

การประยุกต์ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีห้าแกนสำหรับกระบวนการผลิตใบพัด

Application of CNC Five Axis Milling Machine

for Turbine Blade Manufacturing Process

ชนะ รักษศิริ^{1,2*} สวิต ฉิมเรือง¹ ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ^{1,3} ชัยยากร จันทร์สุวรรณ^{1,3} และคุณยุต เอี่ยมสะอาด^{1,3}

¹ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางแม่พิมพ์ยาง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ

³ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร 0-2942-7188 โทรสาร 0-2942-7189 *อีเมลล์ chana_raksiri@yahoo.com

Sawit Chimruang¹, Chana Raksiri^{1,2*}, Supasit Rodkwan^{1,3}, Chaiyakorn Junsuwan^{1,3} and Kunnayut Eiamsa-ard^{1,3}

¹Center of Excellence in Rubber Mould, Research and Development Institute of Industrial Production Technology

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University and

³Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,

Kasetsart University, Jatujak, Bangkok 10900, Thailand,

Tel: 0-2942-7188, Fax 0-2942-7189, *E-mail: chana_raksiri@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีห้าแกนสำหรับการผลิตใบพัดโดยกระบวนการตัดเฉือนวัสดุ การคำนวณทางเดินของมีดตัดเฉือนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตโดยใช้โปรแกรม Power Mill ซึ่งทำการคำนวณทางเดินของมีดตัดเฉือนจะแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนด้วยกัน ดังนี้คือ 1). ขั้นตอนการคำนวณสำหรับการกัดหยาบ (Rough Milling) 2). ขั้นตอนการคำนวณสำหรับการกัดละเอียด (Rest Rough Milling) 3). ขั้นตอนการคำนวณสำหรับการกัดละเอียด (Finishing Milling) 4). ขั้นตอนการคำนวณสำหรับการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อเซาะร่องใบพัด 5). ขั้นตอนการคำนวณสำหรับการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อกัดใบพัดด้านขวาและ 6). ขั้นตอนการคำนวณสำหรับการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อกัดใบพัดด้านซ้าย

สำหรับการทดสอบโปรแกรมที่ได้จากการคำนวณเส้นทางการเดินของมีดเฉือน ผู้วิจัยได้นำเอาแบบจำลองของเครื่องกัดห้าแกนรุ่น Hermle C600U SRT450 ซึ่งในการตรวจสอบความถูกต้องของทางเดินมีดเหล่านี้ ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าโปรแกรมสำหรับการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อกัดใบพัดด้านขวาและ โปรแกรมสำหรับการกัดละเอียด (Finishing Milling) เพื่อกัดใบพัดด้านซ้าย มีข้อผิดพลาดในการจำลองการเคลื่อนที่ โดยเห็นได้จากที่ตัวจับยึดมีดตัดเฉือนทำมุมเอียงโดนชิ้นงาน จึงแก้โดยการเพิ่มความยาวของตัวจับยึดมีดตัดเฉือนให้มากขึ้น

Abstract

This research is the application of CNC five axis milling machine for material cutting in turbine blade. There are six tool path steps are calculated by using Power Mill Computer Aided Manufacturing (CAM). These are 1) Rough Milling calculation 2) Rest Rough Milling calculation 3) Finishing Milling calculation 4) Outer Blade Finishing calculation 5) Inner Blade finishing calculation and 6) Bottom Blade calculation

The verification of tool paths are done by the using 5 axis milling machine: Hermle C600U SRT450. The tool path simulation results show that finishing milling for right side and left side are mistake. The tool clamping system are collided with the work piece and and solved by extend tool length.

1. บทนำ

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งถือว่าเป็นภาคการผลิตที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ระบบเศรษฐกิจของประเทศที่สำคัญ การเติบโตของภาคอุตสาหกรรมที่ขึ้นอยู่กับขีดความสามารถในการแข่งขันและการส่งออกจึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจและจริงจังต่อไปซึ่งจะกระทบ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านคุณภาพมาตรฐานของสินค้า ความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีการผลิต ขีดความสามารถทางการตลาดและการจัดการ ตลอดจนวิสัยทัศน์ที่มีต่อแนวโน้มการ

