

วิศวกรรมย้อนรอยกับการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา: เทคนิคการเลือกโหมดที่เหมาะสมด้วยชุด 3D สแกนเนอร์

Reverse Engineering with Building Model the Product

Case Study: The Technique Mode of 3D Scanner

พิชัย จันทน์มณี¹ และ อภิวัฒน์ มุตตามระ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

โทร 02-2879645 โทรสาร 02-2879645 อีเมล ¹pichai.j@rmutk.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

โทร 02-2879645 โทรสาร 02-2879645 อีเมล ²mapiwat@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องวัดขนาดแบบ 3 มิติ ร่วมกับหัววัดแบบเลเซอร์สแกน สำหรับการทดสอบโหมดการทำงาน และความเร็วในการสแกนชิ้นงานที่มีพื้นผิวแตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 1.การทดสอบโหมดการทำงานและความเร็วในการสแกนงานผิวเรียบ 2.การทดสอบโหมดการทำงาน E ในการสแกนชิ้นงานผิวโค้ง 3.การทดสอบโหมดการทำงาน E ในการสแกนชิ้นงานผิวดำมัน ในส่วนของชิ้นงานพื้นผิวดำมันจะมีการพ่นละอองแป้ง และไม่พ่นละอองแป้ง เพื่อหาความเหมาะสมของพิกัดจุดข้อมูล และพื้นผิวโพลิกอนที่ได้จากการสแกน จากการทดสอบโหมดการทำงานและความเร็วในการสแกนชิ้นงานพื้นผิวเรียบ พบว่าจะมีพิกัดจุดข้อมูล และพื้นผิวโพลิกอนที่สมบูรณ์ ตามโหมดการทำงาน ดังนี้คือ โหมดการทำงาน B ที่ความเร็ว 20 mm/sec โหมดการทำงาน C ที่ความเร็ว 70 mm/sec โหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10 mm/sec โหมดการทำงาน F ที่ความเร็ว 30 mm/sec โหมดการทำงาน C+ ที่ความเร็ว 50 mm/sec และโหมดการทำงาน f/h ที่ความเร็ว 10 mm/sec จากการทดลองจะพบว่าโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10 mm/sec ให้ผลของพิกัดจุดข้อมูล และโพลิกอนสมบูรณ์ที่สุด ทั้งในงานผิวเรียบ งานผิวโค้ง และผิวดำมัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการพ่นละอองแป้งคือพิกัดจุดข้อมูลมีการจัดเรียงตัว และพื้นผิวโพลิกอนที่ได้มีความสมบูรณ์มากกว่าพื้นผิวชิ้นงานที่ไม่มีการพ่นละอองแป้ง

คำหลัก : วิศวกรรมย้อนรอย, เทคนิคโหมด, 3Dสแกนเนอร์

Abstract

The objective of this research is study about building the products model with 3D Measuring Machine and Laser Scanning transducer, experimental procedure including ; 1) speed mode test of Scanning in smooth surfaces, 2) E- Mode test in curve surfaces, 3) E- Mode test in black surfaces which were divided

into power sprayed surface and non-power sprayed surface, for finding appropriate coordinate data and Polygon surface from scanning. As the results of speed mode test of Scanning in smooth surfaces have a suitable coordinate data and perfect polygon surface at scanning speed 70 mm/sec in B-mode, 10 mm/sec in E-mode, 30 mm/sec F-mode, 50mm/sec in C+ mode, 10 mm/sec in f/h mode and these results shown that the most suitable coordinate data and polygon surface was at 10 mm/sec in E-mode, and the results of E- Mode test in curve surfaces shown the most suitable coordinate data and perfect polygon surface was at 10 mm/sec, and E- Mode test in black surfaces ; power sprayed surface condition has a coordinate data and perfect polygon surface better than non-power sprayed surface condition.

Keywords: Reverse Engineering, Technique mode, 3D Scanner

1.บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการคิดค้นและพัฒนากระบวนการต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งจุดประสงค์สำคัญคือ ต้องการให้มีความรวดเร็วในการสร้างผลิตภัณฑ์ หนึ่งในกระบวนการที่ได้รับความนิยมคือการนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบมาทำการศึกษา เพื่อพัฒนาให้ดีขึ้น หรือที่เรียกว่าวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) สิ่งสำคัญในกระบวนการนี้คือความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลจึงได้มีการนำเครื่องวัดขนาด 3 มิติแบบใช้งานด้วยหัววัดแบบเลเซอร์สแกน เก็บข้อมูลในการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์มาใช้ ส่วนการเลือกใช้โหมดการทำงานจัดเป็นสิ่งสำคัญในวิศวกรรมย้อนรอยสำหรับการสร้างแบบพิมพ์ขึ้นรูปที่มีรูปร่างซับซ้อน นอกจากนี้ยังมีการสร้างต้นแบบด้วย β -Spline ทำให้ได้ขนาดใกล้เคียงกับชิ้นงานต้นแบบ [1] นอกจากนี้การสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็วเพื่อที่จะตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบไว้สามารถทำได้ด้วยการวัดปริมาตรของชิ้นงานจริงเปรียบเทียบกับ

