วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

บทความวิจัย

# การประเมินเทคโนโลยีและต้นทุนระหว่างเทคโนโลยีการผลิตแบบดั้งเดิมและแบบเพิ่มขึ้นด้วยเทคโนโลยีฉีดเส้นวัสดุ

**ชนิภา นิวาสานนท์[1] พรเทพ อนุสสรนิติสาร[1] และ กสิณ รังสิกรรพุม[2*]**

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[*] ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: kasinphd@gmail.com, kasin.r@ubu.ac.th

วันที่รับบทความ: 21 พฤษภาคม 2567; วันที่ทบทวนบทความ: 9 กันยายน 2567; วันที่ตอบรับบทความ: 18 ตุลาคม 2567
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 20 ธันวาคม 2567

**บทคัดย่อ:** ในปัจจุบันการผลิตแบบเพิ่มขึ้นหรือการพิมพ์ 3 มิติ (3DP) มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในการผลิตและการออกแบบผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการพิมพ์ 3 มิติช่วยลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม และสามารถใช้วัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้การวิเคราะห์ความคุ้มค่าและต้นทุนการผลิตของการพิมพ์ 3 มิติในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบเทคโนโลยีและต้นทุนการผลิตชิ้นงานทางการแพทย์ กรณีศึกษา เฝือกนิ้วมือ ด้วยวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมและเทคโนโลยีการพิมพ์แบบ 3 มิติ โดยพิจารณาต้นทุนการผลิตด้านการจัดการต้นทุน ได้แก่ ต้นทุนเครื่องจักร ต้นทุนวัสดุ และต้นทุนแรงงาน ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิมจากการฉีดขึ้นรูปสำหรับการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น จะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานสูง เนื่องจากต้นทุนการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ (Mold) โดยจะมีต้นทุนการผลิตลดลงเมื่อมีปริมาณการผลิตมากขึ้น นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์แบบ 3 มิติ โดยทำการออกแบบการวางแผนการผลิตด้วยโปรแกรม Cura และแสดงผลการทดลองจากการผลิตด้วยเครื่องพิมพ์แบบเพิ่มขึ้นด้วยเทคโนโลยีฉีดเส้นวัสดุ สำหรับจำนวนชิ้นงานการผลิต 1 และ 5 ชิ้นต่อครั้ง พบว่าจุดคุ้มทุนของการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ เทียบได้กับการผลิตชิ้นงานแบบดั้งเดิมที่ 2,264 ชิ้น และ 17,123 ชิ้น ตามลำดับ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนการผลิตในงานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางสำหรับการวางแผนเชิงนโยบายในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตต่าง ๆ และการวางแผนงานการผลิตที่เกี่ยวข้องกับทั้งการผลิตแบบดั้งเดิมและแบบเพิ่มขึ้นได้ต่อไป

**คำสำคัญ:** การวิเคราะห์ต้นทุน; เทคโนโลยีการผลิตแบบดั้งเดิม; เทคโนโลยีการผลิตแบบเพิ่มขึ้น; เทคโนโลยีฉีดเส้นวัสดุ; ชิ้นงานทางการแพทย์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

บทความวิจัย

# Techno-Economic Assessment between Traditional and Fused Deposition Modeling- based Additive Manufacturing Technology

**Chanipa Nivasanon[1], Pornthep Anussornnitisarn[1], and Kasin Ransikarbum[2*]**

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University

[*] Corresponding author, E-mail: kasinphd@gmail.com, kasin.r@ubu.ac.th

Received: 21 May 2024; Revised: 9 September 2024; Accepted: 18 October 2024
Online Published: 20 December 2024

**Abstract:** Additive manufacturing (AM) or 3D printing (3DP) is widely used in production processes and product design nowadays as 3DP can not only reduce waste generated by traditional manufacturing methods but also allow for more efficient use of materials. Accordingly, analyzing the cost-effectiveness and techno-economic assessment of 3DP in various contexts is crucial for enhancing competitiveness. In this research, we aim to study and compare the technology and production costs of medical products, specifically finger splints, produced by traditional methods and 3DP technology by assessing the machine cost, material cost, and labor cost, respectively. The traditional manufacturing based on the injection method is found to have high manufacturing costs due mainly to the mold design and fabrication, in which economies of scale are needed with the increase in manufacturing quantity. In addition, production using AM technology is analyzed following the designed experiment and the aid of the Cura platform to assess the technical and manufacturing cost for the FDM method with one and five healthcare workpieces each time. Finally, the cost analysis and breakeven point are investigated, where manufacturing one and five workpieces using FDM-based AM technology is found to be comparable to producing 2,264 and 17,123 pieces using traditional, injection manufacturing, respectively. The results from the analysis in this study are expected to be practically used as a guideline for selecting diverse production technologies and production scheduling involving traditional and AM technologies.

