

กรณีศึกษาวิศวกรรมย้อนกลับของแม่พิมพ์ที่แตกหัก Broken Mold Reverse Engineering Case Study

กฤษณะ อ่วมนุสนธิ^{1*}, พิชัย จันทรมณี², ศุภวัฒน์ ชูวาริ³

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ kritsana.u@mail.rmutk.ac.th

² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ Pichai.j@mail.rmutk.ac.th

³ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ supawat.c@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

กระบวนการทางด้านวิศวกรรมย้อนรอยโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางด้านเลเซอร์สแกน 3 มิติ เข้ามามีบทบาทสำคัญในงานด้านเทคโนโลยีแม่พิมพ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนของการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ภายหลังการใช้งานให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือการขึ้นรูปชิ้นส่วนแม่พิมพ์ใหม่ สำหรับนำมาทดแทนชิ้นส่วนเดิมโดยไม่กระทบกับขนาด และพิถีพิถันทางด้านมิติ อย่างไรก็ตามกระบวนการทางด้านเทคโนโลยีเลเซอร์สแกน 3 มิติ จะมีความรวดเร็ว และแม่นยำสูงเมื่อผู้ผลิตมีข้อมูลของแบบงานเดิม (CAD File) สำหรับการนำมาเปรียบเทียบพิถีพิถันด้านรูปทรง และมิติ ในทางตรงข้ามหากผู้ผลิตขาดข้อมูลของแบบงานเดิม (CAD File) คุณภาพของงานก็จะขึ้นอยู่กับเทคนิค และกระบวนการของผู้ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเทคนิคการสร้างแบบงาน CAD File สำหรับชิ้นส่วนแม่พิมพ์ตัด (Die Cut) ที่แตกหักภายหลังการใช้งานเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการผลิตชิ้นส่วนทดแทนใหม่ ในกรณีที่ผู้ผลิตไม่มีข้อมูลของแบบงานเดิม (CAD File) โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบแบบไม่สัมผัสด้วยเลเซอร์สแกน 3 มิติ ร่วมกับโปรแกรม Geomagic Design X และใช้โปรแกรม Geomagic Control X ในการตรวจสอบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถสร้าง CAD File ที่มีความแม่นยำทางด้านมิติมากกว่าการวัดด้วยอุปกรณ์การวัดแบบสัมผัสทั่วไป รวมไปถึงสามารถลดระยะเวลาในการออกแบบได้ ผลการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่าง CAD File ที่สร้างขึ้นใหม่กับข้อมูลแม่พิมพ์ตัดเดิมจากการสแกนเก็บผิว พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนจากการตรวจสอบจำนวน 18 จุด มีค่า \pm ไม่เกิน 0.1 มิลลิเมตร (100 ไมครอน) ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้

คำสำคัญ : วิศวกรรมย้อนกลับ, คอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ (CAD), แม่พิมพ์

Abstract

The reverse engineering process by applying 3D laser scanning technology plays an important role in mold technology. especially the process of mold maintenance after use to be able to reusable or forming new mold parts for replacing the original parts without affecting the size and dimensional coordinates. However, the process of 3D laser scanning technology is fast. and high accuracy when the manufacturer Contains data of the original design (CAD File) for comparison of shape and dimension coordinates. Lack of information of the original work (CAD File), the quality of the work will depend on the technique. and operator processes This research aims to present a technique for creating CAD File drawings for die cut parts that are broken after use. as information for the production of new replacement parts In case the manufacturer does not have the original design data (CAD File) by using non-contact inspection technology with 3D laser scanning in conjunction with Geomagic Design X program and using Geomagic Control X program for inspection. The results show that CAD files can be produced with greater dimensional accuracy than measurements with conventional contact measuring devices. Including being able to reduce the design time Validation result The discrepancy between the newly created CAD file and the original die data from the surface scan revealed that the tolerances from 18 inspection points were \pm not more than 0.1 mm (100 microns) within the acceptable range.

Keywords : Reverse Engineering, Computer Aided Design (CAD), Mold

1. บทนำ (Introduction)

ในอุตสาหกรรมการผลิตส่วนใหญ่ใช้แม่พิมพ์ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อความรวดเร็ว และได้ขนาดตามแบบที่กำหนดตามวิธีการทำงาน เช่น แม่พิมพ์เดี่ยว แม่พิมพ์ผสม แม่พิมพ์แบบผสมแยกส่วน แม่พิมพ์ต่อเนื่อง แม่พิมพ์แบบขึ้นงานเคลื่อน เป็นต้น [1] แม่พิมพ์ที่ผ่านการทำงานไปในระยะเวลาหนึ่งก็จะเกิดการชำรุด เสียหาย ขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษาในระหว่างการใช้งาน เมื่อเกิดการชำรุดเสียหาย หากเล็กน้อยก็สามารถซ่อมแซมได้โดยกระบวนการเชื่อมหรืออื่นๆ หากแตกหักจนไม่สามารถซ่อมแซมได้ ก็ต้องทำขึ้นใหม่ แต่ถ้าหากแม่พิมพ์ที่ใช้งานอยู่ไม่มีแบบในการสร้างแม่พิมพ์ หรือสูญหายไป [2] ก็ยากต่อการสร้างขึ้นใหม่ ซึ่งจะเสียเวลาในการวัดขนาด และไม่มีความแม่นยำให้สร้างแม่พิมพ์ให้ได้ในขนาดเดิม ตำแหน่งเดิม เนื่องจากอุปกรณ์ในการวัดขนาดมีข้อจำกัดในการวัด และยังต้องใช้ทักษะในกระบวนการวัดที่เหมาะสม [3]

