

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากปัญหาของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมการผลิตรองเท้าที่ต้องใช้ระยะเวลาในการออกแบบพื้นรองเท้า, จัดทำโมเดลจำลองและวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทั้ง ต้นทุนการผลิต, กำลังการผลิตและข้อดีข้อเสียในการผลิตรองเท้าในแต่ละรุ่น ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจ้างบุคลากรเป็นจำนวนมาก, มีความซ้ำซ้อนในการทำงานและเสียส่วนแบ่งทางการตลาด เนื่องจากการออกผลิตภัณฑ์ใหม่ล่าช้ากว่าคู่แข่ง จึงเกิดแนวคิดในการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบขึ้น เพื่อช่วยให้เห็นภาพลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจนใกล้เคียงกับความเป็นจริงและช่วยย่นระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สั้นลงอันจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายทางด้านต้นทุนต่ำลงและสามารถออกผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ทันต่อความต้องการของตลาด

ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยนี้ขึ้นเพื่อสร้างทางเลือกในการออกแบบพื้นรองเท้าจากแค่เดิมที่นิยมใช้ DELCAM และ CIMATRON ในการออกแบบพื้นรองเท้า เนื่องจากโปรแกรม Unigraphics เริ่มเป็นที่รู้จักแพร่หลายมากขึ้นและเป็นหนึ่งในโปรแกรมที่ให้ประสิทธิภาพสูง แต่มักจะใช้กันอยู่แต่ในแวดวงการออกแบบชิ้นส่วนรถยนต์หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรมากกว่า ผู้วิจัยจึงพยายามนำโปรแกรม Unigraphics มาใช้ในการออกแบบพื้นรองเท้าบ้าง เนื่องจาก มีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายและ Icon คำสั่งที่ดูแล้วสามารถเข้าใจได้ง่ายกว่าสองโปรแกรมที่ได้กล่าวมา

และเพื่อแสดงให้เห็นว่าโปรแกรม Unigraphics สามารถใช้งานได้จริงผู้วิจัยจึงได้จัดทำโมเดลจำลองพื้นรองเท้าซึ่งทำจากไม้เทียมมาประกอบการวิจัยครั้งนี้ด้วยและได้จัดทำคู่มือการออกแบบพื้นรองเท้าอย่างละเอียดประกอบกันเพื่อให้ผู้ที่สนใจในตัวโปรแกรมสามารถนำไปใช้ศึกษาและทดลองปฏิบัติตามได้ทำให้ง่ายแก่ความเข้าใจและสามารถนำคำสั่งต่างๆที่ปรากฏในคู่มือไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์อื่นๆได้