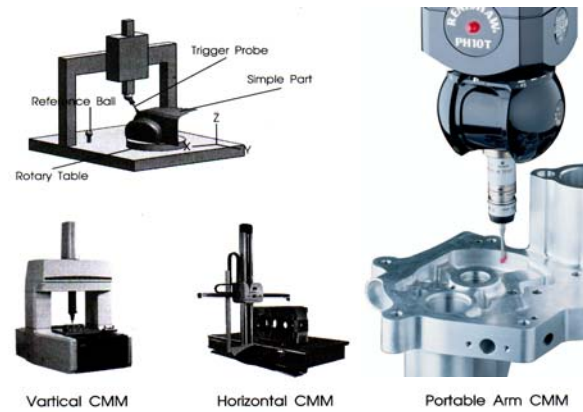
ชิ้นงานต้นแบบพบว่ามีความคลาดเคลื่อนประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์ [3] สำหรับการนำเทคโนโลยีการสแกนชิ้นงาน 3 มิติ มาแทนการเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์นั้นสามารถให้ผลและขนาดใกล้เคียงมากและสามารถลดเวลาในขั้นตอนการเขียนแบบได้มากพอสมควร เป็นผลให้เกิดความรวดเร็วในการผลิตชิ้นงาน[5] ในกรณีของเครื่องมือวัดขนาด 3 มิติ (CMM) ภายใต้การตรวจสอบขนาดผลิตภัณฑ์ร่วมกับเทคโนโลยีการสแกนชิ้นงาน 3 มิติ นั้นสามารถให้ผลการตรวจสอบที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการตรวจสอบแบบสแกน[4]

2. ทฤษฎี

2.1 ชนิดของสแกนเนอร์ 3 มิติ [1]

ในการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการวิศวกรรมย้อนรอยนั้น อุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งก็คือหัววัดแบบสแกนเนอร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ สแกนเนอร์แบบสัมผัส (Contact 3D Scanner) และแบบไม่สัมผัส (Non-Contact 3D Scanner) โดยแต่ละแบบจะมีรายละเอียด และหลักการทำงาน ดังนี้

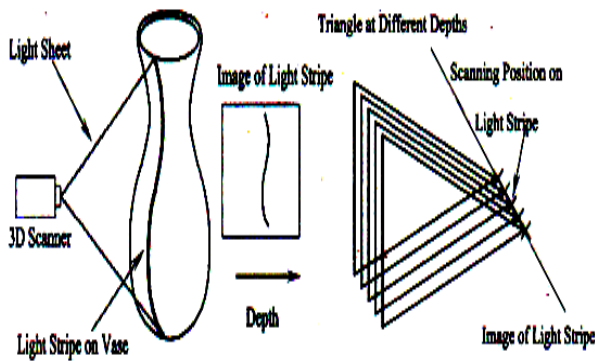
1) สแกนเนอร์แบบสัมผัส (Contact 3D Scanner) ที่ใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดแบบ 3 แกน (Coordinate Measuring Machine: CMM) เป็นอุปกรณ์ในการเก็บจุดพิกัดของชิ้นงาน โดยการใช้หัววัด (Probe) สัมผัสลงไปกับผิวงาน ตรงตำแหน่งที่ต้องการ เมื่อเกิดการสัมผัสสัญญาณที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยังระบบประมวลผลเป็นพิกัดจุด (Coordinate Point) ซึ่งอ้างอิงตำแหน่งกับจุดที่กำหนด (ในที่นี้คือ Reference Ball) ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนได้กลุ่มพิกัดจุดที่เพียงพอที่จะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองต่อไป สำหรับเครื่องมือวัดแบบ 3 แกน หรือ CMM นั้น โดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์มากกว่าการเก็บกลุ่มพิกัดจุด เพื่อสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ แม้ว่าความแม่นยำที่ได้จากเครื่องมือวัดแบบ 3 แกน จะสูงมากก็ตาม เนื่องจากความเร็วในการสแกนชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ และความไวของตัวจับสัญญาณที่หัววัดเป็นสำคัญ อีกทั้งการสัมผัสแต่ละครั้งจะได้ตำแหน่งของพิกัดจำนวนไม่มากนัก รูปแบบการใช้งานเครื่องมือวัดแบบ 3 แกน เพื่อสแกนงานจะทำการเคลื่อนหัววัดเป็นแนวไปตามชิ้นงาน ดังนั้นไฟล์กลุ่มจุดพิกัดที่ได้จะเรียงกันค่อนข้างเป็นระเบียบเหมือนแนวภาคตัดขวาง เป็นผลทำให้การเก็บกลุ่มจุดพิกัดที่เพียงพอต่อการนำไปสร้างแบบจำลอง ในแต่ขั้นตอนนี้ต้องใช้เวลามาก รวมถึงพื้นที่ที่ติดตั้งต้องไม่มีการสั่นสะเทือน และการควบคุมอุณหภูมิเพื่อป้องกันค่าความผิดพลาด ที่เกิดจากการขยายตัว หรือหดตัวของอุปกรณ์การวัดและตัวชิ้นงานเอง นอกจากนี้ยังไม่สามารถสแกนชิ้นงานที่มีลักษณะพื้นผิวที่มีความอ่อนสูงได้ เช่น ต้นแบบที่ผลิตขึ้นจากยาง รวมไปถึงต้นแบบที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของหัววัดหรือมีขนาดใหญ่เกินกว่าขนาดของโต๊ะทำงาน รวมถึงระยะทำงานของหัววัดที่จำกัด โดยรูปแบบต่างๆ ของ CMM ที่มีใช้ในภาคอุตสาหกรรมดังรายละเอียดแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบของสแกนเนอร์แบบสัมผัสและลักษณะของหัว Probe