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีสแกน 3 มิติ โดยไม่สัมผัสชิ้นงานสามารถสร้างแบบชิ้นงานโดยการถ่ายแบบตามชิ้นงานดั้งเดิม โดยอาศัยหลักการของเลเซอร์ ใช้ร่วมกับโปรแกรมสร้างโพลีกอน (Polygon) ลักษณะเป็นสามเหลี่ยมต่อกันเป็นแบบชิ้นงานที่ได้จากการสแกน อยู่ในนามสกุล STL ทั้งนี้ความสมบูรณ์ของแบบที่ได้ขึ้นอยู่กับตัวผู้สแกนชิ้นงาน และลักษณะชิ้นงาน เพราะเทคโนโลยีในการสแกน 3 มิติ มีข้อจำกัดในการสแกน [4]

แม่พิมพ์ตายขึ้นรูปมีขนาดความกว้าง 196.5 มิลลิเมตร ความยาว 365.5 มิลลิเมตร มีรูปทรงวงกลมทะลุผ่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 มิลลิเมตร ทั้งหมด 18 รู รูปทรงวงกลมทะลุผ่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 มิลลิเมตร ทั้งหมด 11 รู รูปทรงวงกลมทะลุผ่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ทั้งหมด 1 รู รูปทรงวงกลมทะลุผ่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ทั้งหมด 1 รู รูปทรงวงกลมไม่ทะลุผ่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ลึก 10 มิลลิเมตรทั้งหมด 4 รู รูเกลียว M12 x 1.75 มิลลิเมตร

ทั้งหมด 4 รู แม่พิมพ์ตายขึ้นรูปดังกล่าวนี้ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลานานเกิดการแตกหักกลางชิ้นงานดังภาพที่ 1 ไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ประกอบกับทางผู้ผลิตไม่มีแบบในการสร้างชิ้นส่วนงานแม่พิมพ์ตาย จึงเป็นที่มาในการเขียนแบบขึ้นใหม่โดยใช้เทคโนโลยีการสแกน 3 มิติ ในการสร้างแบบ และนำไปใช้สร้างชิ้นงานแม่พิมพ์ตายขึ้นรูปใหม่ต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง CAD ขึ้นใหม่ให้ตรงตามต้นแบบเดิม [5]



ภาพที่ 1 แม่พิมพ์ตายขึ้นรูปที่แตกหัก

2. วิธีการวิจัย (Methodology)

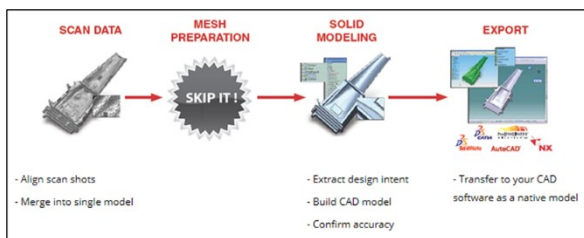
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) หรือ การสแกนสามมิติ [6], [7] หมายถึง การศึกษาผลิตภัณฑ์ หรือ กระบวนการปลายทางที่สนใจด้วยการประยุกต์องค์ความรู้ และศาสตร์ในสาขาต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ กระบวนการทั้งหมดของการผลิตหรือกระบวนการที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดกระบวนการปลายทางนั้นซึ่งสามารถนำไปใช้ลอกเลียนปรับปรุง หรือ สร้างสรรค์ให้เกิดกระบวนการ หรือผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นมาใหม่โดยไม่ล่วงละเมิดสิทธิของเจ้าของเดิม โดยวิศวกรรมย้อนรอยจะถูกนำมาใช้สร้าง หรือผลิตชิ้นงานขึ้นมาใหม่โดยให้มีรูปร่าง และคุณสมบัติเหมือนกับชิ้นงานต้นแบบที่มีอยู่จริง โดยจะอาศัยหลักการการตรวจสอบข้อมูลทางเทคนิค และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นั้น วิศวกรรมย้อนรอยนิยมนำมาใช้กับงานประเภทที่ชิ้นงานนั้นมีข้อมูลอ้างอิงต่างๆ ไม่เพียงพอที่จะผลิตได้ จึงมีความจำเป็นจะต้องทำการย้อนรอยกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ข้อมูลของชิ้นงานนั้นมาใช้งาน นอกจากนี้แล้ววิศวกรรมย้อนรอยยังถูกนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

