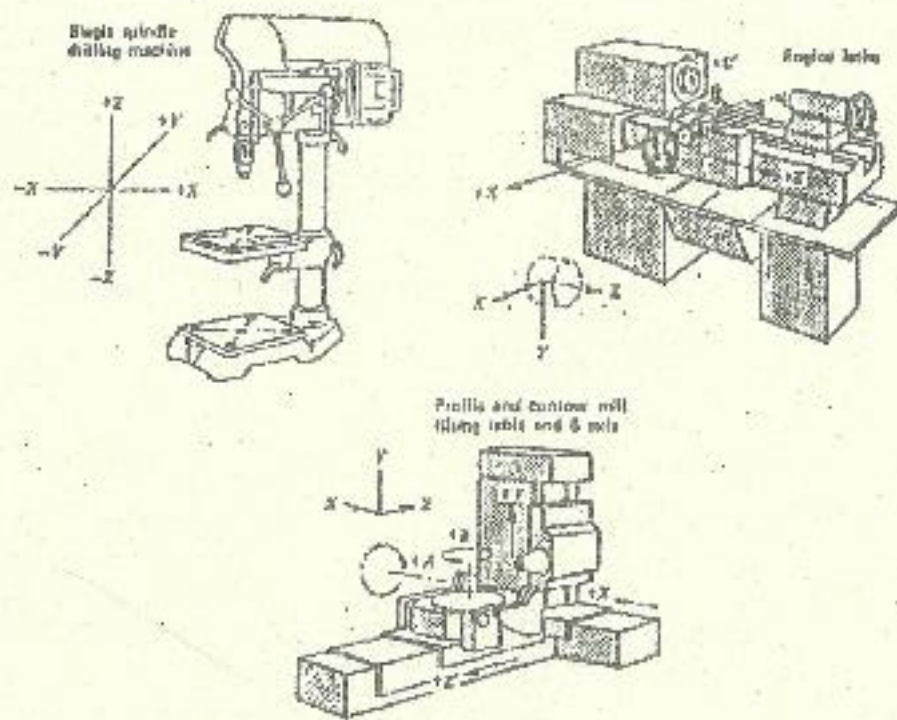


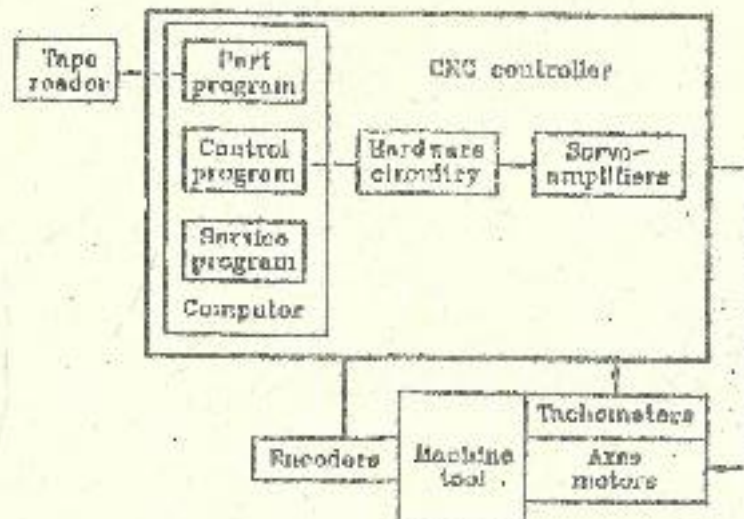
การใช้โปรแกรม AutoCAD ควบคุมเครื่อง CNC

บทคัดย่อ

ขบวนการในการจะทำการผลิตชิ้นงานทางกลด้วยเครื่อง CNC นั้น ขั้นตอนแรกที่จะต้องดำเนินการก็คือการนำไฟล์สร้างชิ้นงานนั้น ๆ ขึ้นมา ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องเรารวบรวมข้อมูลก่อน ๆ โปรแกรม AutoCAD ควบคุมเครื่อง CNC นี้ เป็นโปรแกรมที่ช่วยจัดการข้อมูลทางของชิ้นงานที่เขียนด้วยโปรแกรม AutoCAD แล้วแปลงข้อมูลนั้นไปเป็นข้อมูลสำหรับการผลิต ขั้นตอนแรกแบบที่สร้างขึ้นมาจะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบของข้อมูลมาตรฐาน Data Interchange File Format หรือที่เรียกกันสั้น ๆ ว่ารูปแบบ DXF โปรแกรมควบคุม ซี เอ็น ซี นี้จะแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ DXF นี้ได้ไปอยู่ในรูปแบบที่เครื่อง ซี-Code แล้วข้อมูลนั้นแปลงผ่านที่ควบคุมส่งผ่านไปยังเครื่อง ซี เอ็น ซี โดยผ่านทาง Serial Communication Port แล้วไปสู่ระบบควบคุมเครื่อง ซี เอ็น ซี ชนิด Vertical Milling Machine



รูปที่ 1 ตัวอย่างของเครื่องมือกลที่ใช้กับระบบ เอ็นซี และ ซีเอ็นซี



รูปที่ 2 โดยแผนกรมแสดงการทำงานของ ระบบ ซีเอ็นซี

หน้า

เครื่องผลิตชิ้นงาน มีเครื่องขึ้นรูปแบบต่าง ๆ ที่ตั้งการขึ้นรูปด้วยกระบวนการผลิตอย่างใกล้ชิด ความแม่นยำของเครื่องขึ้นรูปที่ได้ขึ้นรูปขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือการผลิต การขึ้นรูปแบบต่าง ๆ ที่นำมาใช้กับเครื่องขึ้นรูป แต่เป็นระบบที่ควบคุมการทำงานของเครื่องขึ้นรูปให้สามารถทำงานได้ตามแบบอย่างที่เราต้องการ

เริ่ม ที่ (NC, Numerical Control) machines ได้เริ่มเข้ามาใช้กันอย่างกว้างขวางด้านผลิตชิ้นงานด้วยความสามารถในการทำงานที่แม่นยำและที่เที่ยงตรง เครื่องขึ้นรูปของโรงงานที่ผลิตชิ้นงานขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูป เริ่ม ที่ ตัวนี้ ความสามารถในการขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบอัตโนมัติในการผลิตชิ้นงานได้ได้คุณภาพดีเยี่ยม ในกรณีที่ผลิตชิ้นงานแบบเดียวกันเป็นจำนวนมาก ๆ ขึ้นด้วยเครื่องขึ้นรูปนี้ ในกรณีที่ผลิตชิ้นงานที่ต้องมีการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือขึ้นรูปที่ต่างกัน ซึ่งก็ขึ้นกับลักษณะของชิ้นงานที่เราต้องการขึ้นรูปได้ง่ายถึงขั้นมีอุปกรณ์ที่ให้อุปกรณ์ใหม่ ๆ ชิ้นงานที่ผลิตในแต่ละครั้งก็อาจจะมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ อัตราการขึ้นรูปที่ช้าเกินไป ทำให้ต้นทุนในการผลิตชิ้นงานนี้ สูงขึ้นในกรณีที่มีการผลิตจำนวนมาก ชิ้นงานของเครื่องขึ้นรูปที่ 1 ซึ่งมีลักษณะคล้ายกันแบบอื่น แบบอื่น ให้เราเห็นว่าเครื่องขึ้นรูปนี้ เริ่ม ที่ (CNC, Computer Numerical Control) เป็นเครื่องขึ้นรูปแบบอัตโนมัติที่สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องขึ้นรูปนี้ อีกอย่างหนึ่งก็คือการเคลื่อนที่ของปลายหัวจับ (Tool Tip) สามารถโปรแกรมเป็นรหัสคำสั่งได้ (G-code) หมายความว่า เมื่อต้องการผลิตชิ้นงานแบบหนึ่งแล้วหลาย ๆ ชิ้น ก็ทำการสร้างโปรแกรมรหัสคำสั่งเกี่ยวกับวิธีการเคลื่อนที่ตามรูปแบบที่ผลิตชิ้นงานนั้น ๆ เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำงาน เครื่องขึ้นรูปแบบอัตโนมัติที่ควบคุมเครื่องขึ้นรูปที่ 1 นั้นก็จะทำการเปลี่ยนรหัสคำสั่งเป็นคำสั่งเพื่อสั่งให้โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวจับ เมื่อต้องการผลิตชิ้นงานแบบอื่นอีกก็เพียงแต่สั่งให้โปรแกรมเปลี่ยนไปทำงานตามรูปแบบที่ผลิตชิ้นงานนั้น เครื่องขึ้นรูปที่ 2 นั้นก็เช่นเดียวกัน เครื่องขึ้นรูปที่ 3 ก็ทำการผลิตชิ้นงานนั้นตามโปรแกรมที่ได้อีกไป จะเห็นว่าการผลิตชิ้นงานแบบเดียวกันหลาย ๆ ชิ้น ระบบนี้จะเหมาะสมมาก และที่สำคัญคือ คุณภาพของชิ้นงานที่ผลิตได้นั้นจะสม่ำเสมอเหมือนกันตลอดความแม่นยำอื่นเนื่องจากในขณะผลิตชิ้นงานนั้นระบบจะไม่ผิดพลาด แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับระบบที่ 1 นั้น ที่นี้ก็คือการโปรแกรมรหัสคำสั่งไม่ง่ายเลย ต้องมีการควบคุมตัวควบคุมทั้งทางด้านการผลิตชิ้นงานนั้นและความสามารถในการสร้างโปรแกรมด้วย รหัสคำสั่งที่เพิ่มเติมกับภาษาของตัว (Assembly) ของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นเอง ซึ่งการโปรแกรมนี้ไม่ง่ายเลย และโปรแกรมที่สร้างก็อาจผิดพลาด เพราะฉะนั้นจึงเป็นการยากที่จะฝึกคนขึ้นมา เพื่อให้มีความชำนาญในการสร้างโปรแกรมด้วย รหัสคำสั่งนี้จึงเป็นส่วนหนึ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาโปรแกรมที่สร้างรหัสคำสั่ง จากข้อมูลของชิ้นงานที่สร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม AutoCAD นี้

เครื่อง ซี เอ็น ซี (CNC machines)

เครื่อง ซี เอ็น ซี ที่ใช้กันโดยทั่วไปอาจจะมีลักษณะและค่าความแม่นยำต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของงาน ค่าความเที่ยงตรงที่ต้องการ และเงินทุนที่สามารถจัดหาได้ แต่ไม่ว่าเครื่อง ซี เอ็น ซี จะเป็นลักษณะใดก็จะมีลักษณะของการควบคุมการทำงานที่คล้ายคลึงกันดังแสดงไว้ในรูปที่ ๑ และมีองค์ประกอบพื้นฐานที่เหมือนกัน

โปรแกรมการทำงาน

ระบบ ซี เอ็น ซี ใช้แบ่งโปรแกรมการควบคุมการทำงานของเครื่อง ซี เอ็น ซี ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