2) สแกนเนอร์แบบไม่สัมผัส (Non-Contact 3D Scanner) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บกลุ่มพิกัดจุด เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองของผลิตภัณฑ์ นิยมใช้กันมากในปัจจุบันเนื่องจากสามารถพกพาไปในสถานที่ต่างๆ ได้สะดวก (กรณีของ CMM ส่วนใหญ่จะติดตั้งเฉพาะที่ และไม่มีเคลื่อนย้าย) รวมถึงการสแกนงานในแต่ละครั้งจะเก็บจำนวนกลุ่มจุดพิกัดได้ค่อนข้างมาก สแกนเนอร์แบบไม่สัมผัสจะใช้หลักการสะท้อนของแสงที่สัมผัสกับชิ้นงาน การทำงานโดยรวมของสแกนเนอร์แบบไม่สัมผัสนั้นจะอาศัยหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และเทคนิคที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละผู้ผลิต แต่ที่นิยมใช้กันมากเป็นส่วนใหญ่จะเรียกว่า “Triangulation Principle” ซึ่งเป็นหลักการคำนวณหาตำแหน่งความลึกของพิกัดบนพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการวิธีการจะเริ่มจากการใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีลักษณะเป็นแนวยาว ฉายลงไปบนวัตถุเพื่อให้ลำแสงสะท้อนกลับมายังอุปกรณ์รับสัญญาณตำแหน่งของลำแสง (CCD) โดยแต่ละตำแหน่งในแนวลำแสงที่ตกกระทบและสะท้อนกลับมายังอุปกรณ์รับตำแหน่งของลำแสง จะเป็นหนึ่งพิกัดจุดที่คำนวณได้จาก Triangulation Principle โดยแสดงให้เห็นเป็นจุดพิกัดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งในส่วนของสแกนเนอร์แบบไม่สัมผัส จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่ แบบแสงเลเซอร์ (Laser technology) และแบบกล้องถ่ายภาพ (Optical technology) หลักการทำงานของทั้งสองแบบนี้จะคล้ายกันคือตัวเครื่องจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ หรือแสงธรรมชาติที่มีรูปแบบฉายลงบนวัตถุและจะมีกล้อง CCD (Charged Coupling Device) จับภาพและส่งมาประมวลผลในคอมพิวเตอร์โดยใช้หลักการคำนวณแบบสามเหลี่ยม (Triangulation) [2] ดังรูปที่ 2 เพื่อคำนวณหาจุดพิกัดบนผิวของวัตถุ เครื่องสแกนแบบ ไม่สัมผัสให้ค่าวัดที่มีความละเอียดสูงประมาณ 2 μm . [4] การสแกนสามารถทำได้เร็วกว่าเครื่องสแกนแบบสัมผัสหลายเท่า และได้ข้อมูลจุดพิกัดมากกว่า เนื่องจากการสแกนจะไม่สัมผัสชิ้นงาน ชิ้นงานไม่เสียหายและสามารถสแกนชิ้นงานที่มีลักษณะนุ่มได้

