

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตร่วมกับอโตแคดโดยใช้ ARX

DEVELOPMENT OF A COMPUTER-AIDED MANUFACTURING SOFTWARE INTERFACE WITH AUTOCAD BY USING ARX

รศ.ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ มนุสศักดิ์ จานทอง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Email: fmevsv@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต โดยโปรแกรมที่พัฒนาจะคำนวณหาเส้นทางเดินของหัวกัด (Tool path) แล้วแปลงเส้นทางเดินของหัวกัดให้เป็นรหัสจี (G-Code) ที่ใช้สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC Milling Machine) และทำงานร่วมกับโปรแกรมอโตแคดรีลีส 14 โดยใช้ชุดตัวต่อประสาน (Interface) ARX ช่วยในการเข้าถึงข้อมูลภายในแบบซึ้นงานที่วาดจากโปรแกรมอโตแคดและใช้ในการคำนวณหาเส้นทางเดินของหัวกัด โปรแกรมที่พัฒนาแบ่งออกเป็น 5 โปรแกรมย่อยด้วยกันดังนี้ 1. โปรแกรมสำหรับงานเจาะ 2. โปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบแบบ 2 แกนครึ่ง 3. โปรแกรมสำหรับงานกัดละเอียดแบบ 2 แกนครึ่ง 4. โปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบแบบ 3 แกน 5. โปรแกรมสำหรับงานกัดละเอียดแบบ 3 แกน

ในการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาผู้วิจัยได้นำรหัสจีที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาไปกัดชิ้นงานจริงด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีของ FANUC Model MA15 และวัสดุที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ อลูมิเนียม ไม้ และไข (Wax) เป็นต้น โดยผลที่ได้จากการทดสอบก็คือ มีค่าความผิดพลาดหลังจากการวัดขนาดอยู่ในช่วง 10 ถึง 20 ไมครอนสำหรับโปรแกรมสำหรับงานเจาะ ความผิดพลาดในช่วง 20 ถึง 70 ไมครอนสำหรับโปรแกรมสำหรับงานกัดละเอียดแบบ 2 แกนครึ่ง และความผิดพลาดในช่วง 100 ถึง 115 ไมครอน สำหรับโปรแกรมกัดละเอียดแบบ 3 แกน

Abstract

This research is the development of a computer-aided manufacturing software for AutoCAD. It can be used in 2-D, 2½-D and 3-D milling processes

including cutting simulation. The output files are G-Code files which can be used for CNC milling machines. The ARX interface is used for the program to interface with the database inside the AutoCAD release 14. The software package consists of 5 subprograms as the 2-D Drilling, 2½ -D Pocket Milling, 2½ - D Contour Milling, 3-D Pocket Milling and 3-D Contour Milling.

The Makino milling machine with FANUC MA15 controller is used for testing the program. Various materials such as Aluminum, Wood and Wax are used as raw materials. The experimental results shown that the error is in the range of 10-20 micron for the 2-D Drilling program, 20-70 micron for the 2½ -D Contour Milling program and 100-115 micron for the 3-D Contour Milling can be achieved.

1) บทนำ

ปัจจุบันนี้มีนำโปรแกรม AutoCAD มาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิต แต่เนื่องจากว่าความสามารถในการใช้โปรแกรม AutoCAD ร่วมกับการผลิตที่ใช้เครื่อง CNC ยังไม่แพร่หลายมากนักเนื่องจากความสามารถของตัวโปรแกรม AutoCAD เอง ซึ่งไม่ค่อยเอื้ออำนวยทางด้านการสร้างรูปสามมิติที่มีพื้นผิวสลับซับซ้อนได้มากนัก แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาความสามารถทางด้านสามมิติของตัวโปรแกรม AutoCAD ก็น่าจะดีขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับความสามารถในการเขียนโปรแกรมระดับเพื่อเชื่อมต่อเข้าฐานข้อมูลของ AutoCAD ก็มีความสามารถมากขึ้น ทำให้การพัฒนาโปรแกรมทางด้าน CAM (Computer Aided Manufacturing) ก็สามารถทำได้ดีขึ้นและทำงานเร็วขึ้นด้วย

โปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาเป็นโปรแกรมช่วยในการผลิต หรือ CAM (Computer Aided Manufacturing) ซึ่งใช้สำหรับงานกัด (Milling) ในลักษณะ 3 แกนที่เป็นรูปผิว (Surface) ด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC Milling Machine) ของ FANUC Model MA15 นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมใช้สำหรับงานกัดในลักษณะ 2 แกนครั้งด้วย เพื่อที่จะได้ชุดโปรแกรมช่วยในการผลิตที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาแบ่งออกเป็น 5 โปรแกรม ดังนี้

1. โปรแกรมสำหรับงานเจาะ (Drilling) โดยจะรับแบบชิ้นงานที่เป็นจุด (Point) และวงกลม (Circle) เท่านั้น ในการแปลงแบบชิ้นงานให้เป็นรหัสจี (G-Code) จะใช้จุดที่ได้จากรูปวาดจุด หรือจุดศูนย์กลาง (Center Point) ของรูปวาดวงกลม มาเป็นจุดศูนย์กลางของรูที่จะทำการเจาะ
2. โปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบ (Rough Milling) แบบ 2 แกนครั้ง จะเป็นการกัดเอาเนื้อวัสดุที่ไม่ต้องการออก ให้เหลือแต่บริเวณที่ต้องการ แต่ยังไม่เป็นรูปลักษณะที่ต้องการ และการกัดจะเป็นแบบ 2 แกนครั้ง คือ ขณะกัดวัสดุหัวกัด (End Mill) จะเคลื่อนที่เฉพาะแกน X และ Y เท่านั้น แกน Z จะถูกกำหนดให้คงที่ หัวกัดที่ใช้กัดในโปรแกรมนี้นี้ถูกกำหนดให้ใช้กับหัวแบบ Flat คำสั่งนี้จะรับแบบชิ้นงานเส้นโค้งปิด (Closed Curve) ได้ทุกชนิด เช่น วงกลม วงรี (Ellipse) และโพลีไลน์ (Polyline) เป็นต้น
3. โปรแกรมสำหรับงานกัดละเอียด (Contour Milling) แบบ 2 แกนครั้ง จะเป็นการกัดเพื่อเก็บรายละเอียดของชิ้นงานให้ได้ชิ้นงานตามที่ต้องการ หลังจากกัดวัสดุด้วยโปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบ โปรแกรมนี้จะรับแบบชิ้นงานที่เป็น เส้นตรง (Line) ส่วนโค้ง (Arc) วงกลม วงรี และโพลีไลน์
4. โปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบแบบ 3 แกน ซึ่งจะกัดวัสดุเฉพาะด้านบนที่ไม่ต้องการของวัสดุชิ้นงานให้เหลือเฉพาะบริเวณที่จะกัดละเอียด โดยรับแบบชิ้นงานผิว เว้นแต่ว่าแบบชิ้นงานผิวใดที่เป็นรูปทรงปิด เช่น รูปผิวทรงกลม (Sphere) รูปผิวกล่อง (Box) เป็นต้น ก็จะไม่สามารถแปลงเป็นรหัสจีได้
5. โปรแกรมสำหรับงานกัดละเอียดแบบ 3 แกน คือ ขณะกัดวัสดุหัวกัดสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้ง 3 แกน

