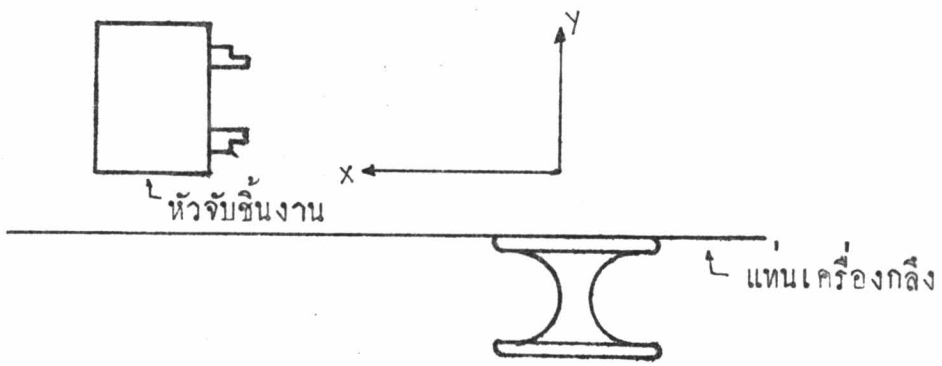
บทที่ 6

โปรแกรมควบคุมเครื่องกลึง (Lathe Movement Control Program)

โปรแกรมควบคุมเครื่องกลึง (Lathe Movement Control Program) เป็นโปรแกรมสำหรับควบคุมเครื่องกลึงให้กลึงชิ้นงานให้ได้รูปต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งสามารถกระทำได้ โดยการควบคุมการหมุนของ Stepping Motor ที่ต่ออยู่ที่แท่นมีดเครื่องกลึงเพื่อบังคับให้แท่นมีดของเครื่องกลึงเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ ทั้งในแนวกัดลึกเข้าไปในผิวโลหะ (แกน Y) และในแนวแกนยาว (แกน X) ดังรูปที่ 6.1 การใช้ Stepping Motor เป็นตัวบังคับการเคลื่อนที่ของแท่นมีดของเครื่องกลึงในโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึง จะต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้ด้วย คือ

Backlash ของฟันเฟือง และ

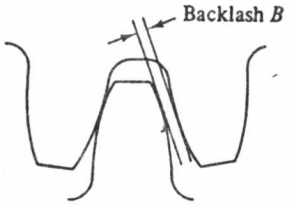
การเคลื่อนที่แบบทีละขั้นของ Stepping Motor



รูปที่ 6.1 แนวทางการเคลื่อนที่ของแท่นมีดกลึง

6.1 Backlash ของฟันเฟืองในเครื่องกลึง

Backlash ของฟันเฟืองในเครื่องกลึง คือ ค่าของระยะทางที่วัดได้ที่ด้านหลัง (Backside) หรือด้านที่ไม่ได้เกิดการขับ (Nondriving Side) ระหว่าง Excess Tooth Space และ Thickness of The Mating Tooth ดังรูปที่ 6.2



B = Standard Tooth Thickness - Actual Tooth Thickness

รูปที่ 6.2 Backlash

ผลของ Backlash ที่มีต่อการเคลื่อนที่ของใบมีดคือ เมื่อหมุนเฟืองขับใบมีดไปในทิศทางหนึ่ง แล้วต้องการหมุนกลับในทิศทางตรงกันข้าม ใบมีดจะไม่เคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามทันที แต่จะหยุดนิ่งชั่วขณะหนึ่ง และจะเริ่มเคลื่อนเมื่อหมุนพันเฟืองไปเป็นมุมๆหนึ่งแล้วเท่านั้น มุมนี้สำหรับ Stepping Motor วัดออกมาเป็นจำนวนขั้น เพื่อชดเชยเมื่อมีการเคลื่อนที่ของมีดกลึงในทิศทางหนึ่ง แล้วเปลี่ยนการเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้าม เช่น ในขณะใด ๆ มีการควบคุมให้แท่นมีดกลึงเดินเข้าในแนวกัดลึก (แกน Y) = n Steps เมื่อต้องการให้แท่นมีดกลึงถอยออกให้ได้ระยะทางเท่ากับที่เดินเข้าไปจะต้องควบคุมให้ Stepping Motor หมุนในทิศทางตรงข้ามเป็นจำนวน = n + By Steps ในทำนองเดียวกันในการควบคุม Stepping Motor ที่ขับเคลื่อนแท่นมีดในแนวแกนยาว (แกน X) เมื่อมีการควบคุมให้แท่นมีดกลึงเคลื่อนที่ไปทางซ้ายจำนวน n Steps ถ้าต้องการให้แท่นมีดกลึงกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิมจะต้องควบคุมให้ Stepping Motor หมุนในทิศทางตรงข้ามเป็นจำนวน n + BX Steps

เมื่อ BY = ค่าจำนวน Backlash ในแนวกัดลึก (แกน Y) และ

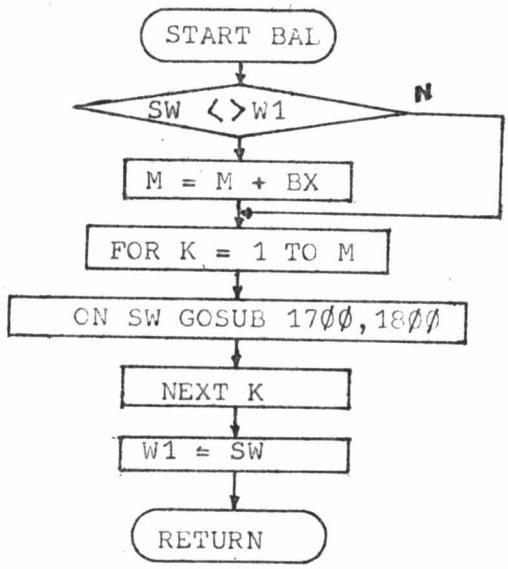
BX = ค่าจำนวน Backlash ในแนวยาว (แกน X)

จากการทดสอบเครื่องกลึงที่ใช้ในโครงการนี้ ได้ค่า Backlash ในแนวแกน X และ แกน Y ดังนี้

BX = Backlash ในแนวแกน X = 6.4 Steps ≅ 6 Steps

BY = Backlash ในแนวแกน Y = 7.2 Steps ≅ 7 Steps

ผังการทำงานของโปรแกรมย่อย (Subroutine) สำหรับการชดเชยค่า Backlash แสดงไว้ในรูปที่ 6.3 ,



รูปที่ 6.3 ผังการทำงานของโปรแกรมย่อยชดเชยค่า Backlash

จากผังการทำงานของโปรแกรมชดเชยค่า Backlash โปรแกรมจะทำการตรวจดูว่าการเคลื่อนที่ต่อไปเป็นการเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมหรือไม่ (SW < > W1) ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมก็ไม่มีการชดเชย แต่ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้าม ก็จะทำการชดเชยค่า Backlash (M = M + BX)

6.2 การเคลื่อนที่แบบทีละขั้นของ Stepping Motor

เนื่องจากการเคลื่อนที่ของ Stepping Motor เป็นการเคลื่อนที่แบบทีละขั้น (Discrete) กล่าวคือ Stepping Motor จะหมุนทีละขั้นและทำให้มีดกลึงเคลื่อนที่เป็นขั้น ๆ เช่นกัน ระยะทางในแต่ละขั้นนั้นคำนวณได้จากอัตราส่วนของระยะทางในการหมุน 1 รอบ ของ Stepping Motor ในโครงการนี้ใช้ Stepping Motor ที่มีอัตราส่วนของระยะทางในการหมุนครบ 1 รอบดังนี้