โดยวิศวกรรมย้อนรอยยังได้ประยุกต์ใช้ในงานหลายลักษณะ เช่น การสร้างชิ้นงานเลียนแบบวัตถุโบราณเพื่อนำชิ้นงานนั้นไปใช้ศึกษา หรือจัดงานแสดงต่างๆ ป้องกันความเสียหายอันอาจจะเกิดขึ้น กับวัตถุโบราณเหล่านั้นการสร้างชิ้นงานเลียนแบบของผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ เพื่อทดแทนชิ้นส่วนที่ชำรุด หรือเสียหายในงานซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรกลต่างๆ เป็นต้น โดยขั้นตอนของการทำวิศวกรรมย้อนรอยนั้นประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานหลักๆ อยู่ 3 ขั้นตอนคือ 1) การเก็บข้อมูลจากชิ้นงานต้นแบบได้แก่ ขนาดรูปร่าง มิติต่างๆ 2) การประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากการตรวจวัดชิ้นงานต้นแบบ 3) การสร้างชิ้นงานเลียนแบบขึ้นมาใหม่โดยให้ความสมบูรณ์ให้เหมือนกับชิ้นงานต้นแบบให้มากที่สุด

โปรแกรม Geomagic Design X [8] เป็นโซลูชันซอฟต์แวร์ 3D Scan-To-CAD ที่ครอบคลุม 3D Systems ที่ทำให้การสแกน 3 มิติ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการใช้งานที่หลากหลายรวมถึงการผลิต, การวิจัย และพัฒนา, การตรวจสอบคุณภาพ, การวิจัยทางการแพทย์, วิศวกรรมโยธา และอื่นๆ ดังภาพที่ 2 ด้วยแพลตฟอร์มการประมวลผลข้อมูลสแกน 3 มิติ ของ Geomagic Design X ทำให้กระบวนการสร้างโมเดล CAD พารามิเตอร์จากชิ้นส่วนในโลกแห่งความเป็นจริงเร็วขึ้น และง่ายขึ้นโดยใช้กระบวนการออกแบบ และส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่คุ้นเคยกับผู้ใช้ CAD ในทันที โมเดล CAD แบบพารามิเตอร์จากข้อมูลการสแกน 3 มิติ Geomagic Design X ช่วยให้วิศวกรสามารถออกแบบ และพารามิเตอร์ การออกแบบของชิ้นส่วนของจริงที่อาจสูญเสียคุณสมบัติที่กำหนดไว้ในระหว่างกระบวนการผลิต หรืออาจไม่เคยมีแบบจำลอง CAD มาก่อน เทคโนโลยีการสแกน 3 มิติ และ Geomagic Design X ช่วยให้ผู้ใช้ผลิตมีอิสระ และความยืดหยุ่นในการแยกพารามิเตอร์ การออกแบบจากส่วนใด ๆ ของความเป็นจริงรวมถึงคุณสมบัติปริซึม และพื้นผิวอิสระ โมเดล CAD ที่สร้างขึ้นใน Geomagic Design X นั้น เป็นพารามิเตอร์ที่สมบูรณ์ ดังนั้นนักออกแบบ และวิศวกรจึงสามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ การออกแบบของความเป็นจริงเพื่อสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ แบบสำหรับการผลิตจำนวนมากภายใน Geomagic Design X ในระบบ CAD แบบดาวนสตรีม

เครื่องมืออัจฉริยะสำหรับการแยกพารามิเตอร์การออกแบบ จากข้อมูลการสแกน 3 มิติ เป็นผู้ช่วยออกแบบใหม่ ออกแบบใหม่ภายในความคลาดเคลื่อน ที่ผู้ใช้กำหนดเอง Accuracy Analyzer™ ระบุ และจัดตำแหน่งข้อมูลสแกน 3 มิติอย่างชาญฉลาดไปยังระบบพิกัดที่ออกแบบในอุดมคติ Align Wizard™ ลดเวลาในการออกแบบโดยใช้ข้อมูลการสแกน 3 มิติเป็นพื้นฐานการออกแบบ ใช้ข้อมูลผลลัพธ์ที่มีการสร้างแบบจำลองเหมือนเดิมใน CAD, CAM และ CAE จัดเก็บข้อมูลการสร้างแบบจำลอง และการจัดการพารามิเตอร์ ฟังก์ชันตาข่ายพื้นผิวอิสระ และฟังก์ชันการสร้างแบบจำลอง ลูกผสมของแข็งพารามิเตอร์ เวอร์กโฟลว์การสร้างแบบจำลองที่มั่นคง และพื้นผิวมาตรฐาน เช่น Extrude, Round, Revolve, Sweep และ Loft อัปเดต โมเดล CAD ที่มีอยู่เพื่อสะท้อนการเปลี่ยนแปลงในส่วนที่สร้างขึ้น CAD to Scan การทำงานร่วมกันอย่างราบรื่นพร้อมข้อมูลการสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ไปยังโปรแกรม CAD อื่นๆ