พารามิเตอร์ ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรูปทรงทางเรขาคณิตและสถานการณ์การทำงานของเครื่องนั้นๆ เช่น ความเร็วของสปินเดิลมอเตอร์ (spindle motor) และอัตราการป้อนชิ้นงาน เป็นต้น

การแก้ไขข้อมูล ใช้ในการตรวจสอบ แก้ไข และเปลี่ยนแหล่งข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในส่วนของพารามิเตอร์ เช่น การเปลี่ยนแหล่งความเร็วของสปินเดิลมอเตอร์ เป็นต้นจากการที่สามารถเปลี่ยนแหล่งข้อมูลแก้ไขข้อมูลได้ง่าย จึงทำให้การผลิตชิ้นงานด้วยเครื่อง ซี เอ็น ซี มีความคล่องตัวสูง

การควบคุม ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องนั้นๆให้เป็นไปตามชุดคำสั่งที่ได้รับ ในส่วนของพารามิเตอร์นี้มีความแตกต่างการทำงานที่สำคัญ ๔ อย่าง คือ

1 การอินเตอร์โพลเลชัน (Interpolation) จะทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนอิสระของเครื่องให้เป็นไปตามทางเดิน (path) ที่ต้องการ

2 การควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงาน (feed rate control) จะทำการควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงานให้มีความคงที่ตลอดการดำเนินงานของเครื่องนั้นๆ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นอัตราเร็ว

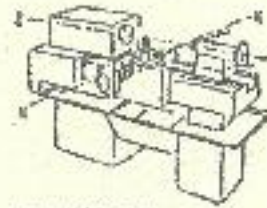
3 การควบคุมค่าความแม่นยำและความเร็ว จะทำหน้าที่ตรวจสอบแรงที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานให้มีความคงที่ โดยการลดหรือเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนชิ้นงาน

4 การบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ จะทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องนั้นๆ เพื่อว่าค่าเบี่ยงเบนกับค่าอ้างอิงหรือตำแหน่งที่ตั้งของการเคลื่อนที่ของแกนเครื่องเคลื่อนที่ไป

สำหรับชื่อเรียกของเครื่องมีหลายประเภทต่าง ๆ ได้ถูกกำหนดเป็นมาตรฐานโดย American National Machinist Metalworking Manufacturing ดังแสดงในรูปที่ ๑



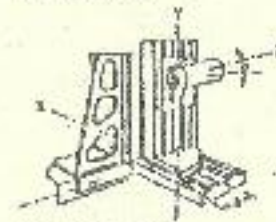
MILLING MACHINE
KNEE-TYPE
VERTICAL SPINDLE



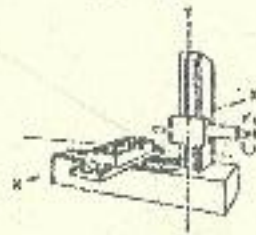
ENGINE LATHE



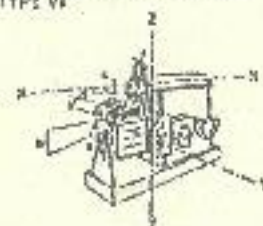
TURRET LATHE



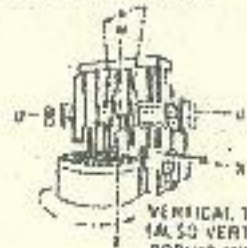
MILLING MACHINE
PROFILING AND CONTOURING
TYPE VI



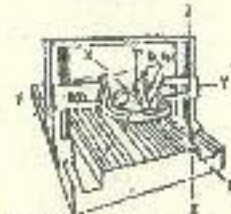
HORIZONTAL BORING MILL



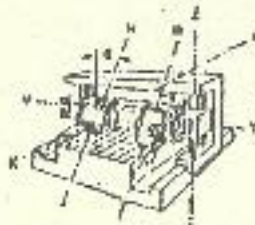
SHAPE



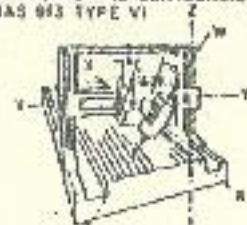
VERTICAL TURRET LATHE
(ALSO VERTICAL
BORING MILL)



MILLING MACHINE
PROFILING AND CONTOURING
NBS 943 TYPE VI



SKIN MILL
NBS 911 TYPE I CLASS II



MILLING MACHINE
PROFILING AND CONTOURING
TYPE VI

รูปที่ ๑ มาตราฐานการกำหนดชื่อรองเครื่องมียก โดย American
Machinist Metalworking Manufacturers

ภาษาที่ใช้ในการติดต่อสัมพันธ์กัน ๑๕๖๖ ปี ๑๕๖๖ ปี

โดยทั่วไป ในการผลิตสิ่งของด้วยเครื่องจักร ที่ เริ่ม ที่ จะต้องมีการเตรียมข้อมูล
และจัดเตรียมชุดคำสั่งให้เครื่องในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์หรือหน่วยประมวลผลจะเข้าใจได้ ซึ่ง
ชุดที่เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการผลิตสิ่งของนั้นจะแยกได้เป็น 4 ส่วน

1. ข้อมูลที่ได้โดยตรงจากแบบ ได้แก่ ขนาดของชิ้นงาน เช่น ความสูง ความกว้าง เป็นต้น รูปร่างของชิ้นงาน เช่น เส้นตรง ส่วนโค้ง เป็นต้น การคำนวณหาทางเดินของผิวเผินจะคำนวณได้จากข้อมูลเหล่านี้

2. ข้อมูลที่ใช้กำหนดราคามีเตอร์ของเครื่องวัด การกำหนดพารามิเตอร์ของ
เครื่องวัดจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัววัด ค่าความผิดพลาดที่คำนวณ ทิศทางที่งานและทิศทาง
อัตราการใช้เงินที่งาน ความเร็วของการวัด และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ เช่น การเปิด
หรือปิดของของเหลวที่ใช้จะบอกความแม่นยำ

๓. ปริมาณที่ได้อาจมีเกินกว่าปริมาณที่คำนวณได้เนื่องจากความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ และมีความจำเป็นต้องมีการปรับปรุงข้อมูลให้มีความถูกต้องและทันสมัยอยู่เสมอ

๕ มีอยู่ทั้งสี่อย่างกับระบบควบคุม หักมูลค่าที่ใช้ในการดำเนินงานกับระบบควบคุม
โดยตรง เช่น ความเร่ง และความเฉื่อย เป็นต้น

วิธีการเตรียมตัวอย่างดังต่อไปนี้ 4 ตัวอย่างในปริมาณที่เห็นมาตรฐานนั้น เราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี

1. การเชื่อมต่อข้อมูลตัวอักษร ผู้ทำการป้อนข้อมูลจะเป็นผู้จัดเตรียมข้อมูลทั้งหมด โดยเริ่มจากการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ การหาพื้นที่ของหน่วยคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม การคำนวณหาทางเดินของคีย์เคอร์เซอร์ และการกระทำของข้อมูลลงในโปรแกรมการคำนวณในแต่ละบันทึกของโปรแกรมการประมวลผลขั้น 1 ชุดคำสั่ง ซึ่งประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของคีย์เคอร์เซอร์ จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยรวมถึงคำสั่งที่ใช้ส่งงานโดยตรงกับระบบควบคุม รหัสมาตรฐานที่นิยมใช้ทำงานกับเครื่อง ซี เอ็ม ที คือรหัสมาตรฐาน ซี ไอ เอ็ม อาร์ เอส 273 (RIA Standard RS-273) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่ารหัส ซี หรือ จีโคด (G-code) รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลทั่วไปสำหรับเครื่อง ซี เอ็ม ที มีดังนี้

u g xyzab f s t m eoh

โดยที่ n คือ รหัสสำหรับตัวเลขแสดงลำดับการตรวจงาน

[illegible][illegible]

๕. คืบ ขนสีน้ำตาลดำบริเวณคอกับขาหน้ามีขนยาว

- ๓ คือ รหัสสำหรับกำหนดความถี่ของเวลา
- ๔ คือ รหัสสำหรับกำหนดความเร็ว
- ๕ คือ รหัสสำหรับกำหนดอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ
- ๑๐๒ คือ การจบชุดคำสั่งภายในบล็อก

จากรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลทั่วไปที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงได้มีการแบ่งวิธีการโอนข้อมูลออกเป็น ๔ แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการผลิตเป็นมาตรฐานที่จะใช้แบบใด ดังนี้

1. บล็อกซีเควนเชียลเฟิร์มแมท (Fixed sequential format) รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลนั้นจะมีความยาวของข้อมูล และจำนวนบิตหรือที่เรียกว่าบิตต่อวินาทีในบล็อกเท่ากันทุกบล็อก บิตนำขึ้นของรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลนี้ คือ ผู้เขียนจะต้องโอนข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลงในบล็อกทุกบล็อก

2. บล็อกแอดเรสเฟิร์มแมท (Block address format) รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลนั้นจะจัดเรียงข้อมูลในส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลงไป โดยไม่ต้องเรียงตัวกันต่อกันแบบธรรมดา แต่จะมีรหัสที่ตามหลังตัวเลขแสดงลำดับการทำงานนั้นจึงได้ (เอ็ม ซี ยู (MCU, machine control unit) รู้ว่าค่าใดที่จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเพื่อเทียบกับบล็อกที่เพิ่งจะจบสิ้นไป

3. แทบซีเควนเชียลเฟิร์มแมท (Tab sequential format) รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลนั้นจะให้ทราบจำนวนหรือจำนวนว่างเป็นการแบ่งข้อมูลภายในบล็อก ข้อมูลใดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงก็ให้เป็นวรรคว่างในบล็อก เอ็ม ซี ยู ก็จะนำข้อมูลในบล็อกที่เพิ่งจะจบสิ้นไปมาใช้ในบล็อกต่อไป ตัวอย่าง การโอนข้อมูลด้วยแบบซีเควนเชียล

001 01 07500 06250 10000 812 718 ๑๐๒

002 08725 06750 ๑๐๒

003 05000 520 620 ๐1 ๑๐๒

4. เวิร์ดแอดเรสเฟิร์มแมท (Word address format) รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลนั้นจะประกอบด้วย ตัวอักษร และตัวเลข โดยแต่ละข้อมูลที่อยู่ภายในบล็อกจะต้องนำหน้าด้วยตัวอักษร เพื่อแสดงชนิดของข้อมูลที่ตามมา ตัวอย่าง การโอนข้อมูลด้วยเวิร์ดแอดเรส

x001 x01 x075000 y06250 z10000 f812 s718 ๑๐๒

x002 x08752 y06750 ๑๐๒

x003 x05000 f520 s620 m01 ๑๐๒

ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการสั่งงานให้พิมพ์เครื่อง ซี เอ็ม ที มีดังนี้