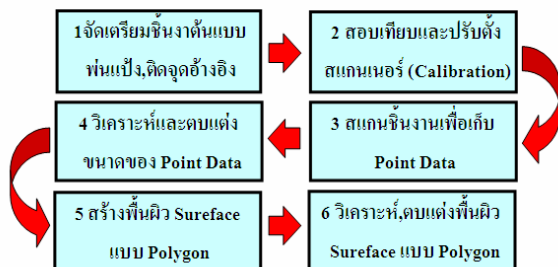
ข้อเสียของเครื่องสแกนแบบไม่สัมผัสคือ ไม่สามารถสแกนวัตถุที่มีสีดำ และวัตถุที่มีผิวสะท้อนแสงได้ แต่ข้อเสียนี้สามารถแก้ไขได้โดยการพ่นผงแป้งสีขาวให้เคลือบผิวชิ้นงานบางๆ เพื่อให้วัตถุมีสีขาวและลดการสะท้อนแสง



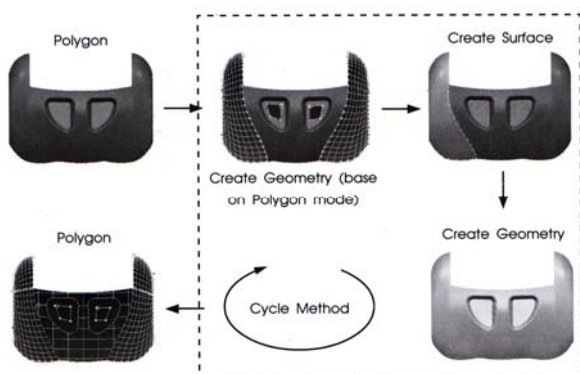
รูปที่ 2 หลักการคำนวณจุดพิกัดแบบสามเหลี่ยม[1]

2.2 การสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์จากสแกนเนอร์ 3 มิติ [2]

ในขั้นตอนการทำงานเพื่อสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการวิศวกรรมย้อนรอยนั้น อาจแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ขั้นตอนการจัดเตรียมชิ้นงานต้นแบบ ขั้นตอนการสแกนชิ้นงานด้วยสแกนเนอร์แบบไม่สัมผัสดังรูปที่ 3 และขั้นตอนการตกแต่งและปรับเปลี่ยนแบบจำลองโพลิگون (Polygon Model) ให้กลายเป็น CAD Model ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ด้วยสแกนเนอร์ 3 มิติ



รูปที่ 4 แสดงกระบวนการทำงานของโปรแกรมวิศวกรรมย้อนรอยที่ผนวกเข้ากับโปรแกรม CAD [2]

3.วิธีการทดสอบ

3.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

ในการทดสอบโหมดการทำงานและความเร็วในการสแกนชิ้นงานที่มีพื้นผิวงานที่แตกต่างกัน จะมีการจัดเตรียมชิ้นงานเป็น 3 ลักษณะพื้นผิวดังนี้ 1.ชิ้นงานพื้นผิวเรียบใช้แผ่นสแตนเลส ขนาด 150 x 150 x 3 mm. ดังรูปที่ 5 (ก) ชิ้นงานพื้นผิวโค้งโดยใช้ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 120 mm. ความหนา 80 mm. ดังรูปที่ 5 (ข) และชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์พื้นผิวสีตามันดังรูปที่ 5 (ค)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5 แสดงพื้นผิวชิ้นงานที่ทำการทดลอง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่องมือวัดแบบ 3 แกน (Coordinate Measuring Machine, CMM) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น Beyond Crysta C776 โดยใช้ร่วมกับหัววัดแบบสัมผัส (Touch Probe) รุ่น PH10MQ และหัววัดแบบไม่สัมผัส (Laser Scanner Non-Contact 3D Scanner) รุ่น TDS-1622PH

2) ระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ Dell PC/Pentium 4(2.2GHz) Dual Processor / 3 GB

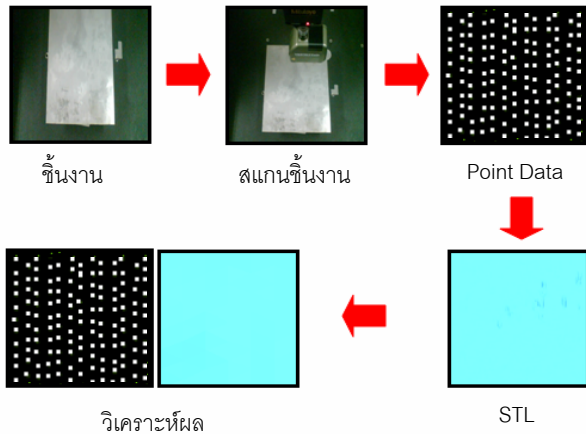
3) ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างต้นแบบประกอบด้วย โปรแกรม MCOSMOS, โปรแกรม TDS 3D SCANNER, โปรแกรม Geomagic Studio 9, โปรแกรม Metris CAD Compares และโปรแกรม Uni Graphics NX-4