ภาพที่ 2 Scan to CAD [3]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Marek Mitosz, Jerzy Montusiewicz และคณะ [9] ได้ศึกษาการสำรวจทางวิทยาศาสตร์เสมือนจริงสำหรับการสแกนวัตถุพิกัด 3 มิติในช่วง COVID-19 วิธีการและกรณีศึกษา การระบาดใหญ่ของ COVID-19 ได้เปลี่ยนวิธีการทำงาน และการใช้ชีวิตไปทั่วโลกนำเสียดายที่อิทธิพลต่อการกระทำระหว่างการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการประเมินว่าเป็นเชิงลบ ข้อจำกัดที่จำกัดความสามารถในการเดินทางรอบโลกอย่างมากทำให้การดำเนินโครงการ และการริเริ่มของสถาบันต่างๆ หยุดนิ่ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อโดเมนมรดกทางวัฒนธรรมเช่นกัน บทความนี้นำเสนอวิธีการหลีกเลี่ยงข้อจำกัด การเดินทางชั่วคราวโดยการจัดการสำรวจ

ทางวิทยาศาสตร์เสมือนจริง โครงการเส้นทางสายไหม 3 มิติ และการปรับเปลี่ยนที่บังคับใช้โดยสถานการณ์การระบาดใหญ่ ถูกใช้เป็นกรณีศึกษา (1) วิธีการจัดระเบียบการสำรวจทางวิทยาศาสตร์เสมือนไปยังวัตถุการสแกน 3 มิติ ของมรดกทางวัฒนธรรม (2) วิธีการดำเนินการ และผลลัพธ์ นิทรรศการเสมือนจริงของงานสแกน 3 มิติ โดย Haydar Boturov ช่างปั้นดินเผาจากอุซเบกิสถาน วิธีการนี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าประสบความสำเร็จในทางปฏิบัติ และอาจนำไปใช้ในโครงการอื่นๆ ที่ได้รับผลกระทบจากข้อจำกัดการเดินทางที่รุนแรงระหว่างประเทศต่างๆ

Georgios Tzortzinis, Chengbo Ai และคณะ [10] ศึกษาการใช้การสแกนด้วยเลเซอร์ 3 มิติเพื่อประเมินความสามารถของคานสะพานเหล็กที่สึกกร่อน การทดลอง การคำนวณ และโซลูชัน การวิเคราะห์ บทความนี้สำรวจการใช้การสแกนด้วยเลเซอร์สามมิติ (3D) เพื่อประเมินคานสะพานเหล็กที่เสื่อมสภาพเนื่องจากการกัดกร่อน ในขั้นต้นมีการสแกนลำแสงที่สึกกร่อนตามธรรมชาติจากสะพาน ที่เลิกใช้งานแล้วใน MA ในห้องปฏิบัติการ และได้พัฒนาแผนที่เส้นชั้นความสูงสำหรับการทำแผนที่วัสดุที่เหลือของชิ้นส่วนที่สึกกร่อน รูปทรงจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับกรวดความหนาที่ได้จากเครื่องวัดความหนาแบบอัลตราโซนิก และผลที่ได้จะตรวจสอบประสิทธิภาพของการสแกน 3 มิติว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสำหรับการตรวจสอบสะพาน จากนั้นในระยะที่สอง การทดสอบทดลองของคานที่สึกกร่อนจะได้รับความจุและโหมดของความล้มเหลวสุดท้าย ในส่วนสุดท้ายของบทความ ข้อมูลการสแกน 3 มิติจะถูกรวมเข้าด้วยกันผ่านขั้นตอนอัตโนมัติที่มีการวิเคราะห์หอคัพประกอบ ไฟไนต์ และบทวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าการสแกน 3 มิติสามารถแจ้งเครื่องมือทั้งสองนี้ได้อย่างสมเหตุสมผลสำหรับการคาดการณ์ความจุที่แม่นยำ หรือไม่ ผลลัพธ์ให้ข้อตกลงที่ตระหนักรู้ถึงความล้มเหลวจากการทดลอง และที่คาดการณ์ไว้ ปูทางสำหรับโปรโตคอลการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพปลอดภัยและประหยัดเวลามากขึ้น

Xiao Chen, Guoxiang Liu และคณะ [11] ศึกษากระบวนการตรวจจับอัตโนมัติพร้อมการสแกน 3 มิติ และเทคโนโลยีหุ่นยนต์สำหรับตรวจจับขนาดพื้นผิวของแผ่นพื้นราง แผ่นพื้นรางเป็นส่วนประกอบหลักในรางรถไฟความเร็วสูง และ