- 1 รหัสสำหรับตัวเลขของลำดับการทำงาน (Sequence number)
รหัส N ใช้ในการแสดงลำดับการทำงานก่อน-หลัง สำหรับเครื่อง ซี เอ็ม ที ตัวเลขที่ตามหลังรหัสนี้ได้ไม่เกิน 4 หลัก (N0 - N9999) ในแต่ละขบัตินี้จะแสดงว่ารหัสลำดับการทำงานใดเขียนตัวเดียว
- 2 รหัสสำหรับกำหนดวิธีการเคลื่อนที่ (Preparatory Function)
รหัส G คือ ตัวเลขที่ตามหลังรหัสจะบอกถึงวิธีการเคลื่อนที่ของโต๊ะเครื่อง เช่น G01 เป็นรหัสที่กำหนดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง เป็นต้น ตัวเลขที่ตามหลังรหัสนี้ได้ไม่เกิน 2 หลัก ในขบัตินี้หนึ่ง ๆ สามารถที่จะใช้รหัส G นี้ได้มากกว่า 1 รหัส ตารางที่ 1 เป็นชุดคำสั่งสำหรับกำหนดวิธีการเคลื่อนที่ตามมาตรฐานของ อี ไอ เอ
- 3 รหัสสำหรับกำหนดอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ (Miscellaneous function) รหัส M เป็นรหัสที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ เช่น นำมาใช้ร่วมในการผลิตชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น รหัส M30 เป็นการสั่งงานให้เบลา (Spindle) หยุดตามเงื่อนไขที่กำหนด เห็นได้ชัด ตารางที่ 2 เป็นรหัสสำหรับกำหนดอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ ตามมาตรฐานของ อี ไอ เอ
- 4 รหัสสำหรับกำหนดเครื่องมือ (Tool function) รหัส T ใช้ในการกำหนดค่าของเครื่องมือของเครื่องที่ติดตั้งใช้ในการผลิตชิ้นงาน
- 5 รหัสสำหรับอัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ (Feedrate) (รหัส F) ใช้ในการกำหนดอัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ของโต๊ะเครื่อง
- 6 รหัสสำหรับกำหนดความเร็วของเบลา (speed) รหัส S คือ ตัวเลขที่ตามหลังรหัสนี้ได้ไม่เกิน 4 หลัก
- 7 รหัสสำหรับกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ ผู้ใช้สามารถกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้ 2 แบบ คือ แบบแรกเป็นการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ทุกตำแหน่งที่เทียบเท่ากับจุดอ้างอิงเชิงจุดเดียว (absolute) ส่วนแบบที่สองเป็นการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ซึ่งเทียบกับตำแหน่งตั้งต้นเสมอ (relative)

2 การเตรียมข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer assisted preparation)

ผลิตชิ้นงาน เราได้จะพบว่าชิ้นงานนั้นมีความซับซ้อน จึงเป็นความยากที่จะสามารถหาทางเดินของจุดศูนย์กลางของโต๊ะเครื่องได้ ดังนั้นจึงได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยเตรียมข้อมูลที่จะส่งเข้าไปยังเครื่อง ซี เอ็ม ที จากการทำนายของโปรแกรม

ตาราง 1 รหัสสำหรับกำหนดวิธีการเคลื่อนที่ตามมาตรฐาน 3100
(EIA Standard RS-273)

Code	Function
G00	Point to point, positioning
G01	Linear interpolation
G02	Circular interpolation arc CW
G03	Circular interpolation arc CCW
G04	Dwell
G05	Hold
G06 & G07	Unassigned
G08	Acceleration
G09	Deceleration
G10	Linear interpolation (long dimensions)
G11	Linear interpolation (short dimensions)
G12	Unassigned
G13-G16	Axis selection
G17	xy plane selection
G18	xz plane selection
G19	yz plane selection
G20	Circular interpolation arc CW (long dimensions)
G21	Circular interpolation arc CW (short dimensions)
G22-G24	Unassigned
G25-G29	Permanently unassigned
G30	Circular interpolation arc CCW (long dimensions)
G31	Circular interpolation arc CCW (short dimensions)
G32	Unassigned
G33	Thread cutting, constant lead
G34	Thread cutting, increasing lead
G35	Thread cutting, decreasing lead

ตาราง 1 รหัสสำหรับกำหนดวิธีการเคลื่อนให้ตามมาตรฐาน ไอไอเอ
(EIA Standard RS-273) (ต่อ)

Code	Function
G30-G39	Reserved for control use only
G40	Cutter compensation cancel
G41	Cutter compensation-left
G42	Cutter compensation-right
G43-G49	Cutter compensation if used; otherwise unassigned
G50-G59	Unassigned
G60-G79	Reserved for positioning only
G80	Fixed cycle cancel
G81	Fixed cycle 1
G82	Fixed cycle 2
G83	Fixed cycle 3
G84	Fixed cycle 4
G85	Fixed cycle 5
G86	Fixed cycle 6
G87	Fixed cycle 7
G88	Fixed cycle 8
G89	Fixed cycle 9
G90-G99	Unassigned

พริต 2 รหัสสำหรับกำหนดอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ตามมาตรฐาน อีไอเอ
(EIA Standard RS-273)

Code	Function
M00	Program stop
M01	Optional (planned) stop
M02	End of program
M03	Spindle CW
M04	Spindle CCW
M05	Spindle stop
M06	Tool change
M07	Coolant No.2 ON
M08	Coolant No.1 ON
M09	Coolant OFF
M10	Clamp
M11	Unclamp
M12	Unassigned
M13	Spindle CW & coolant ON
M14	Spindle CCW & coolant ON
M15	Motion 1
M16	Motion ..
M17-M24	Unassigned
M25-M29	Permanently unassigned
M30	End of tape
M31	Interlock bypass
M32-M35	Constant cutting speed
M36-M39	Unassigned
M40-M45	Gear changes (if used) otherwise unassigned
M46-M49	Reserved for control use only
M50-M99	Unassigned

ส่วนนั้นจะเป็นการลดเวลาและผลที่ได้จะมีความถูกต้อง ภาษาที่นิยมใช้เพื่อเขียนข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ เอ พี ที (APT, Automatically Programmed Tool) ซึ่งคิดค้นโดย Electronic System Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology (MIT) เอ พี ที จัดเป็นภาษาระดับสูง (high level language) ที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ในการใช้งาน ผู้ใช้จะต้องกำหนดรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงาน ทางเส้นตรงก้นเดือย ค่าความเค้นขนาดเกลียว และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องมือ จากนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะนำค่าพารามิเตอร์ทางเดินของจุดศูนย์กลางของกลึงเตอร์ และลำดับการป้อนชิ้นงาน ฯลฯ นอกจากภาษา เอ พี ที แล้วยังมีภาษาอื่น ๆ ที่ใช้กับเครื่อง จี ซีเอส ซี เช่น CNC, COMFACT II, ADAPT, EXAPT, AUTOSPOT, AUTOPROMPT และ SPLIT เป็นต้น

การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์และคำนวณหาการเคลื่อนที่ของกลึงเตอร์

การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ผ่านทางการเคลื่อนที่ของกลึงเตอร์นั้นจะหาได้โดยใช้การวิเคราะห์เวกเตอร์เรขาคณิต (Vector Geometry) ค่าพจน์และทิศทางของการเคลื่อนที่ของกลึงเตอร์ที่สำคัญ ๆ มีดังนี้คือ

การวิเคราะห์ทางทิศทางการเคลื่อนที่สำหรับการเพาะร่องชิ้นงาน จากรูปที่ 5 ถ้าทราบพิกัดของจุดสามจุด $C(x_{c1}, y_{c1}), (x_{c2}, y_{c2}), (x_{c3}, y_{c3})$ ซึ่งอยู่บนส่วนโค้งเดียวกัน จะสามารถคำนวณหาจุดศูนย์กลาง $C(x_c, y_c)$ ของส่วนโค้งของวงกลมนี้ได้ดังสมการที่ 1 หรือ 2 กล่าวคือ

$$x_c = \frac{m_1 x_{c1} - y_{c1} - m_2 x_{c2} + y_{c2}}{m_1 - m_2} \quad (1)$$

$$y_c = m_1(x_c - x_{c1}) + y_{c1} = m_2(x_c - x_{c2}) + y_{c2} \quad (2)$$

โดยที่

(x_c, y_c) เป็นจุดที่จะหาค่าทางทิศทางการเคลื่อนที่ และเป็นจุดที่อยู่ห่างจากจุดกำเนิดเป็นระยะทางที่สั้นที่สุด

$(x_{c1}, y_{c1}), (x_{c2}, y_{c2})$ เป็นจุดกึ่งกลางที่อยู่บนเส้น I'_1 และ I'_2 ตามลำดับ
 m_1, m_2 เป็นค่าความชันของเส้นตรง I'_1, I'_2 ตามลำดับ

จากรูปที่ 5 นี้ จะเห็นว่าเราสามารถหาค่าทางทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวตัดได้โดยการนำเวกเตอร์ $\vec{H}$ มาคูณแบบเวกเตอร์ (cross product) กับเวกเตอร์ $\vec{F}$ ($\vec{H} \times \vec{F}$) และนำเวกเตอร์ $\vec{G}$ มาคูณแบบเวกเตอร์กับเวกเตอร์ $\vec{H}$ ($\vec{G} \times \vec{H}$) จึงจะสรุปได้ว่า

$$\text{ถ้า } -(x_{n+1} - x_{n+2})(y_{n+1} - y_{n+2}) + (x_{n+2} - x_n)(y_n - y_{n+1}) < 0 \quad (2)$$

การเคลื่อนที่จะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา

$$\text{ถ้า } -(x_{n+1} - x_{n+2})(y_{n+1} - y_{n+2}) + (x_{n+2} - x_n)(y_n - y_{n+1}) > 0 \quad (4)$$

การเคลื่อนที่จะเป็นทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

แต่สมการที่ 3 และ 4 จะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อมุมที่เส้นตรงทั้งสองทำกันเป็นมุมแหลมและมุมโขนเท่านั้น กล่าวคือมีมุมมีขนาดว่า 180 องศา ดังรูปที่ 6 ถ้ามุมที่เส้นตรงทั้งสองทำกันมากกว่า 180 องศา ผลลัพธ์ที่ได้ในสมการที่ 3 และ 4 จะกลับกัน

การวิเคราะห์หาตำแหน่งเริ่มต้นสำหรับการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์ เมื่อทราบวิถีทางของแนวการเข้าร่องแล้ว จะต้องพิจารณาทิศทางของคัตเตอร์ด้วย เพราะในการควบคุมเครื่อง ซี เอ็ม ที นั้น ตำแหน่งของคัตเตอร์ที่เคลื่อนที่ไปจะเป็ตำแหน่งกึ่งกลางของหัวคัตเตอร์ และนั่นจึงต้องมีการ compensa ขนาดของหัวตัดเข้าไปกับแนวการเข้าร่องที่คัตเตอร์เข้า