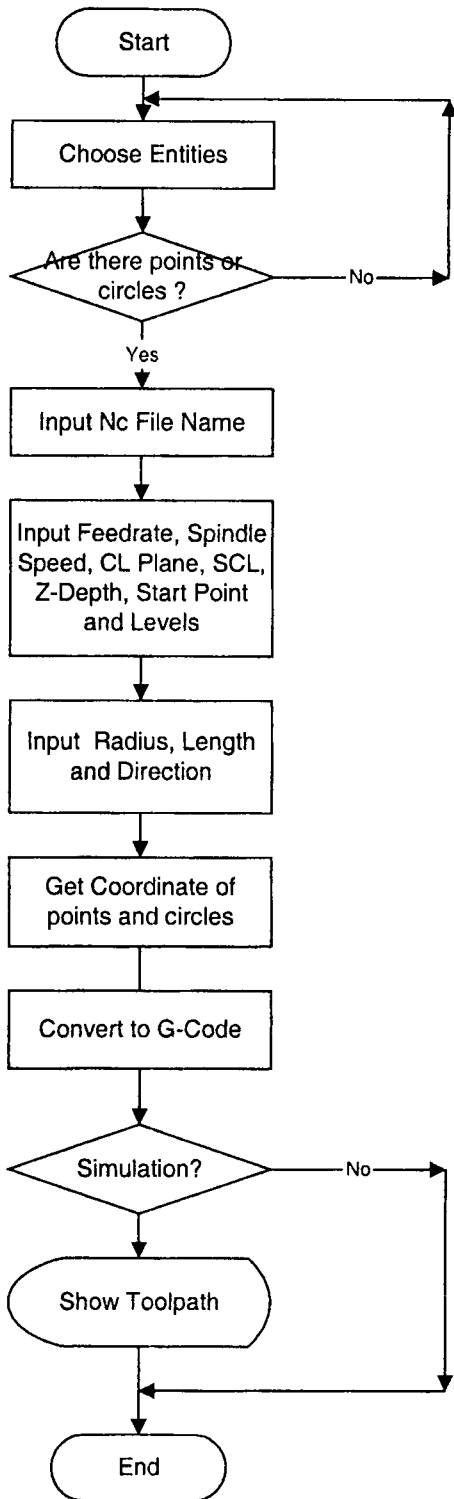
พร้อมๆ กัน และการใช้คำสั่งนี้จะใช้กัดชิ้นวัสดุต่อจากโปรแกรมสำหรับกัดหยาบของการกัดแบบ 3 แกนเพื่อให้ได้รูปทรงของชิ้นงานที่ต้องการ ในคำสั่งนี้จะใช้หัวกัดแบบหัวบอล (Ball) และรับแบบชิ้นงานกับโปรแกรมสำหรับกัดหยาบของการกัดแบบ 3 แกน

โดยที่ทั้ง 5 โปรแกรมนี้จะทำงานร่วมกับโปรแกรมออโตแคด รีลีส 14 (AutoCAD Release 14) ซึ่งจะเป็นฟังก์ชันของโปรแกรมออโตแคด การเขียนโปรแกรมทั้ง 5 โปรแกรมจะใช้โปรแกรม Visual C++ Version 6.0 เป็นตัวคอมไพเลอร์ (Compiler) และใช้ตัวต่อประสาน (Interface) ARX (AutoCAD Runtime Extension) ช่วยในการเข้าถึงระบบและข้อมูลภายในโปรแกรมออโตแคด

2. โครงสร้างและการออกแบบโปรแกรม

2.1 โปรแกรมสำหรับงานเจาะ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบโปรแกรมให้สามารถรับแบบชิ้นงานที่วาดจากโปรแกรมออโตแคดที่เป็นจุดและวงกลมเท่านั้น และสามารถเลือกแบบชิ้นงานได้ครั้งละหลายรูปได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ผู้ใช้สามารถเลือกรูปวาดอื่นที่ไม่ใช่จุดและวงกลมได้ โปรแกรมจะทำการคัดเลือกเฉพาะชนิดรูปวาดที่โปรแกรมต้องการเท่านั้น โปรแกรมจะรับค่าพิกัด X และ Y จากจุดและจุดศูนย์กลางของวงกลมมาเป็นพิกัดที่ใช้ในการเขียนรหัสจี และภายในโปรแกรมนี้นี้ยังมีพารามิเตอร์ให้เลือกว่ารูที่จะเจาะนั้นต้องการเจาะรูลึกกี่ครั้ง โดยแต่ละครั้งของการเจาะจะมีค่าความลึกที่ต่างกัน เพื่อต้องการคายเศษวัสดุจากการเจาะและป้องกันการขูดขีดผิวของรูจากเศษวัสดุจากการเจาะเพื่อให้ได้คุณภาพของผิวรูที่ได้มีลักษณะผิวที่ดี และพารามิเตอร์ของหัวกัดไม่ใช้ในการเขียนรหัสจีแต่มีไว้ใช้ในการจำลองเส้นทางเดินของหัวเจาะเท่านั้น เพื่อจะได้จำลองขนาดของหัวเจาะได้ถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งโครงสร้างขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสำหรับงานเจาะแสดงไว้ด้วยรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงแผนผังของโปรแกรมสำหรับงาน