จำเป็นต้องตรวจจับการเบี่ยงเบนขนาดพื้นผิวของแผ่นพื้น
ราง ที่ผลิตขึ้นเป็นคอนกรีตสำเร็จรูป วิธีการตรวจจับแบบ
ดั้งเดิม ที่ใช้ในการวัดแผ่นพื้นแบบติดตามนั้นใช้เวลานาน และ
มีค่าใช้จ่ายสูง เพื่อทำลายข้อจำกัดเหล่านี้ จึงได้จัดทำเวิร์ก
โพล์การออกแบบที่ใช้หลายเครื่องมือเพื่อตรวจจับการ
เบี่ยงเบนมิติพื้นผิวของแผ่นพื้นราง เพื่อตรวจสอบความเป็นไป
ได้ของ เวิร์กโพล์ที่เสนอ กรณีศึกษาได้ประเมินระบบการ
ตรวจจับอัตโนมัติด้วยการสแกน 3 มิติ และเทคโนโลยีหุ่นยนต์
สำหรับการตรวจจับแผ่นพื้นราง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า
ระบบที่เสนอสามารถตรวจจับแผ่นพื้นรางได้อย่างมี
ประสิทธิภาพ เสถียร และแม่นยำ ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพการใ้
งานของระบบในการตรวจจับส่วนเบี่ยงเบนมิติพื้นผิวของแผ่น
พื้นราง นอกจากนี้ ระบบตรวจจับอัตโนมัติยังสามารถขยายไป
ยังอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อย่างสะดวก เพื่อควบคุมการเบี่ยงเบน
ขนาดพื้นผิวของส่วนประกอบซีเมนต์สำเร็จรูปที่หลากหลาย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่าข้อมูล
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรมย้อนกลับยังขาดงานวิจัย
ที่แสดงถึงกระบวนการการสร้าง CAD File เพื่อเป็นประโยชน์
ต่ออุตสาหกรรมการผลิต และบุคคลที่สนใจในงานด้าน
วิศวกรรมย้อนกลับ

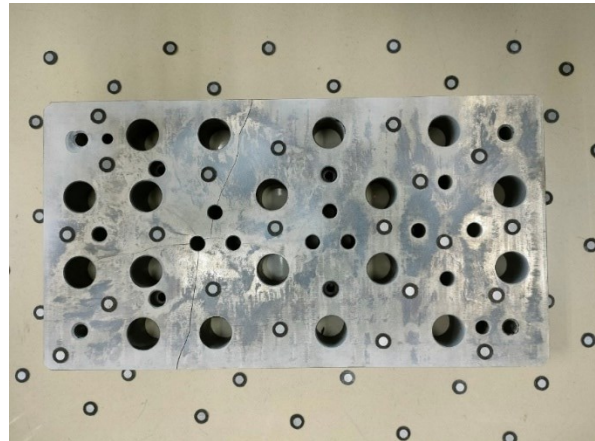
2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ขั้นตอนที่ 1 ทำความสะอาด
ชิ้นงานให้สะอาด ปราศจากคราบน้ำมัน ขั้นตอนที่ 2 นำ
แม่พิมพ์ที่แตกหักมาต่อกัน ขั้นตอนที่ 3 พ่นสเปรย์แป้ง
(Developer) ให้ทั่วทั้งชิ้นงาน ดังภาพที่ 3 เนื่องจากชิ้นงานมี
ความมันเงาสระท้อนแสง



ภาพที่ 3 พ่นสเปรย์แป้ง (Developer) ลงบนชิ้นงาน

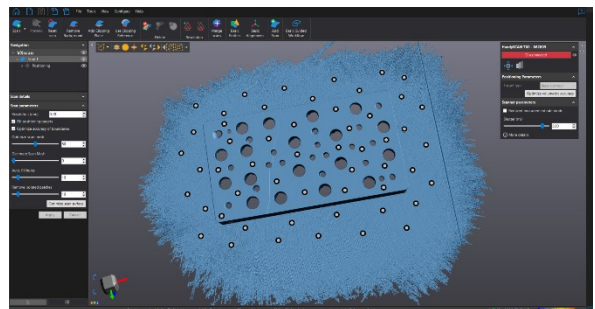
ขั้นตอนที่ 4 ติดจุดอ้างอิง (Poin Target) บนชิ้นงาน ดังภาพที่
4 ขั้นตอน 5 สแกนชิ้นงานแม่พิมพ์ที่แตกหัก ดังภาพที่ 5 โดยมี
โปรแกรม VXelement ในการประมวลผล ขั้นตอนที่ 6
ตรวจสอบพื้นผิวที่ได้จากงานสแกน สแกนติดครบทุกส่วน
หรือไม่ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 4 การติดจุดอ้างอิง (Poin Target) บนชิ้นงาน