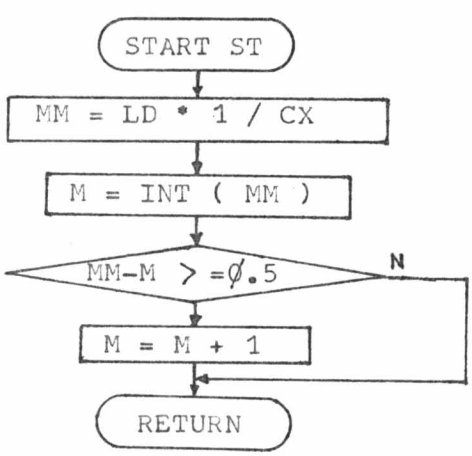
ในแนวแกน Y = 18ø Steps / รอบ

$\therefore$ CY = 1/72 mm / Step

และในแนวแกน X = 2øø Steps / รอบ

$\therefore$ CX = 1/8ø mm / Step

ดังนั้น จากระยะทางที่ต้องการนำไปคำนวณหาจำนวนขั้นสำหรับ Stepping Motor ที่จะต้องหมุนไป ซึ่งอาจจะได้จำนวนขั้นที่ลงตัวหรืออาจจะได้จำนวนขั้นที่ไม่ลงตัวก็ได้ แต่ Stepping Motor ไม่สามารถเคลื่อนที่เป็นจำนวนจุดทศนิยมของขั้นได้ เพื่อให้ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่เป็นขั้น ๆ ของ Stepping Motor มีค่าน้อยที่สุดจึงต้องมีการตัดสินใจที่ดีพอในโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึง ใช้ค่า 1/2 ขั้น เป็นตัวกลางในการตัดใจ โดยถ้าค่าที่เป็นเศษของจำนวนขั้น >= ø.5 ให้ปัดเป็น 1 ขั้น แต่ถ้าเศษของจำนวนขั้น <ø.5 ให้ปัดเศษเป็น ø ผังการทำงานของโปรแกรมย่อยในการตัดสินใจของ Stepping Motor แสดงไว้ในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 ผังการทำงานของโปรแกรมย่อยในการตัดสินใจของ Stepping Motor

6.3 โปรแกรมควบคุมการหมุนของ Stepping Motor

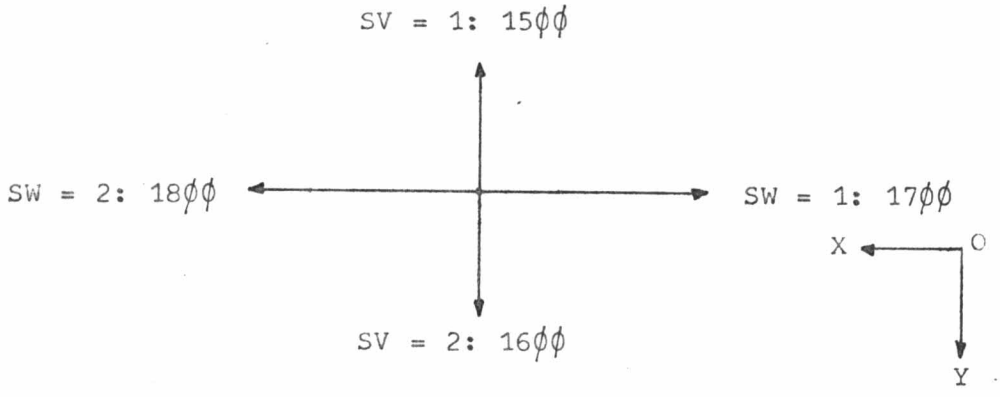
การควบคุมการหมุนของ Stepping motor ใช้ Output จาก Annunciators ซึ่งสามารถ on - off ให้เกิดรูปคลื่นเพื่อใช้ในการควบคุมการหมุนของ

Stepping Motor ด้วยโปรแกรม (Soft Switch) ที่ตำแหน่งของ Annunciators นั้น ๆ (ดังรายละเอียดในบทที่ 3)

ในโปรแกรมภาษาเบสิค คำสั่งที่ใช้ในการอ้างอิงถึงตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งเพื่อเขียน คือคำสั่ง POKE เช่น เมื่อต้องการ Off Annø ก็ทำได้ ดังนี้

```
POKE - 16296 , 1
```

Subroutine ในการทำให้เกิดรูปคลื่นพัลส์ (Pulse) สำหรับวงจรควบคุมการหมุนของ Stepping Motor ของโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึง แสดงไว้ในรูปที่ 6.5 ทุกครั้งที่โปรแกรมเข้าไปทำงานใน Subroutine นี้ จะทำให้เกิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมออกมาที่ขั้ว Annunciator หนึ่งพัลส์



รูปที่ 6.5 Subroutine ในการควบคุมการหมุนของ Stepping Motors

Subroutine 15øø เป็นการสั่งให้ Stepping Motor เลื่อนแท่นมีดกลึงเข้าไป 1 ขั้น

```
15øø    POKE   -1629ø, 1 :    POKE     -16289, ø
151ø        RETURN
```

Subroutine 16øø เป็นการสั่งให้ Stepping Motor เลื่อนแท่นมีดกลึงออก 1 ขั้น

```
16øø    POKE   -16292, 1 :    POKE     -16291, ø
161ø        RETURN
```

Subroutine 1700 เป็นการสั่งให้ Stepping Motor เลื่อนแท่นมีดกลึงไปทางขวา 1 ขั้น

```
1700    POKE    -16296, 1 :    POKE    -16295, 0
1710            RETURN
```

Subroutine 1800 เป็นการสั่งให้ Stepping Motor เลื่อนแท่นมีดกลึงไปทางซ้าย 1 ขั้น

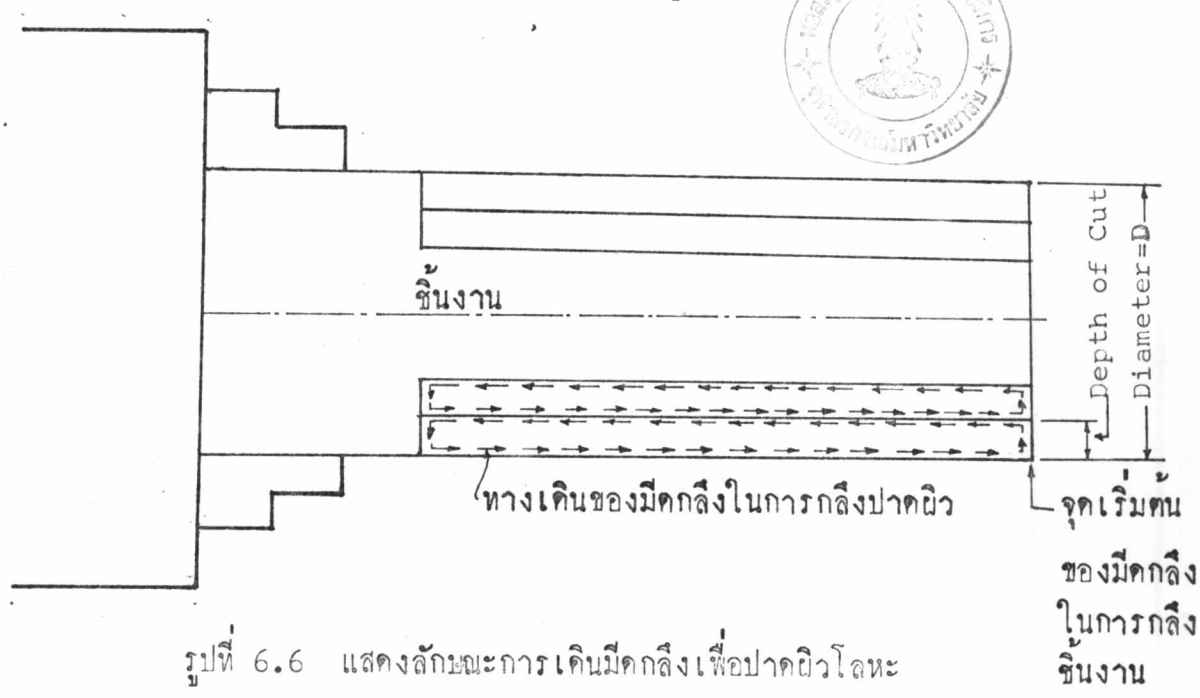
```
1800    POKE    -16294, 1 :    POKE    -16293, 0
1810            RETURN
```