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

ทำการสแกนชิ้นงานพื้นผิวเรียบ โดยการทดลองจะมีการใช้โหมดทุกโหมดในการเก็บกลุ่มจุดพิกัด ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งความเร็วที่ใช้จะมีตั้งแต่ 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100mm/sec โดยมีขั้นตอนทดลองชิ้นงานพื้นผิวเรียบ โดยขั้นตอน ดังแสดงขั้นตอนในรูปที่ 6

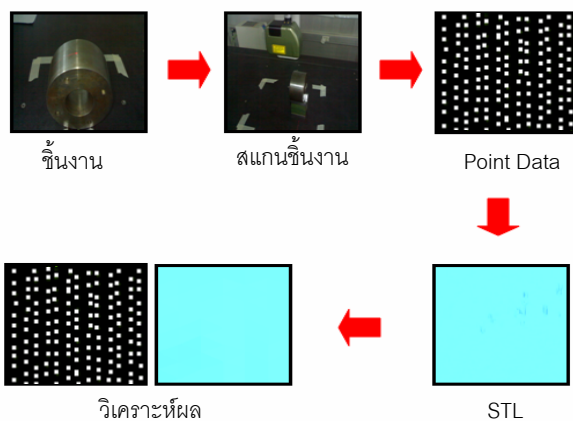
ตารางที่ 1 โหมดการทำงานที่ใช้สแกน

Mode	Width (mm)	Pitch (mm)	Mesu. Line / Sec
B	52 - 68	0.2	10
C	90 - 119	0.4	10
E	52 - 68	0.1	10
F	20 - 22	0.1	10
C+	120 - 158	0.4	10
f/h	20 - 26	0.05	10



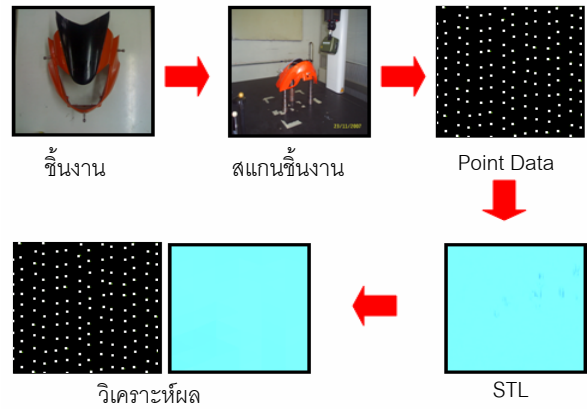
รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนในการทดสอบชิ้นงานพื้นผิวเรียบ

ในการสแกนชิ้นงานพื้นผิวโค้ง โดยใช้โหมด E ในการสแกนชิ้นงานเพื่อเก็บกลุ่มจุดพิกัด เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสม ของความเร็วที่ใช้ในโหมด E โดยมีการกำหนดการใช้ความเร็วเหมือนกับชิ้นงานพื้นผิวเรียบ โดยมีขั้นตอนทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 7



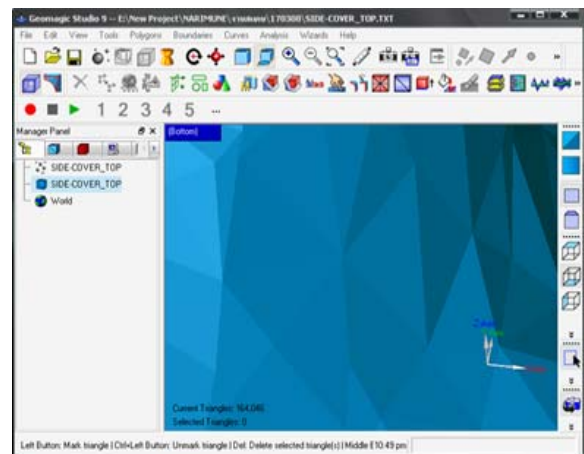
รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนในการทดลองชิ้นงานพื้นผิวโค้ง

