค่า F คงที่ไม่ต้องเขียนในบรรทัดคำสั่งก็ได้)

4. เราสามารถเขียนคำสั่งจีโค้ด หรือเอ็มโค้ด ในบล็อกเดียวกันก็ได้ เช่น

N50 G90 G21 T02 M06 S1000 M03;

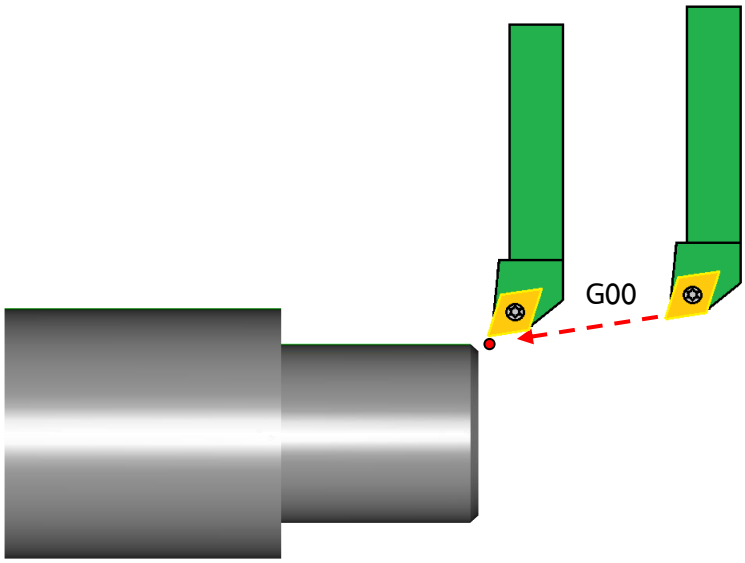
5. โค้ดบางตัวของชุดควบคุม จะถูกกำหนดขึ้นเอง เมื่อเริ่มทำโปรแกรม หรือเป็นค่าใช้งานเริ่มต้น (Default หรือ Self Start) เช่น G90, G21, G40 โค้ดต่างๆ เหล่านี้ไม่จำเป็นต้องเขียนไว้ในโปรแกรมก็ได้

6. คำสั่งกลุ่มเดียวกัน ไม่สามารถใช้ในบรรทัดเดียวกันได้ เช่น G00 กับ G01, G02 กับ G03 เป็นต้น

**8.2 คำสั่งจีโค้ดและเอ็มโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี**

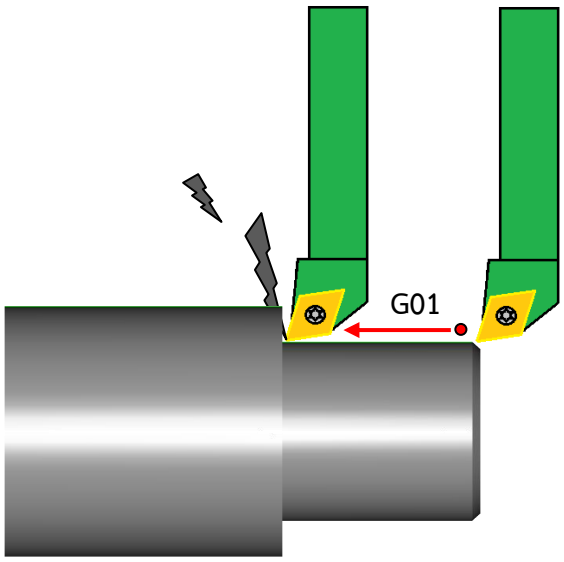
คำสั่งจีโค้ด (G-Code) เป็นคำสั่งควบคุมสั่งการให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทำการ เคลื่อนที่ทูลให้ตัดเฉือนชิ้นงาน โดยลักษณะของการเคลื่อนที่จะเป็นเส้นตรง เส้นโค้งก็ได้ และใช้เป็นคำสั่งในการกำหนดระบบการทำงาน

ของเครื่องจักร เช่นกำหนดวิธีการ เคลื่อนที่แบบ สัมบูรณ์ ( Absolute) หรือ แบบต่อเนื่อง ( Incremental) การกำหนดหน่วยวัดระยะทาง เป็นต้น ตัวอย่างจีโค้ดพื้นฐานโดยป้อมมีดอยู่ด้านในเครื่องจักรดังแสดงในรูปที่ 8.2-8.



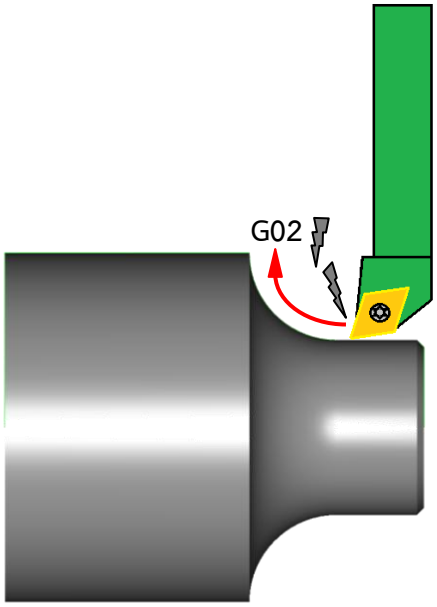

**รูปที่ 8.2** แสดงคำสั่ง G00 การเคลื่อนที่ทูลเป็นเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่อง (Rapid Traverse) โดยที่ทูลไม่สัมผัสชิ้นงาน

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

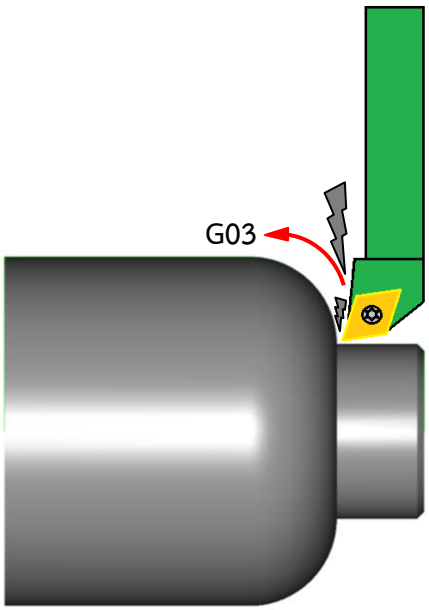



**รูปที่ 8.3** แสดงคำสั่ง G01 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงของทูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยตัดเฉือนชิ้นงานตาม อัตราป้อน (Feed Rate) ที่กำหนด

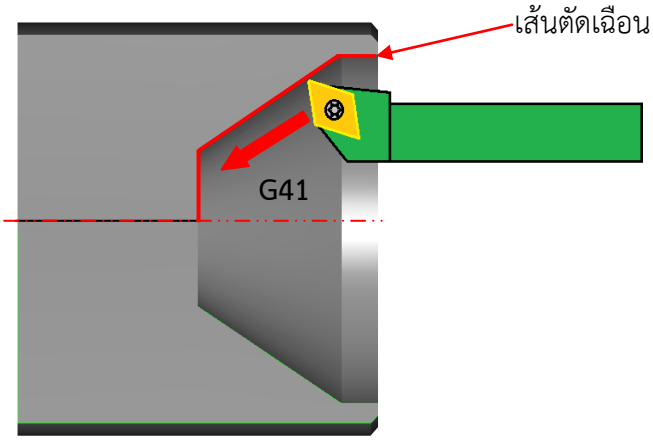
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)




**รูปที่ 8.4** แสดงคำสั่ง G02 การเคลื่อนที่มูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

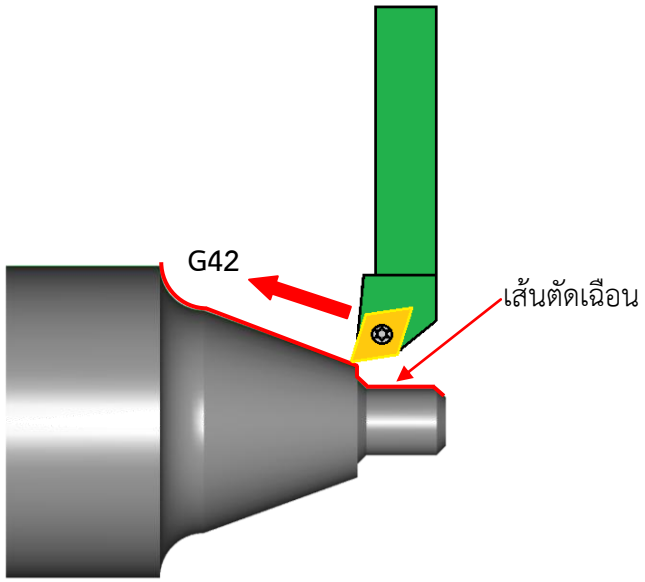



**รูปที่ 8.5** แสดงคำสั่ง G03 การเคลื่อนที่มูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)




**รูปที่ 8.6** แสดงคำสั่ง G41 เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดโดยทูลอยู่ด้านซ้ายมือเส้นตัดเฉือนเมื่อมองตามหลังทิศทางการเดินของทูล

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)




**รูปที่ 8.7** แสดงคำสั่ง G42 เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดโดยทูลอยู่ด้านขวามือเส้นตัดเฉือนเมื่อมองตามหลังทิศทางการเดินของทูล

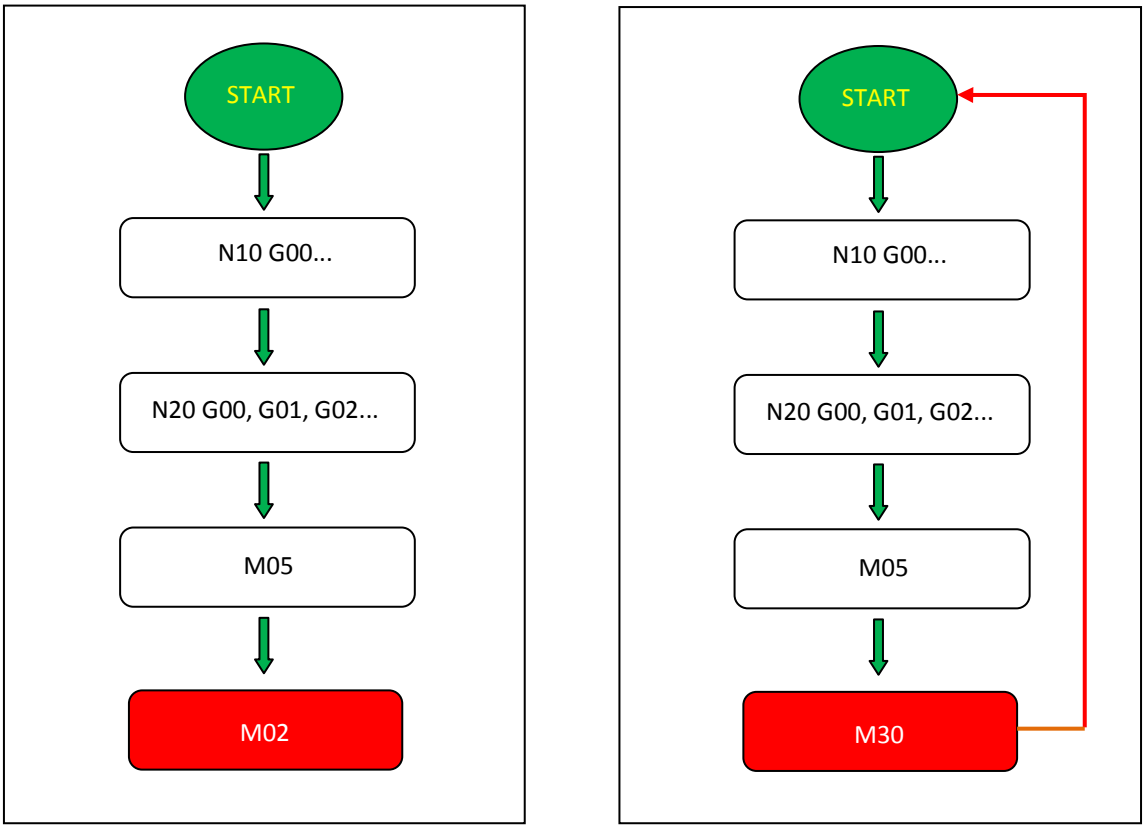
(**ที่มา**: ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

นอกจากตัวอย่างคำสั่งจีโค้ดข้างต้นที่ที่นิยมใช้ในการเขียนโปรแกรมแล้วยังมี จีโค้ดอื่นๆที่เป็นจีโค้ดพื้นฐานที่ใช้ในงานกลึงซีเอ็นซี ดังแสดงตามตารางที่ 8.1 (**ที่มา** : สมจิตร จอมคำสิงห์. 2558 : 151)

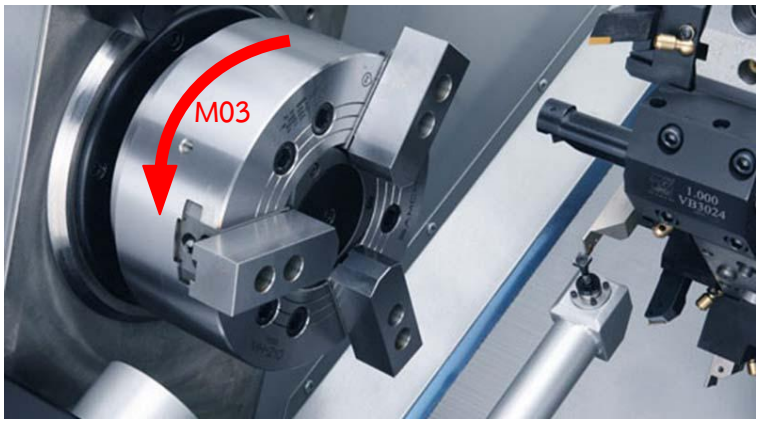
**ตารางที่ 8.1** แสดงจีโค้ดพื้นฐานในงานกลึงซีเอ็นซี

| จีโค้ด | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|
| G00 | การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงของเครื่องมือตัดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่อง (Rapid Traverse) โดยทูลไม่สัมผัสชิ้นงาน |
| G01 | การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงของทูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยตัดเฉือนชิ้นงานตามอัตราป้อน (Feed Rate) ที่กำหนด |
| G02 | การเคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา |
| G03 | การเคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา |
| G17 | เลือกระนาบการทำงาน XY |
| G18 | เลือกระนาบการทำงาน XZ |
| G19 | เลือกระนาบการทำงาน YZ |
| G20 | กำหนดหน่วยของการเคลื่อนที่เป็นนิ้ว |
| G21 | กำหนดหน่วยของการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร |
| G28 | การเคลื่อนที่ไปยังจุดอ้างอิง (Reference) แบบอัตโนมัติ |
| G33 | การกลึงเกลียว |
| G40 | ยกเลิกการชดเชยรัศมีของปลายเม็ดมีด (ยกเลิกคำสั่งของ G41 ,G42 ) |
| G41 | เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดโดยทูลอยู่ด้านซ้ายมือเส้นตัดเฉือน |
| G42 | เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดโดยทูลอยู่ด้านขวามือเส้นตัดเฉือน |
| G43 | ชดเชยขนาดความยาวทูลถอยออกจากจุดอ้างอิง |
| G49 | ยกเลิกการชดเชยขนาดความยาวทูล |
| G50 | กำหนดความเร็วรอบสูงสุดของเพลาสปินเดิล |
| G54-59 | กำหนดจุดศูนย์ชิ้นงาน |
| G80 | ยกเลิกคำสั่งวัฏจักร (Canned Cycle) |
| G81-83 | วัฏจักรสำหรับงานเจาะรู |
| G90 | กำหนดการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ (Absolute Positioning) |
| G91 | กำหนดการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Incremental Positioning) |
| G94 | กำหนดค่าอัตราป้อน (Feed Rate) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/นาที |
| G95 | กำหนดค่าอัตราป้อน (Feed Rate) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/รอบ |
| G96 | กำหนดเร็วรอบของสปินเดิลเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของชิ้นงาน |
| G97 | กำหนดสปินเดิลหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ |

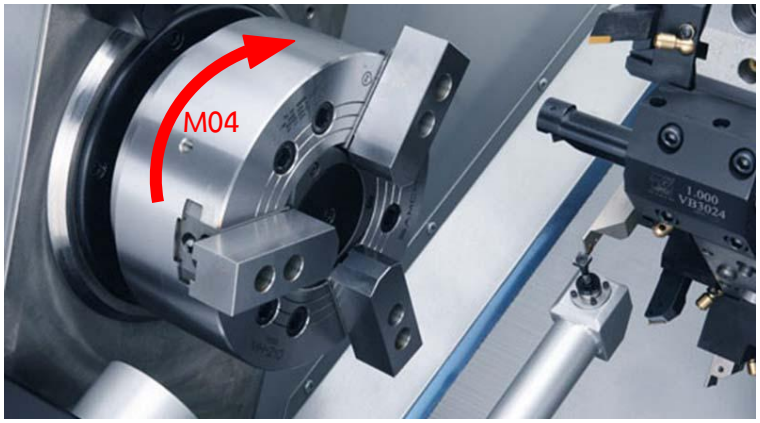
คำสั่งเอ็มโค้ด (M-Code) เป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด คำสั่งเอ็มโค๊ดจะเป็นคำสั่ง ที่ทำหน้าที่ ควบคุมการทำงาน ของโปรแกรม เช่นคำสั่ง M00, M01, M02, M30 และควบคุมการเปิด ปิด อุปกรณ์ต่างๆ เช่น คำสั่ง M03, M04, M05, M06, M08 ตัวอย่างคำสั่งเอ็มโค้ดพื้นฐานสำหรับงานกลึง ดังแสดงในรูปที่ 8.8-8.13



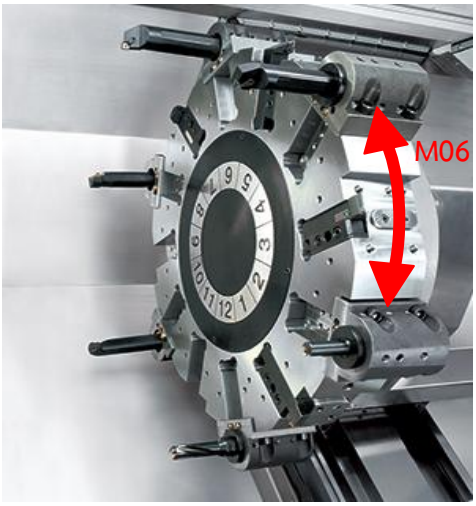

**รูปที่ 8.8** แสดงลักษณะข้อแตกต่างการจบโปรแกรมเมื่อใช้คำสั่ง M02 และ M30
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



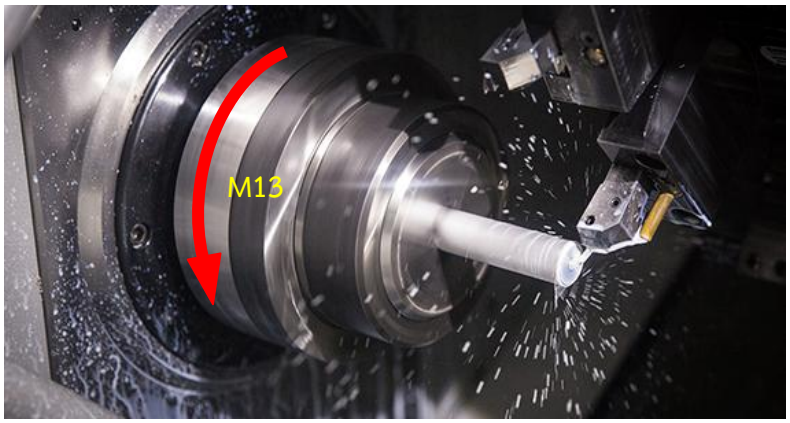

**รูปที่ 8.9** แสดงคำสั่ง M03 สั่งให้เพลาสปินเดิลหมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา (มองจากด้านหลังเพลาสปินเดิล)
(**ที่มา** : https://www.haascnc.com)



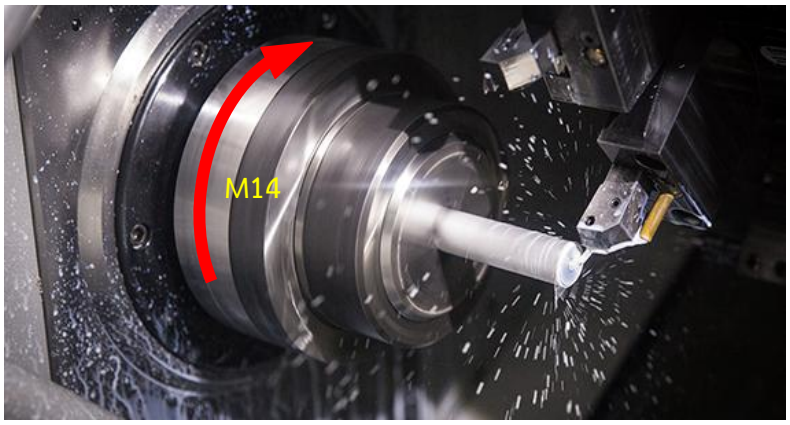

**รูปที่ 8.10** แสดงคำสั่ง M04 สั่งให้เพลาสปินเดิลหมุนทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (มองจากด้านหลังเพลาสปินเดิล)
(**ที่มา** : https://www.haascnc.com)




**รูปที่ 8.11** แสดงคำสั่ง M06 สั่งให้อุปกรณ์เปลี่ยนทูลอัตโนมัติหมุนเปลี่ยนตำแหน่งเครื่องมือตัด
(**ที่มา** : http://www.goodwaycnc.com)




**รูปที่ 8.12** แสดงคำสั่ง M13 สั่งให้เพลาสปินเดิลหมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกาพร้อมเปิดน้ำหล่อเย็น
(**ที่มา** : https://www.protolabs.com)




**รูปที่ 8.13** แสดงคำสั่ง M14 สั่งให้เพลาสปินเดิลหมุนทิศทางทวนเข็มนาฬิกาพร้อมเปิดน้ำหล่อเย็น (**ที่มา** : https://www.protolabs.com)

นอกจากตัวอย่างคำสั่งเอ็มโค้ดข้างต้นที่ที่นิยมใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีแล้วยังมีเอ็มโค้ดพื้นฐานอื่นๆที่ใช้ในงานกลึงซีเอ็นซี ดังแสดงตามตารางที่ 8.2 (**ที่มา** : สมบัติ ชิวหา. 2557 : 187)

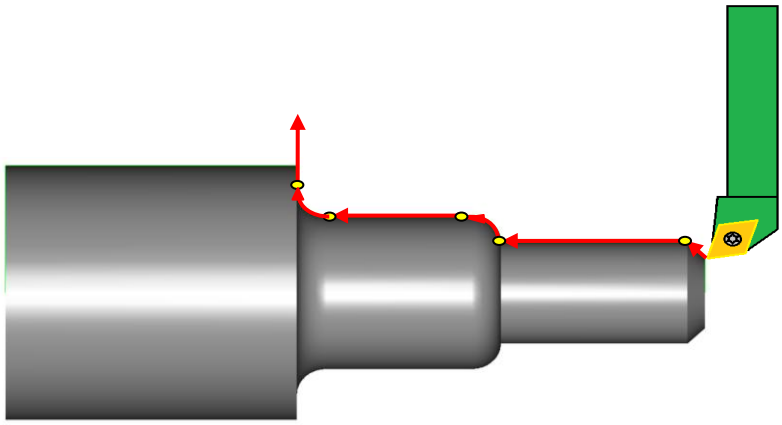
**ตารางที่ 8.2** แสดงเอ็มโค้ดพื้นฐานในงานกลึงซีเอ็นซี

| เอ็มโค้ด | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|
| M00 | หยุดโปรแกรมชั่วขณะ |
| M01 | หยุดโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข |
| M02 | สิ้นสุดโปรแกรม หรือจบโปรแกรม |
| M03 | เปิดสปินเดิลหมุนตามเข็มนาฬิกา |
| M04 | เปิดสปินเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกา |
| M05 | หยุดการหมุนของสปินเดิล |
| M06 | เปลี่ยนเครื่องมือตัด |
| M08 | เปิดน้ำหล่อเย็น |
| M09 | ปิดน้ำหล่อเย็น |
| M10 | เปิดปากจับชิ้นงาน |
| M11 | ปิดปากจับชิ้นงาน |
| M13 | เปิดสปินเดิลหมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกาพร้อมเปิดน้ำหล่อเย็น |
| M14 | เปิดสปินเดิลหมุนทิศทางทวนเข็มนาฬิกาพร้อมเปิดน้ำหล่อเย็น |
| M30 | จบโปรแกรมแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม |

**8.3 การขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกลึงซีเอ็นซี**

การขึ้นรูปชิ้นงาน คือ การที่เครื่องมือตัดทำการตัดเฉือนเนื้อโลหะออกจากชิ้นงานเพื่อให้ได้รูปทรง และขนาดตามแบบที่กำหนด โดยทั่วไปนั้นการกลึงซีเอ็นซี มีลักษณะการขึ้นรูปอยู่ 2 ลักษณะดังนี้

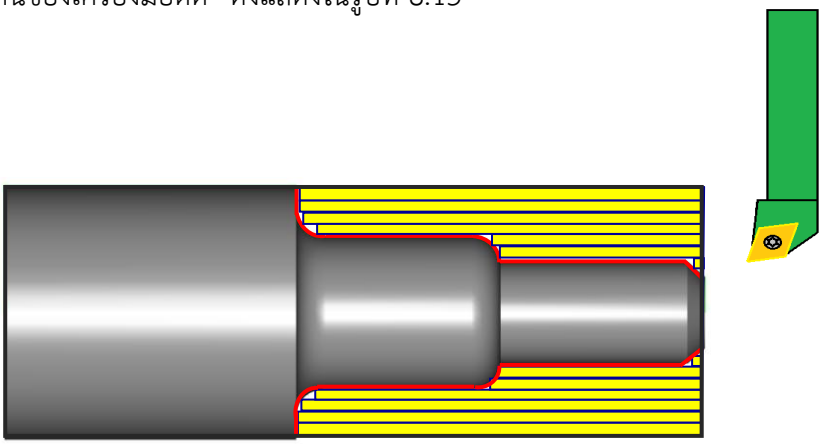
8.3.1 การกลึงงานตามเส้นขอบงาน ( Contour Part) ใช้กับชิ้นงานที่มีการผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาก่อน เช่นหล่อขึ้นรูป หรือผ่านกระบวนการการกลึงปอกหยาบ (Roughing) ให้ได้รูปร่างลักษณะใกล้เคียงกับแบบงานที่ กำหนด โดยเผื่อขนาดต่างๆ ไว้ให้มีขนาดโตกว่าขนาดสำเร็จ แล้วจึงนำชิ้นงานมาทำการกลึงละเอียด (Finishing) ตามตำแหน่งโคออร์ดิเนตที่กำหนดไว้ให้ได้ตามแบบงานที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 8.14 (**ที่มา** : อำนาจ ทองเสน. 2556 : 282)



**รูปที่ 8.14** แสดงลักษณะการกลึงงานตามเส้นขอบงาน

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

8.3.2 การกลึงแบบแบ่งเป็นขั้นตอน ตามกระบวนการ การตัดเฉือน ใช้สำหรับชิ้นงาน ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาก่อน โดยงานกลึงลักษณะนี้จะใช้เครื่องมือตัดในการขึ้นรูปชิ้นงานหลายตัว เช่น เครื่องมือตัดตัวที่ 1 ใช้ในการปาดหน้าชิ้นงาน Facing) เครื่องมือตัดตัวที่ 2 งานกลึงปอกผิวชิ้นงาน ( Roughing) เครื่องมือตัดตัวที่ 3 ใช้สำหรับงานกลึงเก็บละเอียด (Finishing) เป็นต้น โดยแบ่งการตัดเฉือนเอาเนื้อวัสดุงานออกเป็นชั้นๆ ตามลำดับการใช้งานของเครื่องมือตัด ดังแสดงในรูปที่ 8.15



**รูปที่ 8.15** แสดงลักษณะการกลึงงานแบบแบ่งเป็นขั้นตอนการตัดเฉือน

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**8.4 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึง**

ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงสามารถที่จะเขียนโปรแกรมได้ทั้งแบบสัมบูรณ์ (Absolute) และแบบต่อเนื่อง (Incremental) เช่นเดียวกับงานกัดซีเอ็นซี ในการเขียนโปรแกรมงานกลึงส่วนใหญ่จะนิยมเขียนโปรแกรมเอ็นซีแบบสัมบูรณ์(Absolute) เนื่องจากเขียนได้ง่ายและเกิดข้อผิดพลาดของตำแหน่งน้อยกว่าการเขียนโปรแกรมเอ็นซีแบบต่อเนื่อง ก่อนที่จะทำการเขียนโปรแกรมเอ็นซี ควรจะศึกษาคู่มือการใช้งานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเฉพาะรุ่น เพราะแต่ละบริษัทที่ผลิตเครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะทำการออกแบบ มาไม่เหมือนกัน คำสั่งบางคำสั่งก็จะมีการใช้เฉพาะรุ่น เช่นการเขียนโปรแกรมกำหนดค่าของส่วนโค้ง ที่ใช้มีทั้งแบบ กำหนดค่า รัศมี (Radius Program) และแบบกำหนดค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter Program) โดยโปรแกรมเอ็นซีที่ใช้ ทำงาน กันบ่อย ๆ ในงานกลึงมีดังนี้

8.4.1 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึงปาดหน้าชิ้นงาน (Facing)

8.4.2 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึงปอกผิวชิ้นงาน (Roughing)

8.4.3 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึงเรียว (Taper)

8.4.4 การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึงโค้ง (Curved Cutting)

8.4.5 การเขียนโปรแกรมวัฏจักรงานกลึง (Canned Cycle) และคำสั่งสำเร็จรูป

**8.5 การเขียนคำสั่งโปรแกรมงานกลึงปาดหน้า**

การเขียนโปรแกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึงปาดหน้า โดยการใช้คำสั่ง พื้นฐานมีคำสั่งที่จะใช้งานดังนี้

8.5.1 **G00** คือ การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่อง (Rapid Traverse)

บล็อกคำสั่งของ G00 มีโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วยเวิร์ดต่างๆ ของแต่ละโค้ด คือ

**N... G00 X... Z...**

เมื่อ X...Z... คือ ตำแหน่งโคออร์ดิเนตเป้าหมายในแนวแกนX และแกนZ

8.5.2 **G01** คือ คำสั่งให้เครื่องมือตัด เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตามค่าอัตราป้อนที่กำหนด

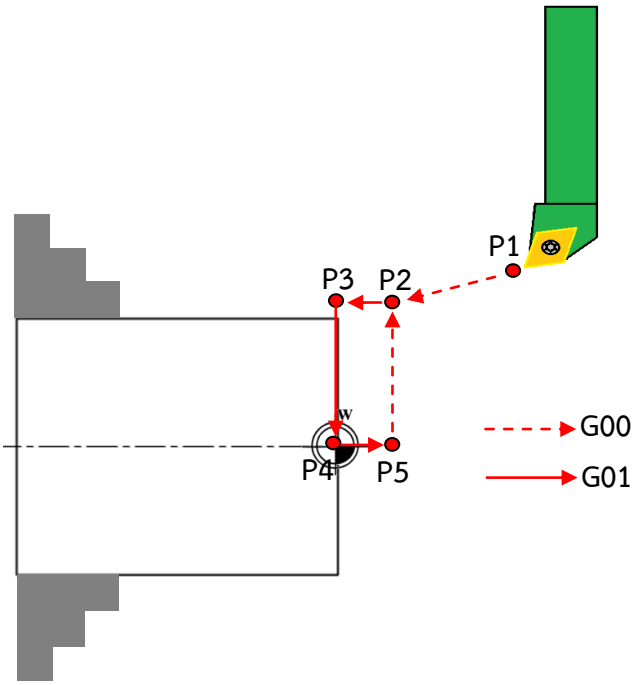
บล็อกคำสั่งของ G00 มีโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วยเวิร์ดต่างๆ ของแต่ละโค้ด คือ

**N... G01 X... Z... F...**

เมื่อ X...Z... คือ ตำแหน่งโคออร์ดิเนตเป้าหมายในแนวแกนX และแกนZ

F... คือ ค่าอัตราป้อน (มิลลิเมตร ต่อ รอบ)

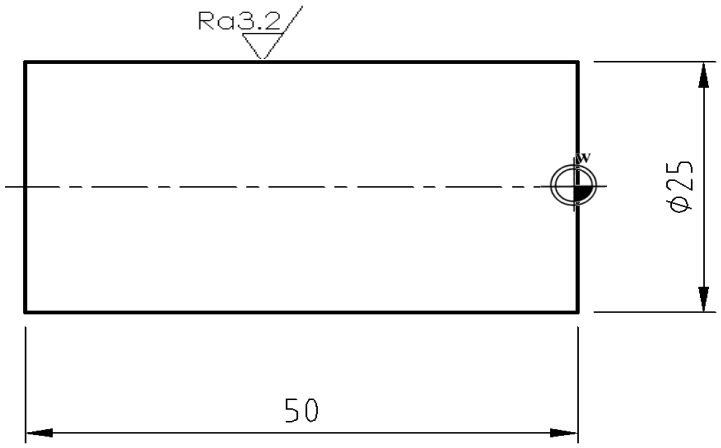
ในการเขียนโปรกรมเอ็นซี สำหรับงานกลึงปาดหน้าชิ้นงานนั้น สามารถเขียนโปรแกรม เอ็นซี โดยใช้คำสั่ง G00 และคำสั่ง G01 สั่งให้ทูลเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานผ่านตำแหน่งต่างๆตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่8.16