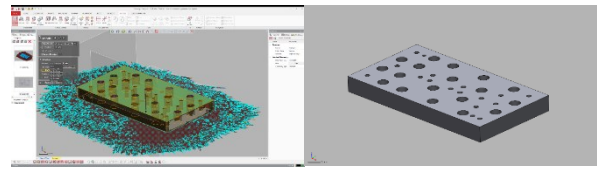


ภาพที่ 5 การสแกนชิ้นงาน

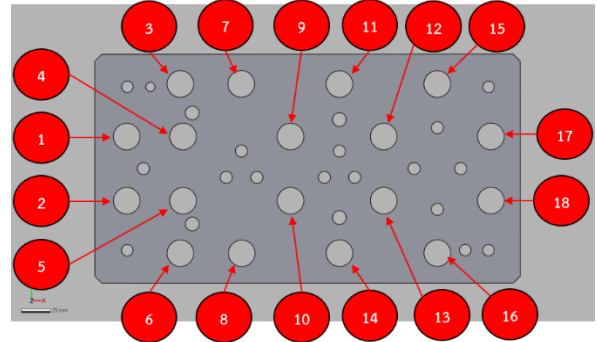


ภาพที่ 6 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของพื้นผิว

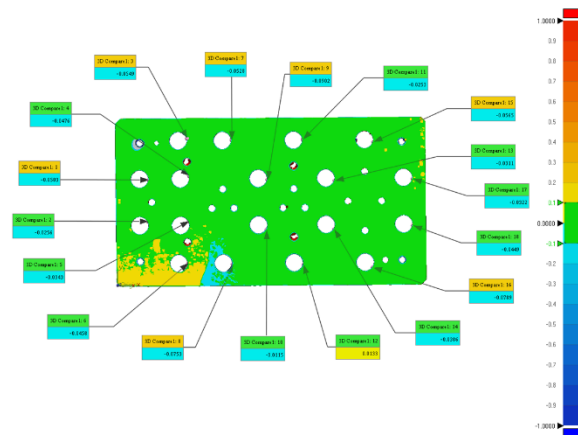
ขั้นตอนที่ 7 ส่งออก (Export) ไฟล์ชิ้นงานเป็นนามสกุล .stl
ขั้นตอนที่ 8 นำไฟล์ .stl ที่ได้จากงานสแกนเข้าสู่โปรแกรม
Geomagic Design X ดังภาพที่ 7 ขั้นตอนที่ 9 ตกแต่งผิว
ขั้นต้นด้วยคำสั่ง Healing Wizard ขั้นตอนที่ 10 ใช้คำสั่ง
Optimize Mesh เพื่อปรับพื้นผิวตาข่ายให้เหมาะสมสำหรับ
แอปพลิเคชัน เช่น CAE หรือ Auto Surface ขั้นตอนที่ 11
ใช้คำสั่ง Enhance Shape เพื่อปรับปรุงคุณภาพตาข่ายโดย
การลบมุม และทำให้พื้นที่เรียบ หรือโค้งมนเรียบ ขั้นตอนที่ 12
ใช้คำสั่ง Auto Segment เพื่อจำแนกตาข่ายตามพื้นที่ทาง
เรขาคณิตเป็นสีต่างๆ โดยอัตโนมัติตามความโค้ง และคุณสมบัติ
ข้อมูลการสแกน ขั้นตอนที่ 13 ใช้คำสั่ง Interactive
Alignment เพื่อจัดตำแหน่งอ้างอิงชิ้นงาน โดยการเลือกจุด
พื้นผิว ขั้นตอนที่ 14 ใช้คำสั่ง Sketch และกำหนดระนาบหา
ตำแหน่งเส้นที่ใช้อ้างอิงในการสร้างแบบ ขั้นตอนที่ 15
สร้างแบบโดยใช้คำสั่งการสร้างเส้นของโปรแกรมให้ตรงตามเส้น
ที่ได้จากงานสแกน ดังภาพที่ 8 ขั้นตอนที่ 16 สร้างรูปร่างใหม่
โดยใช้คำสั่ง Extrude เพื่อให้ได้เนื้อ Solid นำไปใช้สร้างชิ้นงาน
หรือกำหนดแบบ ดังภาพที่ 9 ขั้นตอนที่ 17 ส่งออก Export
ไฟล์ชิ้นงานเป็นนามสกุล .STEP ขั้นตอนที่ 18 กำหนดจุดชิ้นงาน
เพื่อตรวจสอบดังภาพที่ 10 ขั้นตอนที่ 19 วิเคราะห์ผลด้วย
โปรแกรม Geomagic Control X ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 9 ใช้คำสั่ง Extrude เพื่อให้ได้เนื้อ Solid