ในการสแกนพื้นผิวสีดำนั้ จะมีการสแกนโดยใช้โหมด E ในการเก็บกลุ่มจุดพิกัด โดยชิ้นงานจะมีการพ่นผงแป้ง (Powder Spray) และไม่พ่นผงแป้ง (Powder Spray) เพื่อเปรียบเทียบผลของกุ่มจุดพิกัด และพื้นผิวโพลิคอนที่ได้ในทั้ง 2 กรณี โดยมีขั้นตอนการทดลองดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนในการทดลองชิ้นงานพื้นผิวสีดำนั้

จากนั้นนำข้อมูลจุดพิกัด (Point Data) ที่ได้จากการสแกนในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง มาทำการสร้างพื้นผิวโพลิคอน โดยใช้โปรแกรม Geomagic Studio 9 ดังแสดงในรูปที่ 9

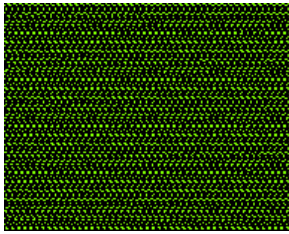


รูปที่ 9 พื้นผิวโพลิคอนที่ได้จากโปรแกรม Geomagic Studio 9

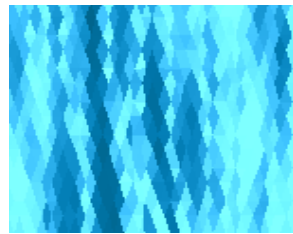
4.ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองที่ได้ของชิ้นงานพื้นผิวเรียบ

กลุ่มพิกัดจุดและพื้นผิวที่เป็นโพลิคอน ของโหมดการทำงาน B ที่ความเร็ว 1mm/sec พบว่าปริมาณของพิกัดจุดมีประมาณ 1,800 point/cm² ทำให้ลักษณะผิวโพลิคอนที่ได้เกิดการทับซ้อนไม่สม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 10 และโหมดการทำงาน B ที่ความเร็ว 100mm/sec พบว่าปริมาณของพิกัดจุดมีประมาณ 187 point/cm² ทำให้ลักษณะผิวโพลิคอนที่ได้เกิดเป็นช่องว่างเนื่องจากไม่สามารถเชื่อมต่อระหว่างจุดในการสร้างผิวโพลิคอนได้ดังแสดงในรูปที่ 11

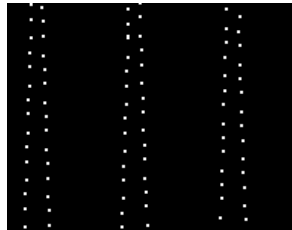


(ก) กลุ่มพิกัดจุด

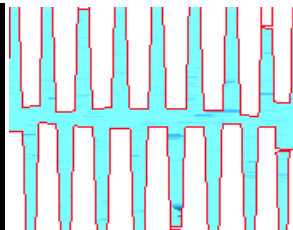


(ข) โพลิกอน

รูปที่ 10 แสดงผลโหมดการทำงาน B ที่ความเร็ว 1 mm/sec



(ก) กลุ่มพิกัดจุด

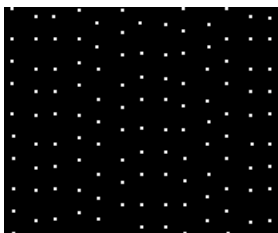


(ข) โพลิกอน

รูปที่ 11 แสดงผลโหมดการทำงาน B ที่ความเร็ว 100 mm/sec

4.2 ผลการทดลองโหมด E ในการสแกนชิ้นงานผิวโค้ง

กลุ่มพิกัดจุดและพื้นผิวที่เป็นโพลิกอน ของโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10mm/sec พบว่าปริมาณของพิกัดจุดมีประมาณ 460 point/cm² ทำให้ลักษณะผิวโพลิกอนที่ได้มีความสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 12 และโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 100mm/sec พบว่าปริมาณของพิกัดจุดมีประมาณ 68 point/cm² ทำให้ไม่สามารถสร้างลักษณะผิวโพลิกอนเนื่องจากพิกัดจุดที่ได้มีจำนวนน้อยและเกิดในลักษณะเป็นแนวเส้นตรงดังแสดงในรูปที่ 13

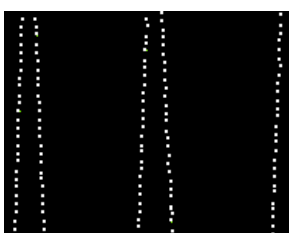


(ก) กลุ่มพิกัดจุด

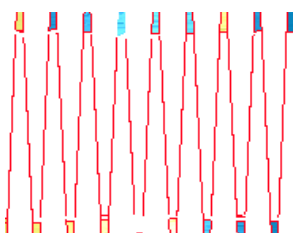


(ข) โพลิกอน

รูปที่ 12 แสดงผลโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10 mm/sec



(ก) กลุ่มพิกัดจุด



(ข) โพลิกอน

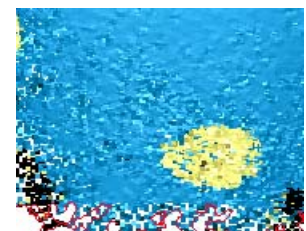
รูปที่ 13 แสดงผลโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 100 mm/sec