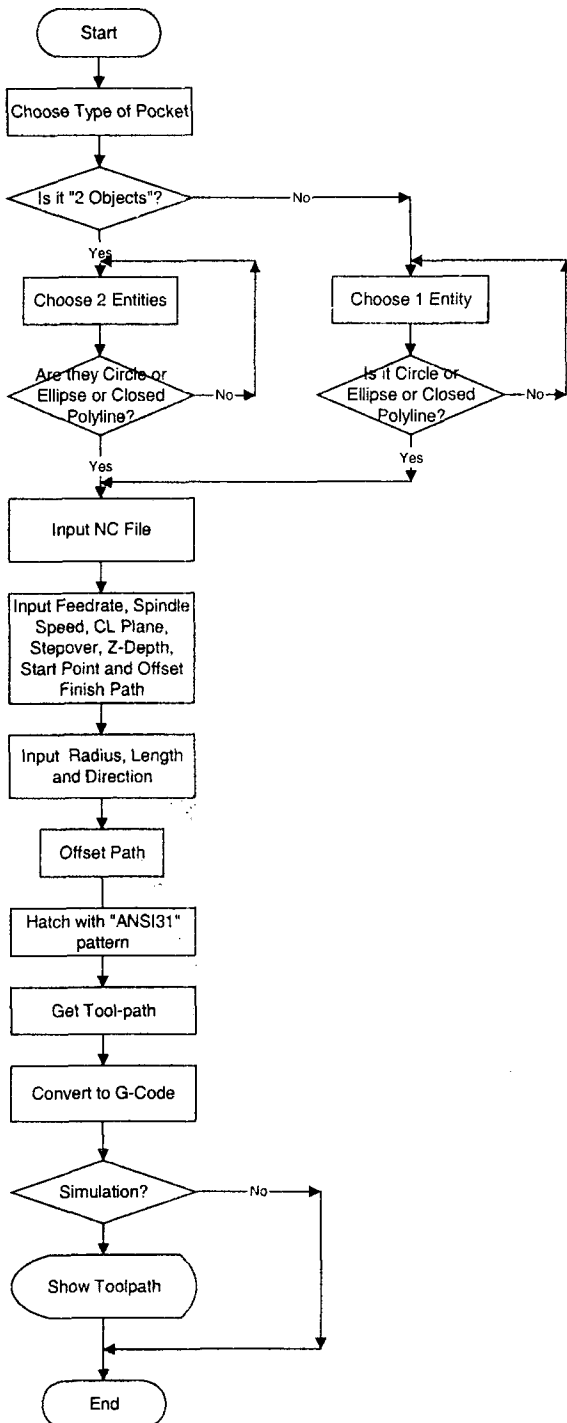
เจาะ

ของการกัดอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ รูปแบบที่ 1) “2 Object” จะเป็นการกัดเอาเนื้อวัสดุระหว่างเส้นโค้งปิด 2 เส้น โดยเส้นโค้งปิดแรกจะเป็นเส้นแบบชิ้นงานที่ต้องการกัดซึ่งเป็นเส้นแบบชิ้นงานเป้าหมายของการกัดและเส้นโค้งปิดแรกนั้นจะต้องอยู่ภายในบริเวณของเส้นโค้งปิดที่สอง ส่วนเส้นโค้งปิดที่สองจะเป็นบริเวณขอบเขตของวัสดุที่จะกัดหรือวัตถุดิบก่อนกัด รูปแบบที่ 2) “1 Object” จะเป็นการกัดเนื้อวัสดุบริเวณภายในของแบบชิ้นงานที่ต้องการกัด การหาเส้นทางเดินของหัวกัด (Tool path) ของทั้ง 2 รูปแบบจะใช้คำสั่ง “Hatch” ผ่านฟังก์ชัน (Function) ของ ARX โดยใช้รูปแบบของการ Hatch เป็น ANSI31 ซึ่งเป็นรูปแบบของการ Hatch มาตรฐานที่มีอยู่ในโปรแกรมออโตแคด และมีมุมเอียงของเส้น Hatch เท่ากับ 45 องศา ก่อนที่จะทำการ Hatch ก็จะต้องออฟเซต (Offset) แบบชิ้นงานที่ต้องการกัดก่อนให้เท่าค่าของรัศมีของหัวกัดรวมกับค่าออฟเซตเพื่อออกห่างจากแบบชิ้นงานที่ต้องการกัด ซึ่งทิศทางการออฟเซตของรูปแบบการกัดแรกจะออฟเซตเส้นแบบชิ้นงานที่ต้องการให้โตออก ซึ่งจะได้เส้นออฟเซตที่มีขนาดใหญ่กว่าแบบชิ้นงานที่ต้องการ และส่วนการออฟเซตของรูปแบบการกัดแบบที่ 2 จะออฟเซตเส้นแบบชิ้นงานที่ต้องการให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งการออฟเซตจะเป็นการป้องกันไม่หัวกัดเข้ากัดบริเวณวัสดุที่ต้องการ และการ Hatch รูปแบบการกัดแบบแรกจะ Hatch ระหว่างแบบชิ้นงานที่ได้จากการออฟเซตกับแบบชิ้นงานขอบเขตของวัสดุ ส่วนรูปแบบที่ 2 จะ Hatch ภายในแบบชิ้นงานที่ได้จากการออฟเซต เมื่อทำการ Hatch เสร็จก็จะได้จุดจากการ Hatch จากนั้นก็นำจุดเหล่านั้นมาจัดเรียงเป็นเส้นทางเดินของหัวกัด จากนั้นก็นำเส้นทางเดินของหัวกัดที่ได้นำไปเขียนรหัสจี ผู้วิจัยได้เขียนแผนผังการทำงานไว้ดังแสดงที่รูปที่ 2.2

2.2 โปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบแบบ 2

แกนครึ่ง

ส่วนนี้ใช้สำหรับการกัดงานหยาบในลักษณะแบบ 2 แกนครึ่ง โปรแกรมได้ถูกออกแบบให้สามารถรับแบบชิ้นงานที่วาดจากโปรแกรมออโตแคดที่เป็นรูปวาดปิด ได้แก่ วงกลม วงรี และ โพลีไลน์ที่ปิด เท่านั้น โดยมีรูปแบบ



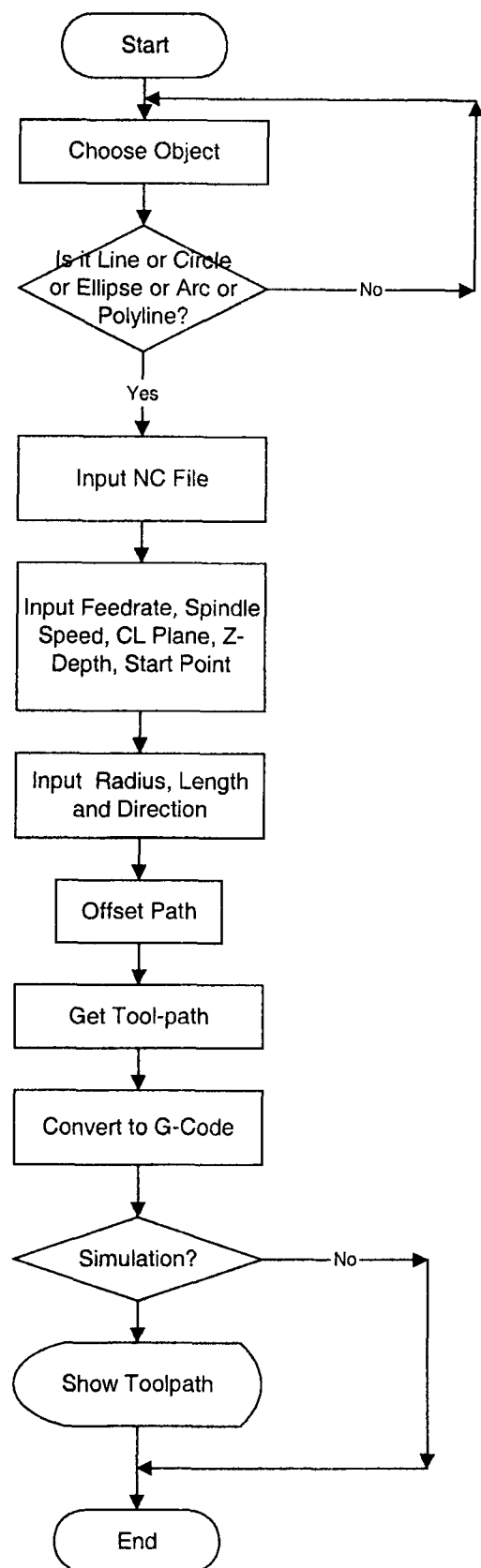
รูปที่ 2.2 ภาพแสดงแผนผังของโปรแกรมสำหรับงานกัด
หยาบแบบ 2 แกนครึ่ง