6.4 การกลึงชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

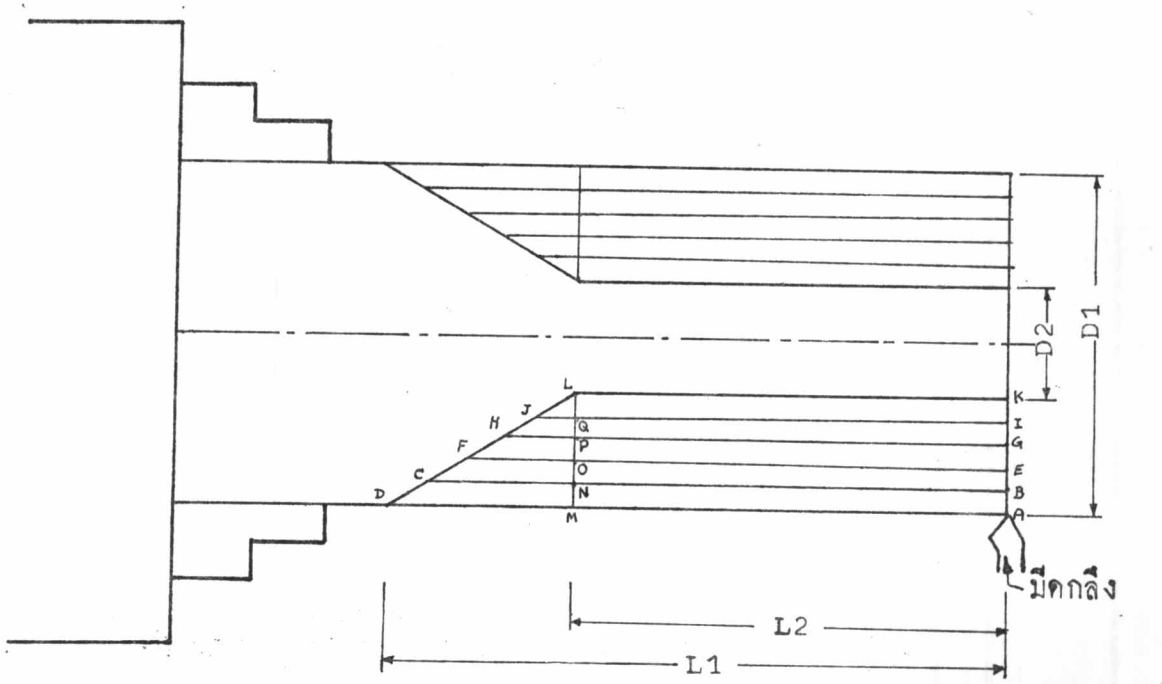
การกลึงชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์จะต้องมีการป้อนข้อมูล รูปแบบชิ้นงานที่ต้องการกลึง ให้แก่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ก่อน โดยโปรแกรมป้อนข้อมูลรูปแบบชิ้นงาน (Editor Program) จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงาน ในการป้อนข้อมูลรูปแบบชิ้นงานที่ต้องการกลึงให้แก่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และทำการเก็บข้อมูลเหล่านั้นลงในแผ่นจานแม่เหล็กในรูปของแฟ้มข้อมูล (Data file) โปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงจะทำการอ่านเอาข้อมูลเหล่านั้นจากแผ่นจานแม่เหล็กไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องกลึงให้กลึงชิ้นงานให้ได้ตามรูปแบบนั้น ๆ ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

ขั้นแรกโปรแกรมจะบังคับให้มีดกลึงเคลื่อนที่กัดลึก เข้าไปในผิวโลหะแล้วเคลื่อนที่มีดกลึงในแนวยาวทำให้ได้ชิ้นงานรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงเท่ากับ 2 เท่าของความลึกของการกัดลึกเสียก่อน ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติกันทั่วไปอยู่แล้ว ผู้ใช้จะสามารถกำหนดค่าความลึกในการกัดผิวโลหะแต่ละครั้ง ด้วยค่า ๆ หนึ่ง คือ ค่า Depth of Cut ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้กลึง และมีดกลึง การกลึงปาดผิวชิ้นงานแต่ละครั้งจะสามารถตัดผิวโลหะออกได้ความลึกน้อยกว่า หรือเท่ากับค่าของ Depth of Cut เมื่อปาดผิวโลหะไปได้ เท่ากับความยาวที่ต้องการแล้ว เมื่อต้องการปาดผิวโลหะออกอีกตามขนาดที่ต้องการ (<= Depth of Cut) ในขณะที่เลื่อนมีดกลึงกลับ เพื่อไปตั้งต้น

ที่จุดเริ่มแรกอีกครั้ง จะต้องมีการถอยมีดกลึงออกห่างจากชิ้นงาน ก่อนที่จะเลื่อนมีดกลึงกลับไปที่จุดเริ่มแรก เพื่อป้องกันการสัมผัสระหว่างมีดกลึงกับชิ้นงานในขณะถอยกลับของมีดกลึง ซึ่งจะทำให้ผิวของชิ้นงานและมีดกลึงเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 แสดงลักษณะการเดินมีดกลึงเพื่อปาดผิวโลหะ



รูปที่ 6.7 รูปแบบชิ้นงานทรงกรวยและลักษณะการเดินมีดกลึง

พิจารณารูปที่ 6.7 เป็นรูปแบบชิ้นงานทรงกรวยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านโคน =D1 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านปลาย =D2

ในการกลึงชิ้นงานรูปทรงกรวยดังกล่าว จะเริ่มต้นด้วยชิ้นงานทางกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D1 และมีดกลึงอยู่ที่ตำแหน่ง A การเดินมีดกลึงเพื่อตัดชิ้นงานทรงกระบอกดังกล่าว ให้เป็นทรงกรวยตามที่ต้องการจะเป็นดังนี้

รอบที่ 1 มีดกลึงจะเคลื่อนที่จาก A→B→C→D→A

" 2 " " A→B→E→F→C→D→A

" 3 " " A→B→E→G→H→F→C→D→A

" 4 " " A→B→E→G→I→J→H→F→C→D→A

" 5 " " A→B→E→G→I→K→L→J→H→F→C→D→A

จะสังเกตุเห็นได้ว่า แต่ละรอบของการเดินมีดกลึงเพื่อตัดชิ้นงาน (Depth of cut) จะต้องมีการเดินมีดกลึงตัดชิ้นงานตามแนวเส้นเอียงของทรง[redacted]วยวิธีการดังกล่าวจะทำให้การกลึงชิ้นงานที่เป็นรูปทรงกรวยหรือส่วนโค้งทรง[redacted]ลามากกว่าการกลึงชิ้นงานรูปทรงกระบอก เพราะในการเดินมีดกลึงเพื่อตัดชิ้นงานตามแนวเส้นเอียงหรือเส้นโค้งจะต้องมีการคำนวณและการตรวจสอบ สำหรับการเคลื่อนที่แต่ละขั้นของมีดกลึงเนื่องจากจะต้องมีการเคลื่อนที่ของมีดกลึงทั้ง 2 แกนในเวลาเดียวกันเพื่อให้มีดกลึงเดินตามแนวเส้นเอียงหรือเส้นโค้งนั้นมากที่สุด และระยะทางในการเคลื่อนที่มีดกลึง ในขณะที่การกลึงชิ้นงานรูปทรงกระบอกไม่ต้องมีการคำนวณหรือตรวจสอบ ในแต่ละขั้นของการเคลื่อนที่ของมีดกลึง เพราะการเคลื่อนที่ของมีดกลึงในขณะใด ๆ เป็นการเคลื่อนที่ในแนวแกนใดแกนหนึ่งเท่านั้น

ดังนั้นในโปรแกรมนี้เวลาจะกลึงชิ้นงานให้เป็นรูปทรงกรวยหรือรูปส่วนโค้งทรงกลมจะทำการกลึงให้ได้รูปของทรงกระบอกที่มีขนาดใกล้เคียงกับรูปทรงกรวยหรือรูปส่วนโค้งทรงกลมก่อน สุดท้ายจึงทำการเดินมีดกลึงเพื่อตัดชิ้นงานตามแนวเส้นเอียงของรูปทรงกรวยหรือตามแนวเส้นโค้งของรูปส่วนโค้งทรงกลม วิธีนี้จะทำให้การกลึงชิ้นงานดังกล่าวเร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 6.7 โปรแกรมจะทำการกลึง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จะกลึงเอารูป A→K→L→M ออกก่อน

ขั้นตอนที่ 2 จะกลึงเอารูป D→M→L ออก

ด้วยเหตุผลดังกล่าว เพื่อให้การควบคุมเครื่องกลึงในการกลึงชิ้นงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว จึงแบ่งลักษณะการกลึงชิ้นงานออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

- การกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ (Rough Cut Routine) และ
- การกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้าย (Finishing Cut Routine)

6.4.1 การกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ (Rough Cut Routine)

การกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ (Rough Cut Routine) คือการกลึงลดระดับชิ้นงานให้เป็นชิ้นงานรูปทรงกระบอกก่อนด้วยการถือว่า รูปแบบขั้นพื้นฐานทั้ง 3 ลักษณะดังกล่าวของงานกลึงทั่วไปเป็นรูปแบบทรงกระบอก ดังรูปที่ 6.8

ผังการทำงานของโปรแกรมการกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ (Rough Cut Routine) แสดงไว้ในรูปที่ 6.9