**รูปที่ 8.16** แสดงลำดับการเคลื่อนที่ของทูลกลึงปาดหน้าชิ้นงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตัวอย่างที่ 8.1** จงเขียนโปรแกรมงานกลึง ปาดหน้าชิ้นงาน ให้ได้ขนาด ตามแบบงานที่กำหนด โดยที่ชิ้นงานดิบมีการเผื่อขนาดไว้ 0.2 มิลลิเมตรไว้สำหรับกลึงปาดหน้าครั้งเดียวลึกใน แนวแกน Z เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร, ให้ใช้ค่าความเร็วรอบของเพลา สปินเดิล 2000 รอบต่อนาที หมุนในทิศทาง ตามเข็มนาฬิกา , อัตราป้อน 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ, และให้ใช้มีดกลึงฟอร์มปอกขวาหมายเลข 2, กำหนดจุดตำแหน่งเข้าใกล้ชิ้นงานที่แกน X30, Z2 ป้อมมีดอยู่ด้านหน้าเครื่องจักร




(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตารางที่ 8.3** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงปาดหน้าชิ้นงาน

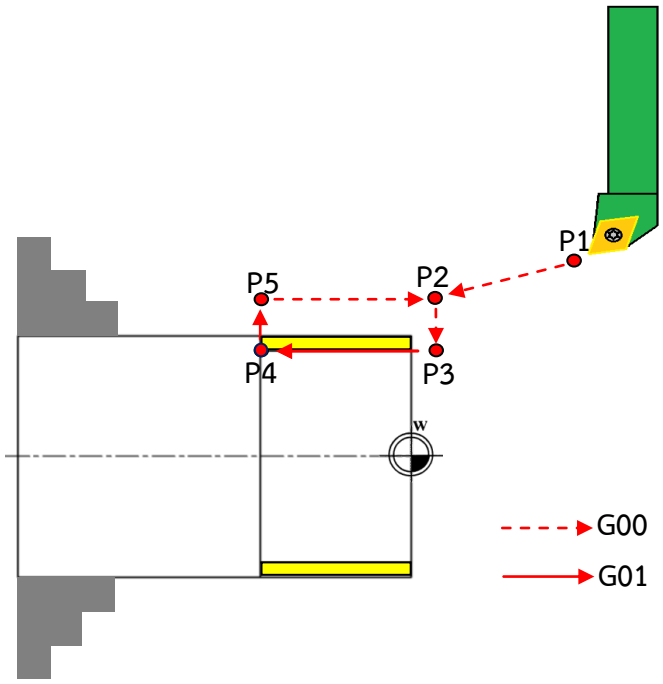
| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| - | - | %<br>0123( Facing) | หัวโปรแกรม<br>เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%)<br>กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 123<br>กำหนดชื่อโปรแกรม Facing |
| N10 | G90G21G54 | - | กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมบูรณ์<br>กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร<br>กำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานลำดับที่1 |
| N20 | G95 | - | กำหนดอัตราป้อนเป็นมิลลิเมตร/รอบ |
| N30 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N40 | - | T0202 | กำหนดใช้ทูลหมายเลข 2 และใช้ค่า Offset ของทูลหมายเลข 2 |
| N50 | | S2000 M03 M08 | หมุนสปินเดิล 2,000 รอบต่อนาที<br>ทิศทางตามเข็มนาฬิกา<br>เปิดน้ำหล่อเย็น |
| N60 | G00 | X30 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกนX30 อยู่หน้าผิวงานในแกน Z 2 มิลลิเมตร |
| N70 | G00 | X30 Z0 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกนX30 และในแกน Z 0 |
| N80 | G01 | X0 Z0 F0.1 | เคลื่อนที่ทูลปาดหน้าชิ้นงานแนวเส้นตรงด้วยอัตราป้อน 0.1 มิลลิเมตร/รอบ ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน 0 และในแนวแกน Z 0 |
| N90 | G01 | X0 Z2 | เคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานแนวเส้นตรงไปที่ตำแหน่งแนวแกนX0 และในแกน Z 2 |

**ตารางที่ 8.3** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงปาดหน้าชิ้นงาน(ต่อ)

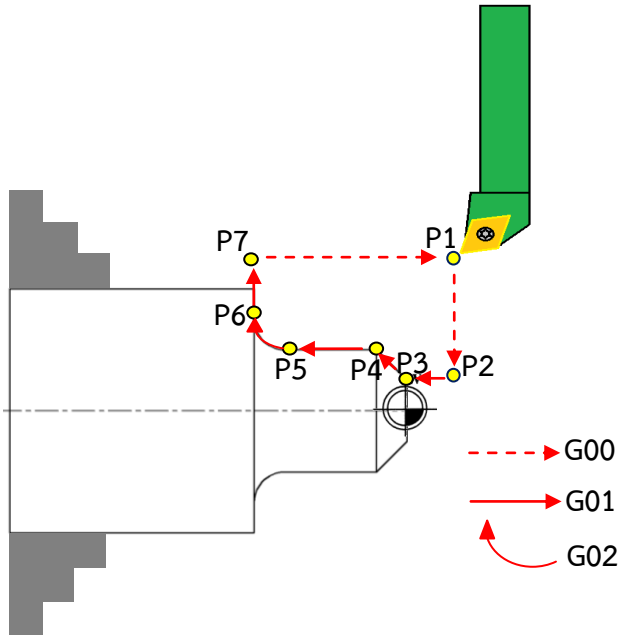
| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| N100 | G00 | X30 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกนX30 และในแกน Z 2 |
| N110 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N120 | M09 | - | ปิดน้ำหล่อเย็น |
| N130 | M05 | - | ปิดเพลาสปินเดิล |
| N140 | M30 | - | จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม |

## 8.6 การเขียนคำสั่งโปรแกรมงานกลึงปอก

ในการเขียนคำสั่งในงานกลึงปอกผิวชิ้นงานจะใช้คำสั่งจีโค้ด พื้นฐานG00, G01, G02 และ G03 เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับ ควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดให้ตัดเฉือนปอกผิวชิ้นงานให้ได้รูปทรงตามแบบที่กำหนด โดยการกลึงปอกสามารถกลึงขึ้นรูปชิ้นงานได้ทั้ง 2 คือ การกลึงโดยแบบแบ่งเป็นขั้นตอนการตัดเฉือน ซึ่งนิยมใช้ในการกลึงปอกหยาบก่อนการเก็บละเอียดและการกลึงงานตามเส้นขอบงาน ซึ่งนิยมใช้ในการกลึงปอกละเอียดครั้งสุดท้าย โดยมีรูปแบบการเดินทูลตัดเฉือนชิ้นงานผ่านตำแหน่งต่างๆตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 8.17-8.18

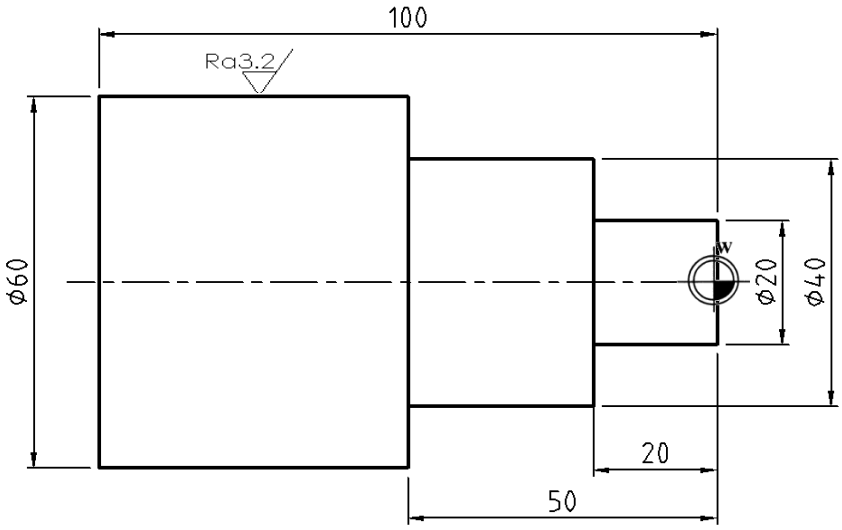



**รูปที่ 8.17** แสดงลำดับการเคลื่อนที่ของทูลในการกลึงแบบแบ่งเป็นขั้นตอนตามกระบวนการการตัดเฉือน (**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)




**รูปที่ 8.18** แสดงลำดับการเคลื่อนที่ของทูลกลึงปอกชิ้นงานตามเส้นขอบงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตัวอย่างที่ 8.2** จงเขียนโปรแกรมงานกลึง ปอกชิ้นงาน ให้ได้ขนาด ตามแบบงานที่กำหนด โดยกำหนดให้กลึงปอกชิ้นงานตามเส้นขอบงาน , กำหนดให้ใช้ความเร็วรอบของเพลา สปินเดิล 1,000 รอบต่อนาที , หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา , อัตราป้อน 0.12 มิลลิเมตร/รอบ, และใช้มีดกลึงฟอร์มปอกขวา หมายเลข1 , กำหนดจุดตำแหน่งเข้าใกล้ชิ้นงานที่แกน X70, Z2,ป้อมมีดอยู่ด้านหน้าเครื่องจักร




(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตารางที่ 8.4** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงปอกชิ้นงาน

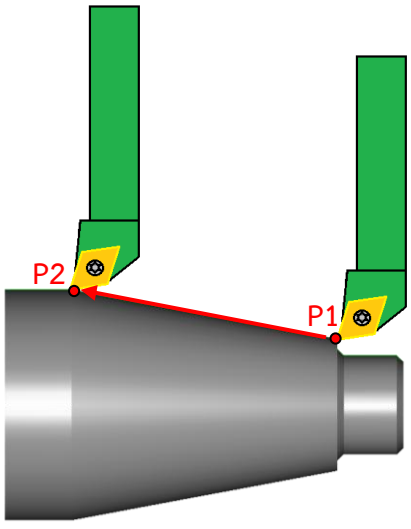
| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| - | - | %<br>0124(Rough) | หัวโปรแกรม<br>เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%)<br>กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 123<br>กำหนดชื่อโปรแกรม Rough |
| N10 | G90G21G54 | - | กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมบูรณ์<br>กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร<br>กำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานลำดับที่1 |
| N20 | G95 | - | กำหนดอัตราป้อนเป็นมิลลิเมตร/รอบ |
| N30 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N40 | - | T0101 | กำหนดใช้ทูลหมายเลข 1 และใช้ค่า Offset ของทูลหมายเลข 1 |
| N50 | | S1000 M03 M08 | หมุนสปินเดิล 1,000 รอบต่อนาที<br>ทิศทางตามเข็มนาฬิกา<br>เปิดน้ำหล่อเย็น |
| N60 | G00 | X70 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X70 และในแกน Z2 |
| N70 | G00 | X20 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X20 และในแกน Z2 |
| N80 | G01 | X20 Z0 F0.12 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยอัตราป้อน 0.12 มิลลิเมตร/รอบไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X20 และในแนวแกน Z 0 |
| N90 | G01 | X20 Z-20 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงกลึงปอกผิวงานไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X20 และแกน Z-20 |
| N100 | G01 | X40 Z-20 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงกลึงปาดหน้าผิวงานไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX 40 และแกนZ-20 |

**ตารางที่ 8.4** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงปอกชิ้นงาน(ต่อ)

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| N110 | G01 | X40 Z-50 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงกลึงปอกผิวงานไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X40 และแกน Z-50 |
| N120 | G01 | X70 Z-50 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงกลึงปาดหน้าผิวงานไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX70 และแกนZ-50 |
| N130 | G00 | X70 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X70 และในแกน Z2 |
| N140 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N150 | M09 | - | ปิดน้ำหล่อเย็น |
| N160 | M05 | - | ปิดเพลาสปินเดิล |
| N170 | M30 | - | จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม |

## 8.7 การเขียนโปรแกรมงานกลึงเรียว (Taper)

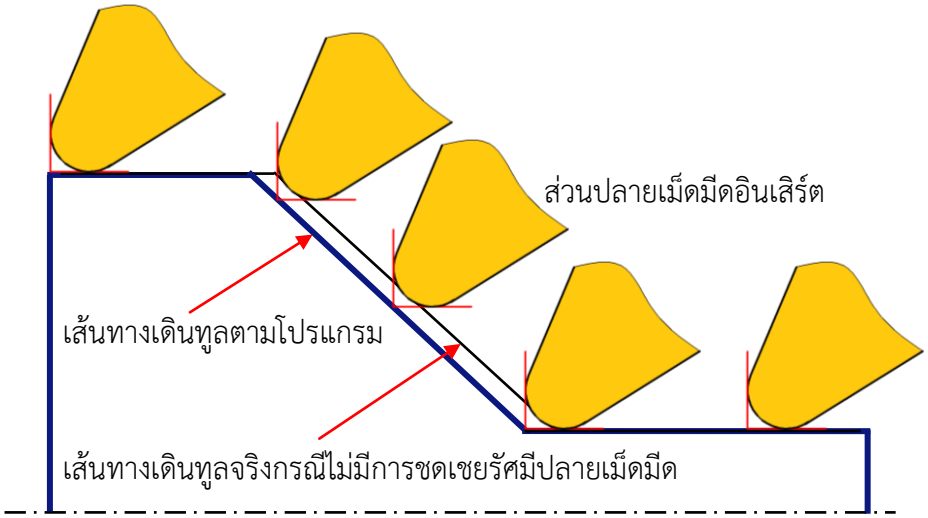
การเขียนโปรแกรมงานกลึงที่มีการเคลื่อนที่ในแนวแกนพร้อมกัน 2แนวแกน หรือ ในทางงานกลึงเรียกว่า "งานกลึงเรียว (Taper)" มีวิธีกำหนดเส้นทางเดินของเครื่องมือตัดเพื่อให้การเคลื่อนที่ในการกลึงเรียวได้หลายวิธี เช่น การกำหนดองศาของเรียว การกำหนดอัตราเรียวหรือ การกลึงเรียวโดย ใช้จุด 2 จุดเป็นตัวกำหนดความเรียวของชิ้นงาน ซึ่งในการใช้จุด 2 จุดร่วมกับการ ใช้คำสั่งให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงาน ในแนวเส้นตรงเพื่อกำหนดอัตราเรียวของชิ้นงาน โดยผู้ปฏิบัติงานต้องกำหนดค่าโคออร์ดิเนต X, Z ของทั้ง 2 จุดให้ถูกต้องและแม่นยำ จึงจะไม่เกิดความผิดพลาดของอัตราเรียว ดังแสดงในรูปที่ 8.19