2.3 โปรแกรมสำหรับงานกัดละเอียดแบบ 2

แกนครึ่ง

ส่วนนี้ได้ออกแบบให้โปรแกรมรับแบบชิ้นงานที่เป็นเส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม วงรี และ พอลิไลน์ การหาเส้นทางการเดินของหัวกัดขั้นแรกก็จะทำการออฟเซตแบบชิ้นงานที่ต้องการ โดยระยะออฟเซตจะเท่ากับค่ารัศมีของหัวกัด ซึ่งการออฟเซตของรูปเส้นตรงจะได้รูปเส้น

ตรง รูปเส้นโค้งจะได้เส้นโค้ง รูปวงกลมก็ได้วงกลม รูปพอลิไลน์ก็ได้พอลิไลน์ส่วนวงรี จะได้สไปน์ (Spline) จากนั้นก็ทำการอ่านและรับข้อมูลภายในของแบบชิ้นงานที่ได้จากการออฟเซตเช่น เส้นตรงก็จะรับค่าจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเป็นต้น แต่สำหรับแบบชิ้นงานออฟเซตที่เป็นสไปน์จะแตกต่างจากรูปชนิดอื่นๆ คือ รูปที่เป็นสไปน์จะต้องคำนวณหาค่าจุดที่อยู่บนเส้น สไปน์ โดยจะต้องกำหนดระยะทางระหว่างจุดที่ต้องการมาคำนวณหาจุดบนเส้นสไปน์ และเมื่อโปรแกรมได้รับข้อมูลของแบบชิ้นงานที่ได้จากการออฟเซตแล้วก็จะตรวจสอบว่าแบบชิ้นงานที่ได้จากออฟเซตเป็นอะไร เช่นถ้าเป็นเส้นตรงก็จะเขียนรหัสจีด้วย G01 แล้วตามด้วยตำแหน่ง ถ้าเป็นวงกลมหรือเส้นโค้งก็จะเขียนรหัสจีด้วย G02 ส่วนวงรีก็จะเขียนด้วย G01 จากนั้นก็นำรหัสจีที่ได้ไปเขียนต่อกันเป็นไฟล์รหัสจี ซึ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.3

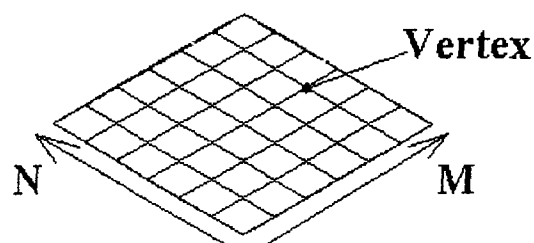


รูปที่ 2.3 ภาพแสดงแผนผังของโปรแกรมสำหรับงานกัด
ละเอียดแบบ 2 แกนครึ่ง

2.4 โปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบและงานกัด

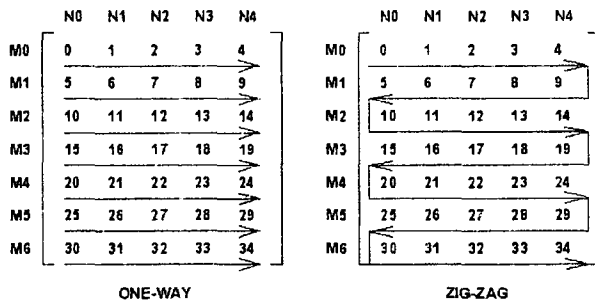
ละเอียดแบบ 3 แกน

ส่วนของโปรแกรมนี้ได้ออกแบบโปรแกรม 2 โปรแกรมให้รับเอนทิตีจากโปรแกรมออโตแคดเฉพาะที่เป็นรูปผิว โดยจะรับรูปผิวได้ครั้งละ 1 รูปเท่านั้น แต่ทว่ารูปผิวที่วาดจากโปรแกรมออโตแคดจะเก็บข้อมูลเป็นโพลีกอนเมช (Polygonmesh) ซึ่งจะเก็บเฉพาะจุดบนโพลีกอนเมชและประกอบไปด้วยเส้น M และ N เรียงไขว่กันทำให้เกิดเป็นตารางสี่เหลี่ยมเรียกว่า ตาข่าย (Mesh) และจุดที่ได้จากการตัดกันของเส้นทั้งสองเรียกว่า จุดยอด (Vertex) ตามรูปที่ 3.4 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องสร้างสมการของผิวจากจุดยอดที่ได้จากโพลีกอนเมช ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกที่จะสร้างสมการผิวด้วย NURBS (Non Uniform Rational B - Spline) เนื่องด้วยโปรแกรม CAD/CAM ส่วนใหญ่ได้ใช้รูปผิว NURBS เป็นตัวสร้างงานผิว และ ARX ก็มีฟังก์ชันในการสร้าง รูปผิว NURBS ด้วย



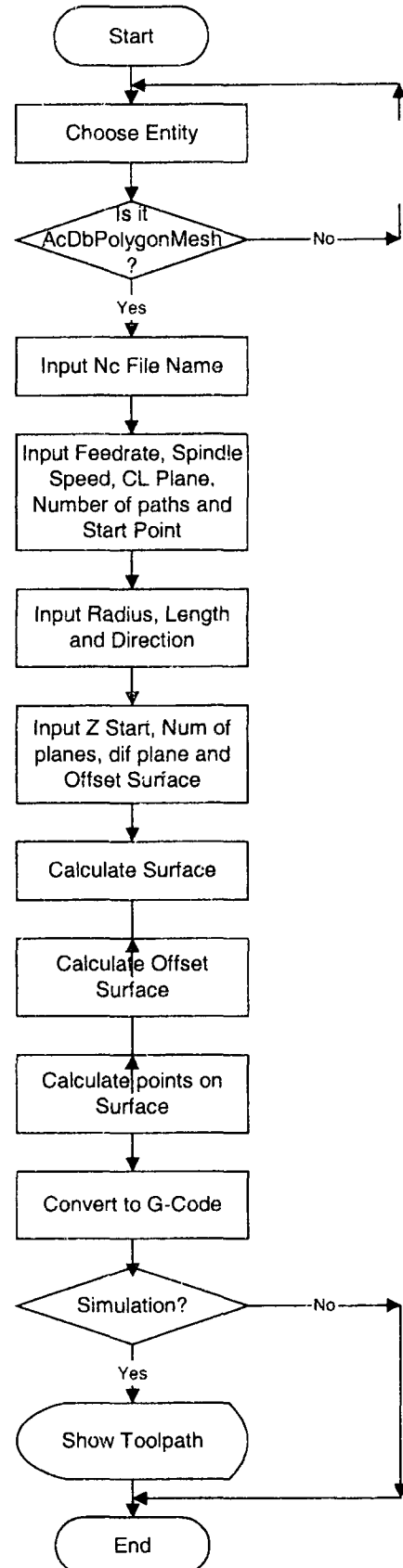
รูปที่ 2.4 ภาพแสดงโพลีกอนเมชจากการวาดรูปผิวด้วย
โปรแกรมออโตแคด