รูปที่ 6.11 แสดงวิธีการในการกลึงชิ้นงานอย่างหยาบก่อนการกลึงชิ้นงานให้ได้ตามรูปที่ 6.8 (ข) จะต้องมีการเตรียมชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D และยาวพอ โดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องป้อนข้อมูลขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานที่เตรียมไว้ (D)และขนาดความลึกในการตัดผิวชิ้นงานแต่ละครั้ง (Depth of Cut) ให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วทำการเลื่อนมีดกลึงมาอยู่ที่จุด A เพื่อเริ่มการกลึง จุด A จะถูกกำหนดให้เป็นจุดอ้างอิง (ø , D/2)

การเก็บค่าความยาวของชิ้นงานในแนวแกนยาว (แกน X)ของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ชิ้นงานที่เป็นรูปทรงกระบอก(Cylinder) จะเก็บความยาวในรูปของ L1 และชิ้นงานที่เป็นรูปทรงกรวย (Cone)หรือทรงกลม (Curve) จะเก็บความยาวในรูปของ L2 เนื่องจากการป้อนข้อมูลรูปแบบชิ้นงานให้แก่ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นการป้อนข้อมูล รูปแบบในแต่ละช่วงของชิ้นงาน ดังนั้น ก่อนที่จะทำการกลึงชิ้นงานโปรแกรมจะคำนวณหาความยาวของชิ้นงานที่ต้องกลึงทั้งหมด จากความยาวของชิ้นงานในแต่ละช่วงในขั้นนี้จะทำการกลึงลดระดับชิ้นงานให้เป็นรูปทรงกระบอกทั้งหมด ด้วยการตรวจ

สอบ ค่า L1 และ L2 เนื่องจาก L2 เป็นความยาวของชิ้นงานรูปทรงกรวยและทรงกลม ในแนวแกนยาว (แกน X) เมื่อ L2 ไม่เป็น 0 แสดงว่ารูปแบบชิ้นงานในช่วงนั้นเป็นรูปแบบชิ้นงานทรงกรวยหรือทรงกลมจะทำการข้ามไปตรวจสอบในช่วงต่อไป เมื่อพบรูปทรงในช่วงต่อไปเป็นรูปทรงกระบอกจะทำการหาค่าแตกต่างระหว่างรัศมีของทรงกระบอกที่ผ่านมาและทรงกระบอกใหม่ ซึ่งเป็นค่าที่จะต้องกลึงชิ้นงานออกตามความยาวนั้นด้วยการกัดลึกในแต่ละครั้ง เท่ากับค่าของ Depth of Cut

การกลึงชิ้นงานเพื่อลดระดับให้เป็นรูปทรงกระบอกดังกล่าว พิจารณาจากรูป 6.11 แสดงแนวทางในการกลึงชิ้นงานในแต่ละครั้ง (Depth of Cut)ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้

รอบที่ 1 มีดกลึงจะเคลื่อนที่จากจุด A→B→C→D→A

" 2 " " A→B→E→F→R→B

" 3 " " B→E→G→H→F→E

" 4 " " E→G→I→J→H→G

" 5 " " G→I→K→L→S→I

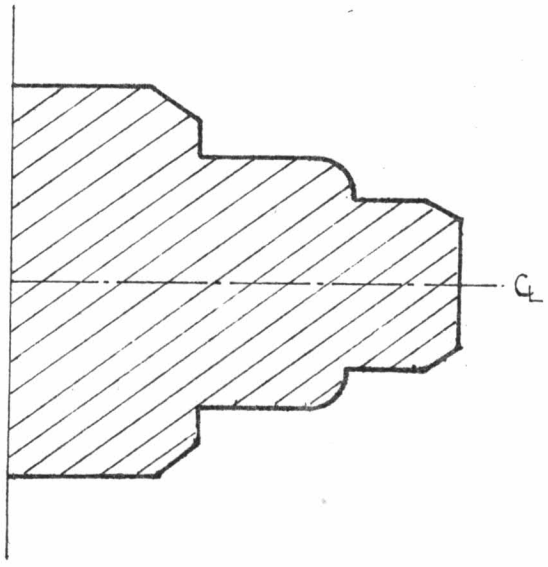
" 6 " " I→K→M→N→L→K

" 7 " " K→M→O→P→N→M→O

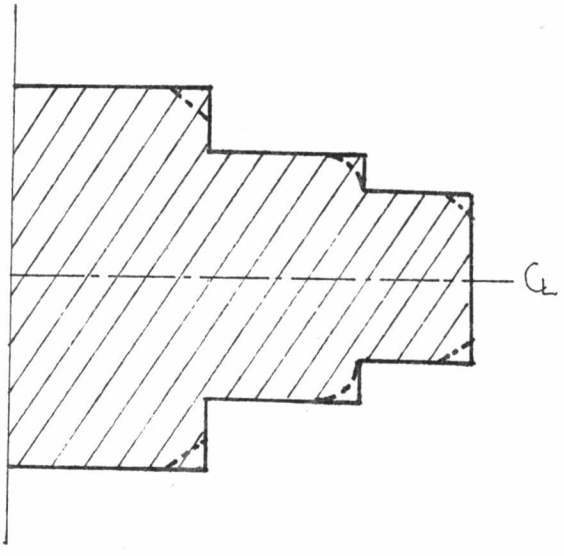
การกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ จะสิ้นสุดที่ปลายสุดชิ้นงานตามเดิม แต่ขนาดของชิ้นงานจะถูกลดลงไปเป็นลำดับขั้น จากรูปที่ 6.11 มีดกลึงจะไปหยุดอยู่ที่จุด O เพื่อเริ่มการกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้าย (Finishing Cut Routine) ต่อไป

6.4.2 การกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้าย (Finishing Cut Routine)

จากการกลึงลดระดับชิ้นงานให้เป็นชิ้นงานรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่าง ๆ โดยการกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ ซึ่งในขั้นนี้รูปแบบที่เป็นทรงกรวยและส่วนโค้งทรงกลมก็จะถูกกลึงเป็นรูปทรงกระบอกทั้งหมดด้วย การกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้ายก็คือการกลึงชิ้นงานรูปทรงกระบอกนั้นให้เป็นไปตามรูปแบบชิ้นงานที่ต้องการ คือ รูปแบบทรงกรวย หรือ ส่วนโค้งทรงกลม ตามรูปที่ 6.12