แข่งขันในตลาด การขึ้นรูปใบพัดด้วยเครื่องกัดห้าแกน ที่มีพื้นผิวที่ซับซ้อนและต้องการความแม่นยำมากขึ้น อาทิเช่น ใบพัดที่ใช้ในเครื่องยนต์ไอพ่น, พื้นผิวของชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์, อากาศยาน พื้นผิวเหล่านี้ บางครั้งไม่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องกัด 3 แกนปกติ หรือถ้าสามารถทำได้ก็ต้องมีการขึ้นรูปหลายขั้นตอน ซึ่งทำให้ไม่สามารถกัดขึ้นรูปได้อย่างเต็มประสิทธิภาพทั้งทางด้านคุณภาพของชิ้นงาน ดังนั้นจึงได้นำเอาเทคโนโลยีการผลิตด้วยเครื่องกัด 5 แกนมาใช้ในกระบวนการผลิต เครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกนจะมีลักษณะเหมือนเครื่องกัดซีเอ็นซี 3 แกนทั่วไปแต่จะมีการเพิ่มจำนวนแกนที่ทำการหมุนเข้าอีก 2 แกน การที่มี การเพิ่มจำนวนแกนเพื่อที่จะทำให้มีความสามารถในการขึ้นรูปพื้นผิวที่ยากขึ้น

การขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด 5 แกนเราสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ

1.1. การขึ้นรูปโดยตำแหน่ง (Positioning with five axis)

ในชิ้นงานบางลักษณะ อาทิเช่น เสื้อสูบเครื่องยนต์ เสื้อปั๊ม น้ำ โดยต้องมีกระบวนการขึ้นรูปหลายกระบวนการ เช่น การคว้านรู, การเจาะ, การปาดผิว ฯลฯ โดยมีการเอียงผิวชิ้นงานด้านต่าง ๆ เทียบกับแกนอ้างอิงของชิ้นงาน การขึ้นรูปประเภทนี้จะอาศัยแกนหมุนทั้ง 2 แกนของเครื่องกัด 5 แกน ชิ้นงานจะถูกยึดบนโต๊ะของเครื่องแล้วทำการหมุนชิ้นงานหรือมีดตัดเฉือน

(Cutting Tool) ให้เอียงทำมุมสัมพัทธ์ตามแบบที่ต้องการ จากนั้นจะคงตำแหน่งนั้นไว้ แล้วเริ่มทำการกระบวนการต่าง ๆ เช่น ปาดผิว, เจาะรู, คว้านรู ฯลฯ โดยอาศัยเฉพาะการเคลื่อนที่ของแกนเชิงเส้นทั้ง 3 แกนเท่านั้น

ด้วยเหตุนี้ทำให้เราสามารถทำการขึ้นรูปชิ้นงานได้โดยการจับยึดชิ้นงานเพียงครั้งเดียว ทำให้ลดเวลาในการผลิต รวมทั้งยังทำให้ค่าความผิดพลาดในการผลิตลดน้อยลงด้วย จะเห็นได้ว่าการขึ้นรูปประเภทนี้ไม่จำเป็นจะต้องให้แกนทั้ง 5 เคลื่อนที่สัมพันธ์พร้อมกันตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้ความซับซ้อนของการทำโปรแกรมและราคาของชุดควบคุมจะน้อยกว่าการขึ้นรูปอีกแบบหนึ่ง ดังจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

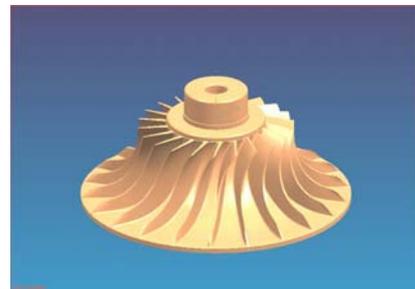
1.2 การขึ้นรูปบนพื้นผิวโค้ง (Profiling with five axis)