หลังจากสร้างรูปผิว NURBS แล้วก็ต้องนำเอารูปผิว NURBS นี้ ไปทำการ ออฟเซตให้เท่ากับค่ารัศมีของหัวกัด ก็เพราะถ้าไม่ออฟเซตผิวงาน เมื่อกัดชิ้นงานจริงแล้วจะได้ชิ้นงานที่เล็กกว่าขนาดที่วาดขึ้นเท่ากับรัศมีของหัวกัด เมื่อได้รูปผิวออฟเซต NURBS (Offset NURBS Surface) แล้วก็นำรูปผิวออฟเซต NURBS มาคำนวณหาจุดบนรูปผิวออฟเซต NURBS ซึ่งทั้งการออฟเซตและการคำนวณหาจุดบนผิว ผู้วิจัยใช้ฟังก์ชันของ ARX มาช่วยในการคำนวณเช่นกัน เมื่อได้จุดบนผิวงานต่อไปก็นำจุดเหล่านั้นไปจัดเรียงเพื่อให้ได้ทิศทางการเดินของหัวกัด (Tool path) ตามที่ต้องการ ซึ่งทั้ง 2 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะมีโครงสร้างการทำงานที่คล้ายกัน แต่ต่างกันที่การจัดเรียงจุดบนผิวงาน โดยที่โปรแกรมสำหรับกัดละเอียดจะเรียงจุดเป็นแบบเมทริกซ์ (Matrix) และจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ 1) แบบทิศทางเดียว (One-Way) 2) แบบไปกลับ (Zig-Zag) โดยแสดงการจัดเรียงจุดทั้ง 2 แบบไว้ที่รูปที่ 2.5

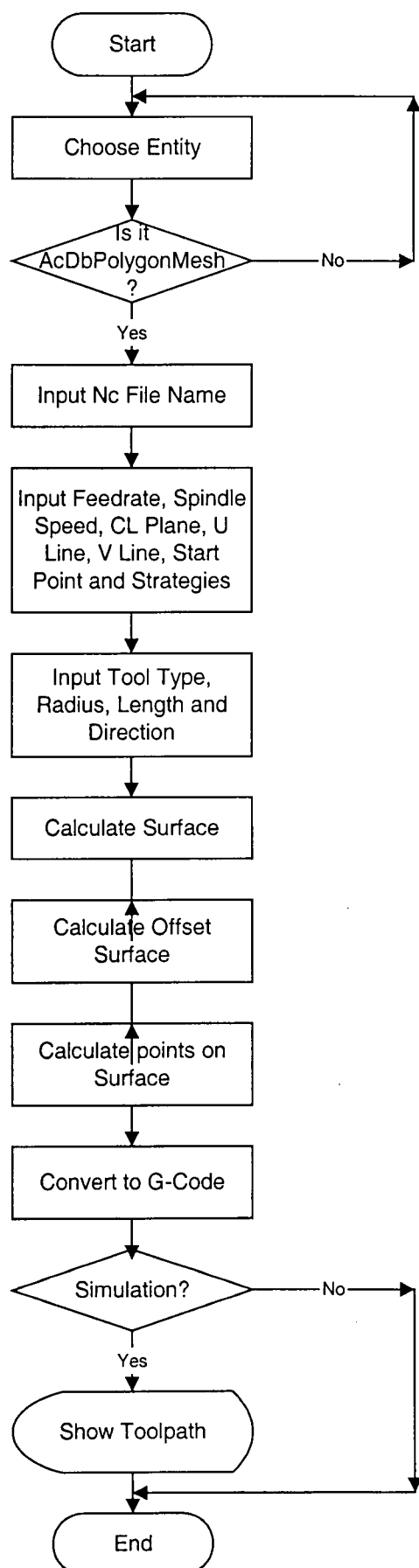


รูปที่ 2.5 ภาพแสดงการจัดเรียงจุดของการกัดละเอียด

แต่สำหรับโปรแกรมสำหรับกัดหยาบจะเป็นการกัดที่ระนาบ (Plane) โดยกัดที่ค่า Z คงที่ เมื่อกัดที่ค่า Z ที่สูงกว่าเสร็จก็จะกัดที่ระนาบที่มีค่า Z ต่ำกว่า และจะกัดจากระนาบ Z มากไปหาระนาบ Z น้อยเสมอ โดยการเรียงจุดนั้นจะเป็นการเรียงแบบไปกลับ และแต่ละระนาบ Z ก็จะนำจุดบนรูปผิวออฟเซต NURBS มาเปลี่ยนค่า Z ให้เป็นค่า Z ของระนาบ Z นั้นๆ ก็จะได้จุดบนแต่ละระนาบ จากนั้นก็จะนำจุดแต่ละระนาบมาเปรียบเทียบกับจุดบนรูปผิวออฟเซต NURBS โดยเปรียบเทียบกันเฉพาะค่า Z เท่านั้น และการเปรียบเทียบของจุด 2 จุดจะต้องมีค่า X และ Y ที่ตรงกัน การเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบว่าถ้าค่า Z ของระนาบมากกว่าค่า Z ของรูปผิวออฟเซต NURBS ก็จะนำค่าจุดบนระนาบไปเขียนรหัส แต่ถ้าน้อยกว่าก็จะข้ามจุดนั้นไปและไม่เขียนรหัสของจุดนั้น และในส่วนท้ายของโปรแกรมทั้ง 2 จะเป็นการแสดงเส้นทางการเดินของหัวกัด ในส่วนนี้โปรแกรมจะอ่านรหัสจากไฟล์รหัสที่โปรแกรมได้เขียนขึ้นโดยตรงเพื่อเป็นการตรวจสอบการเขียนรหัสที่เขียนจากโปรแกรมในส่วนต้นว่าถูกต้องหรือไม่ จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ก็จะเป็นแนวทางการเขียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้เขียนแผนผังของการพัฒนาโปรแกรมไว้ตามรูปที่ 2.6 และ 2.7



รูปที่ 2.6 ภาพแสดงแผนผังของโปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบ
แบบ 3 แกน