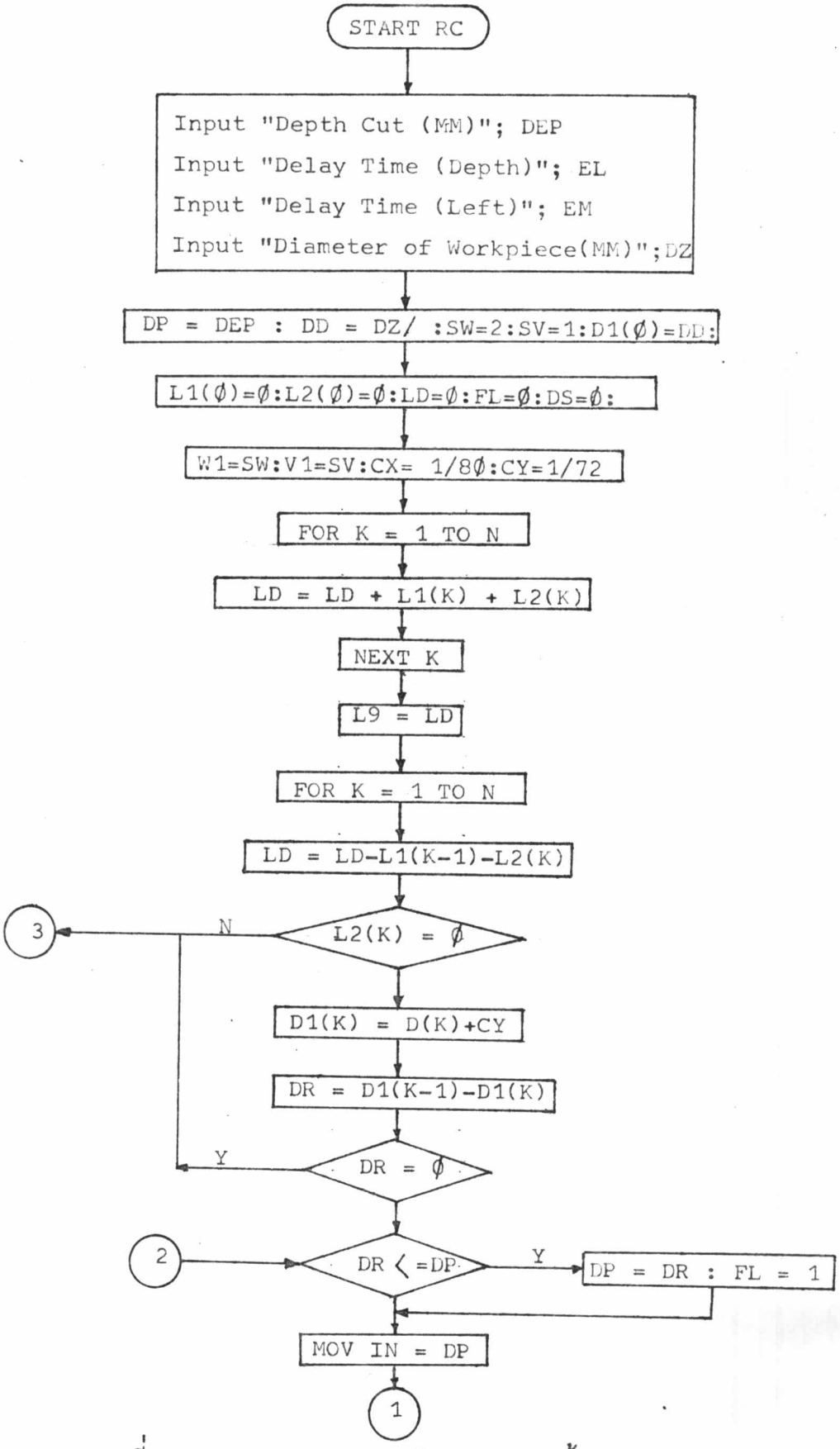


(ก) รูปแบบชิ้นงานที่ต้องการกลึง

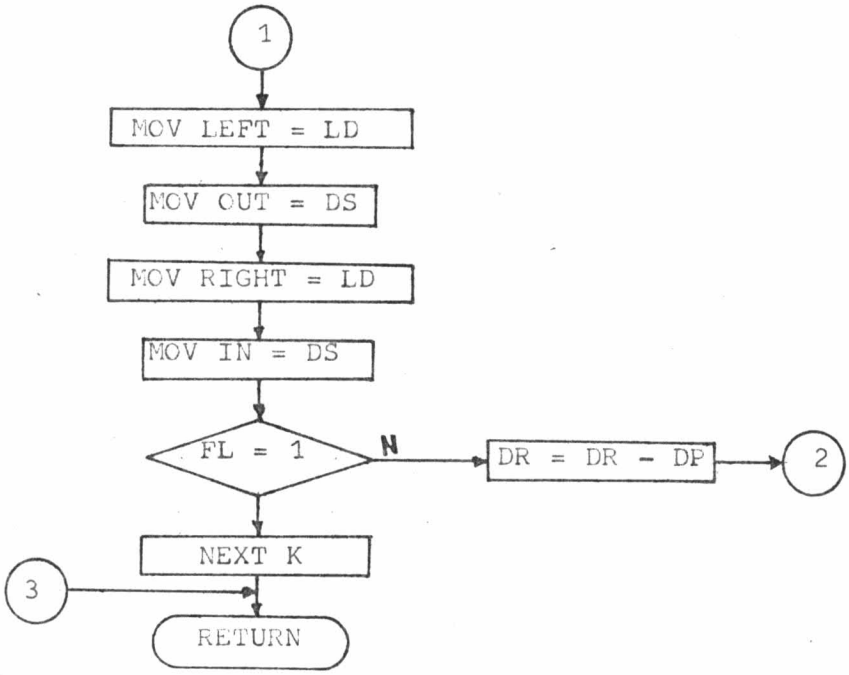


(ข) รูปแบบของชิ้นงานหลังจากการกลึงอย่างหยาบ

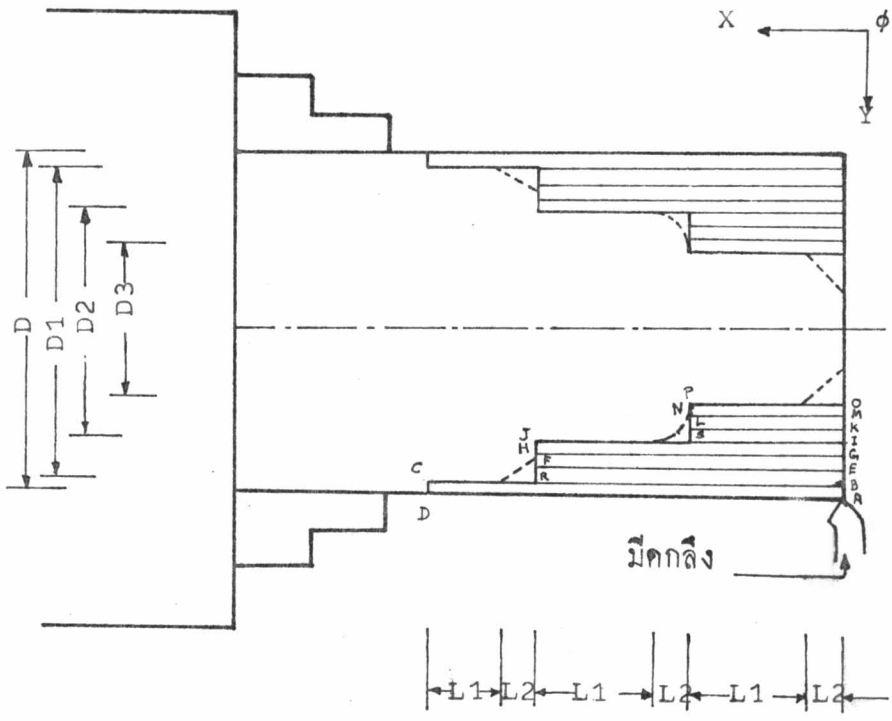
รูปที่ 6.8 การกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ



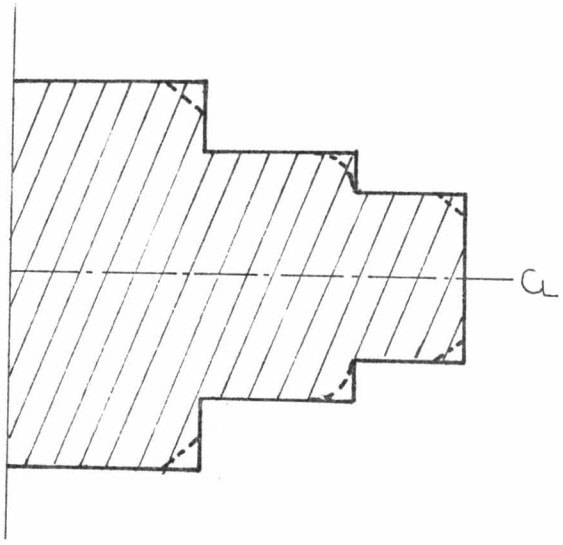
รูปที่ 6.9 ผังการทำงานของโปรแกรมกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ (Rough Cut Routine)



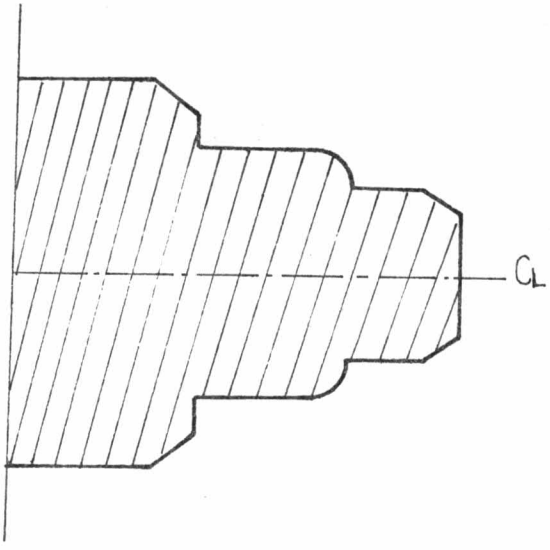
รูปที่ 6.1ϕ ผังการทำงานของโปรแกรมกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ (ต่อ)



รูปที่ 6.11 วิธีการในการกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ



(ก) รูปแบบชิ้นงานหลังการกลึงอย่างหยาบ (Rough Cut Routine)