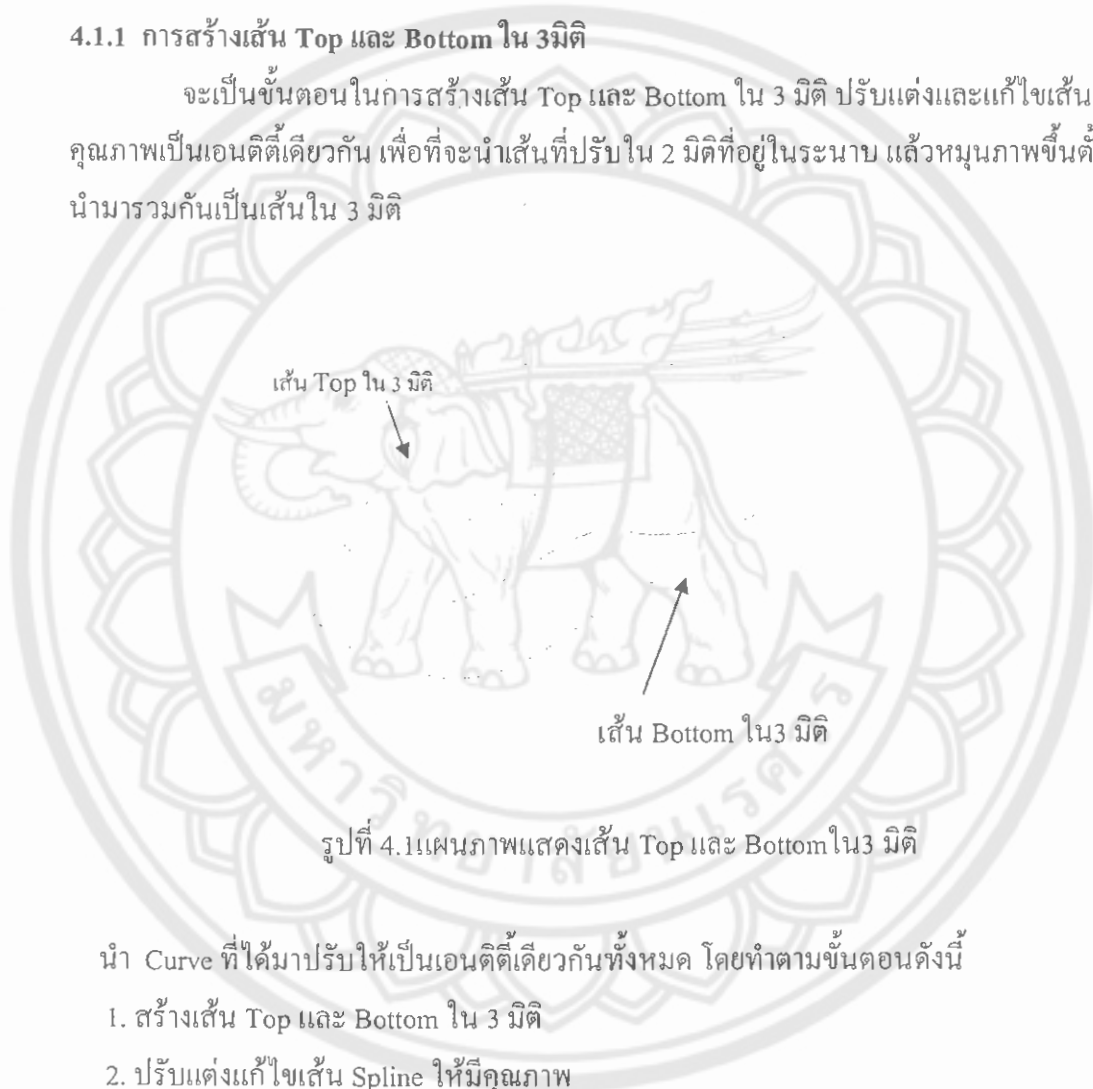
การดำเนินการออกแบบพื้นรองเท้า

4.1 การออกแบบพื้นรองเท้า (Part CAD : Computer Aided Design)

การออกแบบพื้นรองเท้ามีขั้นตอนการออกแบบตามลำดับ ดังนี้

4.1.1 การสร้างเส้น Top และ Bottom ใน 3 มิติ

จะเป็นขั้นตอนในการสร้างเส้น Top และ Bottom ใน 3 มิติ ปรับแต่งและแก้ไขเส้นให้มีคุณภาพเป็นเอนติตี้เดียวกัน เพื่อที่จะนำเส้นที่ปรับใน 2 มิติที่อยู่ในระนาบ แล้วหมุนภาพขึ้นตั้งฉาก นำมารวมกันเป็นเส้นใน 3 มิติ



รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงเส้น Top และ Bottom ใน 3 มิติ

นำ Curve ที่ได้มาปรับให้เป็นเอนติตี้เดียวกันทั้งหมด โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. สร้างเส้น Top และ Bottom ใน 3 มิติ
2. ปรับแต่งแก้ไขเส้น Spline ให้มีคุณภาพ
3. นำเส้นใน 2 มิติที่อยู่ในระนาบที่ตั้งฉากกันมารวมกันเป็นเส้นใน 3 มิติ

4.1.2 การสร้างเส้น Cross section ใน 3 มิติ

เป็นการสร้างเส้น Cross section โดยนำ ภาพตัด (Cut Section) หมุนขึ้นแล้วนำมาปรับจนได้ โครงข่าย (Wire-Frame) เพื่อเตรียมเส้นก่อนที่จะทำการขึ้นผิว (Surface) ด้านบน ด้านข้าง และ ด้านล่าง ก่อนจะทำเป็นวัตถุ 3 มิติ ทรงตัน (Solid Model) ต่อไป



รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงเส้น Cross section ใน 3 มิติ

การสร้างโครงข่าย (Wire-Frame) โดยนำ Curve ที่ได้ปรับให้มีความต่อเนื่องแล้ว หมุนภาพด้านข้าง ภาพตัด ขึ้น 90 องศา แล้วนำเส้นที่หมุนขึ้นมาวางที่จุดปลายโครงข่ายด้านข้างที่หมุนขึ้น ปรับจนได้ ภาพ 3 มิติที่สมบูรณ์ โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. สร้างเส้น Cross Section ใน 3 มิติ
2. กำหนดจุดจากเส้นที่ไม่ได้ตัดกัน
3. ต่อเส้นเข้าด้วยกันแบบ Bridge Curve ต่อไป