รูปที่ 7 และ 8 เป็นรูปที่แสดงวิธีการหาตำแหน่งเริ่มต้นของการเข้าร่อง โดยกำหนดให้ เวกเตอร์ $\vec{A}$ เป็นเวกเตอร์ที่ขนานกับรัศมีของวงกลมที่สัมผัสกับเส้นโค้งที่จุด (x, y) และเวกเตอร์ $\vec{B}$ เป็นเวกเตอร์ที่ขนานกับที่ตั้งฉากกับเวกเตอร์ $\vec{A}$ จะได้ว่า

$$\vec{A} \times \vec{B} = 0 \quad (5)$$

$$\text{หรือ} \quad a = x + (b - y)(dy/dx) \quad (6)$$

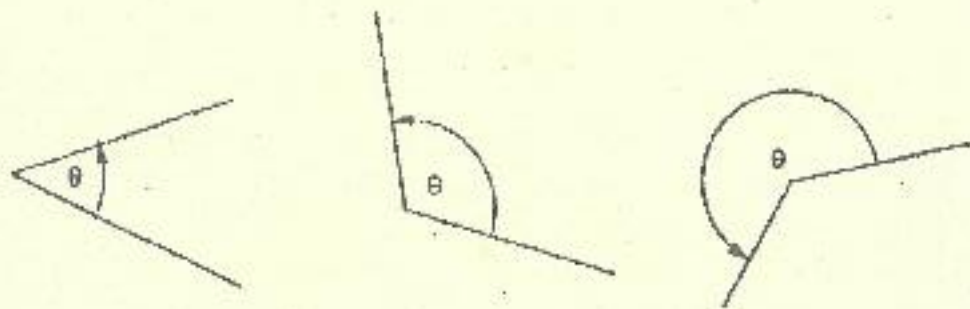
และถ้าเรารู้พิกัดศูนย์กลางของหัวคัตเตอร์มีขนาดเท่ากับ D จะได้ว่า

$$M = \frac{D[(a-x)^2 + (b-y)^2]}{2\sqrt{(a-x)^2 + (b-y)^2}} \quad (7)$$

สมการที่ 7 เป็นสมการเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับเวกเตอร์ที่สัมผัสกับเส้นโค้งที่จุด (x, y) และมีจุดศูนย์กลางของเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับจุด (x, y) เท่ากับรัศมีของคัตเตอร์ดังในรูปที่ 7 แต่สมการที่ 7 ยังไม่เพียงพอที่จะกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนของคัตเตอร์ได้ สมการที่จะช่วยในการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนของคัตเตอร์ จะหาได้จากผลคูณเวกเตอร์ของเวกเตอร์ $\vec{A}$ และ เวกเตอร์ $\vec{B}$ ($\vec{A} \times \vec{B}$) ซึ่งสรุปได้ว่า

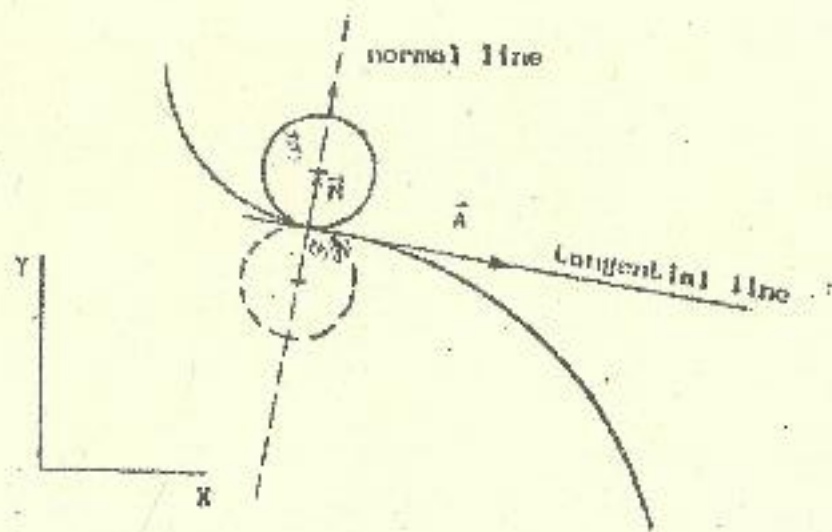
$$\text{ถ้า } (b-y)(dx/ds) - (a-x)(dy/dx) > 0 \quad (8)$$

จะเป็นการเข้าร่องตามเข็มนาฬิกาและทิศทางทวนเข็มนาฬิกา หรือ การเข้าร่องทวนเข็มนาฬิกาและทิศทางตามเข็มนาฬิกา

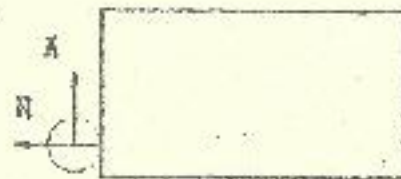
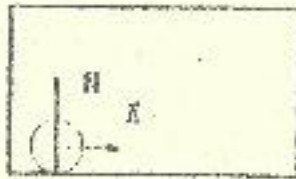


(ก) มุมแหลม ($0 < \theta < \pi/2$) (ข) มุมป้าน ($\pi/2 < \theta < \pi$) (ค) มุมกลับ ($\pi < \theta < 2\pi$)

รูปที่ 6 การวัดมุมที่เกิดจากด้านที่ประกอบกันที่จุดพิจารณา

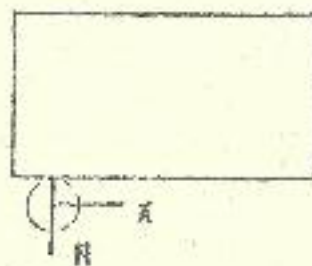
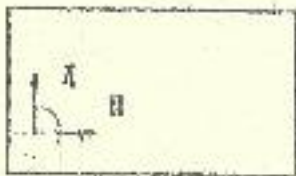


รูปที่ 7 ตำแหน่งของคัทเตอร์ที่อยู่บนพาราโบลาคู่หนึ่งห่างจากเส้นสัมผัสเส้นโค้งที่จุด (x, y) มีได้ 2 จุด



เซตว่างภายในและภายนอก $x \times h > 0$ เซตว่างภายในและภายนอก $x \times h > 0$

เซตว่างภายในและภายนอก $x \times h < 0$ เซตว่างภายในและภายนอก $x \times h < 0$



รูปที่ 6 ตำแหน่งและทิศทางของการเซตว่างของคิกเตอร์

$$\text{ถ้า } (b-y)(dx/ds) = (a-x)(dy/ds) \quad (8)$$

จะเป็นการเข้าร่องภายในและทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือ การเข้าร่องภายนอกและทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

ดังนั้น การกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของการเข้าร่องที่งานจะหาได้จากสมการ 6, 7 และ 8 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ทางด้านทอพอโลยี สำหรับวิธีการเคลื่อนที่ของคัทเตอร์ ในการเข้าร่องที่งานจะพบว่า เส้นขอบที่ถูกนำมาประกอบกันเป็นรูปร่างที่งานนั้น ประกอบด้วยเส้นตรงหรือเส้นโค้งหลาย ๆ เส้น ทิศทางเดินของคัทเตอร์จะถูกกำหนดโดยวิถีทางของขอบการเข้าร่องของชิ้นงาน และเส้นทางเดินของคัทเตอร์ต้องมีการเปลี่ยนทิศทางเดิน จากเส้นตรงเป็นเส้นโค้ง หรือจากเส้นโค้งเป็นเส้นตรง ด้วยเส้นตรงหนึ่งจะมีเส้นตรงอีกเส้นหนึ่งหรืออาจจะจากส่วนโค้งหนึ่งไปเป็นอีกส่วนโค้งหนึ่ง ซึ่งตำแหน่งที่เปลี่ยนของวิถีจะขึ้นกับลักษณะของงานให้ได้ก่อน เพื่อให้ทางเดินของคัทเตอร์ขนานกับไปกับขอบของการเข้าร่องของชิ้นงานที่ต้องการ

เส้นตรงกับเส้นตรง

จากรูปที่ 9 กำหนดให้ (x_{n-1}, y_{n-1}) , (x_{n+1}, y_{n+1}) เป็นตำแหน่งเริ่มต้นของคัทเตอร์ที่จะเคลื่อนที่ไปตามเส้นตรง L_1 และ L_2 ตามลำดับ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 6, 7 และ 8

L'_1 , L'_2 เป็นทางเดินของคัทเตอร์ที่ขนานกับเส้นตรง L_1 , L_2 ตามลำดับ

m_1 , m_2 เป็นค่าความชันของเส้นตรง L_1 , L_2 ตามลำดับ

(x_0, y_0) เป็นตำแหน่งที่คัทเตอร์จะเริ่มเปลี่ยนแนวทางเดินดังในรูปที่ 9 ซึ่งหาได้จากตัวสมการที่ 9 และ 10 คือ

$$x_0 = \frac{m_1 x_{n-1} - y_{n-1} - m_2 x_{n+1} + y_{n+1}}{m_1 - m_2} \quad (9)$$

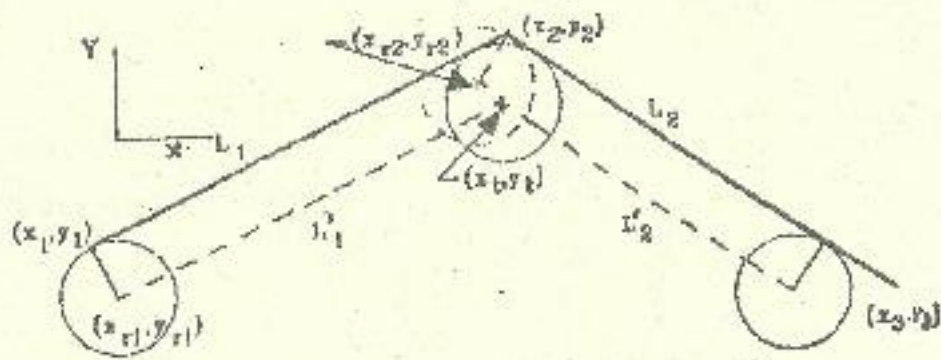
$$y_0 = m_1(x_0 - x_{n-1}) + y_{n-1} = m_2(x_0 - x_{n+1}) + y_{n+1} \quad (10)$$