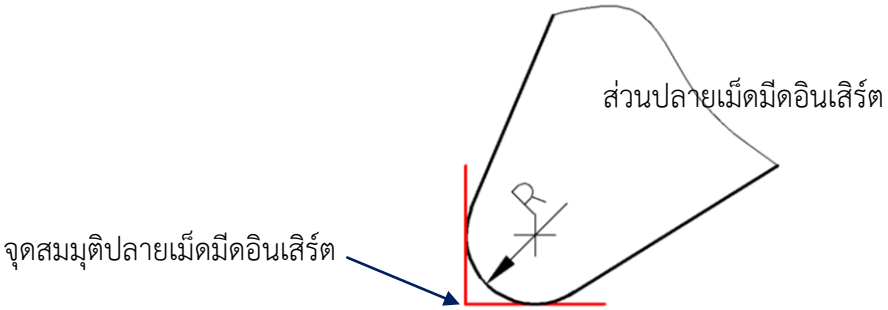

**รูปที่ 8.19** แสดงลักษณะการกลึงเรียวโดยใช้จุด 2 จุดเป็นตัวกำหนดความเรียวของชิ้นงาน

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

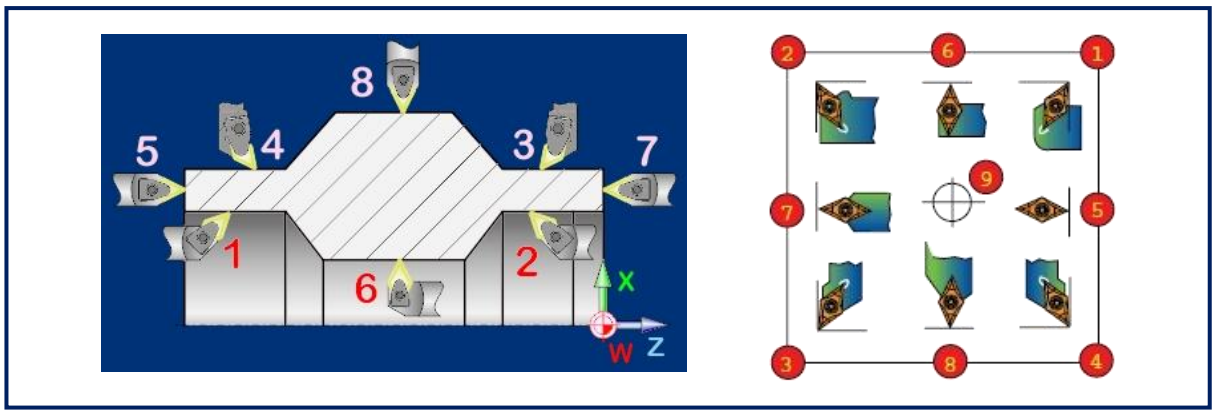
ในงานกลึงเรียวและงานกลึงส่วนโค้งจำเป็นที่จะต้องมีการชดเชยรัศมี ปลายเครื่องมือตัด (Tools nose Radius Compensation : TRC) โดยปลายเม็ดมีดอินเสิร์ตจะโค้งมน เพื่อให้ผิวชิ้นงานออกมานั้นมีคุณภาพดี ในงานกลึงปาดหน้า และกลึงปอกผิวชิ้นงานขนาดของชิ้นงานจริงที่ได้จะมีค่าเท่ากันกับค่าที่ป้อนในโปรแกรมเอ็นซี แต่ในงานกลึงโค้งหรือกลึงเรียว ขนาดของชิ้นงานจริงจะมีขนาดโตกว่าค่าที่กำหนดในแบบงาน หรือในโปรแกรมเอ็นซี ดังแสดงในรูปที่8.20 ดังนั้นจึงต้องมีการชดเชย รัศมีของเครื่องมือตัดที่ปลายของเม็ดมีดอินเสิร์ต ในการทำโปรแกรมงานกลึงจะสมมุติว่าจุดปลายมีดกลึงที่สัมผัสกับชิ้นงานเป็นจุดปลายมีดคมแหลม ดังแสดงในรูปที่ 8.21 อย่างไรก็ตามจุดปลายเม็ดมีดที่เป็นจริงนั้นจะโค้งมนเป็นรัศมี และระบบควบคุมจะทำการชดเชยช่องว่างระหว่างจุดปลายมีดกลึงทางทฤษฎีกับขอบคมตัดของมีดกลึงโดยการคำนวณหาเส้นทางเดินขอบรูปที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องป้อนข้อมูลตำแหน่งการทำงานของปลายเม็ดมีดอินเสิร์ต ที่ถูกต้องเข้าไปในระบบควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 8.22-8.23 ส่วนของวงกลมจะทำหน้ากำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของจุดปลายมีดกลึงเข้าหาขอบงานโดยอัตโนมัติ



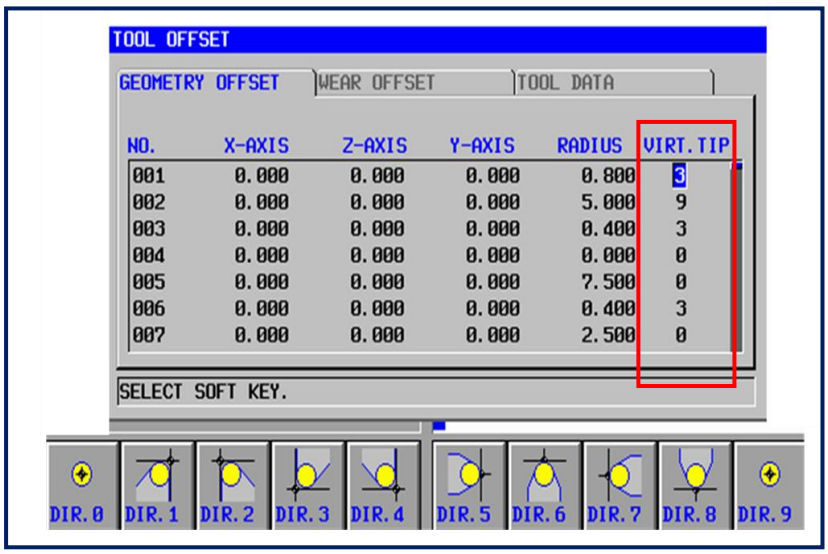

**รูปที่ 8.20** แสดงเส้นทางเดินของทูลการชดเชยรัศมีที่ปลายเครื่องมือตัดเม็ดมีดอินเสิร์ต
(**ที่มา** : ชาลี ตระการกูล. 2540 : 133)




**รูปที่ 8.21** แสดงจุดสมมุติปลายเม็ดมีดอินเสิร์ตและรัศมีปลายเม็ดมีด
(**ที่มา** : ชาลี ตระการกูล. 2540 : 133)




**รูปที่ 8.22** แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการทำงานของปลายเม็ดมีดอินเสิร์ต
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

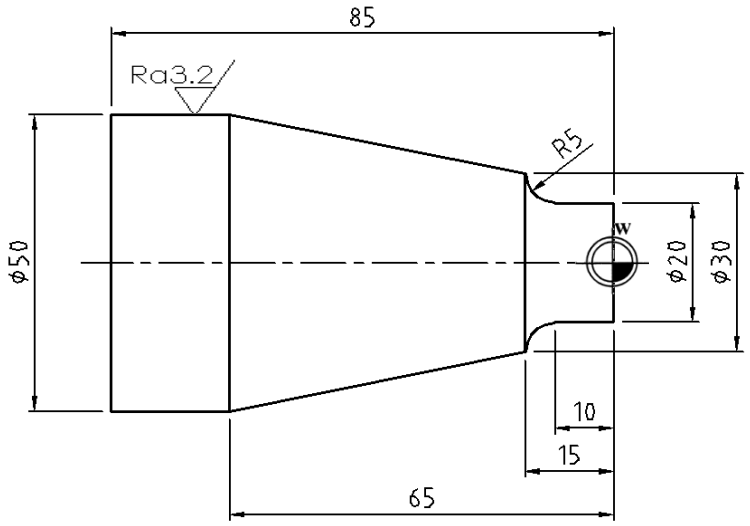



**รูปที่ 8.23** แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลทูลและตำแหน่งการทำงานของปลายเม็ดมีดที่ชุดควบคุม
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**หมายเหตุ**

1. การใช้งานคำสั่ง G41 และ G42 ระยะที่ทำการชดเชย ระหว่างเครื่องมือตัดกับผิวชิ้นงานจะเท่ากับ 2 เท่าของรัศมีของปลาย เม็ดมีดอินเสิร์ต โดยค่าต่างๆ ของ ทูลจะต้องป้อนเก็บไว้ใน ระบบควบคุม ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีก่อนที่ผู้ปฏิบัติงานจะทำการป้อนโปรแกรมเอ็นซี
2. ก่อนทำการเปลี่ยนทูลทุกครั้งผู้ปฏิบัติงานต้องใช้คำสั่ง G41 หรือ G42 ก่อนเสมอ
3. งานกลึงเรียว และงานกลึงรัศมีจะต้องทำการชดเชยรัศมีที่ปลายเครื่องมือตัดเสมอ
4. ก่อนการกลึงเกลียวต้องยกเลิกคำสั่ง G41และ G42 ด้วยคำสั่ง G40 ก่อนเสมอ
5. การเขียนโปรแกรมคำสั่งชดเชย G41 และG42 จะต้องสั่งก่อนถึงจุดตัดเฉือนแรกของการกลึง

**ตัวอย่างที่ 8.3** จงเขียนโปรแกรมงานกลึง ชิ้นงานให้ได้ขนาด ตามแบบงานที่กำหนด ชิ้นงานดิบผ่านการหล่อขึ้นรูปมาแล้วโดยเผื่อขนาดในการเก็บละเอียด 0.5 มิลลิเมตร โดยกำหนดให้กลึงปอกชิ้นงานตามเส้นขอบงาน, กำหนดให้ใช้ความเร็วรอบของเพลา สปินเดิล 1 ,000 รอบต่อนาที , หมุนในทิศทาง ตามเข็มนาฬิกา, อัตราป้อน 0.12 มิลลิเมตร/รอบ, และใช้มีดกลึงฟอร์มปอกขวาหมายเลข1, กำหนดจุดตำแหน่งเข้าใกล้ชิ้นงานที่แกน X60, Z2 ,ป้อมมีดอยู่ด้านหน้าเครื่องจักร




(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตารางที่ 8.5** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงเรียวชิ้นงาน

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| - | - | %<br>0126(Taper) | หัวโปรแกรม<br>เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%)<br>กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 124<br>กำหนดชื่อโปรแกรมTaper |
| N10 | G90G21G54 | - | กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมบูรณ์<br>กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร<br>กำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานลำดับที่1 |
| N20 | G95 | - | กำหนดอัตราป้อนเป็นมิลลิเมตร/รอบ |
| N30 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |

**ตารางที่ 8.5** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงเรียวชิ้นงาน(ต่อ)

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| N40 | - | T0404 | กำหนดใช้ทูลหมายเลข 4 และใช้ค่า Offset ของทูลหมายเลข 4 |
| N50 | | S1000 M03 M08 | หมุนสปินเดิล 1,000 รอบต่อนาที ทิศทางตามเข็มนาฬิกา เปิดน้ำหล่อเย็น |
| N60 | G00 | X60 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกนX60 และในแกน Z2 |
| N70 | G42 | - | ชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดทางด้านขวาของเส้นตัดเฉือน |
| N80 | G00 | X20 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X20 และในแกน Z2 |
| N90 | G01 | X20 Z0 F0.12 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX20 และในแนวแกนZ0 ด้วยอัตราป้อน 0.12 มิลลิเมตร/รอบ |
| N100 | G01 | X20 Z-10 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X20 และแกน Z-10 |
| N110 | G02 | X30 Z-15 R5 | เคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X30 และแกน Z-15 ด้วยรัศมีส่วนโค้ง 5 มิลลิเมตร |
| N120 | G01 | X50 Z-65 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X50 และแกน Z-65 |
| N130 | G01 | X60 Z-65 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X60 และแกน Z-65 |
| N140 | G00 | X60 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X60 และในแกน Z2 |
| N150 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |

**ตารางที่ 8.5** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงเรียวชิ้นงาน(ต่อ)

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| N160 | G40 | - | ยกเลิกการชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีด |
| N170 | M09 | - | ปิดน้ำหล่อเย็น |
| N180 | M05 | - | ปิดเพลาสปินเดิล |
| N190 | M30 | - | จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม |

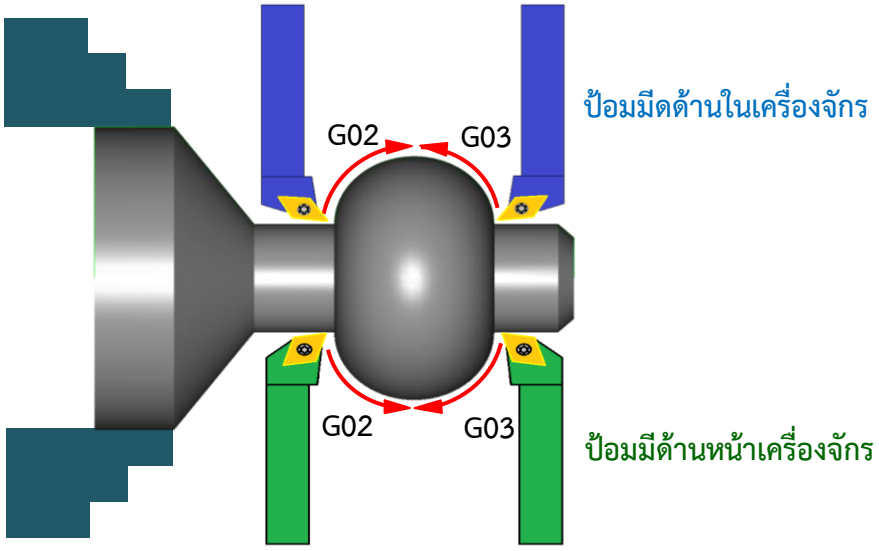
## 8.8 การเขียนโปรแกรมงานกลึงโค้ง (Curved Cutting)

การเขียนโปรแกรมงานกลึงที่มีการเคลื่อนที่ของ ทูลในแนวเส้นโค้ง ซึ่งจะมีลักษณะงานที่กลึงออกมาจะมี 2 ลักษณะคือ งานกลึงผิวโค้งเว้า (Concave) และงานกลึงผิวโค้งนูน (Convex) โดยในการกลึงโค้งนี้จะใช้คำสั่งในการกลึงชิ้นงานอยู่ 2 คำสั่ง คือ

G02 คือ การเคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้งหรือวงกลมทิศทางตามเข็มนาฬิกา(ป้อมมีดด้านใน)

G03 คือ การเคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้งหรือวงกลมทิศทางทวนเข็มนาฬิกา(ป้อมมีดด้านใน)

โดยในการเลือกใช้งานให้พิจารณาจากทิศทางการเดินของทูลโดยมองตามหลังการเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานของเครื่องมือตัดหรือทูล และตำแหน่งของป้อมมีดกลึงว่าอยู่ด้านหน้าหรือด้านในเครื่องจักร โดยมีทิศทางการมองจากด้านบนของเครื่องจักร สำหรับเครื่องกลึงชนิดป้อมมีดด้านหน้าจะมีความหมายของโค๊ดสลับกับเครื่องกลึงชนิดป้อมมีดด้านในซึ่ง ส่วนใหญ่แล้วเครื่องกลึงซีเอ็นซีจะมีป้อมมีดอยู่ด้านในเครื่องจักรการเลือกใช้งานพิจารณาได้ดังแสดงในรูปที่ 8.24




**รูปที่ 8.24** แสดงการเลือกใช้คำสั่ง G02และG03 จากทิศทางการเดินของทูลโดยมองตามหลังการเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานของทูลและตำแหน่งของป้อมมีดกลึง

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

8. 8.1 การเขียนคำสั่งการตัดเฉือนชิ้นงานแบบเส้นโค้ง

ในการเขียนคำสั่งตัดเฉือนชิ้นงานแบบเส้นโค้งสามารถเขียนโครงสร้างของบล็อกคำสั่งได้ดังนี้

1. G02 คือ การเคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้ง หรือวงกลมในทิศทาง ตามเข็มนาฬิกา บล็อกคำสั่งของ G02 มีโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วยเวิร์ดต่างๆ ของแต่ละโค้ด คือ

**N... G02 X... Z... R... หรือ I... K...**

เมื่อ X...Z...คือ ตำแหน่งโคออร์ดิเนตเป้าหมายในแนวแกนX และแกนZ

R...คือ รัศมีของส่วนโค้ง

I... คือ ระยะทางวัดแนวแกน X จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางส่วนโค้ง

K...คือ ระยะทางวัดแนวแกน Z จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางส่วนโค้ง

2. G03 คือ การเคลื่อนที่ ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็น เส้นโค้ง หรือวงกลมใน ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา บล็อกคำสั่งของ G03 มีโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วย Word ต่าง ๆ ของแต่ละโค้ด คือ

**N... G03 X... Z... R... หรือ I... K...**

เมื่อ X...Z...คือ ตำแหน่งโคออร์ดิเนตเป้าหมายในแนวแกนX และแกนZ

R...คือ รัศมีของส่วนโค้ง

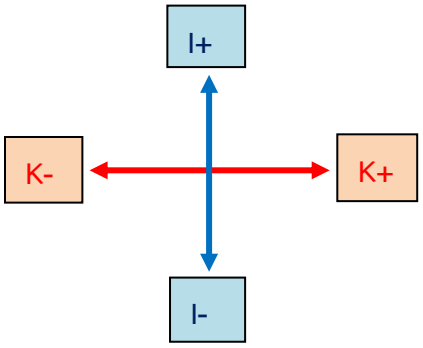
I... คือ ระยะทางวัดแนวแกน X จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางส่วนโค้ง

K...คือ ระยะทางวัดแนวแกน Z จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางส่วนโค้ง

จากโครงสร้างการเขียนคำสั่งเพื่อสั่งให้ทูลกลึงงานเป็นเส้นโค้งจะมีการกำหนดส่วนโค้งได้ 2 รูปแบบ คือ