4.1.3 การสร้างผิวด้านบน ด้านข้าง

เป็นการสร้างผิวด้านบนของโมเดลด้วยวิธี Through Curve Mesh



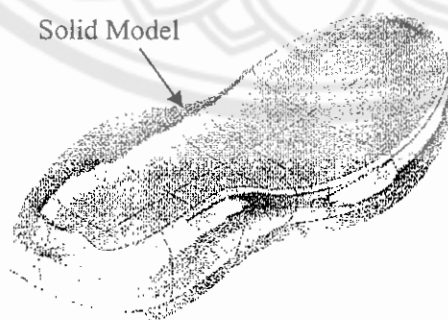
รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงด้านบน ด้านข้าง และด้านล่าง

การสร้างผิวด้านบน ด้านข้าง และด้านล่าง ดังนี้

1. แบ่งเส้นออกเป็นหลายส่วนได้ด้วยวิธีการ Divide Curve
2. สร้างผิวด้วยวิธี Through Curve Mash

4.1.4 การสร้าง Solid Model

จะเป็นการเย็บผิวหรือ Unite ผิวของ Solid Model ทั้งหมดเข้าด้วยกันเพื่อให้ Solid Model เป็นชิ้นเดียวกัน



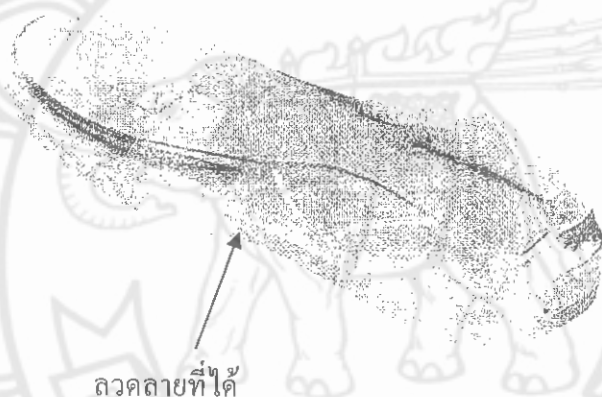
รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดง Solid Model

การสร้างภาพ 3 มิติ ที่เป็นวัตถุทรงตัน(Solid) โดยนำผิวด้านบน ด้านข้าง และด้านล่างมาเชื่อมต่อกันสนิทจนได้ วัตถุทรงตันก่อนที่จะนำไปขึ้นลายต่อไปโดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1.สร้าง Solid Model จากการเย็บผิวทั้งหมดเข้าด้วยกัน
2. สร้างผิวด้วยวิธีการ Extrude
3. ทำการ Sew ผิวให้เชื่อมต่อกัน
- 4.ทำการ Unite ผิวของ Solid Model เดียวกัน

4.1.5 การสร้างลวดลายด้านข้าง

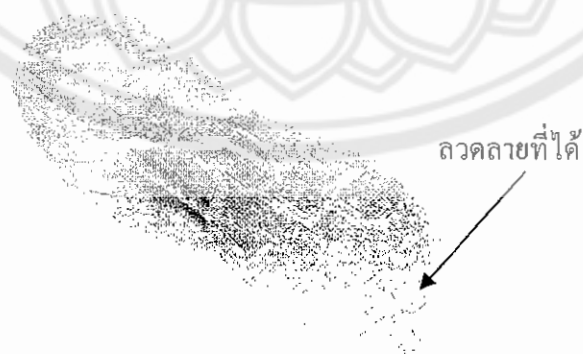
จะเป็นการสร้างลวดลายด้านข้างของพื้นรองเท้าโดยการ Replace Face