เส้นตรงกับเส้นโค้ง

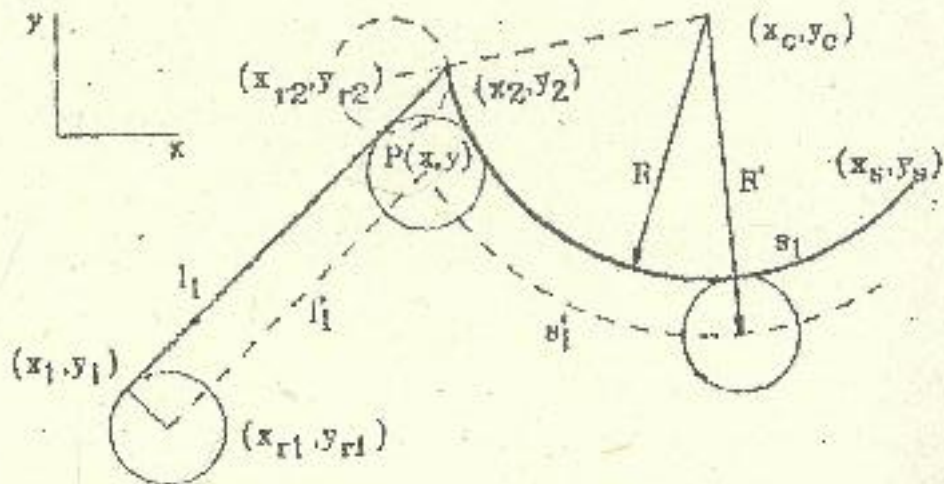
จากรูปที่ 10 ให้ (x_{n-1}, y_{n-1}) , (x_{n+1}, y_{n+1}) เป็นตำแหน่งเริ่มต้นของคัทเตอร์ที่จะทำการเข้าร่องชิ้นงานตามเส้นตรง L_1 และเส้นโค้ง C_1 ตามลำดับ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 6-8

r เป็นรัศมีของคัทเตอร์

L'_1 เป็นทางเดินของคัทเตอร์ที่ขนานกับเส้นตรง L_1



รูปที่ 9 ตำแหน่งที่คัทเตอร์เริ่มเปลี่ยนแนวทางเดินจากเส้นตรง l_1 เป็นเส้นตรง l_2



รูปที่ 10 ตำแหน่งที่คัทเตอร์เริ่มเปลี่ยนแนวทางเดินจากเส้นตรง l_1 เป็นเส้นโค้ง s_1

s'_1 เป็นทางเดินของจุดศูนย์กลางของคิรเคอร์ที่ขนานกับเส้นโค้ง s_1

$P(x, y)$ เป็นค่าพิกัดที่จุดกลางคิรเคอร์ ซึ่งเป็นค่าพิกัดที่จุดใด ๆ จะเริ่มเปลี่ยนแนวทางเดินดังในรูปที่ 10 ซึ่งหาได้ดังนี้คือ

$$\begin{aligned} y &= mx - mx_{c1} + y_{c1} - mx + b \\ x &= \frac{x_{c1} - mk}{1+m^2} + \frac{1}{\sqrt{K^2(1+m^2) - (mx_{c1} + K)^2}} \\ K &= b - y_{c1} \\ b &= -mx_{c1} + y_{c1} \\ K' &= K + r \end{aligned}$$

เส้นโค้งกับเส้นโค้ง

จากรูปที่ 11 ให้ $(x_{c1}, y_{c1}), (x_{c2}, y_{c2})$ เป็นค่าพิกัดเริ่มต้นของคิรเคอร์ที่จะทำการตรวจสอบว่างานตามเส้นโค้ง s_1 และเส้นโค้ง s_2 ข้ามค่าใด ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 8-8

r เป็นรัศมีของคิรเคอร์

s'_1 เป็นทางเดินของจุดศูนย์กลางของคิรเคอร์ที่ขนานกับเส้นโค้ง s_1

s'_2 เป็นทางเดินของจุดศูนย์กลางของคิรเคอร์ที่ขนานกับเส้นโค้ง s_2

$(x_{c1}, y_{c1}), (x_{c2}, y_{c2})$ เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม 2 วงที่ตัดกันทางทแยงมุม ซึ่งจะเป็นค่าพิกัดที่คิรเคอร์เปลี่ยนทิศทาง การเคลื่อนที่จะสลับโค้งหนึ่งไปยังอีกส่วนโค้งหนึ่ง ซึ่งหาได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 12 ประกอบ) คือ

$$\begin{aligned} x_{c1} &= x_{c2} + R_1 \cos(\alpha_1) \\ y_{c1} &= y_{c2} + R_1 \sin(\alpha_1) \\ x_{c2} &= x_{c1} + R_2 \cos(\alpha_2) \\ y_{c2} &= y_{c1} + R_2 \sin(\alpha_2) \\ \alpha_1 &= \beta - \theta \\ \alpha_2 &= \beta + \theta \\ \beta &= \tan^{-1}(c/a) \\ c &= \sqrt{R_1^2 - a^2} \\ a &= (R_1^2 - R_2^2 + b^2)/2b \\ \theta &= \tan^{-1}(y_{c1} - y_{c2})/(x_{c1} - x_{c2}) \end{aligned}$$

การนิยามและเลือกใช้ตำแหน่งโหนด ให้กำหนดเป็นวิธีสมมติสมรรถภาพของตำแหน่งทั้งสองที่
ห่างจาก (x_2, y_2) ตำแหน่งโหนดใดที่มีค่าน้อยที่สุดก็จะเลือกใช้ตัวที่ตำแหน่งนั้น

โครงสร้างของโปรแกรม

รูปที่ 13 เป็นผังแสดงการรับที่ข้อมูลจากภายนอก เมื่อนำมาพิจารณาที่ส่วนที่ 3 จะ
ใช้ในการควบคุมเครื่อง ที่อื่น ๆ จะเห็นว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นนั้นต้องการข้อมูลสอง
ส่วนใหญ่ ๆ ตัวที่หนึ่งคือ ข้อมูลที่กำหนดสภาพการทำงานซึ่งจะกล่าวต่อไปในภายหลัง และข้อ
มูลที่เกี่ยวกับรูปทรงของชิ้นงาน ข้อมูลเกี่ยวกับรูปทรงของชิ้นงานนี้เราสามารถใช้โปรแกรมสร้างโดย
อาศัยโปรแกรม AutoCAD เป็นหลัก โดยรับข้อมูลของรูปทรงที่อาจขึ้นใจจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ใน
ข้อมูลมาตรฐานของภาษาพีจีที่เรียกว่า ดี อิน เทอร์ เชจ (DXF, Data Interchange File
Format) ซึ่งจะมีรูปแบบมาตรฐานที่กำหนดไว้ รูปแบบมาตรฐานของ ดี อิน เทอร์ เชจ จะ
ได้จากคู่มือโปรแกรม AutoCAD ซึ่งได้อธิบายไว้ละเอียดแล้ว จึงจะไม่นำมากล่าวซ้ำในที่นี้

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จะมีลักษณะการทำงานดังแสดงไว้ในรูปที่ 14 ซึ่งสามารถ
แบ่งการทำงานของโปรแกรมออกเป็นส่วน 9 ส่วนดังนี้

1. การรับข้อมูล
2. การขอประเภทของข้อมูล
3. การแปลงข้อมูล POLYLINE ให้เป็นข้อมูล LINE และ ARC
4. การกำหนดค่าความลึกสำหรับการทำงาน
5. การคำนวณหาพิกัดของข้อมูลที่ใกล้เคียงกับจุดที่กำหนด
6. การกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์
7. การคำนวณหาตำแหน่งและทางเดินของจุดศูนย์กลางของคัตเตอร์
8. การย่อ-ขยายขนาดของชิ้นงาน
9. การเขียนรหัส พี

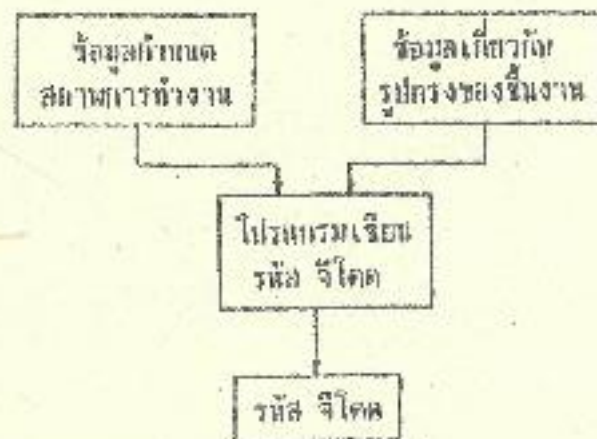
1. การรับข้อมูล

ข้อมูลที่โปรแกรมเขียนรหัส พี รับเข้ามานั้น เราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2

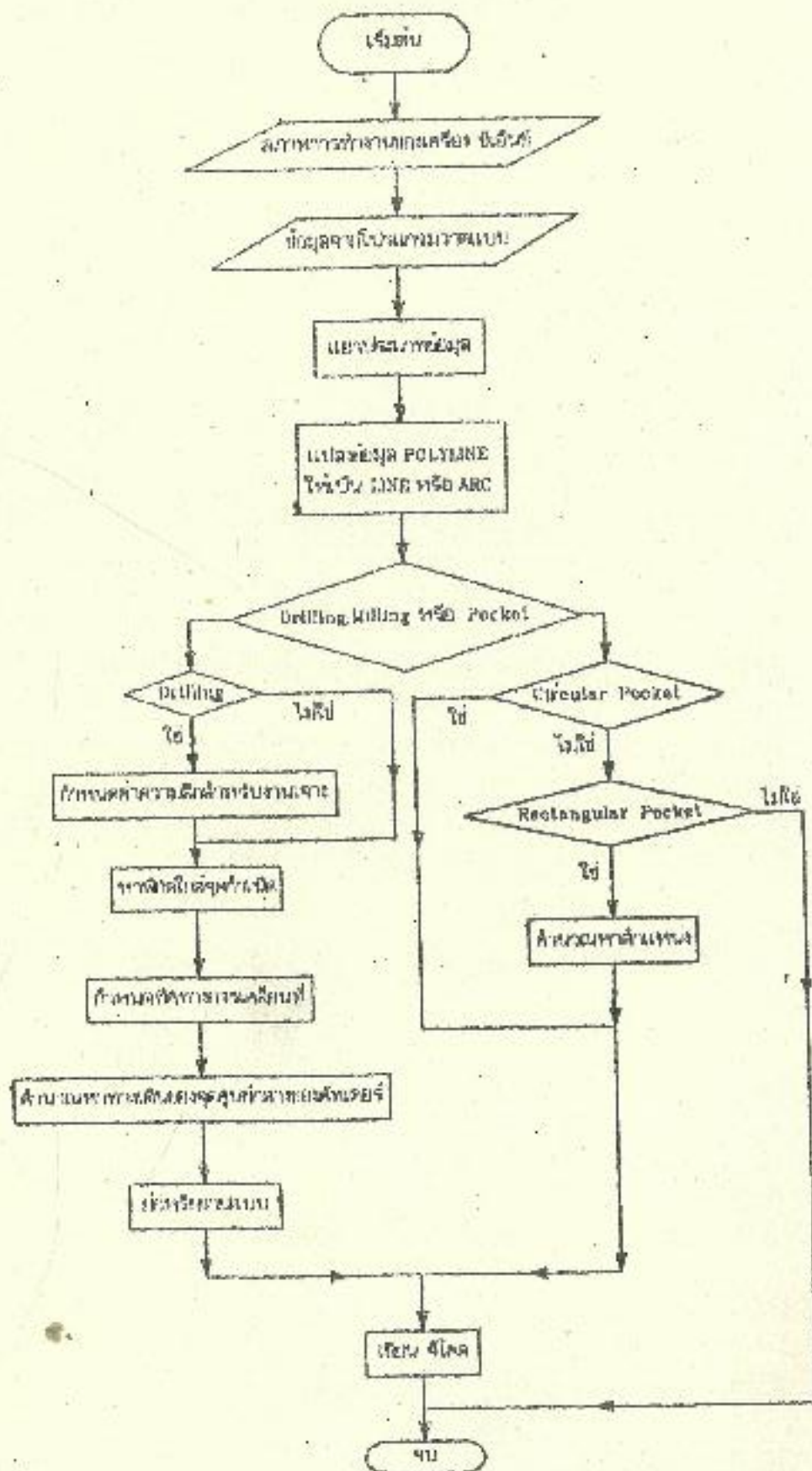
ส่วน คือ

1.1 ข้อมูลที่ใช้กำหนดสภาพการทำงานของเครื่อง พี เช่น ที่ ข้อมูลส่วนนี้จะ
ได้จากผู้ใช้ เช่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคัตเตอร์ หน่วยที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานและอัตรา
การป้อนชิ้นงาน เป็นต้น