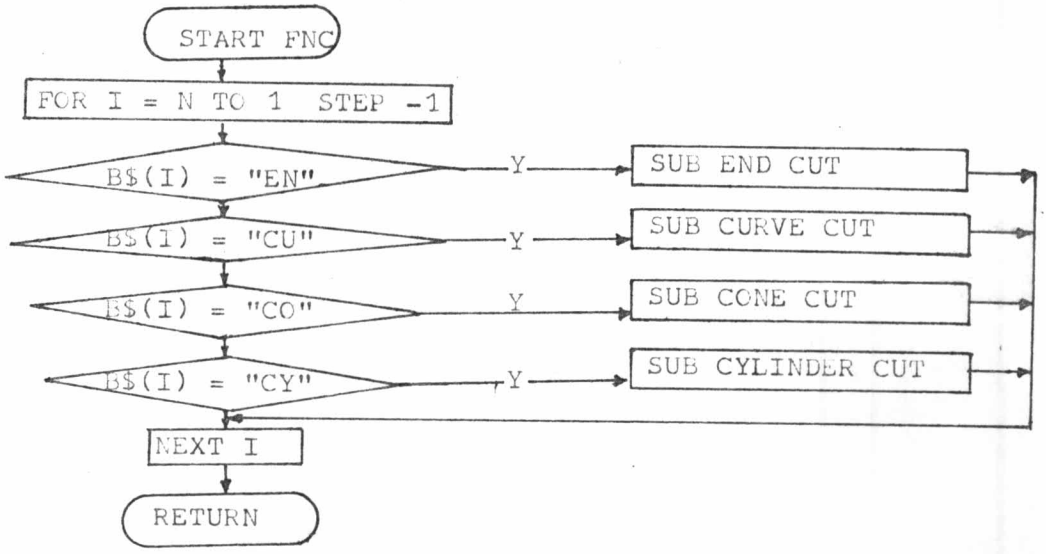


(ข) รูปแบบชิ้นงานหลังการกลึงขั้นสุดท้าย (Finishing Cut Routine)

รูปที่ 6.12 การกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้าย

จากรูปที่ 6.11 จะเห็นได้ว่าเมื่อสิ้นสุดการกลึงชิ้นงานอย่างหยาบ มีดกลึงจะไปหยุดอยู่ที่ตำแหน่งจุด O เพื่อการกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้ายต่อไปจากปลายสุดของชิ้นงาน (จุด O) โปรแกรมสำหรับการกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้ายจะทำการตรวจสอบรูป

แบบของชิ้นงานแต่ละช่วงเพื่อทำการกลึงชิ้นงานนั้นให้ได้ตามรูปแบบที่ต้องการ ผังการทำงานของโปรแกรมการกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้าย แสดงไว้ในรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 ผังการทำงานของโปรแกรมการกลึงชิ้นงานในขั้นสุดท้าย

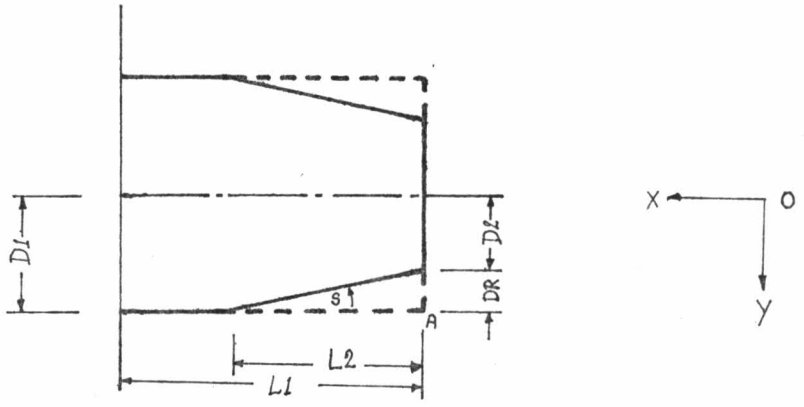
ก) การกลึงปลายสุดชิ้นงาน (B$(I) = "EN")

โปรแกรมจะทำการควบคุมเครื่องกลึงให้กลึงปาดหน้าที่ปลายสุดของชิ้นงานอีกครั้งหนึ่ง

ข) การกลึงชิ้นงานทรงกระบอก (B$(I) = "CY")

โปรแกรมจะทำการควบคุมเครื่องกลึงให้เคลื่อนที่มีดกลึงในแนวกัดลึก (แกน Y) เท่ากับระยะที่ต้องการและเคลื่อนที่มีดกลึงไปในแนวแกนยาว (แกน X) เท่ากับระยะความยาวของทรงกระบอกนั้นเพื่อปาดผิวชิ้นงานให้เรียบ

ค) การกลึงชิ้นงานทรงกรวย (B$(I) = "CO")



รูปที่ 6.14 ลักษณะของชิ้นงานรูปทรงกรวย

รูปที่ 6.14 แสดงลักษณะของชิ้นงานรูปทรงกรวยที่มีมุมลาด S องศา ยาว L2 รัศมีที่โคน D1 ก่อนการกลึงชิ้นงานนี้ ในขั้นสุดท้าย (Finishing Cut) ชิ้นงานจะถูกกลึงโดยการกลึงชิ้นงานอย่างหยาบให้เป็นทรงกระบอกที่มีรัศมี D1

การกลึงชิ้นงานที่เป็นรูปทรงกรวย จะเริ่มที่จุด A ในรูปที่ 6.15 ซึ่งเป็นจุดปลายสุดของทรงกรวย แล้วให้การเคลื่อนที่เพื่อส่งแก่แท่นมีดกลึงในแนวแกนกัดลึก (แกน Y) เท่ากับค่า Depth of Cut จากนั้นให้การเคลื่อนที่แก่แท่นมีดกลึงในแนวยาว (แกน X) เพื่อปาดผิวโลหะออกตามความลึก Depth of Cut จนกระทั่งถึงจุดตัดของทรงกรวย ซึ่งสามารถคำนวณระยะทางในการเคลื่อนที่ในแนวแกนยาว ได้จากสมการของความสัมพันธ์ ดังนี้

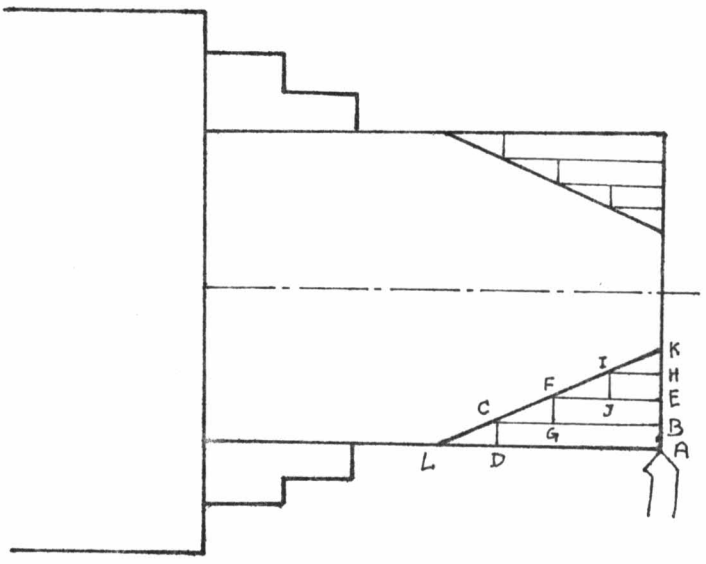
$$X = Y/TAN\ (PHI)$$

$$L = L2 - X$$

เมื่อ Y = DEPTH OF CUT

$PHI = (3.1428 * S)/180$

L = ระยะที่ต้องเคลื่อนที่ในแนวแกนยาว (แกน X)



รูปที่ 6.15 การเดินมีดกลึงในการกลึงชิ้นงานทรงกรวย

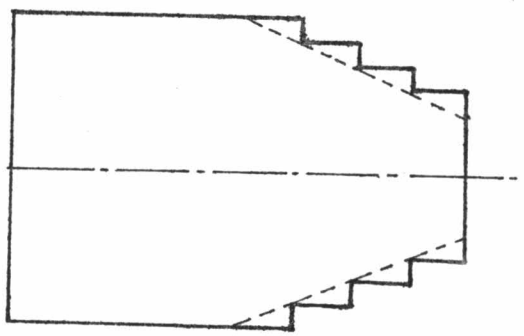
รูปที่ 6.15 แสดงแนวทางการเคลื่อนที่มีดกลึง เพื่อกลึงชิ้นงานรูปทรงกรวย โดยการเคลื่อนที่ของมีดกลึง เพื่อตัดชิ้นงาน จะเป็นดังนี้