รูปที่ 4.5 แผนภาพแสดงลวดลายด้านข้าง

4.1.6 การสร้างลวดลายด้านล่าง

จะเป็นการสร้าง Feature แบบ Primitive เพื่อทำให้เกิดลวดลายด้านล่าง



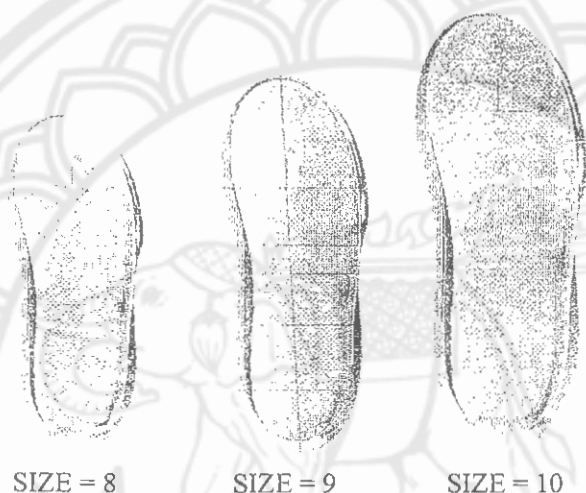
รูปที่ 4.6 แผนภาพแสดงลวดลายด้านล่าง

การขึ้นลวดลายของโมเดลพื้นรองเท้า

1. สร้างผิวโดยวิธี Replace Face
2. ทำการตัด หรือเจาะลวดลายโดยการ Offset Face

4.1.7 การสร้าง Expression สำหรับการ Grading

จะเป็นการสร้าง Expression สำหรับการ Grading เพื่อให้สามารถย่อขยายวัตถุที่มีอัตรา
การขยายตัวที่ไม่เท่ากันในแต่ละแนวแกนได้



รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดง ขนาดพื้นรองเท้า

ทำการย่อขยาย ขนาดพื้นรองเท้า

1. สร้าง Expression สำหรับการ Grading
2. สร้าง Curve ที่เกิดจากการตัดกันของผิว
3. ทำการย่อขยายวัตถุที่มีอัตราขยายตัวที่ไม่เท่ากันในแต่ละแนวแกน
4. สร้าง Curve ด้วยวิธีการ Sketch โดย Basic Curve
5. สร้าง Curve จากขอบของผิว
6. สร้าง Curve ด้วยวิธีการ Bridge Curve ได้และใช้คำสั่ง Transform เพื่อ Move หรือ Copy
7. สร้าง Parametric Solid Model
8. ทำการ Grading Solid Model เป็น Size ต่าง ๆ โดยใช้ Expression

ตารางที่ 4.1 ตารางการแสดงผลการคำนวณค่าของเบอร์รองเท้าที่ใช้ใน โปรแกรม Unigraphics NX₂

SIZE	U/D	LAST LINE	DATA	RATIO Y	30%	DATA	RATIO X	RATIO Z
8	-2	203.658	4.23	0.983967	80.409	1.05	0.979659	0.906977
8.5	-1	207.888	4.23	0.967934	81.459	1.05	0.98983	0.906977
9	0	212.118	4.23	1	82.509	1.05	1	1
9.5	1	216.348	4.23	1.016033	83.559	1.05	1.01017	1
10	2	220.578	4.23	10.32331	84.609	1.05	1.020351	1

การคำนวณค่า

กำหนดให้

$$X_RATIO = X_LENGTH / 82.509$$

กำหนดให้

$$Y_RATIO = Y_LENGTH / 212.118$$

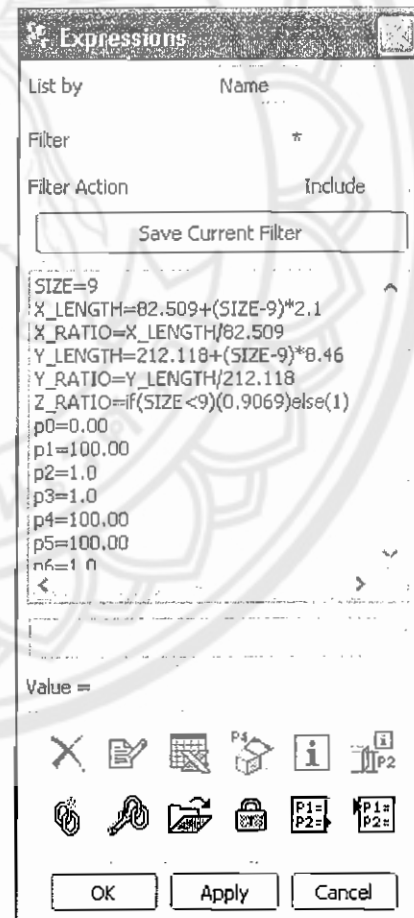
กำหนดให้

$$Z_RATIO = \text{if}(\text{SIZE} < 9)(0.9069) \text{else}(1)$$

จะได้

$$X_LENGTH = 82.509 + (\text{SIZE} - 9) * 2.1$$

$$Y_LENGTH = 212.118 + (\text{SIZE} - 9) * 8.46$$



รูปที่ 4.8 แผนภาพแสดง Parameter คำสั่ง Expressions

4.2 การออกแบบกระบวนการผลิตชิ้นรองเท้า (Part CAM : Computer Aided Manufacturing)