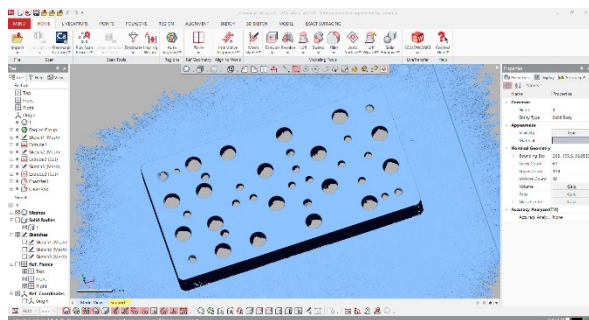
ภาพที่ 10 ตำแหน่งทดสอบความถูกต้องรู



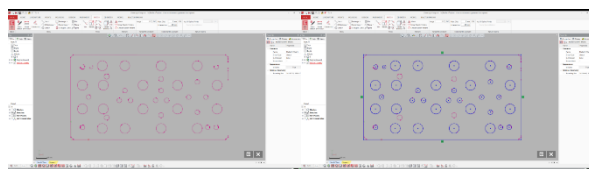
ภาพที่ 11 วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Geomagic Control X

3. ผลการวิจัย (Results)

จากการทดสอบสร้าง CAD แม้พิมพ์ตายชิ้นรูปที่แตกหัก
โดยใช้เทคโนโลยีสแกน 3 มิติ ผู้จัดทำพบว่าไม่สามารถ
กำหนดตำแหน่งของรูให้เป็นตัวเลขกลมได้ ยังคงต้องใช้
ตำแหน่งเดิมที่ได้จากไฟล์สแกนในรูปแบบจุดทศนิยม จึงได้
ค่าที่ตรง และอยู่ในค่าความเผื่อที่ผู้จัดทำกำหนดคือ ± 0.1
มิลลิเมตร แต่ขนาดของรูนั้นผู้จัดทำสร้างขึ้นให้สอดคล้องกับ
คาร์ตมีความเป็นจริงที่สามารถสร้างรูได้ โดยปรับเปลี่ยนให้
เป็นตัวเลขกลม เพราะไฟล์สแกน 3 มิติ อาจมีข้อผิดพลาดอัน
เนื่องมาจากการสะท้อนของแสง, สเปรย์แป้ง, คลาบน้ำมัน

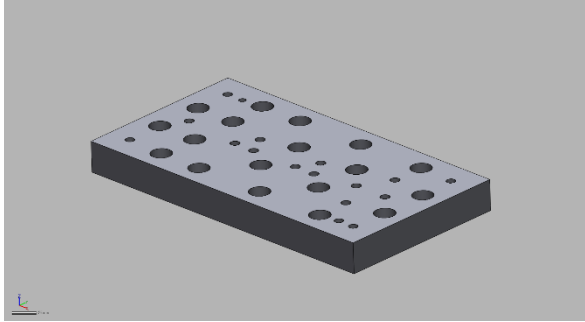


ภาพที่ 7 ไฟล์ .stl ที่ได้จากงานสแกน 3 มิติ นำเข้าสู่
โปรแกรม Geomagic Design X



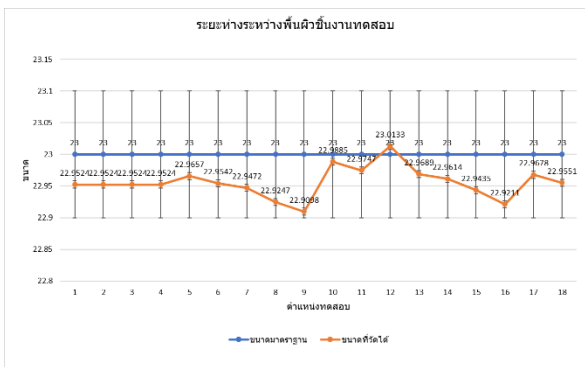
ภาพที่ 8 การสร้างเส้นให้ตรงตามเส้นที่ได้จากงานสแกน

จากจุดที่ทำความสะอาดไม่ดี หรือเข้าไม่ถึง และอื่นๆ ผลที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีสแกน 3 มิติ สร้าง CAD แม่พิมพ์ตายขึ้นรูปที่แตกหัก นั้นได้เป็นไฟล์โมเดล 3 มิติ ที่อยู่ในลักษณะ Solid ดังภาพที่ 12 สามารถแปลงเป็นไฟล์มาตรฐาน เช่น IGES, STEP, DWG, .stl และอื่นๆ ที่สามารถเปิดได้ในโปรแกรม CAD ทั่วไป เช่น Solidwork, Unigraphics Pro/Engineering เป็นต้น



ภาพที่ 12 โมเดลแม่พิมพ์ตายที่แตกหัก 3 มิติ

จาก CAD ที่ได้ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบหาค่าระยะห่างระหว่างพื้นผิว (3D Compare) ระหว่างไฟล์สแกนแม่พิมพ์ที่แตกหักกับโมเดลแม่พิมพ์ 3 มิติที่สร้างขึ้นใหม่ โดยใช้โปรแกรม Geomagic Control X กำหนดค่าพิสัยความเผื่อที่ ± 0.1 โดยทดสอบตามจุดทดสอบรูปดังภาพที่ 10 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1 และเมื่อนำผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับขนาดของชิ้นงานทดสอบพบว่า CAD File ที่สร้างขึ้น ในตำแหน่งทดสอบมีขนาดเล็กกว่าขนาดจริงแต่ไม่เกิน ค่าพิสัยความเผื่อที่ยอมรับ ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระยะห่างระหว่างพื้นผิว