รูปแบบที่ 1 โดยการกำหนดค่ารัศมี (R) ของส่วนโค้งที่ต้องการ

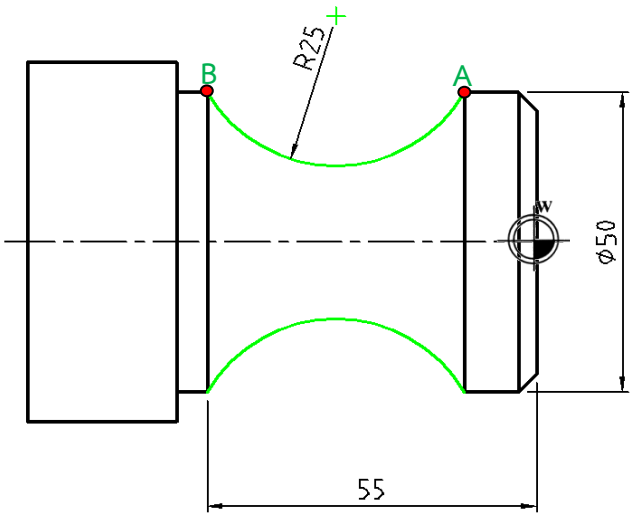
รูปแบบที่ 2 โดยการกำหนด ค่าระยะทางที่วัดในส่วนโค้งจากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งในแนวแกน X (I) และแนวแกน Z (K) โดยมีวิธีการวัดระยะของ I และ K จะใช้วิธีการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง (Incremental) จากจุดเริ่มต้นส่วนโค้งไปหาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง มีเครื่องหมายและทิศทางเช่นเดียวกับแนวแกนX และแนวแกน Z ดังแสดงในรูปที่ 825




**รูปที่ 8.25** แสดงทิศทางและเครื่องหมายของค่า I และ K

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

ในการเลือกการใช้งานรูปแบบใดจะต้องศึกษาจากคู่มือเครื่องจักรว่ากำหนดให้ใช้วิธีการกำหนดส่วนโค้งรูปแบบใด บางเครื่องจักรคอนโทรลเลอร์สามารถกำหนดได้ทั้ง 2 รูปแบบ ตัวอย่างการกำหนดส่วนโค้งแบบกำหนดค่ารัศมี ( R) ของส่วนโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 8. 26 และการกำหนด ค่าระยะทางที่วัดในส่วนโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 8.27

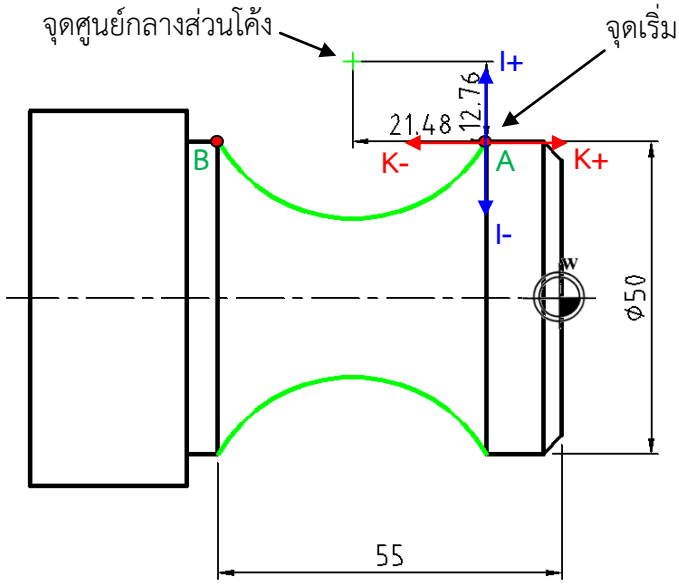



กลึงโค้งจากจุด A-B

G02 X50 Z -55 R25

**รูปที่ 8.26** แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าของส่วนโค้งโดยการกำหนดค่ารัศมีของส่วนโค้ง (R)

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)



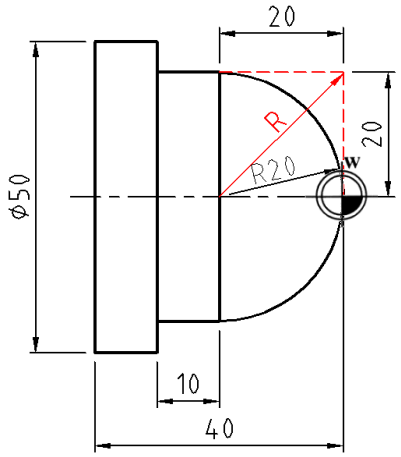

กลึงโค้งจากจุด A-B

G02 X50 Z-55 I12.76 K-21.48

**รูปที่ 8.27** แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าของส่วนโค้งโดยการกำหนดค่าระยะทางในส่วนโค้ง (I และ K)

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

เส้นทางเดินของ ทูลเพื่อกลึงงานเป็นเส้นโค้งหากต้องขึ้นรูปชิ้นงานที่ไม่ผ่านการขึ้นรูปเบื้องต้นมาก่อน จำเป็นต้องมีการกลึงลดขนาดของ ชิ้นงานแบบแบ่งเป็นชั้นๆ ซึ่งอาจใช้วิธีลดขนาดแบบขั้นบันไดหรือกลึงเป็นเส้นโค้งด้วยการบวกลบรัศมีส่วนโค้ง ก่อนการเดินทูลตัดเฉือนงานเป็นขั้นตอนสุดท้าย ดั้งนั้นก่อนการเริ่มต้น การกลึงโค้ง ควรคำนวณหาค่าขนาดของรัศมีของงานกลึงโค้งโตสุดเสียก่อนเพื่อไม่ให้ชิ้นงานโค้งสร้างความเสียหายขึ้นกับเครื่องมือตัด หรือเกิดความเสียหายขึ้นกับตัวชิ้นงานเอง อันเนื่องมาจากการป้อนตัดเฉือนชิ้นงานลึกเกินไป วิธีหาค่าขนาดของรัศมี (R) โตสุดในการกลึงชิ้นงานทำได้โดยวิธีการดังแสดงตัวอย่างในรูปที่8.28

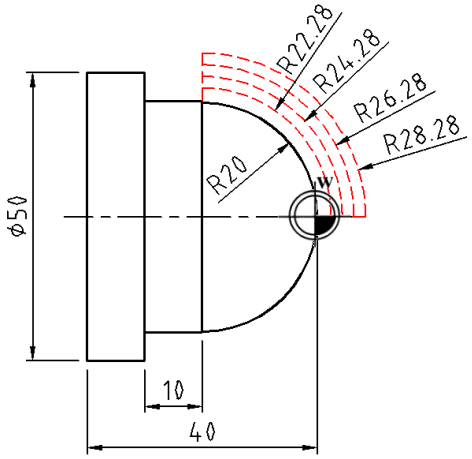



$$R^2 = \sqrt{20^2 + 20^2}$$
$$R^2 = \sqrt{400 + 400}$$
$$R = \sqrt{800}$$
$$R = 28.28$$

**รูปที่ 8.28** แสดงตัวอย่างการคำนวณหาขนาดรัศมีของชิ้นงานกลึงโตสุด

(**ที่มา** : สมบัติ ชิวหา. 2557: 217)

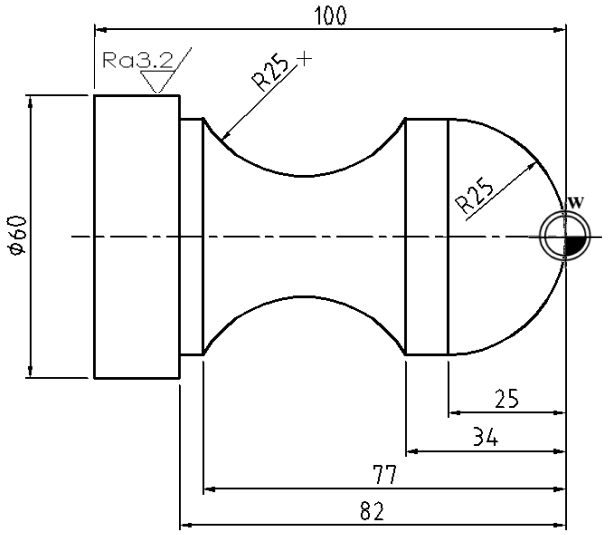
จากตัวอย่างการ คำนวณหารัศมีของชิ้นงานกลึงโตสุดจากรูปที่8.28 เมื่อได้ขนาดรัศมีโตสุดของชิ้นงานก่อนทำการกลึงชิ้นงานให้นำค่ารัศมีโตสุดของชิ้นงานลบ-( ด้วยค่าระยะป้อนลึก (Depth of Cut) ของเครื่องมือตัดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานก็จะได้ขนาดของรัศมีของวงกลม ที่จะทำการกลึงครั้งแรก ในการกลึงงาน ถ้ากำหนดให้เครื่องมือตัดมีระยะป้อนลึก งานครั้งละ 2 มิลลิเมตร จะได้รัศมีงานกลึงโค้งครั้งแรกเท่ากับ ( 28.28-2) เท่ากับ 26.28 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 8.29




**รูปที่ 8.29** แสดงแนวการเดินของเครื่องมือตัดในการกลึงโค้งรัศมีของชิ้นงานกลึงโตสุด

(**ที่มา** : สมบัติ ชิวหา. 2557: 218)

**ตัวอย่างที่ 8.4** จงเขียนโปรแกรมงานกลึง ชิ้นงานให้ได้ขนาด ตามแบบงานที่กำหนด ชิ้นงานดิบผ่านการหล่อขึ้นรูปมาแล้วโดยเผื่อขนาดในการเก็บละเอียด 0.5 มิลลิเมตร , กำหนด ให้ใช้ความเร็วรอบของเพลา สปินเดิล 1,000 รอบต่อนาที , หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา, อัตราป้อน 0.12 มิลลิเมตร/รอบ, ใช้มีดกลึงฟอร์ม ปอกขวา หมายเลข 3, กำหนดจุดตำแหน่งเข้าใกล้ชิ้นงานที่แกน X70, Z2, ป้อมมีดอยู่ด้านหน้าเครื่องจักร




(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตารางที่ 8.6** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงโค้งชิ้นงาน

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| - | - | %<br>0125(Curve) | หัวโปรแกรม<br>เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%)<br>กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 125<br>กำหนดชื่อโปรแกรมCurve |
| N10 | G90G21G54 | - | กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมบูรณ์<br>กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร<br>กำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานลำดับที่1 |
| N20 | G95 | - | กำหนดอัตราป้อนเป็นมิลลิเมตร/รอบ |
| N30 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |

**ตารางที่ 8.6** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงโค้งชิ้นงาน(ต่อ)

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| N40 | - | T0303 | กำหนดใช้ทูลหมายเลข 3 และใช้ค่า Offset ของทูลหมายเลข 3 |
| N50 | | S1000 M03 M08 | หมุนสปินเดิล 1,000 รอบต่อนาที<br>ทิศทางตามเข็มนาฬิกา<br>เปิดน้ำหล่อเย็น |
| N60 | G00 | X70 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X70 และในแกน Z2 |
| N70 | G42 | - | ชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดทางด้านขวาของเส้นตัดเฉือน |
| N80 | G00 | X0 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X0 และในแกน Z2 |
| N90 | G01 | X0 Z0 F0.12 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X0 และในแนวแกน Z0 ด้วยอัตราป้อน 0.12 มิลลิเมตร/รอบ |
| N100 | G03 | X50 Z-25 R25 | เคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้ง ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X50 และในแนวแกน Z-24 ด้วยรัศมีส่วนโค้ง 25 มิลลิเมตร |
| N110 | G01 | X50 Z-34 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X50 และในแนวแกน Z-34 |
| N120 | G02 | X50 Z-77 R25 | เคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา ไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X50 และในแนวแกน Z-77 ด้วยรัศมีส่วนโค้ง 25 มิลลิเมตร |
| N130 | G01 | X50 Z-82 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX50และแนวแกน Z-82 |

**ตารางที่ 8.6** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงโค้งชิ้นงาน(ต่อ)

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| N140 | G01 | X60 Z-82 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX60 และแนวแกน Z-82 |
| N150 | G01 | X70 Z-82 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่งแนวแกน X70 และในแกน Z-82 |
| N160 | G00 | X70 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X70 และในแกน Z2 |
| N170 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N180 | G40 | - | ยกเลิกการชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีด |
| N190 | M09 | - | ปิดน้ำหล่อเย็น |
| N200 | M05 | - | ปิดเพลาสปินเดิล |
| N210 | M30 | - | จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม |

## 8.9 คำสั่งวัฏจักร (Canned Cycle) และคำสั่งสำเร็จรูปสำหรับการเขียนโปรแกรมงานกลึงซีเอ็นซี

ในการเขียนโปรแกรมงานกลึงด้วยคำสั่งวัฏจักร คือ การเขียนโปรแกรมการทำงานขั้นตอนเดิมๆซ้ำไปซ้ำมาจนได้ขนาดตามแบบที่ต้องการโดยการรวมขั้นตอนการทำงานไว้ในคำสั่งเพียงบล็อกเดียว บรรทัดของโปรแกรมเอ็นซีก็จะสั้นลง ทำให้ไม่เสียเวลาในการเขียนโปรแกรมในการใช้คำสั่งผู้เขียนโปรแกรมจะต้องศึกษาคำสั่งที่จะใช้งานจากชุดควบคุมของเครื่องจักรกลก่อนการเขียนโปรแกรมเนื่องจากมีหลากหลายคำสั่งให้ผู้เขียนโปรแกรมเลือกใช้งานตามลักษณะของงาน ในที่นี้จะยกตัวอย่างการเขียนโปรแกรมงานกลึงที่ใช้กันบ่อยๆได้แก่วัฏจักรงานกลึงปาดหน้า วัฏจักรงานกลึงปอกหยาบ และวัฏจักรการกลึงปอกละเอียด โดยยกตัวอย่างชุดควบคุมของ Fanuc

### 8.9.1 คำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปาดหน้าหยาบ (G72)

เป็นวัฏจักรการกลึงปาดหน้าหยาบผิวงานโดยมีรูปแบบการเดินทูลดังแสดงในรูปที่ 8.30

บล็อกคำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปาดหน้าหยาบมีโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วยเวิร์ดต่างๆ ของแต่ละโค้ด คือ

```
N... G72 W1... R...;
N... G72 P... Q... U... W2...;
```

เมื่อ

W1 = ระยะความลึกในการกลึงงานแต่ละรอบ

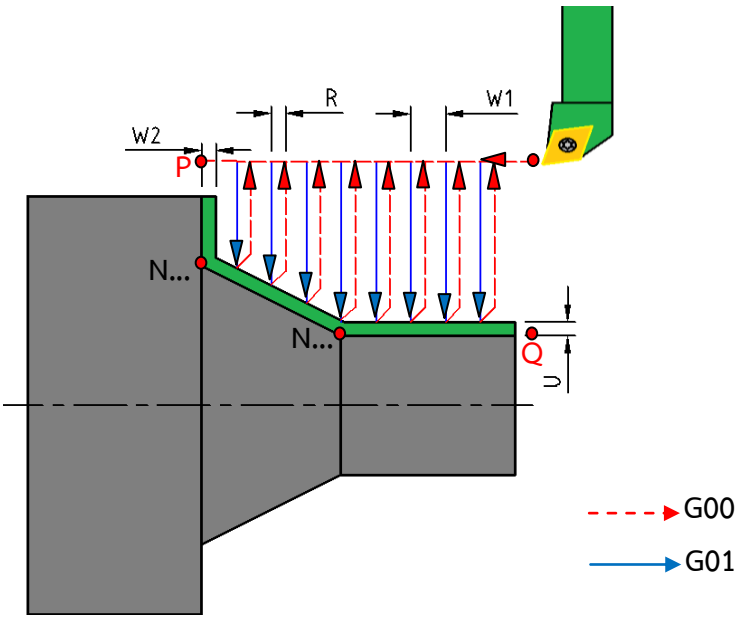
R = ระยะยกกลับของมีดกลึงในแต่ละรอบ

P = หมายเลขบรรทัดเริ่มต้นที่จะให้การทำงานเป็นแบบวัฏจักร

Q = หมายเลขบรรทัดสุดท้ายที่จะให้ทำงานเป็นแบบวัฏจักร

U = ขนาดความเผื่อสำหรับกลึงละเอียดในแนวแกน X

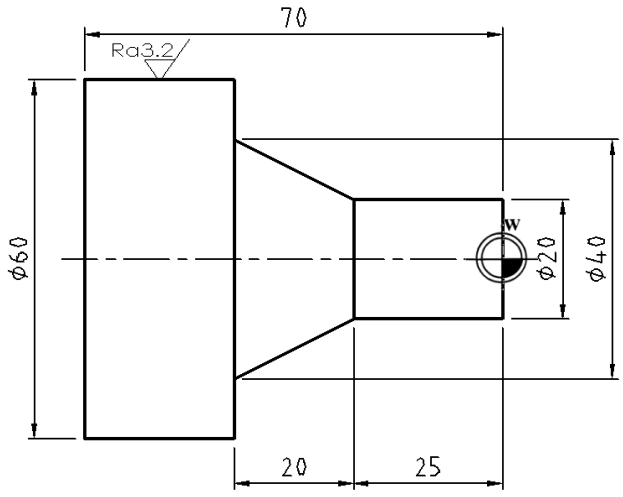
W2 = ขนาดความเผื่อสำหรับกลึงละเอียดในแนวแกน Z