ลักษณะของงานที่ใช้การขึ้นรูปบนพื้นผิวโค้งด้วยเครื่องกัด 5 แกน เช่น ใบพัดสำหรับเครื่องยนต์ไอพ่น หรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า, พื้นผิวของชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์, อากาศยาน โดยพื้นผิวเหล่านี้จะมีความซับซ้อนทางสมการคณิตศาสตร์มาก หรือเป็นพื้นผิวที่ Undercut คือไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยเครื่องกัด 3 แกน การขึ้นรูปแบบนี้ทั้งชิ้นงานและมีดตัดเฉือนจะทำการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันโดยอาศัยแกนทั้ง 5 เคลื่อนที่พร้อม ๆ กัน ตามตำแหน่งของจุดและมุมเอียงของชิ้นงาน และมีดตัดเฉือนบนพื้นผิวที่จะทำการขึ้นรูป จะเห็นได้ว่าการคำนวณหาตำแหน่งเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ Software ช่วยในการคำนวณ รวมถึงชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนจะต้องมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นเช่นกัน

ปัจจุบันการใช้ใบพัด (Turbine Blade) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลาย อาทิเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์และอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า เนื่องด้วยอุปกรณ์ชิ้นนี้มีความซับซ้อนมากทั้งในด้านของการออกแบบและการผลิต ทำให้ราคาของใบพัดสูงมากและต้องใช้เวลานานในการสั่งแต่ละครั้ง ทำให้มีแนวคิดริเริ่มนำเอาหลักการของการประยุกต์ใช้เครื่องกัดห้าแกนในกระบวนการผลิตใบพัดสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยจะเริ่มทำการวิจัยจากใบพัดที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ งานวิจัยนี้จะช่วยสร้างความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตใบพัดสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้วิศวกรรมย้อนรอยและการขึ้นรูปใบพัดด้วยเครื่องกัดห้าแกน โดยการคำนวณทางเดินของมีดตัดเฉือนจากการใช้วิศวกรรมช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing :CAM) นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบความถูกต้องทางเดินมีดจากการจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซีห้าแกน

2. แบบจำลอง Solid Modeling ของใบพัด (Turbine Blade)

เป็นแบบจำลองสามมิติที่ได้ทำการปรับแต่งพื้นผิวให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น รวมทั้งการสร้างใบพัดจนครบ รวมทั้งรายละเอียดของส่วนประกอบอื่นๆ ของใบพัดให้สมบูรณ์ โดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design, CAD) Unigraphics NX2 [1]



ภาพที่ 1 Solid Modeling [1]

3. การคำนวณหาทางเดินของมีดตัดเฉือน

โปรแกรมช่วยในการผลิต CAM (Computer Aided Manufacturing) ที่ใช้ในการคำนวณจะใช้โปรแกรม Power mill ซึ่งใช้สำหรับงานกัด (Milling) ในลักษณะ 5 แกนที่เป็นรูปผิว (Surface) ด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีห้าแกน CNC five Axis Milling Machine การเขียนโปรแกรมเอ็นซีนี้จะเริ่มต้นจากการสร้างรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบหรือแคด (CAD : Computer Aided Design) หลังจากนั้นก็จะเป็นการเลือกใช้เครื่องมือตัดและข้อมูลของการตัดเฉือนที่เหมาะสมกับเครื่องมือตัดแต่ละชนิด ซึ่งในโปรแกรมแคด/แคมนั้นเราสามารถที่จะกำหนดข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ได้ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนของการกำหนดรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงานและการเลือกใช้เครื่องมือตัดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดทางเดินของเครื่องมือตัด (Tool path) เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน โดยในขั้นตอนนี้โปรแกรมแคด/แคมจะมีวิธีการจำลองการขึ้นรูปชิ้นงาน (Simulation) เพื่อให้เราสามารถ

AMM090

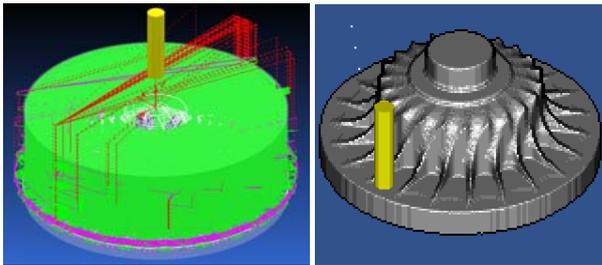
มองเห็นภาพพจน์ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยตรวจสอบหาข้อผิดพลาดที่เกิดจากการขึ้นรูปชิ้นงานอีกด้วย