4.3 ผลการทดลองโหมด E ในการสแกนชิ้นงานพื้นผิวสีดำน

กลุ่มพิกัดจุดและพื้นผิวโพลิกอน ของโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10 mm/sec โดยไม่ฟั่นละองแบ่งพบว่าเกิดการกระจายตัวของพิกัดจุดไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดเป็นช่องว่างบนพื้นผิวในจุดที่มีระยะห่างระหว่างจุดมาก ส่วนบริเวณที่มีพิกัดจุดทับซ้อนทำให้เกิดพื้นผิวที่ขรุขระดังแสดงในรูปที่ 14 หลังจากทำการฟั่นละองแบ่งปรากฏว่าพื้นผิวโพลิกอนเกิดความสมบูรณ์และสม่ำเสมอมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 15

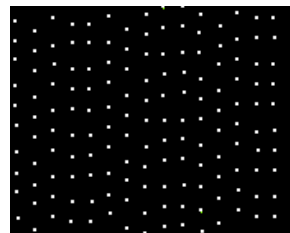


(ก) กลุ่มพิกัดจุด



(ข) โพลิกอน

รูปที่ 14 แสดงผลโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10 mm/sec โดยไม่ฟั่นละองแบ่ง



(ก) กลุ่มพิกัดจุด



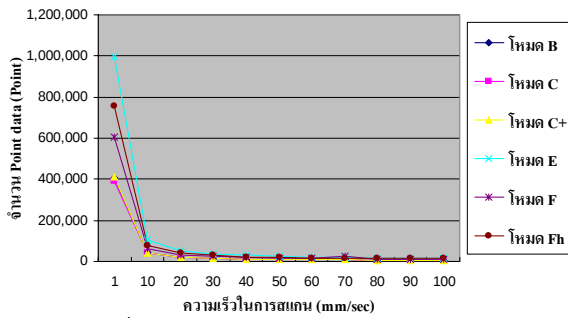
(ข) โพลิกอน

รูปที่ 15 แสดงผลโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10 mm/sec โดยฟั่นละองแบ่ง

จากการทดลองสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโหมดการทำงานและความเร็วทำให้เกิดจำนวนพิกัดจุดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ในการสแกนแต่ละโหมดการทำงาน

ความเร็วที่สแกน	โหมดที่ใช้ในการสแกน / จำนวน Point Data ที่ได้					
	โหมด B	โหมด C	โหมด C+	โหมด E	โหมด F	โหมด Fh
1	405,032	392,054	412,993	998,298	604,792	755,484
10	42,148	41,106	43,050	103,113	63,516	78,997
20	20,102	21,437	22,386	53,865	33,567	41,303
30	15,420	15,028	15,785	36,936	23,517	28,872
40	12,336	11,934	12,341	29,241	18,693	22,857
50	10,537	10,166	10,619	24,624	15,879	19,649
60	9,252	8,840	9,184	21,546	14,070	17,243
70	8,481	8,177	8,323	19,494	26,934	15,639
80	7,710	7,514	7,749	17,955	12,060	14,436
90	7,196	7,072	7,462	16,416	11,256	13,634
100	6,939	6,851	6,888	15,390	10,854	13,233



รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พิกัดจุด กับ ความเร็วในการสแกนในแต่ละโหมดการทำงาน

5. สรุปผล

5.1 ผลการทดลองหาโหมดการทำงานและความเร็วที่เหมาะสมในการสแกนชิ้นงานผิวเรียบ พบว่า ในแต่ละโหมดการทำงานจะมีความเร็วที่ทำให้กลุ่มพิกัดจุด และผิวโพลิกอนสมบูรณ์มากที่สุด ซึ่งสามารถสรุปตามโหมดการทำงานในการสแกนได้ดังนี้ โหมดการทำงาน B ความเร็ว 20 mm/sec โหมดการทำงาน C ความเร็ว 70 mm/sec โหมดการทำงาน E ความเร็ว 10 mm/sec โหมดการทำงาน F ความเร็ว 30 mm/sec โหมดการทำงาน C+ ความเร็ว 50 mm/sec และโหมดการทำงาน f/h ความเร็ว 10 mm/sec และโหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10 mm/sec จะให้กลุ่มพิกัดจุด และผิวโพลิกอนสมบูรณ์มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับโหมดการทำงานอื่นๆในการสแกนงานพื้นผิวเรียบ