**รูปที่ 8.30** แสดงเส้นทางการเดินทูลเมื่อใช้คำสั่งวัฏจักรการกลึงปาดหน้า(G72)

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตัวอย่างที่ 8.5** จงเขียนโปรแกรมกลึงปาดหน้าชิ้นงาน โดยใช้คำสั่งวัฏจักรการกลึงปาดหน้าหยาบ โดยกำหนดให้กลึงปาดหน้าลึกครั้งละ 2 มิลลิเมตร , เผื่อขนาดในการเก็บละเอียดในแนวแกน X เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรและในแนวแกน Z เท่ากับ0.2 มิลลิเมตร , ระยะยกกลับของมีดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร , กำหนดให้ ใช้ความเร็วรอบของเพลา สปินเดิล 1 ,000 รอบต่อนาที หมุนในทิศทาง ตามเข็มนาฬิกา , อัตราป้อน 0.1 มิลลิเมตร ต่อรอบ, ให้ใช้ทูลหมายเลข2, กำหนดจุดตำแหน่งเข้าใกล้ชิ้นงานที่แกนX70, Z2, ป้อมมีดอยู่ด้านหน้าเครื่องจักร




(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตารางที่ 8.7** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงปาดหน้าหยาบชิ้นงานด้วยคำสั่งวัฏจักร (G72)

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| - | - | %<br>0126(FACE PIN) | หัวโปรแกรม<br>เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%)<br>กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 126<br>กำหนดชื่อโปรแกรม FACE PIN |
| N10 | G90G21G54 | - | กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมบูรณ์<br>กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร<br>กำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานลำดับที่ 1 |
| N20 | G95 | - | กำหนดอัตราป้อนเป็นมิลลิเมตร/รอบ |
| N30 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N40 | - | T0202 M06 | เปลี่ยนใช้ทูลหมายเลข 2 และใช้ค่า Offset ของทูลหมายเลข 2 |
| N50 | - | S1000 M03 M08 | กำหนดความเร็วรอบของเพลาสปินเดิล เท่ากับ 1,000 รอบต่อนาที<br>หมุนสปินเดิลทิศทางทวนเข็มนาฬิกา<br>เปิดน้ำหล่อเย็น |
| N60 | G00 | X70 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X70 และในแกน Z2 |
| N70 | G42 | - | ชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดทางด้านขวาของเส้นตัดเฉือน |
| N80 | G72 | W2 R2 | ใช้คำสั่งวัฏจักรกลึงปาดหน้า กำหนด กลึงลึกครั้งละ 2 มิลลิเมตร ระยะยกมีดกลับเท่ากับ 2 มิลลิเมตร |
| N90 | G72 | P100 Q130 U0.5 W0.2 | ใช้คำสั่งวัฏจักรกลึงปาดหน้า กำหนดบรรทัดเริ่มวัฏจักรที่ N100 สิ้นสุดวัฏจักรที่ N130<br>เผื่อเก็บละเอียดในแนวแกนX เท่ากับ0.5 มม.<br>เผื่อเก็บละเอียดในแนวแกนZ เท่ากับ0.2 มม. |

**ตารางที่ 8.7** แสดงการเขียนโปรแกรมงานกลึงปาดหน้าหยาบชิ้นงานด้วยคำสั่งวัฏจักร (G72)

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| N100 | G00 | X70 Z-45 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกนX70 และในแกน Z-45 |
| N110 | G01 | X40 Z-45 F0.2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX40และแนวแกนZ-45 ด้วยอัตราป้อน 0.2 มิลลิเมตร/รอบ |
| N120 | G01 | X20 Z-25 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX20และแนวแกนZ-25 |
| N130 | G01 | X20 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX20และในแนวแกน Z2 |
| N140 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N150 | G40 | - | ยกเลิกการชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีด |
| N160 | M09 | - | ปิดน้ำหล่อเย็น |
| N170 | M05 | - | ปิดเพลาสปินเดิล |
| N180 | M30 | - | จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม |

### 8.9.2 คำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปอกหยาบ (G71)

เป็นวัฏจักรการกลึงปอกผิวงานหยาบโดยมีการเผื่อขนาดไว้สำหรับการกลึงละเอียดโดยมีรูปแบบการเดินทูลดังแสดงในรูปที่ 8.31

บล็อกคำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปอกหยาบ มีโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วยเวิร์ด ต่างๆ ของแต่ละโค้ด คือ

```
N... G71 U1... R...;
N... G71 P... Q... U2... W...;
```

เมื่อ

U1 = ระยะความลึกในการกลึงงานแต่ละรอบ

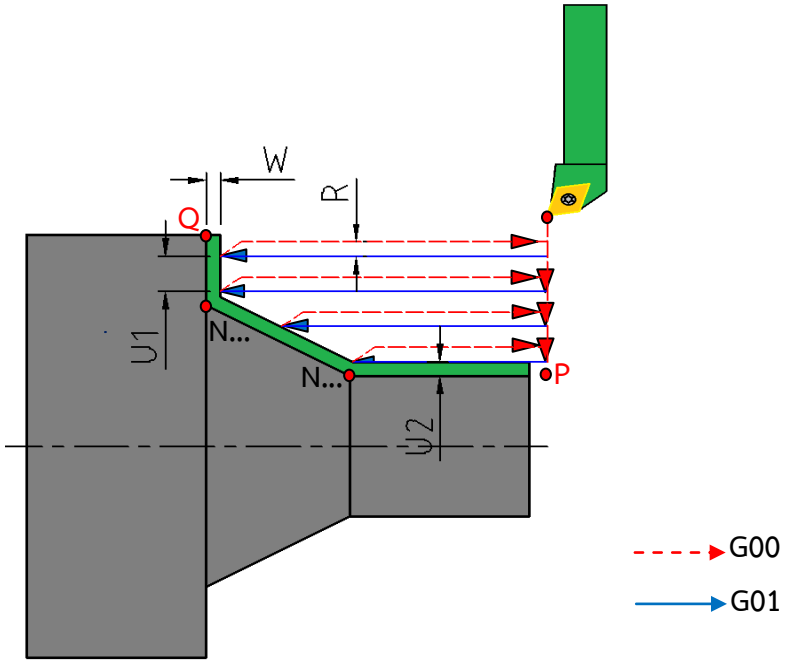
R = ระยะยกกลับของมีดกลึงในแต่ละรอบ

P = หมายเลขบรรทัดเริ่มต้นที่จะให้การทำงานเป็นแบบวัฏจักร

Q = หมายเลขบรรทัดสุดท้ายที่จะให้ทำงานเป็นแบบวัฏจักร

U2 = ขนาดความเผื่อสำหรับกลึงละเอียดในแนวแกน X

W = ขนาดความเผื่อสำหรับกลึงละเอียดในแนวแกน Z




**รูปที่ 8.31** แสดงเส้นทางการเดินทูลเมื่อใช้คำสั่งวัฏจักรการกลึงปอกหยาบ(G71)

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

### 8.9.3 คำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปอกละเอียด(G70)

คำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปอกละเอียดเป็นคำสั่งที่ใช้หลังจากการกลึงปอกหยาบมาแล้วโดยเป็นการกลึงชิ้นงานให้ได้ขนาดและผิวงานตามแบบที่กำหนดโดยมีรูปแบบการเดินทูลดังแสดงในรูปที่ 8.32

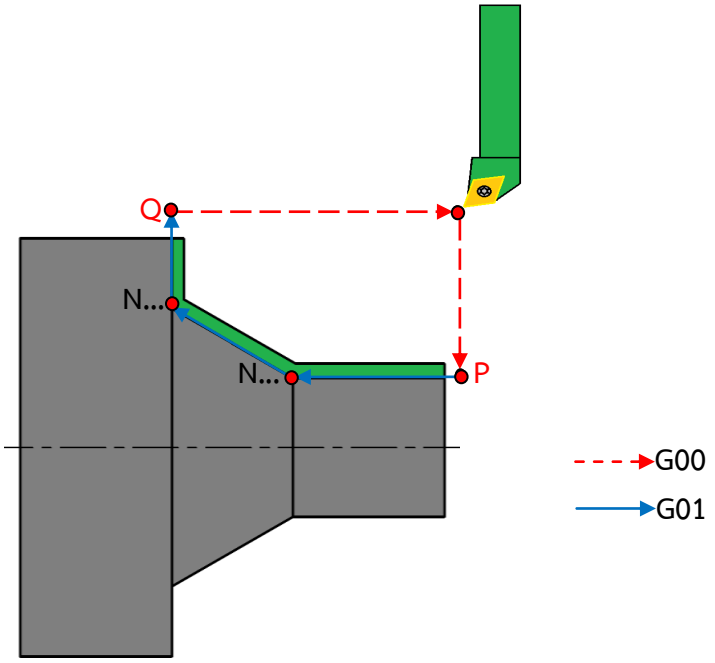
บล็อกคำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปอกละเอียด มีโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วยเวิร์ด ต่างๆ ของแต่ละโค้ด คือ

```
N... G70 P... Q...;
```

เมื่อ

P = หมายเลขบรรทัดเริ่มต้นที่จะให้การทำงานเป็นแบบวัฏจักร

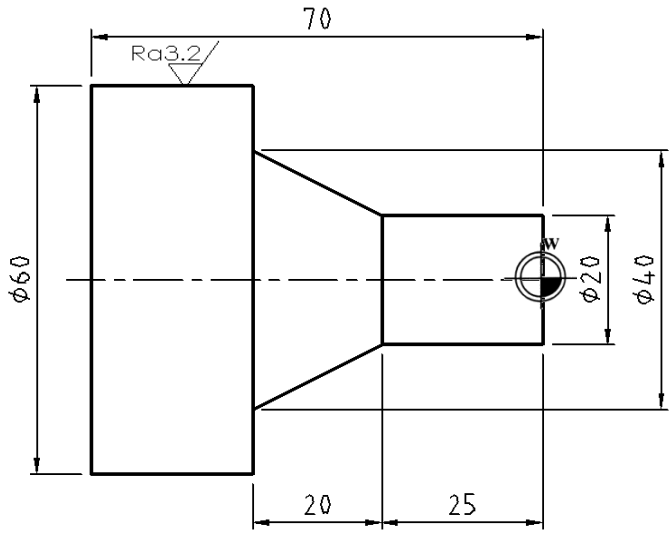
Q = หมายเลขบรรทัดสุดท้ายที่จะให้ทำงานเป็นแบบวัฏจักร




**รูปที่ 8.32** แสดงเส้นทางการเดินทูลเมื่อใช้คำสั่งวัฏจักรการกลึงปอกละเอียด(G70)

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

**ตัวอย่างที่ 8.6** จงเขียนโปรแกรมกลึง งาน ให้ได้ขนาด ตามแบบที่กำหนดโดยใช้คำสั่งวัฏจักรการกลึงปอกหยาบและกลึงปอกละเอียด โดยให้กลึงปอกหยาบลึกครั้งละ 2 มิลลิเมตร,เผื่อขนาดสำหรับการเก็บละเอียดในแนวแกน X เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร และแนวแกนZ เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร,ระยะยกกลับของมีดเท่ากับ 2 มิลลิเมตรกำหนดให้ใช้ความเร็วรอบของเพลาสปินเดิล 1,000 รอบต่อนาที สำหรับกลึงปอกหยาบ และ 1,500 รอบต่อนาที สำหรับกลึงปอกละเอียด หมุนสปินเดิลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา, อัตราป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ สำหรับกลึงปอกหยาบ, อัตราป้อน 0.12 มิลลิเมตร/รอบสำหรับกลึงปอกละเอียด,ใช้ทูลหมายเลข3 สำหรับปอกหยาบและทูลหมายเลข 4 สำหรับกลึงปอกละเอียด, กำหนดจุดตำแหน่งเข้าใกล้ชิ้นงานที่แกน X70, Z2,ป้อมมีดอยู่ด้านหน้าเครื่องจักร




(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

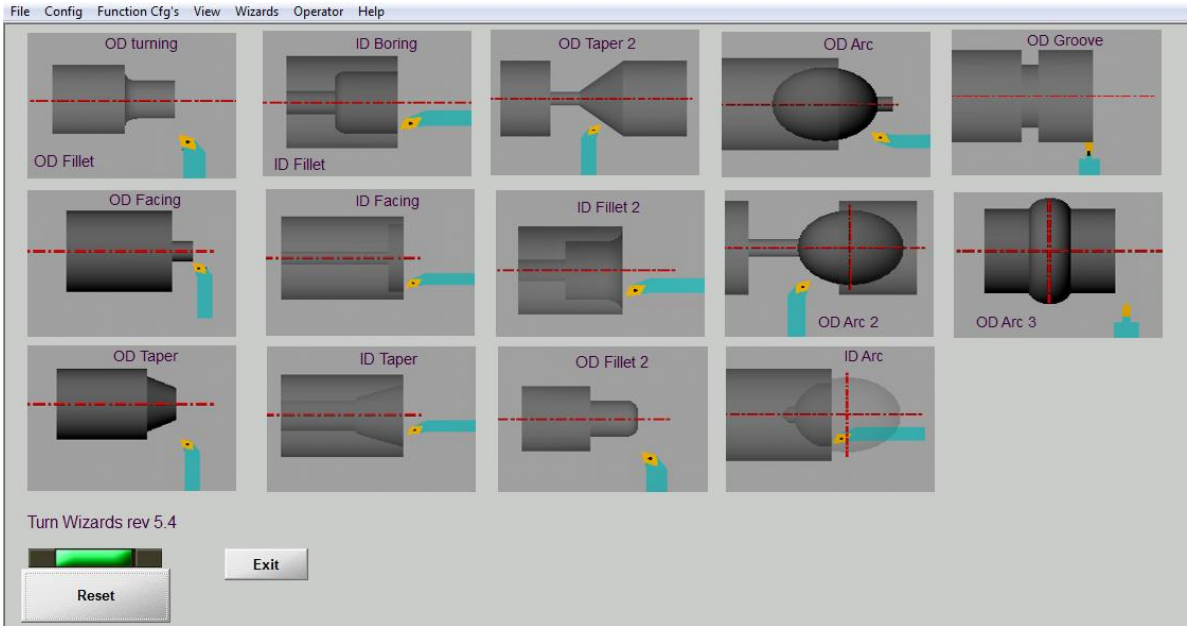
**ตารางที่ 8.8** แสดงการเขียนโปรแกรมคำสั่งวัฏจักรกลึงปอกหยาบ (G71) และกลึงปอกละเอียด (G70)

| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| - | - | %<br>0125(PIN60) | หัวโปรแกรม<br>เขียนสัญลักษณ์ของ ISO Program (%)<br>กำหนดหมายเลขโปรแกรมที่ 125<br>กำหนดชื่อโปรแกรม PIN60 |
| N10 | G90G21G54 | - | กำหนดการเขียนโปรแกรมแบบสัมบูรณ์<br>กำหนดหน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร<br>กำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานลำดับที่1 |
| N20 | G95 | - | กำหนดอัตราป้อนเป็นมิลลิเมตร/รอบ |
| N30 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N40 | - | T0303 M06 | เปลี่ยนใช้ทูลหมายเลข 3 และใช้ค่า Offset ของทูลหมายเลข 3 |
| N50 | - | S1000 M03 M08 | หมุนสปินเดิล 1,000 รอบต่อนาที<br>ทิศทางตามเข็มนาฬิกา<br>เปิดน้ำหล่อเย็น |
| N60 | G00 | X70 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกนX70 และในแกน Z2 |
| N70 | G42 | - | ชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดทางด้านขวาของเส้นตัดเฉือน |
| N80 | G71 | U2 R2 | ใช้คำสั่งวัฏจักรกลึงปอกหยาบ กำหนดกลึงปอกลึกครั้งละ 2 มิลลิเมตร ระยะยกมีดกลับ 2 มิลลิเมตร |
| N90 | G71 | P100 Q130 U0.5 W0.2 | ใช้คำสั่งวัฏจักรกลึงปอกหยาบ กำหนดบรรทัดเริ่มวัฏจักรที่ N100 สิ้นสุดวัฏจักรที่ N130<br>เผื่อเก็บละเอียดในแนวแกนX เท่ากับ0.5 มม.<br>เผื่อเก็บละเอียดในแนวแกนZ เท่ากับ0.2 มม. |