ขั้นตอนการตั้งค่าการผลิต (Manufacturing) เพื่อกำหนดทิศทางการเดินของ Tools (Tool path) เพื่อให้มีการเคลื่อนตัว หรือเกิดการหมุน เพื่อกัดชิ้นงานให้ได้รูปทรงตามที่ต้องการ

4.3 การออกแบบกระบวนการผลิตชิ้นรองเท้า (Part CAM : Computer Aided Manufacturing)

การเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ CNC หรือ Part CAM นั้น

1. กำหนดศูนย์ชิ้นงาน และศูนย์เครื่องจักร CNC
2. เลือก Tool ที่จะนำมากัดชิ้นงาน
3. กำหนด Operation และกำหนดทิศทางการเดินของ Tool (Tool path), Feed rate, Feed cutting, spindle
4. ปรับแต่งแก้ไขค่าต่างๆ ได้ เช่น Feed, rpm, Tool path
5. กำหนดคัดลอกหลายด้านด้วย Tool ที่มี Dimension ขนาดใหญ่ที่ใช้กัดหยาบ จนถึง Tool ที่มีขนาดเล็ก ที่ใช้กัดละเอียด
6. กำหนดคัดลอกหลายด้านด้วย Tool ขนาด Dimension 10 และ 2 mm.

ซึ่งรายละเอียดของขั้นตอนในการผลิตชิ้นรองเท้า Part CAM ได้อธิบายใน ภาคผนวก ข

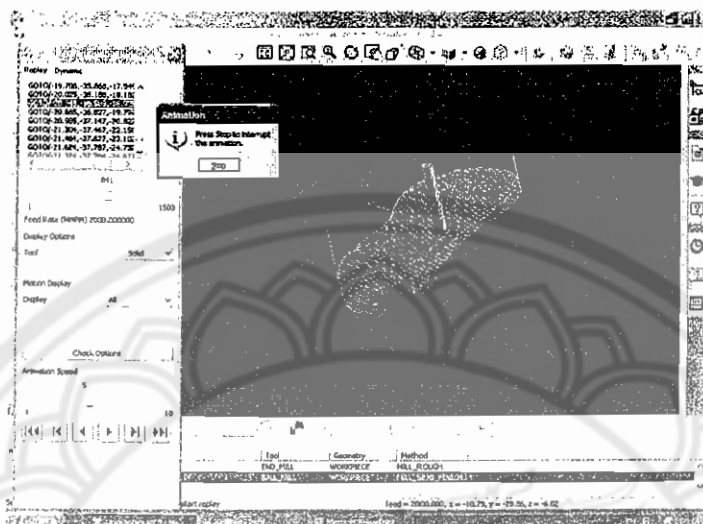
ภาพแสดง Tool path ของ Tool ที่ใช้ในการกัดโมเดลตามลำดับ ดังนี้

4.2.1 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool (END MILL D25)



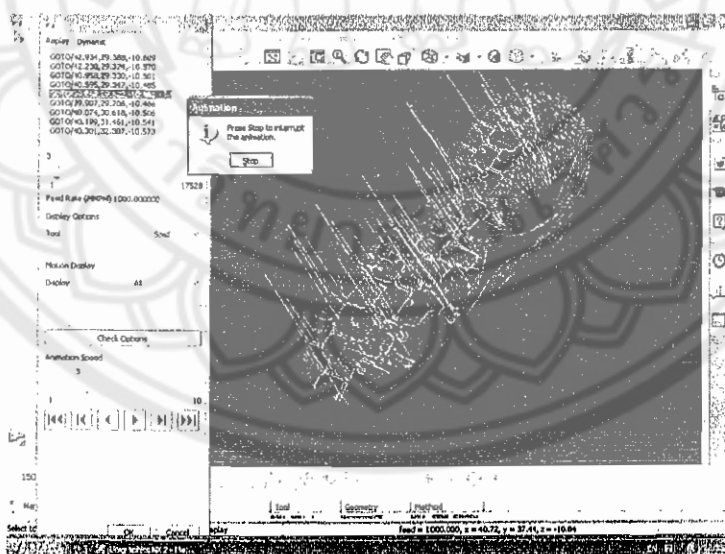
รูปที่ 4.9 แผนภาพแสดง Tool path (END MILL D25)