รอบที่ 1 มีดกลึงจะเคลื่อนที่จากจุด A→B→C→D→A

" 2 " " A→B→E→F→G→B

" 3 " " B→E→H→I→J→E

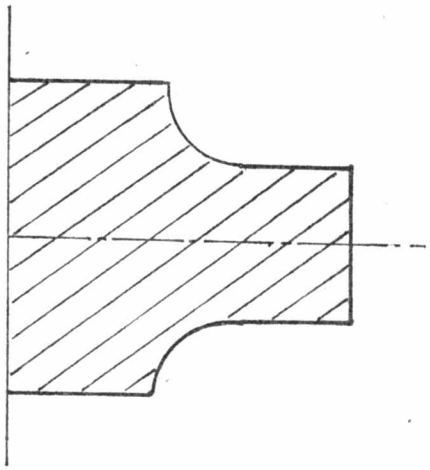
เมื่อสิ้นสุดขบวนการกลึงในขั้นนี้ จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะตามรูปที่ 6.16 จากนั้น จะทำการเดินมีดกลึง เพื่อตัดชิ้นงานตามแนวเส้นเอียงเพื่อให้ได้ชิ้นงานรูปทรงกรวยตามที่ต้องการ โดยการเดินมีดกลึงเพื่อตัดจาก E→H→K→I→F→C→L เป็นการสิ้นสุดการกลึงชิ้นงานทรงกรวย



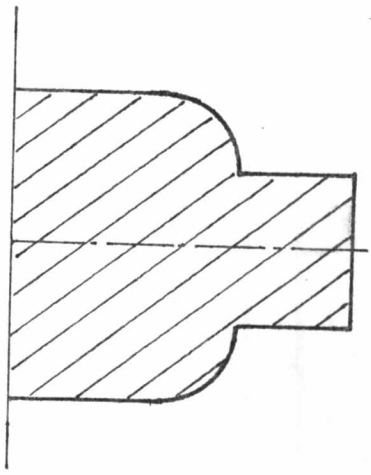
รูปที่ 6.16 ชิ้นงานก่อนการกลึงตามเส้นเอียง (Follow Curve)

ง) การกลึงชิ้นงานทรงกลม (B$(I) = "CU")

รูปแบบของชิ้นงานที่เป็นทรงกลม แยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ ทรงกลมที่ส่วนโค้งเว้าเข้า (อยู่ใน Quadrant ที่ 2) และทรงกลมที่ส่วนโค้งนูนออก (อยู่ใน Quadrant ที่ 4) โดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องเป็นผู้แยกลักษณะส่วนนี้ ป้อนให้แก่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ความแตกต่างของรูปแบบของชิ้นงานที่เป็นทรงกลม ที่มีส่วนโค้งเว้าเข้า (อยู่ใน Quadrant ที่ 2) และที่มีส่วนโค้งนูนออก (อยู่ใน Quadrant ที่ 4) แสดงไว้ในรูปที่ 6.17



(ก) รูปแบบของชิ้นงานทรงกลม ที่ส่วนโค้งเว้าเข้า(Quadrant 2)



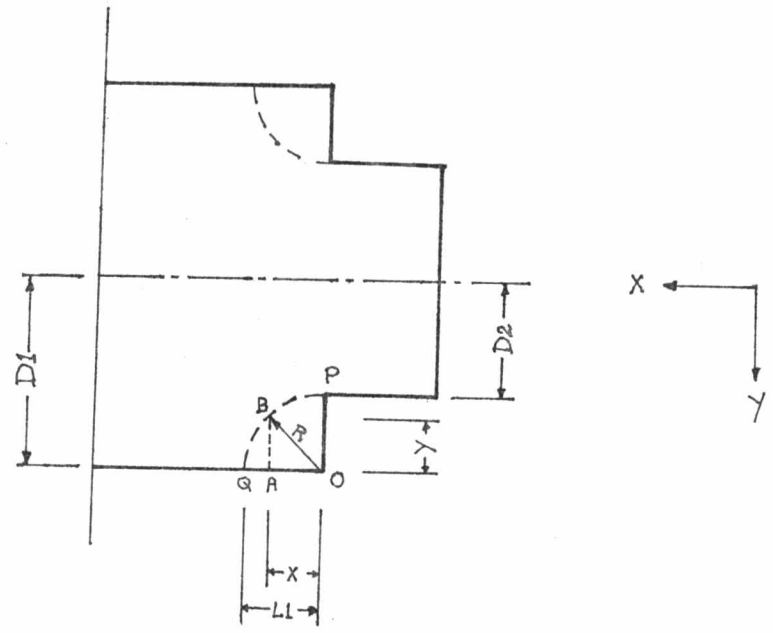
(ข) รูปแบบของชิ้นงานทรงกลม ที่ส่วนโค้งนูนออก (Quadrant 4)

รูปที่ 6.17 รูปแบบของชิ้นงานทรงกลมที่ส่วนโค้งเว้าเข้าและนูนออก

การควบคุมเครื่องกลึงในการกลึงชิ้นงาน รูปทรงกลม ดังกล่าวทั้ง 2 แบบ กระทำโดยแยกจากกันเนื่องจากสมการที่ใช้ในการคำนวณเพื่อควบคุมเครื่องกลึงแตกต่างกัน

การกลึงชิ้นงานทรงกลมเว้าเข้า (ใน Quadrant ที่ 2)

รูปที่ 6.18 แสดงลักษณะของชิ้นงานทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด 0 และมีรัศมีของส่วนโค้ง = R ก่อนการกลึงชิ้นงานนี้ในขั้นสุดท้าย ชิ้นงานจะถูกกลึงขึ้นรูปโดยการกลึงชิ้นงานอย่างหยาบให้เป็นชิ้นงานทรงกระบอกที่มีรัศมี D1



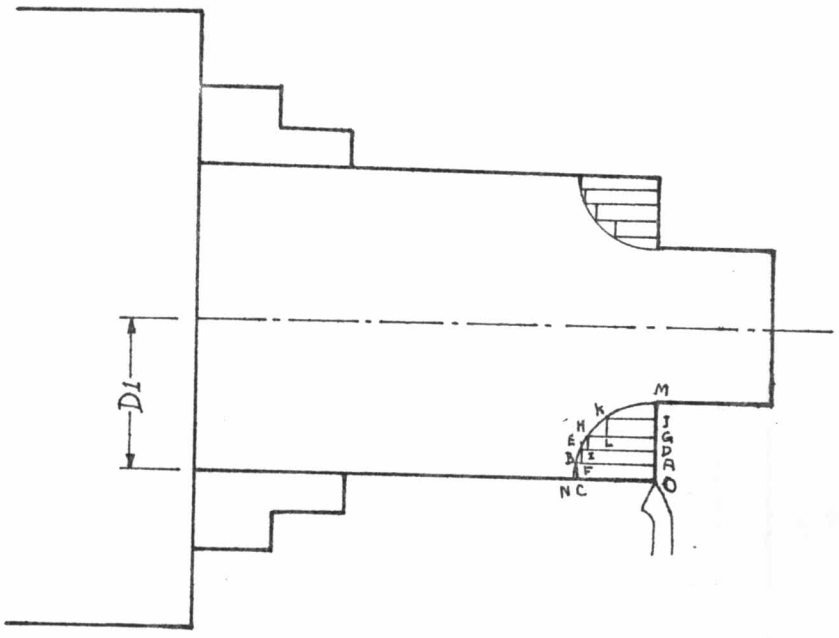
รูปที่ 6.18 ลักษณะชิ้นงานทรงกลมเว้าเข้า (ใน Quadrant ที่ 2)

ในการกลึงชิ้นงานทรงกลมเว้าเข้า (ใน Quadrant ที่ 2) พิจารณาจากรูปที่ 6.18 โดยที่ปลายมีดกลึงอยู่ที่จุด O ในการเริ่มกลึงชิ้นงานเมื่อให้การเคลื่อนที่เพื่อส่งแก่แท่นมีดกลึง ในแนวแกนกัดลึก (แกน Y) เท่ากับ ค่า Depth of Cut จะต้องมีการคำนวณระยะทางสำหรับการเคลื่อนที่เพื่อส่งแก่แท่นมีดในแนวแกนยาว (แกน X) โดยใช้สมการ

$$X*X + Y*Y = R*R$$

$$X = SQR\ (R*R - Y*Y)$$

ค่า X ที่ได้เป็นค่าระยะทาง สำหรับการเคลื่อนที่เพื่อส่งแก่แท่นมีดกลึงในแนวแกนยาว (แกน X) สำหรับค่าความลึก Y



รูปที่ 6.19 การเดินมีดกลึงในการกลึงชิ้นงานทรงกลมเว้าเข้า

รูปที่ 6.19 แสดงแนวทางการเคลื่อนที่มีดกลึงเพื่อกลึงชิ้นงานทรงกลมเว้าเข้า โดยการเคลื่อนที่มีดกลึงเพื่อตัดชิ้นงาน จะเป็นดังนี้