1.2 ข้อมูลที่ใช้กำหนดรูปทรงของชิ้นงาน ข้อมูลส่วนนี้จะได้จากข้อมูลมาตรฐาน
ฐานของโปรแกรมมาตรฐาน ออโตแคด ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูล LINE, CIRCLE,
ARC, POLYLINE และ BLOCK



รูปที่ 13 แผนผังการรับข้อมูลจากภายนอก เพื่อนำมาเขียนรหัส จีโคด



รูปที่ 14 ผังแสดงการทำงานของโปรแกรมเขียนรหัส ซีที

2. การแสดงประเภทของข้อมูล

ข้อมูลที่ได้รับจาก โปรแกรมวาดแบบ ลอไดแนก ในรูปของข้อมูลแบบมาตรฐานนั้น จะประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือ

2.1 ข้อมูลที่เป็นส่วนของภาพชุด หรือข้อมูล BLOCK

2.2 ข้อมูลที่เป็นส่วนขององค์ประกอบภาพที่จะใช้ในการผลิตชิ้นงาน

ในส่วนส่วนของภาพชุดประกอบด้วยข้อมูล LINE, CIRCLE, ARC และ POLYLINE เช่นเดียวกับส่วนที่เป็นองค์ประกอบของภาพ ดังนั้น เมื่อมีการนำส่วนของภาพชุดเข้ามาใช้ในส่วนของการจัดประกอบภาพ ข้อมูลของส่วนที่เป็นภาพชุดก็จะถูกแยกเก็บตามประเภทของข้อมูลเดิมจนกระทั่งเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบภาพ

3. การแปลงข้อมูล POLYLINE ให้เป็นข้อมูล LINE หรือ ARC

เนื่องจากข้อมูล POLYLINE เป็นข้อมูลที่มีการจัดเรียงลำดับต่อเนื่องกัน จึงทำให้ข้อมูล POLYLINE ไม่สะดวกสำหรับการคำนวณหาทางเดินของลำเลียง ดังนั้น เราจึงต้องแปลงข้อมูล POLYLINE ให้เป็นข้อมูล LINE หรือ ARC ก่อนการคำนวณในขั้นตอนต่อไป

4. การกำหนดค่าความลึกสำหรับการวางชิ้นงาน

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้แทนที่ตัว J ได้กำหนดให้ข้อมูล CIRCLE เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการวางชิ้นงาน ดังนั้น ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลม ก็คือ ตำแหน่งที่จะวางของเครื่อง ซึ่งเมื่อเคลื่อนที่ไป ผู้ใช้สามารถที่จะกำหนดค่าความลึกสำหรับการวางให้มีค่าเท่าที่ขุดหรือไม่ขุดก็ได้ สำหรับกรณีที่ผู้ใช้ได้กำหนดให้ค่าความลึกของงานจะมีค่าไม่เท่ากัน โปรแกรมก็จะคำนวณถึงค่าความลึกที่ต้องการลงแต่ละชนิด

5. การคำนวณหาพิกัดของข้อมูลที่ให้จุดกำเนิดมากที่สุด

การหาพิกัดของข้อมูลนี้ก็จะให้ผลนำมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการพิจารณาพิกัดทางและตำแหน่งสำหรับการเคลื่อนที่ของคัทเตอร์ ผู้ใช้สามารถกำหนดให้พิกัดของการเคลื่อนที่ของคัทเตอร์ได้เป็น 4 แบบดังนี้

- 5.1 การเข้าขุดรอบภาพของของชิ้นงาน และทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- 5.2 การเข้าขุดรอบภาพในตรงของชิ้นงาน และทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- 5.3 การเข้าขุดรอบภาพนอกของของชิ้นงาน และทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- 5.4 การเข้าขุดรอบภาพนอกของของชิ้นงาน และทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

6. การกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ของคัทเตอร์

เมื่อโปรแกรมสามารถหาพิกัดทางและการเคลื่อนที่ของคัทเตอร์ได้แล้ว โปรแกรมก็จะนำข้อมูลเหล่านี้มาจัดเรียงลำดับก่อน-หลัง เพื่อให้ได้ทิศทางของการเคลื่อนที่ของคัทเตอร์ตามที่ผู้ใช้กำหนด

7. การคำนวณหาตำแหน่งและทางเดินของจุดศูนย์กลางของคัทเตอร์

ข้อมูลที่ได้จัดไว้ล่วงหน้าคือก่อน-หลังแล้ว จะถูกนำมาคำนวณหาตำแหน่งและทางเดินของจุดศูนย์กลางของคัทเตอร์ เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณของชิ้นงานและขนาดของคัทเตอร์ที่จะใช้ในการผลิต

8. การย่อ-ขยายขนาดของชิ้นงาน

เมื่อโปรแกรมสามารถคำนวณหาตำแหน่งและทางเดินของจุดศูนย์กลางของคัทเตอร์ได้แล้ว โปรแกรมก็จะทำการตรวจสอบว่าผู้ใช้ต้องการย่อ-ขยายขนาดหรือไม่ ถ้าพบว่าผู้ใช้ต้องการทำการย่อ-ขยายขนาดของชิ้นงาน โปรแกรมก็จะทำการย่อขยายให้ตามที่ใช้กำหนด โดยที่ค่าของการย่อ-ขยายขนาดจะกระทำในทิศทาง X และ Y เท่านั้น

9. การเขียนรหัส G

ข้อมูลที่เก็บทางเดินของจุดศูนย์กลางของคัทเตอร์ จะถูกนำมาเขียนรหัส G เพื่อใช้ในการสั่งงานให้กับเครื่อง CNC เช่น G01 G02 G03 โปรแกรมนี้พบว่า ในการผลิตชิ้นงานหนึ่งงานจะแบ่งงานแต่ละร่องชั้น (layer) ที่ชื่อเครื่องเขียนโปรแกรมจะเขียนรหัส G สำหรับงานแต่ละชั้นงานเข้าด้วยกัน และในการนี้ที่โปรแกรมพบว่า ผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแปลงจุดอ้างอิงจากจุดกำเนิดไปตรงจุดใด ๆ แล้ว โปรแกรมก็จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดนั้นใหม่ พร้อมกับการเขียนรหัส G

การใช้งานโปรแกรม

ก่อนการใช้งานโปรแกรมเขียนรหัส G นี้ ผู้ใช้จะต้องเขียนแบบของชิ้นงานที่ต้องการด้วยโปรแกรมวาดแบบ ออโตแคด และเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐานด้วยคำสั่ง DXFOUT จากนั้นจึงจะนำข้อมูลนั้นมาให้กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสำหรับการเขียนรหัส G เมื่อโปรแกรมนี้ถูกนำมาใช้งานจะปรากฏภาพดังแสดงในรูปที่ 15 โปรแกรมนี้สามารถเขียนรหัส G สำหรับงานแต่ละร่องหรืองานทำ pocket เพื่อง่ายต่อช่างหนึ่ง ดังนั้น ผู้ใช้จึงต้องกำหนดให้โปรแกรมทราบว่า ผู้ใช้ต้องการเลือกการเขียนรหัส G สำหรับงานประเภทใด

ข้อความที่ปรากฏบนจอภาพจะเป็นข้อมูลที่ใช้กำหนดสภาพการทำงานของเครื่อง CNC เช่น G01 ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลที่ปรากฏบนจอภาพ เพื่อให้เหมาะสมกับการผลิตชิ้นงานในแต่ละแบบ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ใช้กำหนดสภาพการทำงานของเครื่อง CNC สำหรับงานแต่ละร่องนั้น โปรแกรมได้กำหนดให้ใช้หน่วยวัดใหญ่ของมิลและนิ้ว ความที่ปรากฏบนจอภาพเป็นคำสั่งสำหรับการเปลี่ยนแปลงข้อมูล อีกครั้งที่ให้เป็นคำสั่งเปลี่ยนแปลงข้อมูลจะประกอบด้วยจำนวนอักขระอย่างน้อย 2 ตัว หรืออาจจะให้เติมค่าของคำสั่งที่ขึ้นต้นด้วยอักขระตัวใหญ่ก็ได้

เมื่อผู้ใช้ได้กำหนดสภาพการทำงานของเครื่อง CNC เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็

ลดต้นทุน คือ การสั่งให้โปรแกรมทำการคำนวณหาตำแหน่งและทิศทาง การเขียนรหัส
จี และการส่งรหัส จี ไปยังเครื่อง ซี เอ็น ซี จำสั่งที่ใช้มีดังนี้

1. Execute เป็นคำสั่งให้โปรแกรมทำการคำนวณและเขียนรหัส จี
2. Read เป็นคำสั่งให้โปรแกรมเข้าสู่โปรแกรมการส่งข้อมูล
3. Quit เป็นคำสั่งเลิกการใช้งานโปรแกรมการเขียนรหัส จี

การทดสอบโดยการผลิตชิ้นงานจริง

รูปที่ 16 เป็นลักษณะของชิ้นงานที่มีรูรับความหนาเท่ากันตลอด บนทรงสี่เหลี่ยม
เกิดจากการประกอบกันของเส้นโค้ง จุดอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งและเขียนรหัส
จี คือ (20,30) แบบจำลองการเคลื่อนที่ การกำหนดสภาพการทำงานต่าง ๆ ของ
เครื่อง ซี เอ็น ซี และผลของการเขียนรหัส จี แสดงไว้ในรูป 16(ข), 16(ค), 16
(ง) ตามลำดับ

รูปที่ 17 เป็นแบบของชิ้นงานที่มีการแบ่งชั้น (Layer) ของการเก็บข้อมูลออกเป็น 5
ชั้นดังรูปที่ 17(ข) ซึ่งแต่ละชั้นของการเก็บข้อมูลจะหมายถึงแต่ละชั้นของทรงการผลิตชิ้น
งาน ดังนี้