ทางเดินของมิตตัดเฉือนจะถูกเก็บในรูปแบบของ CL data-file ซึ่งจะประกอบด้วยตำแหน่งของปลายมิตตัดเฉือน (X, Y, Z) ใดๆ และเวกเตอร์บอกทิศทางของแกนมิตตัดเฉือน (i, j, k) โดยทั้ง (X, Y, Z) และ (i, j, k) เทียบกับจุดศูนย์กลางของชิ้นงานโดยปกติทางเดินของมิตตัดเฉือนของเครื่องกัด 3 แกน จะมีแค่ตำแหน่งของปลายมิตตัดเฉือน (X, Y, Z) ส่วน (i, j, k) จะมีค่าเท่ากับนอกลดโดยมีค่าเท่ากับ (0, 0, 1) เพราะแกนของมิตตัดเฉือนจะขนานกับแกน Z ตลอดเวลา

ในการใส่ค่าความยาวของมิตตัดเฉือนและตำแหน่งจุดอ้างอิงของชิ้นงานเทียบกับจุดอ้างอิงของเครื่องจักรลงใน NC-postprocessor หน้าทีของ NC-postprocessor คือ จะทำการเปลี่ยน CL data-file (X, Y, Z, i, j, k) ซึ่งเทียบกับจุดอ้างอิงของชิ้นงานไปเป็น (X, Y, Z, A, B) หรือ (X, Y, Z, A, C) หรือ (X, Y, Z, B, C) ขึ้นอยู่กับชนิดของรูปแบบเครื่องกัด 5 แกน โดยปกติแล้วนี้จะเทียบกับจุดอ้างอิงของเครื่อง

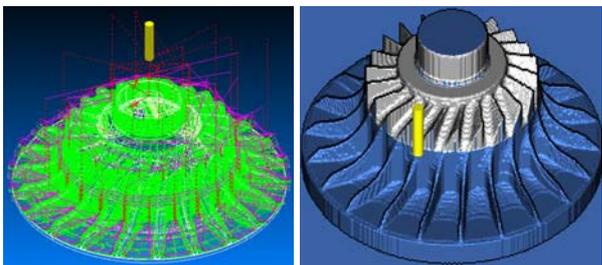
สำหรับการคำนวณทางเดิมมีตของการขึ้นรูปใบพัดจะแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน

1. การขึ้นรูปหยาบ (Rough Milling) โดยใช้มิตตัดเฉือน ขนาด 25 มม.



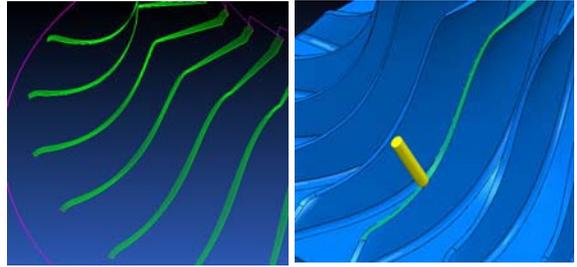
ภาพที่ 2 การขึ้นรูปหยาบ (Rough Milling)

2. การขึ้นรูปลดขนาด (Rest Rough Milling) โดยใช้มิตตัดเฉือน ขนาด 12 มม.



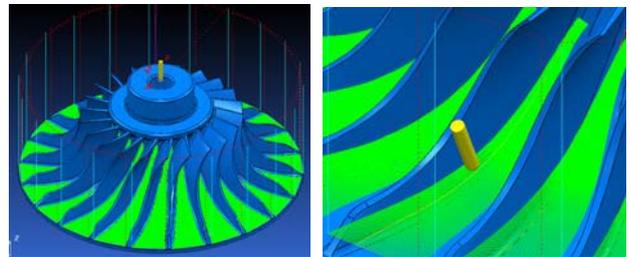
ภาพที่ 3 การขึ้นรูปลดขนาด (Rest Rough Milling)

3. การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) ใช้มิตตัดเฉือน ขนาด 6 มม. เพื่อขึ้นรูปปลายใบพัด



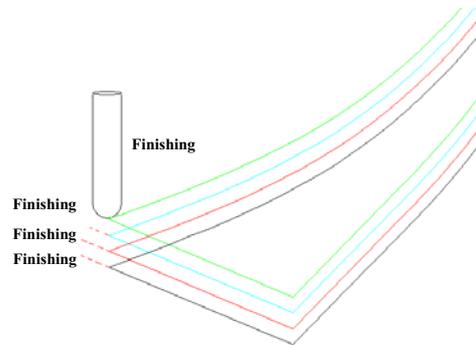
ภาพที่ 4 การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling)

4. การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) ใช้มิตตัดเฉือน ขนาด 6 มม.