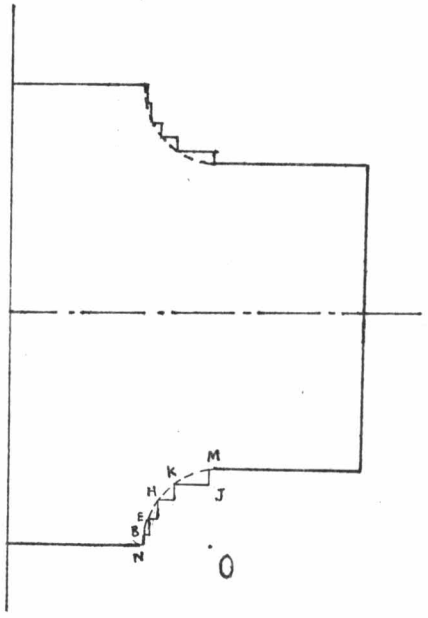
รอบที่ 1 มีดกลึงจะเคลื่อนที่จากจุด O→A→B→C→O

" 2 " " O→A→D→E→F→A

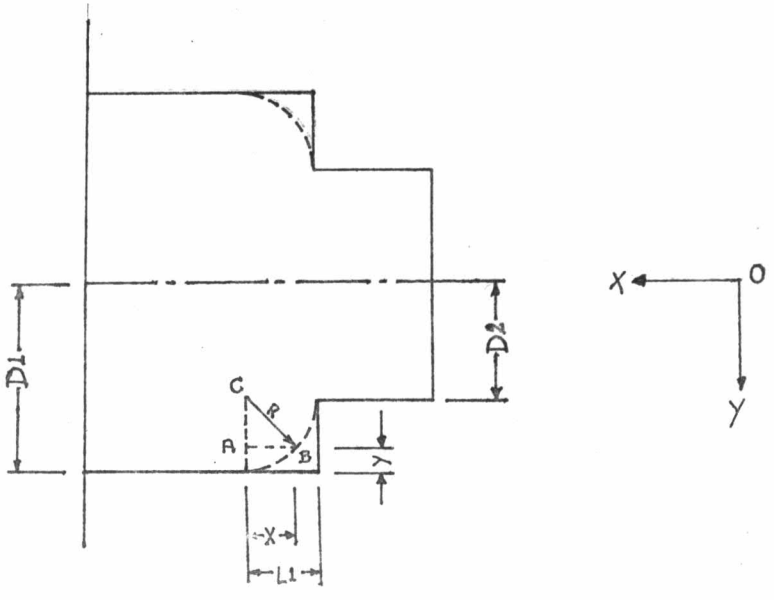
" 3 " " A→D→G→H→I→D

" 4 " " D→G→J→K→L→G

เมื่อสิ้นสุดการกลึงในขั้นนี้จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะตามรูปที่ 6.2ϕ จากนั้นจะทำการเดินมีดกลึงเพื่อตัดชิ้นงานตามแนวเส้นโค้งเพื่อให้ได้ชิ้นงานทรงกลมเว้าเข้าตามที่ต้องการ โดยการเดินมีดกลึงเพื่อตัดจาก G→J→M→K→H→E→B→N เป็นการสิ้นสุดการกลึงชิ้นงานทรงกลมเว้าเข้า



รูปที่ 6.2ϕ ชิ้นงานก่อนการกลึงตามเส้นโค้ง



รูปที่ 6.21 ลักษณะชิ้นงานทรงกลมนูนออก(ใน Quadrant ที่ 4)

รูปที่ 6.21 แสดงลักษณะของชิ้นงานทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด C และมีรัศมีของส่วนโค้ง = R ก่อนการกลึงชิ้นงานนี้ในขั้นสุดท้าย ชิ้นงานจะถูกกลึงขึ้นรูปโดยการกลึงชิ้นงานอย่างหยาบให้เป็นชิ้นงานทรงกระบอกที่มีรัศมี D1

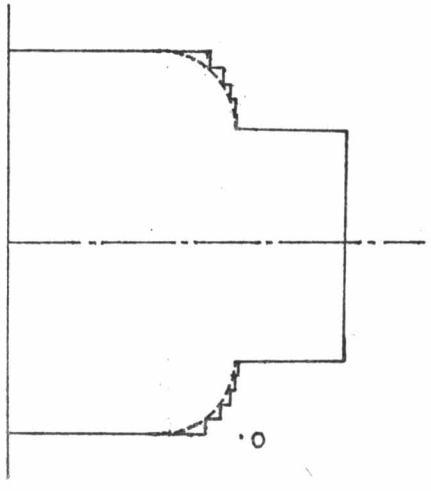
ในการกลึงชิ้นงานทรงกลมนูนออก (ใน Quadrant ที่ 4) พิจารณาจากรูปที่ 6.21 โดยที่ปลายมีดกลึงอยู่ที่จุด O ในการเริ่มกลึงชิ้นงานเมื่อให้การเคลื่อนที่เพื่อส่งแก่แท่นมีดกลึง ในแนวแกนกัดลึก (แกน Y) เท่ากับค่า Depth of Cut จะต้องมีการคำนวณระยะทางสำหรับการเคลื่อนที่เพื่อส่งแก่แท่นมีดในแนวแกนยาว (แกน X) โดยใช้สมการ

$$X = SQR\ (2*R*Y - Y*Y)$$

$$L = L1 - X$$

ค่า L ที่ได้เป็นค่าระยะทางสำหรับการเคลื่อนที่เพื่อส่งแก่แท่นมีดกลึงในแนวยาว (แกน X) สำหรับค่าความลึก Y

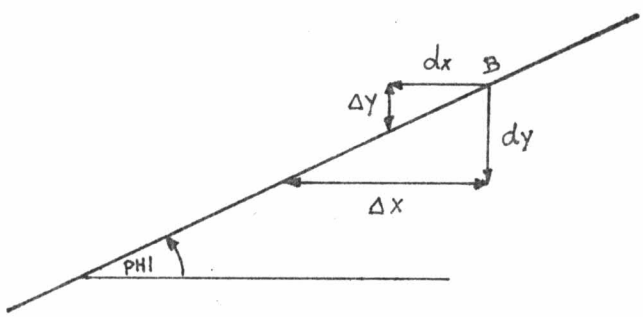
แนวทางการเคลื่อนที่มีดกลึงเพื่อกลึงชิ้นงานทรงกลมนูนออก จะเป็นลักษณะดังเช่น การเคลื่อนที่มีดกลึงสำหรับการกลึงชิ้นงานทรงกลมเว้าเข้า ซึ่งจะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะ ดังรูปที่ 6.22 จากนั้นทำการเดินมีดกลึงเพื่อตัดตามแนวเส้นโค้งเพื่อให้ได้ชิ้นงานทรงกลมนูนออกตามที่ต้องการ



รูปที่ 6.22 ชิ้นงานก่อนการกลึงตามเส้นโค้ง Quadrant ที่ 4

จ) หลักการเคลื่อนที่มีดกลึงตาม Curve

จากคุณสมบัติของ Stepping Motor แท่นมีดกลึงจะเลื่อนไปทางแนวแกนใดแกนหนึ่งได้สั้นที่สุด = 1 Step ของ Motor การเคลื่อนที่มีดกลึงตาม Curve จึงต้องใช้วิธีเป็นขั้นบันไดเล็ก ๆ ให้ใกล้เคียงเส้น Curve จริงมากที่สุด



รูปที่ 6.23 การเดินมีดกลึงเพื่อให้ปลายมีดกลึงอยู่ใกล้ Curve มากที่สุด

จากรูปที่ 6.23 เมื่อปลายมีดกลึงอยู่ที่จุด B ซึ่งอยู่บน Curve การเคลื่อนที่ของมีดกลึงครั้งต่อไป เพื่อให้ปลายมีดกลึงอยู่ใกล้ Curve มากที่สุด จะต้องมีการตรวจสอบก่อนการเคลื่อนที่ว่าควรจะเคลื่อนที่ในแนวแกนไหนก่อนระหว่างแกน X และแกน Y โดยสมการ

ถ้า $\Delta Y / dY \leq 0.5$

เมื่อ dY = ระยะทางในการเคลื่อนที่ทางแกน Y 1 Step

ΔY = ระยะทางในแนวแกน Y จากตำแหน่งเดิมเมื่อมีการเคลื่อนที่ในแนวแกน X 1 Step

จะต้องทำการเคลื่อนที่ในแนวแกน X 1 Step (dX) และจะทำการตรวจสอบดังกล่าวในแต่ละครั้งที่มีการเคลื่อนที่ของมีดกลึง จนกระทั่งเสร็จสิ้นการกลึง