Name	Tolerance	Reference	Gap Dist.
3D Compare1: 1	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0503
3D Compare1: 2	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0256
3D Compare1: 3	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0549
3D Compare1: 4	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0476
3D Compare1: 5	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0343
3D Compare1: 6	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0458
3D Compare1: 7	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0528
3D Compare1: 8	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0753
3D Compare1: 9	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0902
3D Compare1: 10	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0115
3D Compare1: 11	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0253
3D Compare1: 12	± 0.1	$\varnothing 23$	0.0133
3D Compare1: 13	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0311
3D Compare1: 14	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0386
3D Compare1: 15	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0565
3D Compare1: 16	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0789
3D Compare1: 17	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0322
3D Compare1: 18	± 0.1	$\varnothing 23$	-0.0449

จากข้อมูลโมเดล CAD สามารถนำไปสร้างชิ้นงานใหม่หรือกำหนดขนาด เพื่อใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ครั้งต่อไปเมื่อเกิดความเสียหายที่ไม่สามารถซ่อมได้ และเมื่อต้องการปรับเปลี่ยนแก้ไขโมเดลเพื่อสร้างชิ้นงานให้ทันสมัย

4. สรุปผล (Conclusion)

จากการทดลองสแกนชิ้นงานแม่พิมพ์ที่แตกหักโดยใช้เทคโนโลยีสแกน 3 มิติ เพื่อใช้หลักการวิศวกรรมย้อนกลับแม่พิมพ์ตายที่แตกหัก ร่วมกับโปรแกรม Geomagic Design X พบว่าสามารถสร้าง CAD โมเดล 3 มิติ ได้ตรงตามต้นแบบนำไปใช้สร้างแม่พิมพ์ขึ้นใหม่ได้ และยังสามารถพัฒนาแบบจากเดิมเพื่อให้ทันสมัยมากยิ่งขึ้น ในการตรวจสอบความแม่นยำในการสร้างโมเดลใหม่โดยใช้ไฟล์จากการสแกน 3 มิติ ได้ตรวจสอบโดยโปรแกรม Geomagic Control X พบว่าค่าที่ได้ไม่เกินค่าพิสัยความเผื่อ ± 0.1 มิลลิเมตร

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ผู้จัดทำขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่สนับสนุนเครื่องมือ สถานที่ การทำวิจัย และบริษัท ดิจิทัลเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ข้อมูล และคำปรึกษา จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงลงได้

6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] โครงการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์. (2550). ชุดสื่อการสอนวิชา การออกแบบแม่พิมพ์โลหะ. สถาบันไทย-เยอรมัน.
- [2] การบำรุงรักษาแม่พิมพ์. (24 ตุลาคม 2560). <http://th.glovesmachine.com/info/maintenance-of-mould-21842387.html>
- [3] ความผิดพลาด (Error) และความหมายของการวัด. <https://www.chi.co.th/article/article-1181/>
- [4] เหตุผลสำคัญที่ผู้ทำงานด้านการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ควรเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยี 3D Scanning. <https://www.applicadthai.com/articles/5-เหตุผลสำคัญที่ผู้ทำงานด้านตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ควรเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยี-3d-scanning/>
- [5] Metro SOLIDWORKS. (12 ม.ค. 2561). SOLIDWORKS Tips&Tricks : Import File จาก 3D scan และ Reduction Mesh [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=8uInQjLGjHM>
- [6] สมบูรณ์ โอตวรธรรมะ. (2560). การนำเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.
- [7] ณรงค์ พิทักษ์ทรัพย์สิน. (2550). วิศวกรรมย้อนรอย. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.
- [8] 3D Systems. (2562). คู่มือ Geomagic Design X.
- [9] Marek Miłosz, Jerzy Montusiewicz, Jacek Kęsik, Kamil Żyła, Elżbieta Miłosz, Rahim Kayumov, Nodir Anvarov (2022). Virtual scientific expedition for 3 D scanning of museum artifacts in the COVID-19 period – The methodology and case study. doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00230

- [10] Georgios Tzortzinis, Chengbo Ai, Sergio F. Breña, Simos Gerasimidis. (2022). Using 3D laser scanning for estimating the capacity of corroded steel bridge girders: Experiments, computations and analytical solutions. doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114407
- [11] Xiao Chen, Guoxiang Liu, Zhuang Chen, Yuan Li, Chao Luo, Baolin Luo, Xianzhou Zhang. (2022). Automatic detection system with 3D scanning and robot technology for detecting surface dimension of the track slabs. doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104525