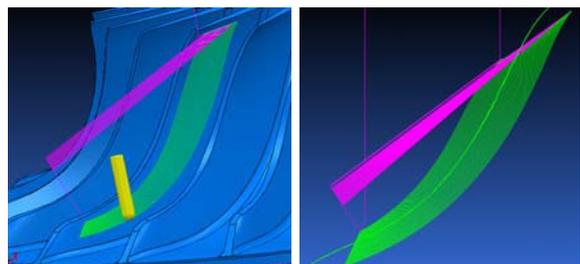
ภาพที่ 5 การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling)

- ลักษณะการขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) เพื่อเซาะร่องใบพัด 4 ครั้ง



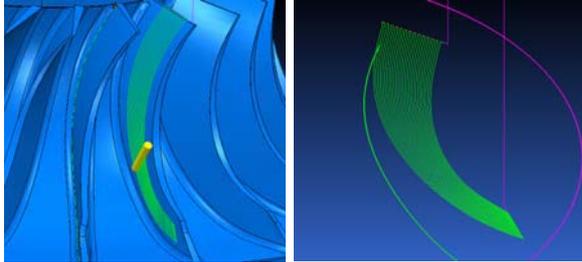
ภาพที่ 6 ลักษณะการขึ้นรูปเซาะร่องใบพัด 4 ครั้ง

8. การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) ใช้มิตตัดเฉือน ขนาด 6 มม. เพื่อขึ้นรูปใบพัดด้านขวา



ภาพที่ 7 การขึ้นรูปละเอียด เพื่อขึ้นรูปใบพัดด้านขวา

9. การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) ใช้มีดตัดเฉือน ขนาด 6 มม. เพื่อขึ้นรูปใบพัดด้านซ้าย



ภาพที่ 8 การขึ้นรูปละเอียด เพื่อขึ้นรูปใบพัดด้านซ้าย

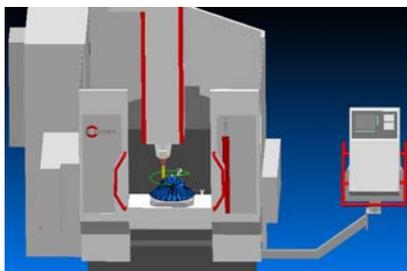
4. การ จำลองทางเดินของมีดตัดเฉือน

ขั้นตอนนี้ได้นำเอาแบบจำลองเครื่องจักรห้าแกนตัวอย่างรุ่น Hermle C600U SRT450) มาทดสอบในการทดสอบการเดินของมีดตัดเฉือนเพื่อทดสอบความถูกต้องของการเดินในลักษณะต่างๆ ซึ่งเป็นเครื่องที่มีการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) 3 แกน (X, Y, Z) และการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) คือแกน A และ แกน C เป็นเครื่องที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่ที่ได้จากการคำนวณทางเดินมีดตัดเฉือนด้วยโปรแกรม Power Mill

การตรวจสอบทางเดินมีดตัดเฉือนเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน โดยในขั้นตอนนี้ใช้โปรแกรม Power Mill ในการจำลองเพื่อให้เราสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยตรวจสอบหาข้อผิดพลาดที่เกิดจากการขึ้นรูปชิ้นงาน

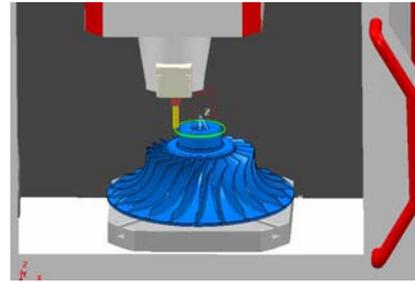
การตรวจสอบทางเดินมีดตัดเฉือนบนเครื่องกัด 5 แกนรุ่น Hermle C600U SRT450