รูปที่ 2.7 ภาพแสดงแผนผังของโปรแกรมสำหรับงานกัด
ละเอียดแบบ 3 แกน

3. การทดสอบโปรแกรมและผลของการทดสอบการใช้งาน

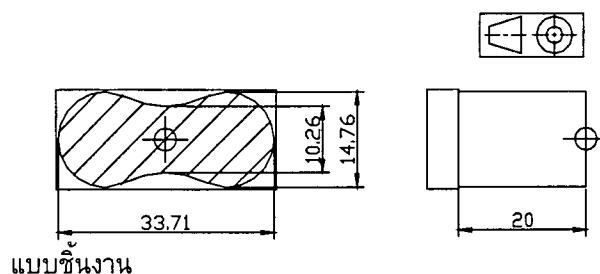
วิธีการใช้โปรแกรมนี้จะมีลักษณะเป็น Windows Based ซึ่งเขียนแทรกเข้าไปอยู่ในตัวโปรแกรมของ AutoCAD ผู้ใช้จะต้องมีความรู้ทางด้านกระบวนการกัดชิ้นงานของเครื่อง CNC อยู่บ้างจึงจะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ยังสามารถจำลองการเคลื่อนที่ของการกัดชิ้นงานได้ด้วย (Tool Path Simulation)

การทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนในการทดสอบ 3 ขั้นตอน 1. ขั้นตอนการใช้โปรแกรมในการหาเส้นทางเดินของหัวกัด (Tool path) 2. ขั้นตอนการผลิตชิ้นงานจริง 3. ขั้นตอนการทดสอบความถูกต้อง

แบบชิ้นงานที่ 1

แบบชิ้นงานนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นเส้นส่วนโค้ง (Arc) ด้านใน โดยแบบชิ้นงานนี้จะถูกเชื่อมเป็นโพลีไลน์ (Polyline) ซึ่งส่วนแรกนี้จะเป็นแบบชิ้นงานเป้าหมายของการกัด และส่วนที่ 2 เป็นเส้นตรง 4 เส้น และถูกเชื่อมเป็นโพลีไลน์เช่นกัน โดยส่วนนี้จะเป็นส่วนที่บอกถึงขอบเขตของวัตถุดิบ (Raw Material) ในแบบชิ้นงานนี้จุดกำเนิด (Origin Point) ของแบบอยู่ตรงกลางแบบชิ้นงาน

เมื่อได้ชิ้นงานจริงแล้วผู้วิจัยก็นำไปตรวจวัดด้วยไมโครมิเตอร์ ก็จะทราบค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 40 ถึง 60 ไมครอน โดยที่ช่วงบริเวณที่แคบที่สุดของแบบชิ้นงาน คือ 10.26 มม. จะมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดคือ 60 ไมครอน และบริเวณอื่นจะมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า



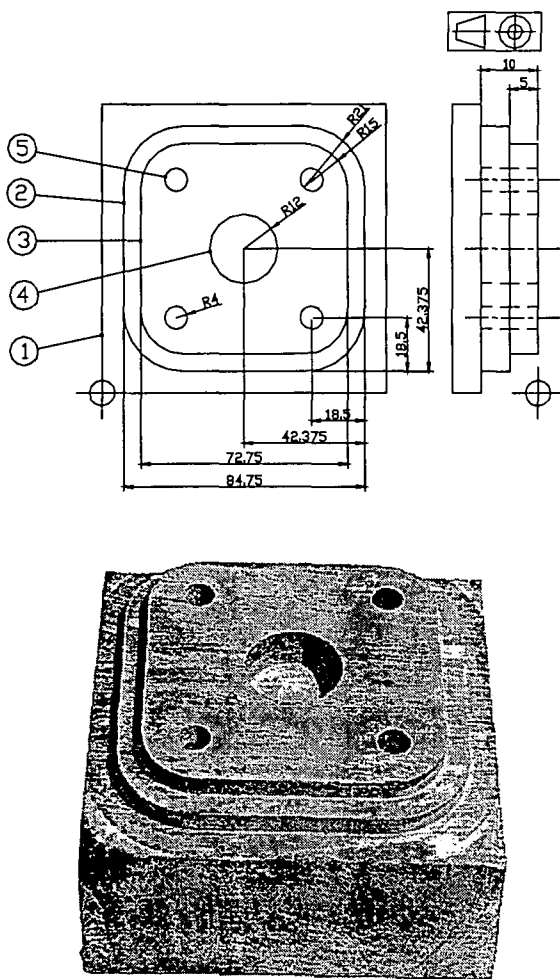
แบบชิ้นงาน



ชิ้นงานจากการกัด

แบบชิ้นงานที่ 2

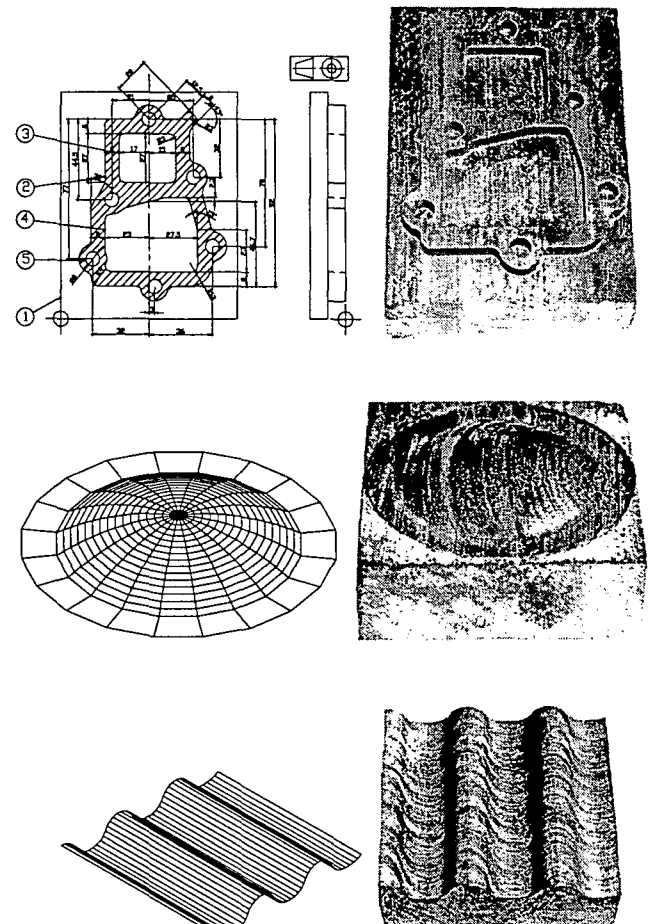
แบบชิ้นงานนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ระดับตามความสูงตามรูปที่แสดงข้างล่างนี้ และประกอบด้วย 5 เส้นด้วยกัน คือ เส้นที่ 1 เป็นเส้นบอกขอบเขตของเนื้อวัตถุดิบ ซึ่งเป็นเส้นโพลีไลน์ เส้นที่ 2 เป็นรูปที่ต้องการกัดเป็นโพลีไลน์และจะต้องกัดลึกลงไป 10 มม. เส้นที่ 3 ก็เป็นรูปที่ต้องการกัดเป็นโพลีไลน์ เช่นกัน และกัดลึกลง 5 มม. เส้นที่ 4 เป็นรูปวงกลมตรงกลางชิ้นงาน ซึ่งรูปวงกลมนี้นี้จะต้องคว้านเอาเนื้อด้านในวงกลมออกให้กลวง เส้นที่ 5 เป็นรูปวงกลมทั้ง 4 รูป ซึ่งจะใช้วิธีเจาะ