4.2.2 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool (BALL MILL D10)



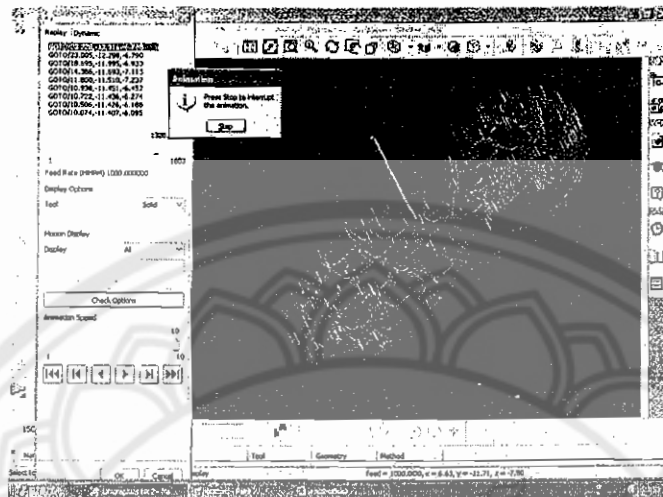
รูปที่ 4.10 แผนภาพแสดง Tool path (END MILL D10)

4.2.3 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool (BALL MILL D4)



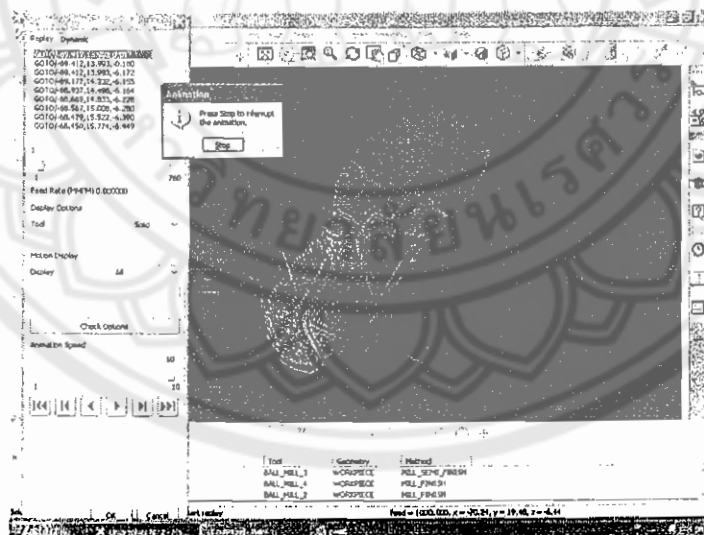
รูปที่ 4.11 แผนภาพแสดง Tool path (END MILL D4)

4.2.4 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool (BALL MILL D3)



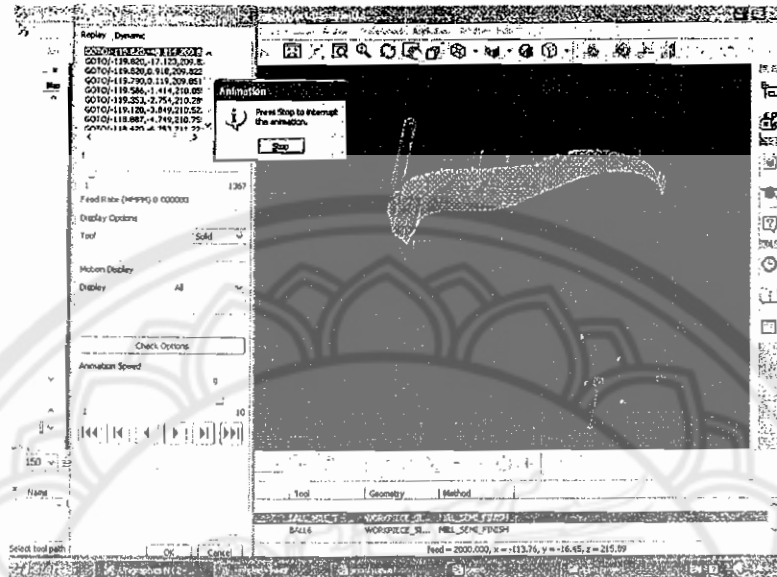
รูปที่ 4.12 แผนภาพแสดง Tool path (END MILL D3)

4.2.5 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool (TIP ANGLE D2)