1. ลักษณะการเดิน Offset AreaClearModel โดยใช้ Tool 25 mm การขึ้นรูปโดยวิธีนี้เป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีหยาบๆ เนื่องจากชิ้นงานที่มีความโตกว่าขนาดจริง ซึ่งไม่สามารถขึ้นรูปละเอียดได้ เนื่องจากการขึ้นรูปแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการขึ้นรูป ดังนั้นวิธีนี้เป็นส่วนหนึ่งในการลดเวลาในการขึ้นรูปงานให้น้อยลง



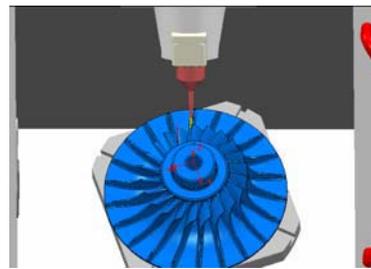
ภาพที่ 9 การขึ้นรูปหยาบ (Rough Milling)

2. ลักษณะการเดิน Offset AreaClearModel โดยใช้ Tool 12 mm การขึ้นรูปโดยวิธีนี้เป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีหยาบๆ โดยอ้างอิงจากการขึ้นรูป Offset AreaClear Model ที่ใช้มีดตัดเฉือน 25 mm แต่วิธีการนี้ เป็นการขึ้นรูปลดขนาดจากการขึ้นรูปครั้งแรกที่ Tool เข้าไปไม่ถึง



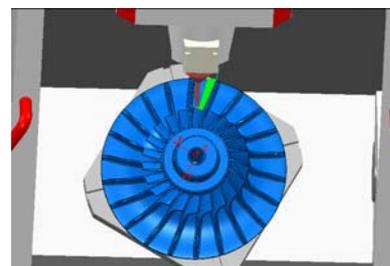
ภาพที่ 10 การขึ้นรูปลดขนาด (Rest Rough Milling)

3. ลักษณะการเดิน Projection Surface Finiting โดยใช้ Tool 6 mm การขึ้นรูปวิธีนี้เป็นการขึ้นรูปละเอียดหลังจากที่ขึ้นรูป Rest Rough แล้ว ขั้นตอนนี้จะขึ้นรูปบริเวณปลายใบพัด ในขณะที่มีความหนาของบริเวณใบจะอยู่ เนื่องจากการขึ้นรูปขั้นนี้มีความเสี่ยงของการขึ้นรูปเป็นอย่างมาก เช่น ถ้าบริเวณใบบาง การขึ้นรูปของมีดทำให้ใบบิดหรือหักได้



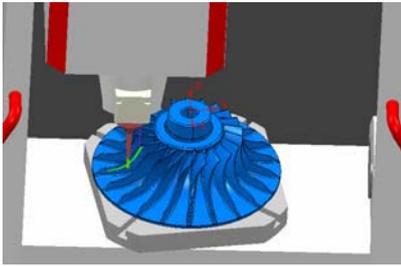
ภาพที่ 11 การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) ปลายใบพัด

4. ลักษณะการเดิน Projection Surface Finiting โดยใช้ Tool 6 mm การขึ้นรูปวิธีนี้เป็นการขึ้นรูปละเอียดหลังจากที่ขึ้นรูป Finishing บริเวณปลายใบพัด แล้ว ขั้นตอนนี้จะขึ้นรูปเป็นขั้นแรกเพื่อหลีกเลี่ยงการชนของหัวจับมีดตัดเฉือน (Holder)



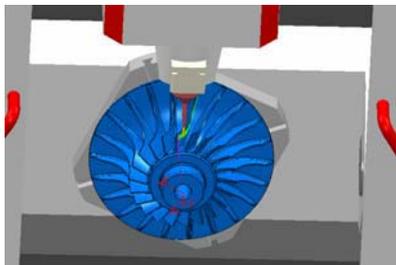
ภาพที่ 12 การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) เซาะร่องใบพัด 4 ครั้ง

8. ลักษณะการเดิน Swarf Finiting โดยใช้ Tool 6 mm การกัดวิธีนี้เป็นการกัดละเอียดหลังจากที่กัด Finishing บริเวณร่องของใบพัดขั้นตอนนี้จะทำการกัดบริเวณด้านของใบ โดยเริ่มต้นการกัดจากด้านขวาซึ่งจะใช้ลักษณะการเดินมีดตัดเฉือนแบบ Swarf Finiting คือ การกัดชิ้นงานโดยเอียงด้านข้างของ Tool เป็นตัวในการตัดเฉือน