1 ชั้นของชั้นเก็บข้อมูล LAYER 1 ใช้สำหรับงานทำ pocket ที่เพดาน
เพื่อลดระดับความหนาของชิ้นงาน การกำหนดสภาพการทำงาน และผลของการเขียนรหัส
จี ได้แสดงไว้ในรูปที่ 17(ค)

2 ชั้นของชั้นเก็บข้อมูล LAYER 2 ใช้สำหรับงานทำ pocket วงกลม เพื่อ
ลดระดับความหนาของชิ้นงาน การกำหนดสภาพการทำงาน และผลของการเขียนรหัส จี
ได้แสดงไว้ในรูปที่ 17(ง)

3 ชั้นของชั้นเก็บข้อมูล LAYER 3 ใช้สำหรับงานเจาะรูของชิ้นงานภายนอก
เพื่อลดระดับความหนาของชิ้นงานที่เหลืจากงานทำ pocket การกำหนดสภาพการทำงาน
และผลของการเขียนรหัส จี ได้แสดงไว้ในรูปที่ 17(จ)

4 ชั้นของชั้นเก็บข้อมูล LAYER 4 ใช้สำหรับงานเจาะรูของชิ้นงานภายใน
เพื่อคว้านรู การกำหนดสภาพการทำงาน และผลของการเขียนรหัส จี ได้แสดงไว้ใน
รูปที่ 17(ฉ)

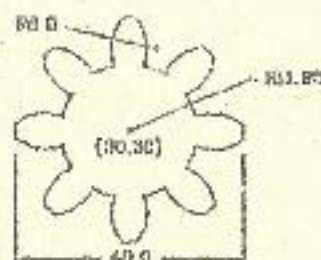
5 ชั้นของชั้นเก็บข้อมูล LAYER 0 ใช้สำหรับงานเจาะรูของชิ้นงานเพื่อให้ได้
ตามแบบที่กำหนดไว้ การกำหนดสภาพการทำงาน และผลของการเขียนรหัส จี ได้
แสดงไว้ในรูปที่ 17(ซ)

สรุป

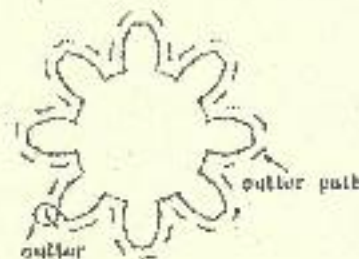
โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถทำการเจาะรูของชิ้นงานที่มีรูปร่างลักษณะ ตามที่ได้สรุป
แบบไว้ในโปรแกรมวาดแบบ และสำหรับงานทำ pocket ในรูปที่เก็บวงกลม และมี

Application of Microcomputer Graphics to control of a CNC Machine		
Version 1.0 (C) Copyright Control Lab., Mech. Dept., Chula. 1987.		
Source filename B-STANDARD.DXF	Standard filename B-STANDARD.STD	Output filename B-STANDARD.CNC
Milling & Drilling condition		
Layer name : 0 cutter direction : CCW cutter PATH : OUTSIDE Dimension in : MILLIMETER cutter diameter : 0.00 cutting depth : 2.00 feed rate : 20.00 Tool position : -30 -30 50 Reference pt. : 0 0 0	drilling feed RATE : 10.00 Height over object : 1.00 drilling Same depth : YES Drilling depth : 11.0 Pocket Making (PM) : NO Compensate Polar Coordinate G40 G52 G51 Scaling 1:1.00	
Inform :		
Comment :		

รูปที่ 15 ภาพที่ปรากฏบนจอภาพเมื่อใช้งานโปรแกรมสำหรับเขียนรหัส จีโค้ด



รูปที่ 16 (ก) ภาพของชิ้นงาน



รูปที่ 16 (ข) ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของ คัทเตอร์

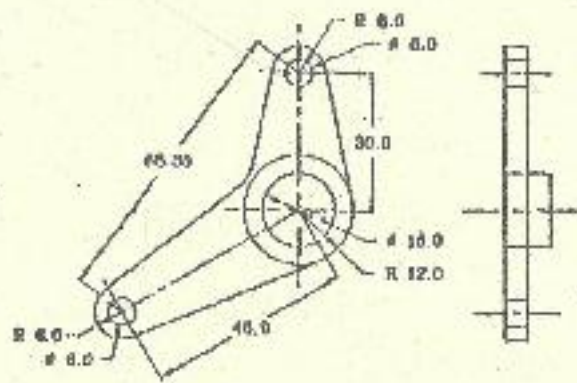
Application of Microcomputer Graphics to control of a CNC Machine		
Version 1.0 (C) Copyright Control Lab., Mech. Dept., Chula. 1987.		
Source filename B-SPUR.DXF	Standard filename B-SPUR.STD	Output filename B-SPUR.CNC
Milling & Drilling condition		
Layer name : 0 cutter direction : CCW cutter PATH : OUTSIDE Dimension in : MILLIMETER cutter diameter : 4.00 cutting depth : 3.00 feed rate : 30.00 Tool position : -30 -30 50 Reference pt. : 30 30 0	drilling feed RATE : 10.00 Height over object : 1.00 drilling Same depth : YES Drilling depth : 3.0 Pocket Making (PM) : NO Compensate Polar Coordinate G40 G52 G51 Scaling 1:1.00	
Inform :		
Comment :		

รูปที่ 16 (ค) ภาพกำหนดสภาพการทำงาน สำหรับแบบของชิ้นงาน

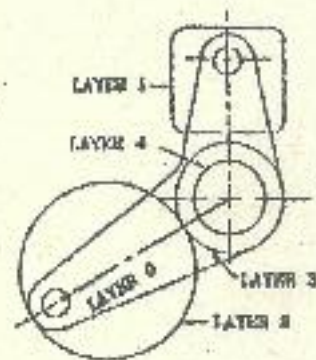
PROGRAM FOR MILLING & DRILLING : D:SCUR.CNC
 LAYER NAME : C DIRECTION : CCW
 PATH : OUTSIDE DIMENSION : MILLIMETER
 MILLING DIA. : 4.00 MILLING DEPTH : 3.00
 MILLING RATE : 20.00
 TOOL POSITION : X -30.00 Y -30.00 Z 50.00
 REFERENCE POSITION : X 30.00 Y 30.00 Z 0.00
 DRILLING RATE : 10.00 HEIGHT ABOVE OBJECT : 1.50
 SAWH DRILLING DEPTH : 2.00
 SCALE : 1.00

N
 N5 G0 G40 G52 G73 G80 G82
 N10 T1
 N15
 N20 T0
 N25 G0 Z50.00
 N30 G0 X-30.00 Y-30.00
 N35 T1
 N40 G0 X-17.00 Y-13.82
 N45 G0 Z1.50
 N50 G1 Z-3.00 F10.00
 N55 F20.00
 N60 G3 X-13.86 Y-17.00 I0.00 J0.00
 N65 G3 X-5.64 Y-12.76 I-13.82 J-7.00
 N70 G3 X-5.03 Y-13.01 I0.00 J0.00
 N75 G3 X-2.15 Y-21.89 I4.82 J-14.72
 N80 G3 X2.15 Y-21.89 I0.00 J0.00
 N85 G3 X5.03 Y-13.01 I-4.82 J-14.72
 N90 G3 X5.64 Y-12.76 I0.00 J0.00
 N95 G3 X13.86 Y-17.00 I13.82 J-7.00
 N100 G3 X17.00 Y-13.86 I0.00 J0.00
 N105 G3 X12.76 Y-5.64 I7.00 J-13.82
 N110 G3 X13.01 Y-5.03 I0.00 J0.00
 N115 G3 X21.89 Y2.15 I14.72 J4.82
 N120 G3 X21.89 Y2.15 I0.00 J0.00
 N125 G3 X13.01 Y5.03 I14.72 J-4.82
 N130 G3 X12.76 Y5.64 I0.00 J0.00
 N135 G3 X17.00 Y13.86 I7.00 J13.82
 N140 G3 X13.86 Y17.00 I0.00 J0.00
 N145 G3 X5.64 Y12.76 I13.82 J7.00
 N150 G3 X5.03 Y13.01 I0.00 J0.00
 N155 G3 X2.15 Y21.89 I-4.82 J14.72
 N160 G3 X2.15 Y21.89 I0.00 J0.00
 N165 G3 X-5.03 Y13.01 I4.82 J14.72
 N170 G3 X-5.64 Y12.76 I0.00 J0.00
 N175 G3 X-13.86 Y17.00 I-13.82 J7.00
 N180 G3 X-17.00 Y13.86 I0.00 J0.00
 N185 G3 X-12.76 Y5.64 I-7.00 J13.82
 N190 G3 X-13.01 Y5.03 I0.00 J0.00
 N195 G3 X-21.89 Y2.15 I-14.72 J-4.82
 N200 G3 X-21.89 Y2.15 I0.00 J0.00
 N205 G3 X-13.01 Y-5.03 I-14.72 J4.82
 N210 G3 X-12.76 Y-5.64 I0.00 J0.00
 N215 G3 X-17.00 Y-13.86 I-7.00 J-13.82
 N220 G1 Z1.50
 N225 G0 Z50.00
 N230 G0 X-30.00 Y-30.00
 N

รูปที่ 16 (ง) รหัส จีโค้ด สำหรับงาน.



รูปที่ ๑๗ (ก) แบบของซี่เกา



รูปที่ ๑๗ (ข) แบบจำลองการเคลื่อนที่ของ
หักเห

Application of Microcomputer Graphics to control of a CNC Machine		
Version 1.0 (C) Copyright Control Lab., Mach. Dept., Chula, 1987.		
Source filename A:CRANK.DXF	Standard filename B:LAY1.SVD	Output filename B:LAY1.CNC
Milling & Drilling operation		
Circs. or rectang. (TTOCK): 748 roughing feed rate (PFE): 30 starting height (HE): 1.00 Max. Xstep over (XY): 4.2 Max. Zdepth per pass (WZ): 1.00 Stock left Finish Cut (SFC): 0.03 Fe rate for Finish Cut (FFC): 35 Tool Diameter (CU): 6.00 Pocket Depth (DR): 3.00		Return to the root menu (RET)
Info :		
Command :		

```

PROGRAM FOR RECTANGULAR POCKET : B:LAY1.CNC
LAYER NAME : 1 DIRECTION : CCW
DIMENSION : MILLIMETER
ROUGHING FEED RATE : 30.00
HEIGHT ABOVE OBJECT : 1.00
POCKET DEPTH : 3.00
MAXIMUM XY STEP OVER : 4.20
MAXIMUM Z DEPTH PER PASS : 1.00
STOCK LEFT FOR FINISH CUT : 0.03
FEED RATE FOR FINISH CUT : 35.00
TOOL DIA : 6.00
TORN POSITION : X -70.00 Y -70.00 Z 70.00
REFERENCE POINT : X 00.00 Y 00.00 Z 0.00
SCALE : 1.00
X
N5 G0 G40 G32 G71 G80 G90
N10 T1
N15
N20 T0
N25 G0 Z70.00
N30 G0 X-70.00 Y-70.00
N35 G0 X-12.50 Y14.20
N40 F 30.00
N45 G20 L940 1.00 V41 25.00 V42 23.10 V43 -3.00
V44 3.00 V45 4.20 V46 1.00 V47 0.03 V48 35.00 V49 8.00
N50 G70
N55 G0 Z70.00
N60 G0 X-70.00 Y-70.00
X
  