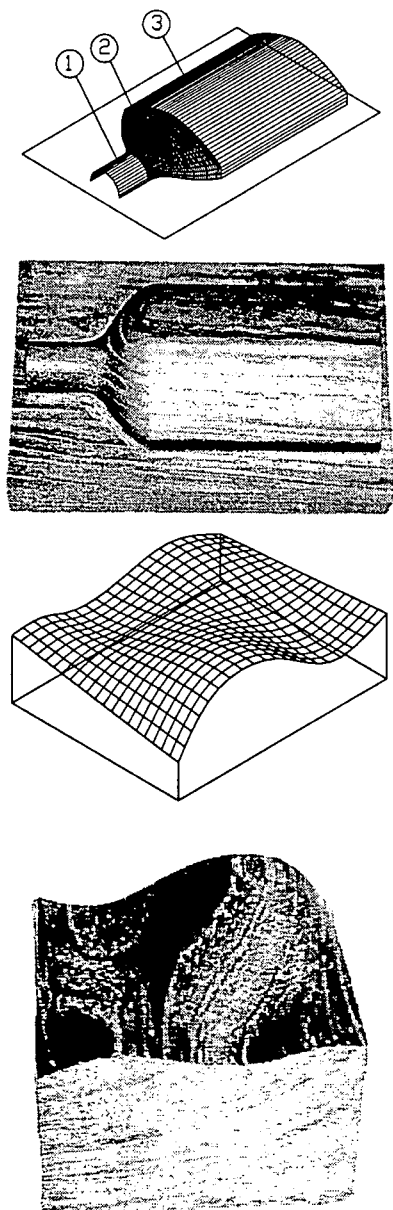


ขั้นแรกทำการกัดหยาบก่อนโดยใช้โปรแกรมสำหรับกัดหยาบแบบ 2 แกนครึ่ง โดยกัดหยาบระหว่างเส้นที่ 3 กับเส้นที่ 1 โดยกัดลึกลงไป 5 มม. และกัดหยาบระหว่างเส้นที่ 2 กับเส้นที่ 1 โดยกัดลึกลงไป 10 มม. และกัดหยาบภายในเส้นที่ 4 ที่เป็นรูปวงกลม โดยกัดลึก 10 มม. จากนั้นก็ทำการกัดละเอียดโดยใช้โปรแกรมสำหรับกัดละเอียดแบบ 2 แกนครึ่ง โดยกัดละเอียดเส้นที่ 2, 3 และ 4 ต่อไปก็จะเป็นการเจาะรูทั้ง 4

คือเส้นที่ 5 โดยใช้โปรแกรมสำหรับงานเจาะ โดยแบ่งกัดรูละ 2 ครั้งครั้งแรกลึก 5 มม. ครั้งที่ 2 ลึก 10 มม. เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนเหล่านี้เสร็จก็จะได้ไฟล์รหัสทั้งหมด 7 ไฟล์ นำไฟล์เหล่านี้ไปกัดชิ้นงานจริงด้วยเครื่องซีเอ็นซี โดยกัดตามลำดับขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น และใช้ไม้เป็นวัสดุในการทดลองและหัวกัดแบบฟลัด เมื่อกัดเสร็จก็จะได้ชิ้นงานจริงตามรูปที่ 4.4 ในการทดสอบวัดขนาดของชิ้นงานจริงผู้วิจัยได้ใช้เครื่อง CMM มาช่วยในการวัดขนาดสำหรับชิ้นงานนี้ โดยวัดความกว้างด้านต่างๆ ของชิ้นงานจริง สำหรับรูตรงกลางหรือเส้นที่ 4 ก็วัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมนั้น ส่วนเส้นที่ 5 หรือรูทั้ง 4 จะวัดค่าระยะทางระหว่างรูด้วยกันกับวัดระยะทางระหว่างรูกับรูกลวงตรงกลาง โดยวัดจากจุดศูนย์กลางรูถึงจุดศูนย์กลางรูอีกรูหนึ่ง ซึ่งผลที่ได้จากการวัดขนาดความกว้างของชิ้นงานกับค่ารัศมีของรูตรงกลางจะมีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 ไมครอน ส่วนการวัดระยะทางระหว่างรูนั้นจะมีค่าผิดพลาดอยู่ในช่วง 10 ถึง 20 ไมครอน

ตัวอย่างอื่น





4. สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทั้ง 5 โปรแกรม ผู้วิจัยได้จำแนกตามโปรแกรมดังต่อไปนี้

4.1 โปรแกรมสำหรับงานเจาะ

โปรแกรมสามารถหาเส้นทางเดินเพื่อไปเจาะชิ้นงานตามจุดเป้าหมายได้ และเมื่อนำชิ้นงานจริงที่ได้จากการเจาะไปวัดระยะทางระหว่างรูแล้ว ผลปรากฏว่ามีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 10 ถึง 20 ไมครอน แต่เมื่อนำค่าพิกัดจากไฟล์รหัสจี (G Code) ที่ได้จากการใช้โปรแกรมไปเปรียบเทียบกับพิกัดที่วาดขึ้นบนโปรแกรมออโตแคด (AutoCAD) แล้วทำให้ทราบว่าค่าพิกัดในไฟล์รหัสจีที่ได้จากโปรแกรมมีค่าเท่ากับค่าพิกัดจากแบบที่วาดขึ้น นั้น

แสดงว่าค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นจากขั้นตอนการกัดชิ้นงานและขั้นตอนการวัดขนาดชิ้นงาน

4.2 โปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบแบบ 2 แกนครึ่ง

โปรแกรมนี้เป็นเพียงโปรแกรมใช้สำหรับกัดเนื้อวัสดุที่ไม่ต้องการออก เพื่อให้เหลือเฉพาะบริเวณที่ต้องการเท่านั้น ดังนั้นในการตรวจสอบความถูกต้องจะใช้เพียงแค่สัญลักษณ์และรูปร่างของชิ้นงานที่กัดได้ ซึ่งจากผลการใช้โปรแกรมและนำไฟล์ที่ได้จากการใช้โปรแกรมไปกัดชิ้นงานจริง ผลก็คือได้ชิ้นงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกับแบบที่วาดขึ้น แต่ว่าโปรแกรมนี้อยู่มีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่ คือ