ภาพที่ 13 การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) ไม้พัดด้านขวา

9. ลักษณะการเดิน Swarf Finiting โดยใช้ Tool 6 mm การขึ้นรูปวิธีนี้เป็น การขึ้นรูปละเอียดหลังจากที่ขึ้นรูปจากด้านขวาแล้ว ซึ่งจะใช้ลักษณะการเดินมีดตัดเฉือนแบบ Swarf Finiting คือการขึ้นรูปชิ้นงานโดยเอาปลายด้านข้างของ Tool เป็นตัวในการตัดเฉือน



ภาพที่ 14 การขึ้นรูปละเอียด (Finishing Milling) ไม้พัดด้านซ้าย

ขั้นตอนสุดท้ายของการเขียนโปรแกรมเอ็นซีด้วยแคด/แคม คือ การแปลงทางเดินของเครื่องมือตัดไปเป็นรหัสเอ็นซี (NC code) โดยในขั้นตอนนี้เรียกว่า "Postprocessor" ทั้งนี้เนื่องจากรูปทรงของชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรมแคด/แคมนี้ถูกเขียนขึ้นจากภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษา APT ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแปลงให้เป็นรหัสคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี ยกตัวอย่างรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี เช่น G, M, S เป็นต้น ซึ่งแสดงวิธีให้เห็นจากการ Post ด้วยโปรแกรม Power Mill

การแปลงทางเดินของเครื่องมือตัดไปเป็นรหัสเอ็นซี (NC code) โดยในขั้นตอนนี้เรียกว่า "Postprocessor" ดังตัวอย่างการแปลงทางเดินของเครื่องมือตัด จะมีปัญหาในการ Postprocessor ไม่สำเร็จ มีอยู่ 2 กรณี คือ

1. การคำนวณทางเดินมีดเกิดการผิดพลาด อย่างเช่น หัวจับมีดตัดเฉือนโดนชิ้นงาน
2. การเอียงมุมของมีดตัดเฉือน มีมุมเอียงมากกว่าที่เครื่องจะยอมรับได้ เป็นต้น

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะพบว่าเราสามารถนำเครื่องกัดห้าแกนในการผลิตใบพัดโดยมีการนำเอาระบบ CAD/CAM มาใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีจะเริ่มต้นจากการสร้างรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบหรือ CAD หลังจากนั้นก็จะเป็นการเลือกใช้เครื่องมือตัดและข้อมูลของการตัดเฉือนที่เหมาะสมกับเครื่องมือตัดแต่ละชนิด ซึ่งในโปรแกรมแคด/แคมนั้นเราสามารถที่จะกำหนดข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ได้ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนของการกำหนดรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงานและการเลือกใช้เครื่องมือตัดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดทางเดินของเครื่องมือตัด (Tool path) เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน โดยในขั้นตอนนี้โปรแกรมแคด/แคมจะมีวิธีการจำลองการขึ้นรูปชิ้นงาน (simulation) เพื่อให้เราสามารถมองเห็นภาพพจน์ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยตรวจสอบหาข้อผิดพลาดที่เกิดจากการขึ้นรูปชิ้นงานอีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนโครงการนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฐพล จันทน์พาณิชย์ ชนะ รัชศิริ ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร และ ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ. 2548. วิศวกรรมย้อนรอยในงานสร้างแบบกึ่งหุ่นต้นกำลังสามมิติ : สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- [2] มนุศักดิ์ งานทอง. 2542. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตร่วมกับอโตแคดโดยใช้ ARX : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- [3] สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. 2535. เครื่องจักรกล ซีเอ็นซีและการโปรแกรมสำหรับเครื่องกลึงและเครื่องกัด : สำนักพัฒนาอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [4] Bilal E.L.S., 1992. "Development of a Post Processor for Five Axis CNC Milling Machine"_M. Eng. Thesis, AIT, Bangkok.
- [5] Bohez E.L.J., 1979. "Computer Aided Geometric Design and Computer Aided manufacturing of Rotors for Centrifugal Compressor", Personnel findings.
- [6] Boyed K.B., 1974. "Five Axis Machining", Machine Design, Vol. 46(12):_134-138.