**ตารางที่ 8.8** แสดงการเขียนโปรแกรมคำสั่งวัฏจักรกลึงปอกหยาบ (G71) และกลึงปอกละเอียด (G70)

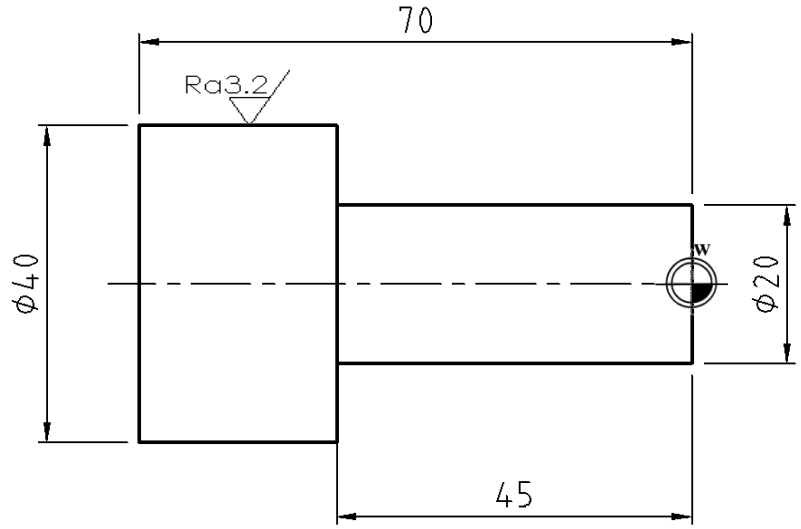
| บรรทัด | จีโค้ด | โคออร์ดิเนต/คำสั่งเสริม | ความหมาย/การทำงาน |
|---|---|---|---|
| N100 | G00 | X20 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกนX20 และในแกน Z2 |
| N110 | G01 | X20 Z-25 F0.2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงาน ไปที่ตำแหน่งในแนวแกนX20และแนวแกนZ-25 ด้วยอัตราป้อน 0.2 มิลลิเมตร/รอบ |
| N120 | G01 | X40 Z-45 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X40และแนวแกนZ-45 |
| N130 | G01 | X70 Z-45 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงตัดเฉือนชิ้นงานไปที่ตำแหน่งในแนวแกน X70และแนวแกน Z-45 |
| N140 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N150 | - | M05 | ปิดเพลาสปินเดิล |
| N160 | - | T0404 M06 | เปลี่ยนใช้ทูลหมายเลข 4 และใช้ค่า Offset ของทูลหมายเลข 4 |
| N170 | - | S1500 M03 M08 | หมุนสปินเดิล 1,500 รอบต่อนาที<br>ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา<br>เปิดน้ำหล่อเย็น |
| N180 | G00 | X70 Z2 | เคลื่อนที่ทูลแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสูงไปที่ตำแหน่งแนวแกน X70 และในแกน Z2 |
| N190 | G70 | P100 Q130 | ใช้คำสั่งวัฏจักรกลึงปอกละเอียด<br>เริ่มวัฏจักรที่ N100 สิ้นสุดวัฏจักรที่ N130 |
| N200 | G28 | U0 W0 | เคลื่อนที่ทูลไปยังจุดอ้างอิง |
| N210 | G40 | - | ยกเลิกการชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีด |
| N220 | M09 | - | ปิดน้ำหล่อเย็น |
| N230 | M05 | - | ปิดเพลาสปินเดิล |
| N240 | M30 | - | จบโปรแกรมแล้วกลับไปจุดเริ่มต้นโปรแกรม |

สำหรับคอนโทรลเลอร์ Mach 3 ที่ใช้ในการเรียนการสอนไม่รองรับคำสั่งวัฏจักรการกลึงปอกแต่สามารถใช้คำสั่งสำเร็จรูปในการกลึงงานได้หลายรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 8.33 ซึ่งผู้เขียนโปรแกรมสามารถเลือกใช้งานตามลักษณะงานที่ต้องการ




**รูปที่ 8.33** แสดงคำสั่งสำเร็จรูปในการกลึงแบบต่างๆของชุดควบคุม Mach3 Turn
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

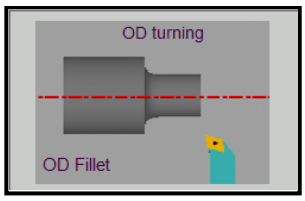
**ตัวอย่างที่ 8.9** จงเขียนโปรแกรมกลึงปอกชิ้นงานด้วยคำสั่งสำเร็จรูปให้ได้ขนาดตามแบบที่กำหนด โดยกำหนดให้กลึงหยาบลึกครั้งละ 2 มิลลิเมตร เผื่อขนาดเก็บละเอียด 1 มิลลิเมตร อัตราป้อนกลึงหยาบ 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ อัตราป้อนกลึงเก็บละเอียด 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ




(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

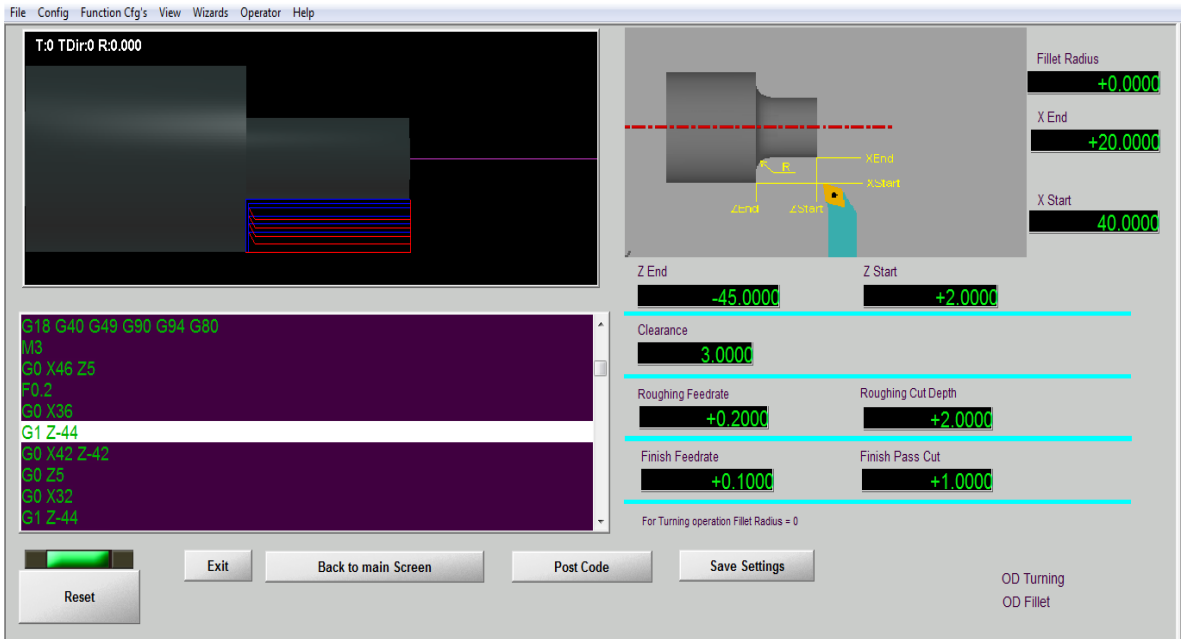
จากแบบงานตัวอย่างที่ 8.9 ในการทำโปรแกรมงานกลึงปอกในคอนโทรลเลอร์ Mach3 Turn ผู้ทำโปรแกรมจะต้องป้อนข้อมูลที่จำเป็นในการสร้างโปรแกรมมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกลักษณะงานกลึงปอก ดังแสดงในรูปที่ 8.34




**รูปที่ 8.34** แสดงคำสั่งสำเร็จรูปในการกลึงปอกชิ้นงานของชุดควบคุม Mach3 Turn
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

2. กำหนดค่าต่างๆลงในตารางข้อมูลการสร้างโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 8.35




**รูปที่ 8.35** แสดงการกำหนดค่าต่างๆในการกลึงปอกลงในตารางข้อมูลการสร้างโปรแกรม
(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

2.1 กำหนดค่า Fill Radius (กรณีมีรัศมี) เนื่องจากงานเป็นบ่าฉากกำหนดค่าเท่ากับ 0

2.2 กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดของชิ้นงาน ( X End) เท่ากับ 20 มิลลิเมตร

2.3 กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดของชิ้นงาน (X Start) เท่ากับ 40 มิลลิเมตร

2.4 กำหนดระยะความยาวในการกลึงในแนวแกน Z (Z End) เท่ากับ -45 มิลลิเมตร

2.5 กำหนดระยะจุดเริ่มต้นการกลึงในแนวแกน Z (Z Start) เท่ากับ 2 มิลลิเมตร

2.6 กำหนดเผื่อหน้าผิวงาน (Clearance) ให้มากกว่าค่าความลึกในการกลึงหยาบ ในที่นี้กำหนดค่าเท่ากับ 3 มิลลิเมตร

2.7 กำหนดค่าอัตราป้อนหยาบ (Roughing Feed rate) เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ

2.8 กำหนดค่าความลึกในการกลึงหยาบ (Roughing Cut Depth) เท่ากับ 2 มิลลิเมตร

2.9 กำหนดค่าอัตราป้อนละเอียด (Finish Feed rate) เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ

2.10 เผื่อเก็บละเอียด (Finish Pass Cut) เท่ากับ 1 มิลลิเมตร

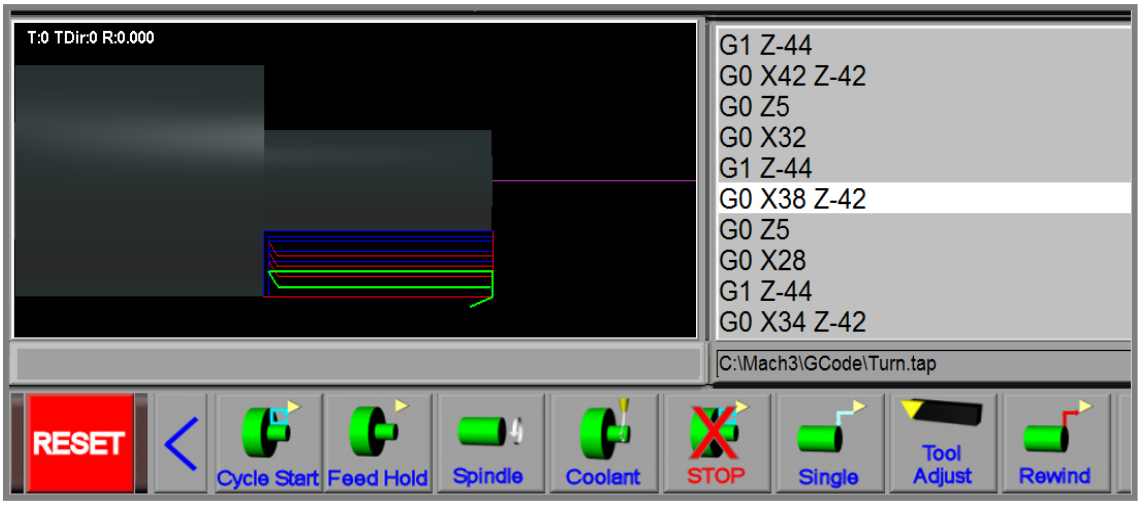
3. กดปุ่ม Post Code ที่จอภาพจะแสดงภาพชิ้นงานและเส้นทางการเดินทูลและโปรแกรมเอ็นซีในส่วนแสดงภาพจำลอง

## 8.10 การตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมเอ็นซีกับเครื่องกลึงซีเอ็นซี

สำหรับการตรวจสอบและการแก้ไขความถูกต้องของงานกลึงซีเอ็นซีนั้นสามารถตรวจสอบได้ 2 ลักษณะ เช่นเดียวกับงานกัดซีเอ็นซีคือ

8.10.1 การตรวจสอบและการแก้ไขความถูกต้อง ของโปรแกรม ด้วยโปรแกรมจำลองภาพการตัดเฉือน (Simulation) ของคอนโทรลเลอร์ที่เครื่องกลึงซีเอ็นซี

โดยทั่วไปผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องกลึงซีเอ็นซีนั้น จะทำการเขียนโปรแกรมเอ็นซีก่อน ดังนั้นสามารถที่จะทำการแก้ไข และตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมเอ็นซี ที่หน้าจอภาพ (Monitor) ในส่วนแสดงภาพจำลองการเคลื่อนที่ของ เครื่องมือตัด ตามแนวแกน X และแนวแกน Z ว่าเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ระบุไว้ในแบบงานถูกต้องหรือไม่ ถ้ามีการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดไม่ถูกต้อง ก็สามารถแก้ไข และตรวจสอบความถูกต้องของตัวโปรแกรมเอ็นซีกับตัวโปรแกรมของเครื่องกลึงซีเอ็นซีได้โดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 8.36




**รูปที่ 8.36** แสดงภาพจำลองเส้นทางการเดินทูลของชุดควบคุม Mach3 Turn

(**ที่มา** : ฉัตรชัย สมพงศ์. 2559)

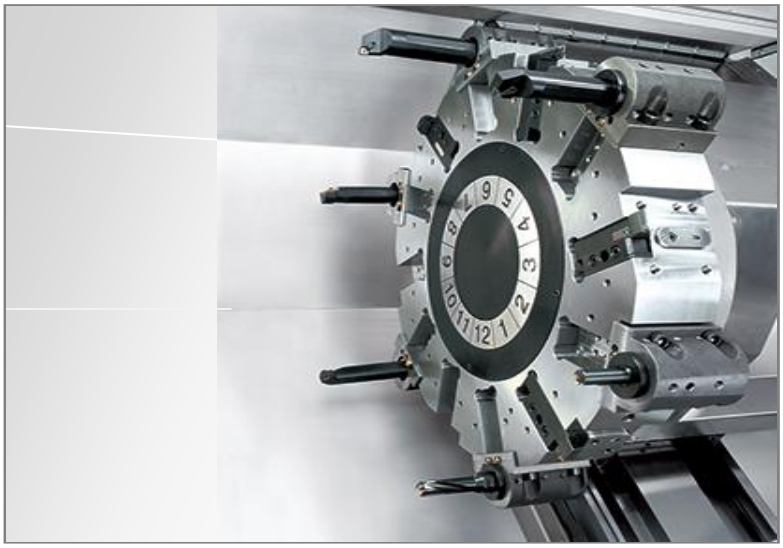
ใน การผลิตชิ้นส่วนกับเครื่องกลึงซีเอ็นซีจะยึด กับตัวโปรแกรม เอ็นซี เพียงอย่าง เดียวไม่ได้ ยังมีองค์ประกอบอีกหลายอย่างที่ต้องตรวจสอบเช่น ความเที่ยงตรงในการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X และแนวแกน Z ของเครื่องกลึงซีเอ็นซี ว่ามีค่าถูกต้องและแม่นยำมากน้อยเพียงใด

8.10.2 การตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานด้วยการทดลองกลึงชิ้นงานจากเครื่องกลึงซีเอ็นซี

หลังจากที่ทำการเขียนโปรแกรมเอ็นซีของงานกลึงซีเอ็นซี และทำการกลึงขึ้นรูปชิ้นงานแล้วนำชิ้นงานมาตรวจสอบความถูกต้องโดยมีแนวทางในการปฏิบัติงานกับเครื่องกลึงซีเอ็นซีดังนี้

1. ทำการศึกษาแบบชิ้นงานที่จะทำการกลึงกับเครื่องกลึงซีเอ็นซี เพราะผู้ที่ปฏิบัติงานกับเครื่องกลึงซีเอ็นซีจะได้ทำการวางแผนในการเลือกเครื่องมือตัด และกำหนดค่าของเครื่องมือตัดให้เหมาะสมกับชิ้นงานนั้น ๆ จะทำให้ชิ้นงานที่ผลิตออกมามีคุณภาพผิวที่ดี