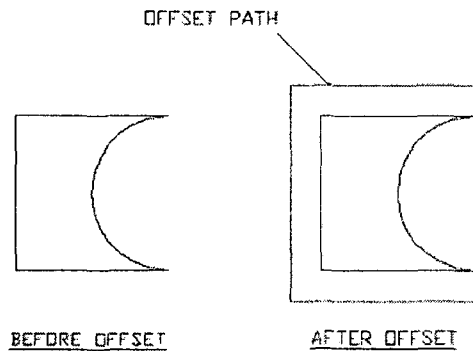
1. เนื่องจากการหาเส้นทางเดินของหัวกัดใช้คำสั่ง

Hatch จากฟังก์ชัน ARX ดังนั้นถ้าหากระยะทางระหว่างเส้นขอบเนื้อวัสดุกับเส้นขอบชิ้นงานมีค่าน้อยกว่าผลรวมของคาร์ตซีของหัวกัดกับออฟเซต (Offset) จากขอบชิ้นงาน จะทำให้การ Hatch ผิดพลาด ซึ่งจะไป Hatch ภายในเนื้อชิ้นงานแทน จึงทำให้เส้นทางเดินของหัวกัดเข้าไปกัดภายในบริเวณชิ้นงานที่ต้องการ

2. โปรแกรมนี้ไม่ได้มีการคำนวณหาเส้นทางเดินของหัวกัดที่ใช้เวลาน้อยที่สุดดังนั้นเส้นทางเดินของหัวกัดที่ได้จะใช้เวลาในการกัดนาน และบางครั้งได้เส้นทางเดินที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะการกัดแบบนั้น

4.3 โปรแกรมสำหรับงานกัดละเอียดแบบ 2 แกนครึ่ง

หลังจากการทดสอบโปรแกรมนี้ซึ่งได้ผลแล้วว่าชิ้นงานจริงที่กัดได้มีลักษณะเหมือนกับแบบที่วาดขึ้น และเมื่อนำชิ้นงานที่ได้ไปวัดค่าความผิดพลาดของขนาดผลที่ได้คือค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 20 ถึง 70 ไมครอน แต่เมื่อนำค่าพิกัดจากไฟล์รหัสจีที่ได้ไปเทียบกับค่าพิกัดจากแบบชิ้นงานที่ทำการเผื่อค่ารัศมีของหัวกัดแล้ว ผลปรากฏว่าเป็นค่าพิกัดเดียวกัน ดังนั้นค่าความผิดพลาดอาจจะเกิดจากขั้นตอนการกัดชิ้นงานและขั้นตอนการวัดขนาดชิ้นงาน ในการใช้งานโปรแกรมนี้อยู่มีข้อจำกัดในการใช้คือ เนื่องจากโปรแกรมนี้ใช้ความสามารถในการคำนวณหาออฟเซตของแบบชิ้นงานจากการใช้ฟังก์ชันภายใน ARX ดังนั้นการหาออฟเซตของแบบชิ้นงานที่โปรแกรมออโตแคดไม่สามารถหาได้หรือหาได้แต่ไม่สมบูรณ์ ดังแสดงรูปตัวอย่างในรูปที่ 4.1 ซึ่งเมื่อนำแบบชิ้นงานที่ได้จากการออฟเซตไปทำการ Hatch ก็จะทำให้การ Hatch ผิดพลาดด้วย ดังนั้นจะทำให้เส้นทางเดินของหัวกัดไม่สมบูรณ์ เมื่อกัดชิ้นงานแล้วจะทำให้ไม่ได้ชิ้นงานตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.1

4.4 โปรแกรมสำหรับงานกัดหยาบแบบ 3 แกน

หลังจากใช้โปรแกรมหาเส้นทางเดินของหัวกัดได้ผลทดสอบก็คือ ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะรูปร่างคล้ายกับแบบชิ้นงานที่ต้องการ โดยชิ้นงานที่ได้จะมีลักษณะเป็นชั้นๆ คล้ายขั้นบันได และเนื่องจากโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมสำหรับกัดหยาบจึงไม่ได้ทำการตรวจวัดขนาด แต่ใช้สายตาสังเกตดูลักษณะชิ้นงานเท่านั้น

4.5 โปรแกรมสำหรับงานกัดละเอียดแบบ 3 แกน

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่ามีความผิดพลาดที่วัดได้จากชิ้นงานที่กัดจริงอยู่ที่ 100 ถึง 115 ไมครอน ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจเกิดจาก ข้อจำกัดความสามารถของ ARX เช่น การสร้างรูปผิว NURBS จากจุด (Points) ที่ได้จากแบบผิวที่วาดจากโปรแกรมออโตแคด แล้วนำมาคำนวณหารูปผิวใหม่ที่เป็นรูป NURBS และอาจเกิดจากการคำนวณหารูปผิวออฟเซต NURBS จากรูปผิว NURBS และอาจเกิดจากขั้นตอนการคำนวณหาจุดที่จะใช้ในการเขียนรหัส ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้รูปผิวออฟเซต NURBS เป็นผิวในการคำนวณ หรืออาจเกิดจากขั้นตอนการกัดชิ้นงานและขั้นตอนการวัดขนาดชิ้นงาน ในการใช้งานโปรแกรมนี้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถรับแบบชิ้นงานผิวที่แปลงมาจากโปรแกรมอื่นได้ เนื่องจากแบบชิ้นงานผิวที่แปลงมาจะไม่ได้แสดงหรือเก็บข้อมูลผิวเป็นโพลีกอนเมช (Polygonmesh)

เอกสารอ้างอิง

- [1] ซาลี ตระการกุล. เทคโนโลยีซีเอ็นซี. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2537.
- [2] สาโรช พรวิจิตรจินดา. การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์กับการควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
- [3] ศุภชัย รมยานนท์ และ จวีวรรณ รมยานนท์. ทฤษฎีงานเครื่องมือกลเบื้องต้น งานกัด. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2529.

ภาษาอังกฤษ

- [1] AutoCAD Market Group. AutoCAD Software Development Kit (SDK). USA: Autodesk, 1997.
- [2] Farid M.L. Amirouche. Computer-Aided Design and Manufacturing. 1st ed. USA: Prentice Hall, 1993.
- [3] Micheal D. Stewart. Modeling for Design Using AutoCAD Release13 and AutoSurf. 1st ed. USA: Autodesk Press, 1997.
- [4] Ori Gurewich, and Nathan Gurewich. Teach Yourself Visual C++ 5 in 21 Days. 4th ed. USA: Sams Publishing, 1997.
- [5] Owen Ransen. AutoCAD programming in C/C++. 1st ed. USA: John Wiley & Son, 1997.
- [6] Rusty Gesner. Maximizing AutoCAD R13. 1st ed. USA: Autodesk Press, 1997.
- [7] S.C. Jonathan Lin. Computer Numerical Control From Programming to Networking. 1st ed. USA: Delmar, 1994.