```

รูปที่ 17 (ก) การกำหนดสภาวะการทำงาน และ รหัส ซีโคด สำหรับ LAYER 1

Application of Microcomputer Graphics to control of a CNC Machine		
Version 1.0 (C) Copyright Control Lab., Mech. Dept., Chula. 1987.		
Source filename B:CHAMP.DXF	Standard filename D:LAY2.DXD	Output filename D:LAY2.CNC
Milling & Drilling condition		
Cylind. or radTANG.ITPOCK):CIR roughing feed rate(FRF):30 starting height(HS):1.00 Max. XYstep over(XY):4.2 Max Zdepth per pass(MZ):1.00 Stock left Finish Cut(SFC):0.03 Feed rate for Finish Cut(FFC):35 Tool Diameter(CD):0.00 Pocket Depth(ZPR):0.00		Return to the start point(RET)
Inform :		
Comment :		

```

PROGRAM FOR CIRCULAR POCKET : D:LAY2.CNC
LAYER NAME : 2 DIRECTION : CCW
DIMENSION : MILLIMETER
ROUGHING FEED RATE : 30.00
HEIGHT ABOVE OBJECT : 1.00
POCKET DEPTH : 0.00
MAXIMUM XY STEP OVER : 4.20
MAXIMUM Z DEPTH PER PASS : 1.00
STOCK LEFT FOR FINISH CUT : 0.03
FEED RATE FOR FINISH CUT : 35.00
TOOL DIA : 0.00
TOOL POSITION : X -70.00 Y -70.00 Z 70.00
REFERENCE POINT : X 80.00 Y 80.00 Z 0.00
SCALE : 1.00
X
N5 G0 G40 G52 G71 G80 G90
N10 T1
N15
N20 Y0
N25 G0 Z70.00
N30 G0 X-70.00 Y-70.00
N35 F 30.00
N40 G20 L040 1.00 V41 -27.28 V42 -15.75 V43 -3.00
V44 39.00 V45 4.20 V46 1.00 V47 0.03 V48 35.00 V49 0.00
N45 G72
N50 G0 Z70.00
N55 G0 X-70.00 Y-70.00
X
  
```

รูปที่ 17 (ง) การกำหนดแผนภาพการทำงาน และ รหัส จีโค้ด สำหรับ LAYER 2

Application of Microcomputer Graphics to control of a CNC Machine		
Version 1.0 (C) Copyright Control Lab., Mech. Dept., Chula., 1987.		
Source filename H:CHANK.BNF	Standard filename D:LAY3.BTO	Output filename D:LAY3.CNC
Milling & Drilling condition		
Layer name : 3 Cutter direction : CCW Cutter PATH : OUTSIDE Dimension in : MILLIMETER Cutter diameter : 8.00 Milling Depth : 3.00 Feed rate : 30.00 Tool position : -70 -70 70 Reference pt. : 00 00 0	Drilling feed rate : 10.00 Height over object : 1.00 Drilling Same depth : YES Drilling depth : 2.00 Pocket Making (PCM) : NO Comments after canned cycle G40 G82 G01 Scaling 1:1.00	
Inform :		
Appendix :		

PROGRAM FOR MILLING & DRILLING : D:LAY3.CNC
 LAYER NAME : 3 DIRECTION : CCW
 PATH : OUTSIDE DIMENSION : MILLIMETER
 MILLING DIA : 8.00 MILLING DEPTH : 3.00
 MILLING RATE : 30.00
 TOOL POSITION : X -70.00 Y -70.00 Z 70.00
 REFERENCE POSITION : X 00.00 Y 00.00 Z 0.00
 DRILLING RATE : 10.00 HEIGHT ABOVE OBJECT : 1.00
 SAME DRILLING DEPTH : 2.00
 SCALE : 1.00

N
 N3 G0 G40 G82 G71 G80 G90
 N10 T1
 N15
 N20 G0
 N25 G0 X70.00
 N30 G0 X-70.00 Y-70.00
 N35 T1
 N40 G0 X-8.00 Y5.00
 N45 G0 Z1.00
 N50 G1 Z-3.00 F10.00
 N55 F30.00
 N60 G3 X10.00 Y-4.00 I0.00 J0.00
 N65 G3 X2.00 Y0.00 I0.00 J0.00
 N70 G3 X-0.30 Y5.00 I0.00 J0.00
 N75 G1 Z1.00
 N80 G0 Z70.00
 N85 G0 X-70.00 Y-70.00
 N

รูปที่ 17 (จ) การกำหนดสภาพการทำงาน และ รหัส ซีโคด สำหรับ LAYER 3

Application of Microcomputer Graphics to control of a CNC Machine		
Version 1.0 (C) Copyright Control Lab., Mech. Dept., Chula. 1987.		
Source filename B:CAMPR.BRP	Standard filename B:LAY4.SXD	Output filename B:LAY4.CNC
Milling & Drilling condition		
Layer name : 4 cutter Direction : CCW cutter Path : INSIDE Dimension in : MILLIMETER Cutter diameter : 6.00 cutting Depth : 6.00 Feed rate : 30.00 Tool position : 70 70 70 Reference pt. : 00 00 0	drilling Feed RATE : 10.00 Height over object : 1.00 drilling Spindle depth : YES Drilling depth : 2.00 Pocket Making (PCMI) : NO Compensate Polar Command cycle G40 G52 G71 Scaling 1:1.00	
Infinite :		
continued :		

PROGRAM FOR MILLING & DRILLING : B:LAY4.CNC
 LAYER NAME : 4 DIRECTION : CCW
 PATH : INSIDE DIMENSION : MILLIMETER
 MILLING DIA. : 6.00 MILLING DEPTH : 6.00
 MILLING RATE : 30.00
 TOOL POSITION : X -70.00 Y -70.00 Z 70.00
 REFERENCE POSITION : X 00.00 Y 00.00 Z 0.00
 DRILLING RATE : 10.00 HEIGHT ABOVE OBJECT : 1.00
 SAME DRILLING DEPTH : 2.00
 SCALE : 1.00

```

%
N5 G0 G40 G52 G71 G80 G90
N10 T1
N15
N20 T0
N25 G0 Z70.00
N30 G0 X-70.00 Y-70.00
N35 T1
N40 G0 X-0.00 Y1.00
N45 G0 Z1.00
N50 G1 Z-6.00 F10.00
N55 F30.00
N60 G3 X2.21 Y-5.63 10.00 J0.00
N65 G3 X2.02 Y8.70 10.00 J0.00
N70 G3 X-8.80 Y1.88 10.00 J0.00
N75 G1 Z1.00
N80 G0 Z70.00
N85 G0 X-70.00 Y-70.00
%
```

รูปที่ 17 (ณ) การกำหนดสถานะการทำงาน และ รหัส G-code สำหรับ LAYER 4

Application of Microcomputer Graphics to control of a CNC Machine		
Version: 1.0 (C) Copyright Central Lab., Mech. Dept., Chula. 1987.		
Source filename P:PRGRM.DAT	Standard filename S:LAYO.D19	Output filename T:LAYO.CNC
Milling & Drilling condition		
Layer name : 0 cutter direction : CCM cutter PATH : OUTSIDE Dimension in : MILLIMETER cutter diameter : 8.00 cutting depth : 6.00 feed rate : 30.00 Tool position : -70 -70 70 Reference pt. : 80 80 0	drilling feed rate : 10.00 Height over object : 1.00 drilling flange depth : YES drilling depth : 2.00 Pocket Making (POM) : NO Compensate 10mm corner cycle G40 G52 G01 Scaling 1.1 00	
Input :		
Command :		

PRNTRM FOR MILLING & DRILLING : D:LAYO.CNC
 LAYER NAME : 0 DIRECTION : CCM
 PATH : OUTSIDE DIMENSION : MILLIMETER
 MILLING DIA. : 8.00 MILLING DEPTH : 6.00
 MILLING RATE : 30.00
 TOOL POSITION : X -70.00 Y -70.00 Z 70.00
 REFERENCE POSITION : X 80.00 Y 80.00 Z 0.00
 DRILLING RATE : 10.00 HEIGHT ABOVE OBJECT : 1.00
 SAME DRILLING DEPTH : 2.00
 SCALE : 1.00

X
 M6 G0 G40 G52 G71 G80 G90
 M10 T1
 M15
 M20 T0
 M25 G0 Z70.00
 M30 G0 X-70.00 Y-70.00
 M35 T1
 M40 G0 X-56.56 Y-30.32
 M45 G0 Z1.00
 M50 G1 Z-6.00 F10.00
 M55 G00.00
 M60 G1 X-56.76 Y-13.67
 M65 G3 X14.74 Y1.00 I0.00 J0.00
 M70 G1 X0.82 Y31.00
 M75 G3 X-0.82 Y11.00 I0.00 J30.00
 M80 G1 X-12.21 Y15.29
 M85 G2 X 15.05 Y7.33 I-10.11 J11.29
 M90 G1 X-44.47 Y-15.30
 M95 G3 X-35.56 Y-30.32 I-38.27 J-22.50
 M100 G1 Z1.00
 M105 G0 Z70.00
 M110 G0 X-70.00 Y-70.00
 Z

รูปที่ 17 (จ) หน้ากำหนดสภาวะการทำงาน และ รหัส ซีโคด สำหรับ LAYER 0

เพื่อผลิตชิ้นผิวที่มีด้านคู่ขนานกับผืน x และ y ตามลำดับ จากภาพ 1 ได้ขนาดของชิ้นงาน พบว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก ซึ่งสามารถแก้ไขได้แก่

- จากการวาดแบบโดยผู้ใช้งานและความสามารถของโปรแกรมวาดแบบ
- จากการคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความละเอียดจำเพาะสูง
- จากตัวเครื่อง ซี.พี.ยู. ที่

โปรแกรมนี้นอกจากจะแปลงข้อมูลรูปทรงของชิ้นงานที่สร้างด้วยโปรแกรม AutoCAD แล้ว ยังอาจจะใช้กับโปรแกรมอื่นก็ได้ เนื่องจากว่า โปรแกรมนี้จะทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปของ DXF ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับโปรแกรมเขียนแบบบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในขณะนี้ เพราะฉะนั้นรูปทรงของชิ้นงานอาจจะสร้างด้วยโปรแกรมอื่นที่สามารถสร้าง DXF File ได้ เช่น CADKEY หรือ VERICAD เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรมนี้ใช้ได้ดีในกรณีเครื่องเซาะร่อง ส่วนเครื่องชนิดอื่นเช่นเครื่องกัด หรือ ไซ ก็ยังจะต้องพัฒนาต่อไป