5.2 ผลการทดลองโหมด E ในการสแกนชิ้นงานทำการสแกนชิ้นงานพื้นผิวโค้งพบว่า ค่าความเร็วที่ใช้ในการสแกนที่ทำให้กลุ่มพิกัดจุด และผิวโพลิกอนที่ออกมาสมบูรณ์มากที่สุด คือ ความเร็วเท่ากับ 10 mm/sec

5.3 ผลการทดลองความเหมาะสมของโหมด E และค่าความเร็วที่ใช้ในการสแกนพื้นผิวสี่ด้าน พบว่าผิวงานที่มีการพ่นละอองแป้ง จะมีการจัดเรียงตัวของกลุ่มพิกัดจุดที่ดีกว่าไม่พ่นละอองแป้ง และเมื่อนำกลุ่มพิกัดจุด ที่ได้มาสร้างพื้นผิวโพลิกอนจะพบว่า ที่ความเร็ว 10, 20 และ 30 mm/sec ผิวของโพลิกอนจะมีพื้นผิวงานที่ดีกว่าไม่พ่นละอองแป้ง และในส่วนของคุณค่าอื่นๆ จะมีการกระจายของกลุ่มจุดพิกัดมากเกินไป ทำให้สร้างผิวโพลิกอนแล้วไม่สามารถเปรียบเทียบได้

5.4 โหมดการทำงานที่ให้พิกัดจุดที่สามารถสร้างพื้นผิวโพลิกอนสมบูรณ์ที่สุดในการสแกนผิวโลหะผิวเรียบ และผิวโค้งคือ โหมดการทำงาน E ที่ความเร็ว 10 mm/sec โดยให้พิกัดจุดประมาณ 460 point/cm² ปริมาณพิกัดจุดต่ำกว่านี้จะทำให้ผิวโพลิกอนที่สร้างขึ้นเกิดเป็นช่องว่าง และหากปริมาณพิกัดจุดเกินกว่านี้ทำให้ใช้เวลาในการเก็บพิกัดจุดมาก และเกิดการทับซ้อนของพิกัดจุดลักษณะผิวโพลิกอนที่ได้จะเกิดการกระโดด สำหรับการสแกนงานผิวดำมันวาวจะเกิดการกระโดดของพิกัดจุดเนื่องจากผิวที่เป็นสีดำเกิดการดูดกลืนแสง และความมันวาวเกิดการหักเหของแสงสะท้อน สามารถทำการแก้ไขได้โดยการปรับผิวโดยการพ่นละอองแป้งซึ่งทำให้พิกัดจุดเกิดการเรียงตัวเป็นระเบียบและสม่ำเสมอมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Mr. Yoshio Suzuki ประธานบริษัท นา ริ มู เนะ เทคโนโลยีเนียร์ จำกัด คุณทรงวุฒิ บำรุงเขตต์ ผู้จัดการฝ่ายเทคนิค และบุคลากรทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ รวมไปถึงข้อมูลที่สำคัญต่างๆที่ใช้ในการวิจัยนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ณรงค์ พิทักษ์ทรัพย์สิน และ ประสิทธิ์ วัฒนวงศ์สกุล, 2550, วิศวกรรมย้อนรอยกับการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)
2. Pearce, J., H., 2545, วิศวกรรมย้อนรอยเพื่อการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ และอะไหล่ทดแทน, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กรุงเทพฯ (ส.ส.ท.)
3. ศุภฤกษ์ ศิริเวทิน, 2546, วิศวกรรมย้อนรอยในการสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะโดยพื้นผิวแบบบี-สไปล์, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
4. นายสุกชัย พลน้ำเที่ยง และนายอารยันต์ วงษ์นิยม, 2549, การออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกโดยใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอยและการสร้างต้นแบบรวดเร็ว, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. engineer.msu.ac.th/CD_Conference/conference/Me_net18/fullpaper/cst/CST08.pdf
6. www.dss.go.th/dssweb/starticles/files/pep_9_2550_Retrace.pdf
7. <http://www.geomagic.com>
8. <http://www.bangkokbiznews.com/scitech/2003/0515/index.php?news=p1.html>
9. engineer.msu.ac.th/CD_Conference/conference/Me_net18/fullpaper/cst/CST08.pdf
10. <http://w3.impa.br/~pcezar/3dp/original/realscan.pdf>