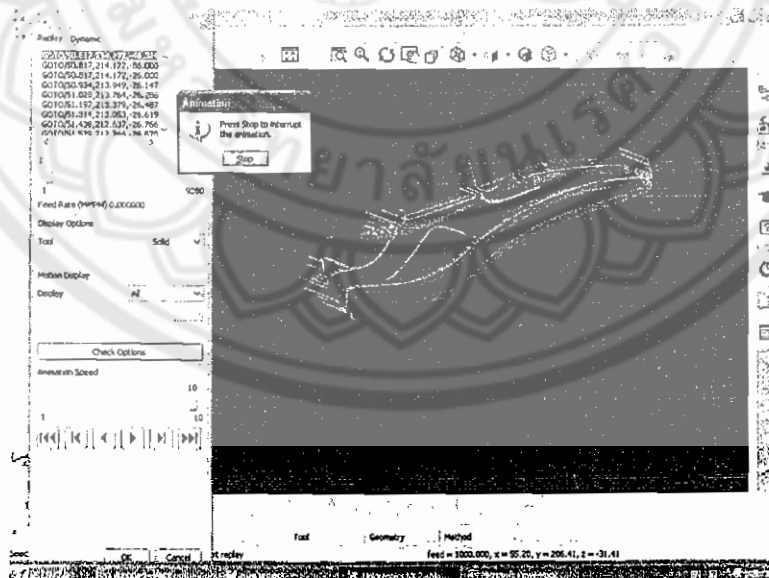
รูปที่ 4.13 แผนภาพแสดง Tool path (END MILL D2)

4.2.6 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool : ข้างขวา (BALL D10)



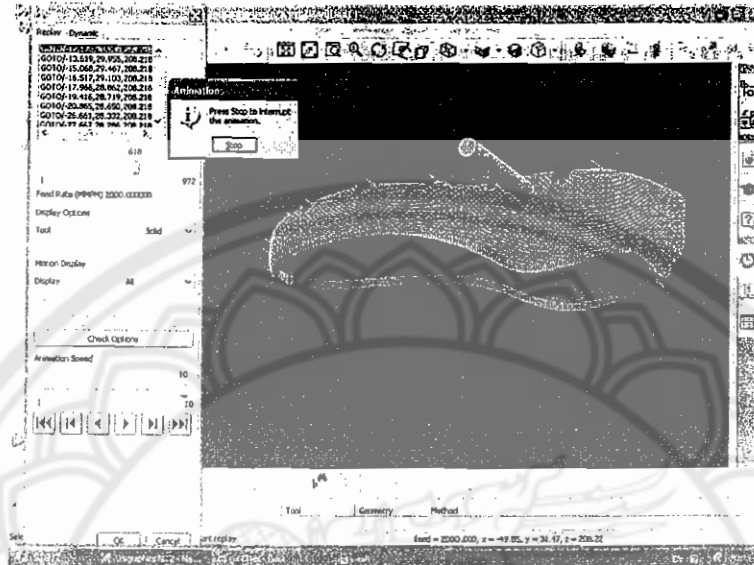
รูปที่ 4.14 แผนภาพแสดง Tool path: ข้างขวา (END MILL D10)

4.2.7 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool (BALL D2)



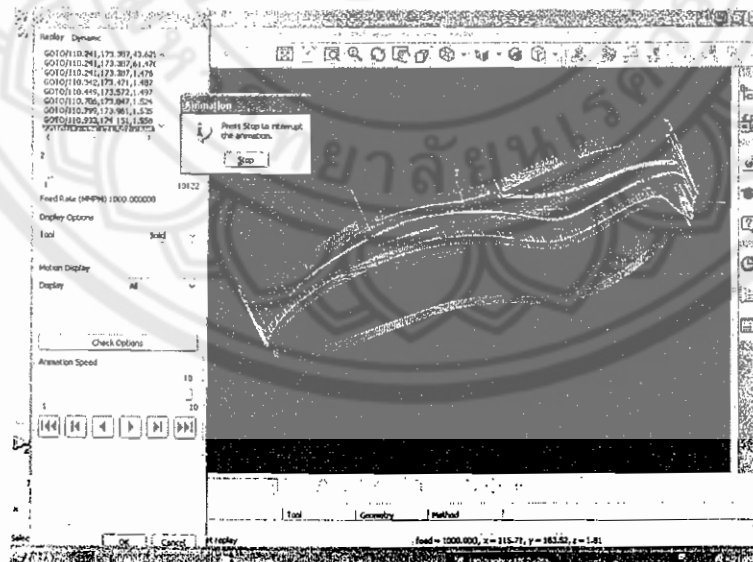
รูปที่ 4.15 แผนภาพแสดง Tool path: ข้างขวา (END MILL D2)