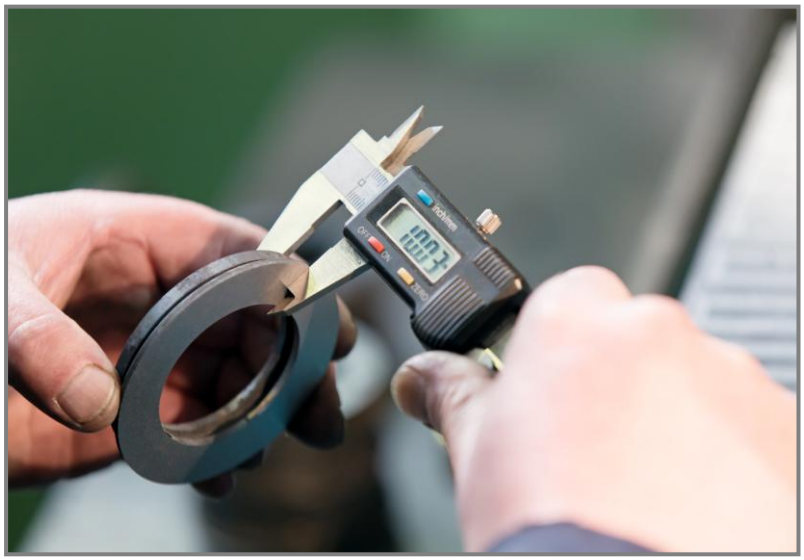
2. ผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องกลึงซีเอ็นซี จะต้องทำการปรับตั้งค่า (Set up) เครื่องมือตัดที่จะใช้งานให้ถูกต้อง เพราะในขั้นตอนการปรับตั้งค่าเครื่องมือตัดนั้นถือว่าสำคัญมาก เนื่องจากเครื่องมือตัดที่ทำการติดตั้งนั้นจะต้องสัมพันธ์กับแบบชิ้นงานที่ได้กำหนดจุดศูนย์ของชิ้นงาน (Work Piece Zero Point) ไว้ โดยผู้ออกแบบโปรแกรมเอ็นซี โดยทั่วไปเครื่องมือตัดของเครื่องกลึงซีเอ็นซีจะติดตั้งอยู่กับป้อมมีด (Tools Turret) ดังแสดงในรูปที่ 8.37



**รูปที่ 8.37** แสดงเครื่องมือตัดที่ถูกติดตั้งไว้กับชุดป้อมมีด (Tools Turret) ของเครื่องกลึงซีเอ็นซี
(**ที่มา** : http://www.goodwaycnc.com)

เมื่อติดตั้งเครื่องมือตัดเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปก็ทำการปรับตั้งค่าเครื่องมือตัดของแต่ละอัน ซึ่งในการปรับตั้งค่าเครื่องมือตัดนั้นมีหลากหลายวิธีแล้วแต่ความถนัดของผู้ปฏิบัติงานของแต่ละคน ซึ่งในขั้นตอนของการปรับตั้งค่าเครื่องมือตัดนั้น เพื่อนำค่าความยาวของเครื่องมือตัดแต่ละอันมาจัดเก็บไว้ในตารางทูลของเครื่องกลึงซีเอ็นซี และในการกลึงชิ้นงานออกมาจะได้ขนาดหรือไม่นั้น ก็จะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการปรับตั้งค่าเครื่องมือตัดนี้

3. ผู้ปฏิบัติงานทำการทดลองกลึงชิ้นงานจริงกับเครื่องกลึงซีเอ็นซีในขั้นตอนนี้ ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการทดลองกลึงชิ้นงานจริงออกมาเพื่อทำการตรวจสอบขนาดในส่วนต่าง ๆ ตามแบบงาน ว่ามีขนาดตรงตามแบบงานที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยวิธีการใช้ใช้เครื่องมือวัดและตรวจสอบงานกลึงพื้นฐาน เช่น เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Verniercaliper) และไมโครมิเตอร์ (Micrometer) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 8.38



**รูปที่ 8.38** แสดงการใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์เพื่อตรวจสอบขนาดชิ้นงานกลึง

(**ที่มา** : http://qds-mfg.com)

4. เมื่อผู้ปฏิบัติงานวัดและตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการทดลองกลึงไว้แล้ว ถ้าหากชิ้นงานได้ขนาดและ ผิวงานตรงตามแบบงานที่กำหนดก็จะสามารถทำการกลึงชิ้นงานตามกระบวนการผลิตได้แต่ถ้าหากว่าชิ้นงานมีขนาดและผิวงาน ไม่ถูกต้องตามแบบงานผู้ปฏิบัติงานสามารถแก้ไขขนาดส่วนที่ ผิดพลาดได้ โดยการแก้ไขการปรับตั้งค่าเครื่องมือตัดที่ตารางตั้งค่าเครื่องมือตัด (Tools Offset) ที่ชุดควบคุม หรือ แก้ไขลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวแกนX และแกน Z โดยสามารถแก้ไขจากโปรแกรมเอ็นซี เป็นต้น

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8

**ตอนที่ 1 คำสั่ง** จงทำเครื่องหมาย✓หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

..... 1. โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีประกอบไปด้วยการรวมกันของบล็อกหรือบรรทัดคำสั่ง

..... 2. ส่วนตัวโปรแกรมจะทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งและเงื่อนไขการตัดเฉือน

..... 3. คำสั่ง G01 การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งตามอัตราป้อนที่กำหนด

..... 4. คำสั่ง M03 คือจบโปรแกรมแล้วกลับไปเริ่มต้นใหม่ที่บรรทัดแรก

..... 5. การกลึงงานตามเส้นขอบงาน ( Contour Part) ชิ้นงาน ต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูป มาก่อน

..... 6. การเขียนโปรแกรมกลึงปาดหน้าใช้คำสั่งพื้นฐานคือคำสั่ง G02 และคำสั่ง G03

..... 7. การเขียนโปรแกรมงานกลึงปอกเป็นการกลึงลดขนาดในแนวแกน

..... 8. การเขียนโปรแกรมงานกลึงเรียวและงานกลึงโค้งจำเป็นต้องชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีด

..... 9. คำสั่งวัฏจักร คือ การเขียนโปรแกรมรวมขั้นตอนการทำงานไว้ในคำสั่งเพียง1-2 บล็อก

..... 10. การตรวจสอบโปรแกรมเอ็นซีงานกลึง ด้วยโปรแกรมซิมมูเลชั่น เป็นวิธีที่สามารถนำโปรแกรมไปผลิตชิ้นงานจริงได้เลยเพราะงานจริงจะมีขนาดตามโปรแกรมซิมมูเลชั่น

**ตอนที่ 2 คำสั่ง** จงเติมคำตอบให้สมบูรณ์

1. จงอธิบายโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงมาพอสังเขป

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ส่วนประกอบของพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงมี 3 ส่วนหลัก ๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

2.1.....

2.2.....

2.3.....

3. จงบอกความหมายของคำสั่งจีโค้ดพื้นฐานต่อไปนี้

3.1 G02 ความหมาย.....

3.2 G21 ความหมาย.....

3.3 G90 ความหมาย.....

3.4 G41 ความหมาย.....

3.5 G95 ความหมาย.....

4. จงบอกความหมายของคำสั่งเอ็มโค้ดพื้นฐานต่อไปนี้

4.1 M04 ความหมาย.....

4.2 M05 ความหมาย.....

4.3 M08 ความหมาย.....

4.4 M30 ความหมาย.....

4.5 M13 ความหมาย.....

5. จงอธิบายวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกลึงต่อไปนี้มาพอสังเขป

5.1 การกลึงงานตามเส้นขอบงาน ( Contour Part)

.....

.....

5.2 การกลึงงานแบบแบ่งเป็นขั้นตอนตามกระบวนการการตัดเฉือน

.....

.....

6. การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงาน กลึงปาดหน้าด้วยคำสั่งจีโค้ดพื้นฐานจะใช้คำสั่งในการตัดเฉือน 2 คำสั่ง คือคำสั่งใด

6.1.....

6.2.....

7. จงบอกวิธีการเขียนโปรแกรมงานกลึงปอกต่อไปนี้ว่าจะใช้การเขียนโปรแกรมกลึงปอกแบบใดระหว่าง การกลึงปอกตามเส้นขอบงาน และ การกลึงปอกตามกระบวนการการตัดเฉือน

7.1 งานกลึงปอกหยาบ เขียนโปรแกรมเอ็นซีแบบ.....

7.2 งานกลึงปอกละเอียด เขียนโปรแกรมเอ็นซีแบบ.....

8. จงอธิบายเหตุผลความจำเป็น ของการใช้คำสั่งชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดอินเสิร์ต ในการเขียนโปรแกรมกลึงงานแบบเรียว และแบบเส้นโค้ง

.....

.....

.....

.....

.....

9. จงบอกความหมายของคำสั่งวัฏจักรงานกลึงต่อไปนี้

9.1 G70 ความหมาย.....

9.2 G71 ความหมาย.....

9.3 G72 ความหมาย.....

10. การตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องของโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ 2 ลักษณะ ได้แก่วิธีใดบ้าง

10.1.....

.....

10.2.....

.....

## แบบเฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 8

**ตอนที่ 1 คำสั่ง** จงทำเครื่องหมาย✓หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย✗ หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

.... ✓....1. โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีประกอบไปด้วยการรวมกันของบล็อกหรือบรรทัดคำสั่ง

.... ✓....2. ส่วนตัวโปรแกรมจะทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งและเงื่อนไขการตัดเฉือน

.... ✗....3. คำสั่ง G01 การเคลื่อนที่แนวเส้นโค้งตามอัตราป้อนที่กำหนด

.... ✗....4. คำสั่ง M03 คือจบโปรแกรมแล้วกลับไปเริ่มต้นใหม่ที่บรรทัดแรก

.... ✓....5. การกลึงงานตามเส้นขอบงาน ( Contour Part) ชิ้นงาน ต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูปเบื้องต้นมาก่อน

.... ✗....6. การเขียนโปรแกรมกลึงปาดหน้าใช้คำสั่งพื้นฐานคือคำสั่ง G02 และคำสั่ง G03

.... ✗....7. การเขียนโปรแกรมงานกลึงปอกเป็นการกลึงลดขนาดในแนวแกน

.... ✓....8. การเขียนโปรแกรมงานกลึงเรียวและงานกลึงโค้งจำเป็นต้องชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีด

.... ✓....9. คำสั่งวัฏจักร คือ การเขียนโปรแกรมรวมขั้นตอนการทำงานไว้ในคำสั่งเพียง1-2บล็อก

.... ✗....10. การตรวจสอบโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงด้วยโปรแกรมซิมมูเลชั่นเป็นวิธีที่สามารถนำโปรแกรมไปผลิตชิ้นงานจริงได้เลยเพราะงานจริงจะมีขนาดตามโปรแกรมซิมมูเลชั่น

**ตอนที่ 2 คำสั่ง** จงเติมคำตอบให้สมบูรณ์

**1. จงอธิบายโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงมาพอสังเขป**

โครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซีประกอบไปด้วย การรวมกันของบล็อกหรือบรรทัดคำสั่ง หลาย ๆ บล็อกที่เขียนตามลำดับขั้นตอนใน การทำงานตามที่กำหนดไว้ ในแต่ละบล็อก ประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวกับการทำงานและคำสั่งช่วยในการทำงาน

**2. ส่วนประกอบของพื้นฐานของโปรแกรมเอ็นซีงานกลึงมี 3 ส่วนหลัก ๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย**

2.1 ส่วนหัวโปแกรม

2.2 ส่วนตัวโปรแกรม

2.3 ส่วนท้ายโปรแกรม

**3. จงบอกความหมายของคำสั่งจีโค้ดพื้นฐานต่อไปนี้**

3.1 G02 ความหมาย การเคลื่อนที่ทูลตัดเฉือนชิ้นงานเป็นเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา

3.2 G21 ความหมาย กำหนดหน่วยของการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร

3.3 G90 ความหมาย กำหนดการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ (Absolute Positioning)

3.4 G41 ความหมาย เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดโดยทูลอยู่ด้านซ้ายมือเส้นตัดเฉือน

3.5 G95 ความหมาย กำหนดค่าอัตราป้อน (Feed Rate) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/รอบ

**4. จงบอกความหมายของคำสั่งเอ็มโค้ดพื้นฐานต่อไปนี้**

4.1 M04 ความหมาย เปิดสปินเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกา

4.2 M05 ความหมาย หยุดการหมุนของสปินเดิล

4.3 M08 ความหมาย เปิดน้ำหล่อเย็น

4.4 M30 ความหมาย จบโปรแกรมแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นของโปรแกรม

4.5 M13 ความหมาย เปิดสปินเดิลหมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกาพร้อมเปิดน้ำหล่อเย็น

**5. จงอธิบายวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับงานกลึงต่อไปนี้มาพอสังเขป**

**5.1 การกลึงงานตามเส้นขอบงาน ( Contour Part)**

การกลึงงานตามเส้นขอบงาน ( Contour Part) ใช้กับชิ้นงานที่มีการผ่านกระบวนการขึ้นรูปเบื้องต้นมาก่อน เช่น หล่อขึ้นรูป หรือ ผ่านกระบวนการการกลึงปอก หยาบ (Roughing) ให้ได้รูปร่างลักษณะใกล้เคียงกับแบบงานที่กำหนด โดยเผื่อขนาดต่างๆ ไว้ให้มีขนาดโตกว่าขนาดสำเร็จ แล้วจึงนำชิ้นงานมาทำการกลึงละเอียด (Finishing) ตามตำแหน่งโคออร์ดิเนตที่กำหนดไว้ให้ได้ตามแบบที่กำหนด

**5.2 การกลึงงานแบบแบ่งเป็นขั้นตอน ตามกระบวนการ การตัดเฉือน**

การกลึง แบบ แบ่งเป็นขั้นตอน ตามกระบวนการ การตัดเฉือน ใช้สำหรับ ชิ้นงานที่ยังไม่ได้ ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาก่อน โดยงานกลึงลักษณะนี้จะใช้เครื่องมือตัดในการขึ้นรูปชิ้นงานหลายตัว เช่น เครื่องมือตัดตัวที่ 1 ใช้ในการปาดหน้าชิ้นงาน (Facing) เครื่องมือตัดตัวที่ 2 งานกลึงปอกผิวชิ้นงาน ( Roughing) เครื่องมือตัดตัวที่ 3 ใช้สำหรับงานกลึงเก็บละเอียด (Finishing) เป็นต้น โดยแบ่งการตัดเฉือนเอาเนื้อวัสดุงานออกเป็นชั้นๆ ตามลำดับการใช้งานของเครื่องมือตัด

**6. การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกลึงปาดหน้า ด้วยคำสั่งจีโค้ดพื้นฐานจะใช้คำสั่งในการตัดเฉือน 2 คำสั่ง คือคำสั่งใด**

6.1 G00

6.2 G01

**7. จงบอกวิธีการเขียนโปรแกรมงานกลึงปอก ต่อไปนี้ว่าจะใช้การเขียนโปรแกรมกลึงปอกแบบใดระหว่าง การกลึงปอกตามเส้นขอบงาน และการกลึงปอกตามกระบวนการ การตัดเฉือน**

7.1 งานกลึงปอกหยาบ เขียนโปรแกรมเอ็นซีแบบ การกลึงปอกตามกระบวนการการตัดเฉือน

7.2 งานกลึงปอกละเอียด เขียนโปรแกรมเอ็นซีแบบ การกลึงปอกตามเส้นขอบงาน

**8. จงอธิบายเหตุผลความจำเป็นของการใช้คำสั่งชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดอินเสิร์ตในการเขียนโปรแกรมกลึงงานแบบเรียวและแบบเส้นโค้ง**

ในงานกลึงเรียวและงานกลึงส่วนโค้งจำเป็นที่จะต้องมีการชดเชยรัศมีปลายเม็ดมีดอินเสิร์ต เพราะในงานกลึงปาดหน้า และกลึงปอกผิวชิ้นงาน ขนาดของชิ้นงานจริงที่ได้จะมีค่าเท่ากันกับค่าที่ป้อนในโปรแกรมเอ็นซี แต่ในงานกลึงโค้งหรือกลึงเรียว ขนาดของชิ้นงานจริงที่กลึงได้จะมีขนาดโตกว่าค่าที่กำหนดในแบบงาน

**9. จงบอกความหมายของคำสั่งวัฏจักรงานกลึงต่อไปนี้**

9.1 G70 ความหมาย คำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปอกละเอียด

9.2 G71 ความหมาย คำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปอกหยาบ

9.3 G72 ความหมาย คำสั่งวัฏจักรสำหรับงานกลึงปาดหน้าหยาบ

**10. การตรวจสอบ และแก้ไขความถูกต้องของ โปรแกรมเอ็นซีงานกลึง สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ 2 ลักษณะ ได้แก่วิธีใดบ้าง**

10.1 การตรวจสอบและการแก้ไขความถูกต้องของโปรแกรมด้วยโปรแกรมจำลองภาพการตัดเฉือน

10.2 การตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานด้วยการทดลองกลึงชิ้นงานจากเครื่องกลึงซีเอ็นซี