4.2.8 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool (BALL D10)



รูปที่ 4.16 แผนภาพแสดง Tool path: ข้างซ้าย (END MILL D10)

4.2.9 การกำหนด Tool และทิศทางการเดินของ Tool (BALL D2)



รูปที่ 4.17 แผนภาพแสดง Tool path: ข้างซ้าย (END MILL D2)

4.3 การแปลง Tool path ให้ออกเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับเครื่องจักร CNC

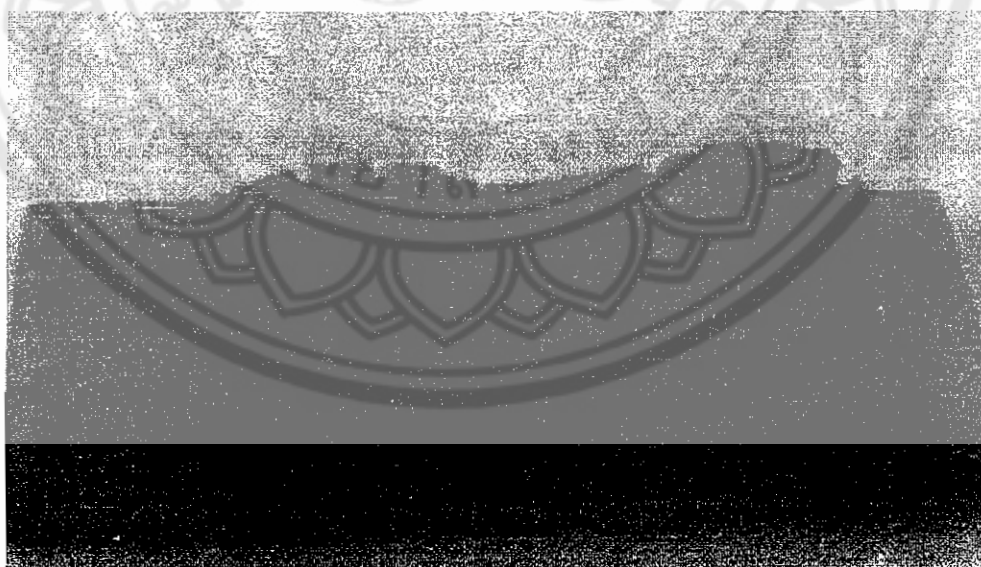
โปรแกรม Unigraphics NX₂ สามารถที่จะแปลงข้อมูลจาก Part CAM เป็น G-Code หรือที่เรียกว่า Postprocessor แล้วนำ file ที่ได้ไปป้อนเข้าเครื่องจักร CNC เพื่อกัดชิ้นงานได้ตามที่ต้องการ สามารถดูตัวอย่างได้จาก ภาคผนวก ง

4.4 การจัดทำคู่มือ

ในการจัดทำคู่มือผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์โมเดลจำลองพื้นรองเท้า โดยแบ่งเป็น Part CAD (Computer Aided Design) และ Part CAM (Computer Aided Manufacturing) โดยสามารถดูคู่มือฉบับย่อได้ใน ภาคผนวก ค

4.5 โมเดลพื้นรองเท้าที่ได้จากการทดลองกัดโดยใช้เครื่องจักร CNC ระบบ 5 แกน

โมเดลจำลองพื้นรองเท้า ที่ได้จากการกัดด้วยเครื่องจักร CNC 5 แกน ขนาดที่ได้มีขนาดเท่ากับ ขนาดจริง Size 9 สำหรับลวดลายที่กัดนั้น เป็นลวดลายที่มีส่วนโค้งที่เล็กกว่าขนาดของ Tool ที่มีอยู่ บางลวดลายทำให้ไม่สามารถกัดได้ตามขนาดที่ลึกจริง ได้ แต่ถ้าสามารถหา Tool ที่มี Dimension เท่ากับลวดลายที่ต้องการ ได้ก็จะสามารถกัดงานได้ขนาดเท่ากับ ระยะลึกที่แท้จริงได้



รูปที่ 4.18 โมเดลที่ได้จากการกัด โดยวัสดุที่ใช้เป็นไม้เทียม