**Keywords:** Cost Analysis; Traditional Manufacturing Technology; Additive Manufacturing Technology; Fused Deposition Modeling; Healthcare Component

บทความวิจัย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

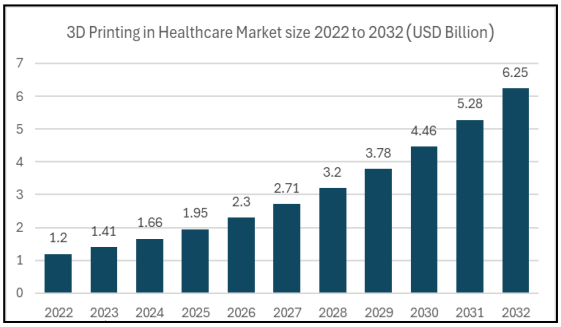
## 1. บทนำ

การประเมินเทคโนโลยีการผลิตในปัจจุบันจำเป็นต้องคำนึงถึงแหล่งวัตถุดิบที่มีความหลากหลาย ความยืดหยุ่นของการผลิต มาตรฐานในกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองต่อความพึงพอใจของลูกค้าที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงตัวชี้วัดทางการผลิตและการส่งมอบ เช่น ด้านต้นทุน ด้านคุณภาพ ด้านประสิทธิภาพ ด้านความน่าเชื่อถือ ด้านการตอบสนองอย่างรวดเร็วรวมถึงแนวคิดในการใช้นวัตกรรมดิจิตอล เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ทั้งนี้ในการเลือกใช้การผลิตแบบดั้งเดิม (Traditional Manufacturing) เช่น เทคโนโลยีการตัดออก หรือการขึ้นรูปชิ้นงาน พบว่ามีจุดเด่นในด้านความแข็งแรงของชิ้นงานทางเทคนิค (Mechanical Property) ในการใช้งานในด้านต่าง ๆ แต่มีข้อจำกัด เช่น ข้อจำกัดด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Design Limitation) และการสูญเสีย (Waste and Scrap) ต่าง ๆ ในการผลิตที่ค่อนข้างมาก ซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและกระทบกับแนวคิดในการผลิตแบบยั่งยืน ทำให้ส่งผลต่อความท้าทายทั้งในมิติของประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการผลิต และการขาดความสามารถในการแข่งขัน

ในขณะเดียวกันได้มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีดิจิตอล (Digital Technology) ในการผลิตแบบเพิ่มขึ้น (Additive Manufacturing (AM)) หรือที่รู้จักกันในชื่อ 3D Printing (3DP) มาใช้ในการผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพและความสามารถในการแข่งขัน ทั้งในการผลิตต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping) การผลิตเครื่องมือแบบรวดเร็ว (Rapid Tooling) และการผลิตชิ้นงานที่ต้องการแบบรวดเร็ว (Rapid Manufacturing) ซึ่งการผลิตชิ้นงานแบบ AM เป็นการเพิ่มวัสดุทีละชั้น (Layer) เพื่อสร้างรูปร่างและผลิตชิ้นงานตามที่ออกแบบโดยสามารถออกแบบชิ้นงานโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer-Aided Design (CAD)) ชิ้นส่วนให้เป็นชิ้นงานสามมิติ ทำให้มีจุดเด่นในการสร้างชิ้นงานที่มีความละเอียดซับซ้อน (Design Freedom) และลดความจำเป็นในการเตรียมแม่พิมพ์เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตแบบดั้งเดิม นอกจากนี้การผลิตแบบ AM สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการออกแบบของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยพิจารณาตามความต้องการของผู้ใช้งานร่วมในการวางแผนการผลิตเนื่องจากการใช้ระบบดิจิตอลเข้ามาช่วย รวมถึงจุดเด่นในการลดความสูญเสียของวัสดุเมื่อเทียบกับการผลิตแบบดั้งเดิม โดยมีการกล่าวถึงประโยชน์ของการผลิตแบบ AM ในหลาย ๆ งานวิจัย ที่เน้นการผลิตเพื่อความยั่งยืน (Sustainability) การลดค่าใช้จ่ายในห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) และอื่น ๆ [1]

ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้การผลิตแบบ AM ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การบินและอวกาศ (Aerospace) ยานยนต์ (Automotive) ศิลปะและการออกแบบ (Art and Design) สถาปัตยกรรม (Architecture) อาหาร (Food) รวมถึง การแพทย์ (Medical) เป็นต้น ทั้งนี้ ในส่วนของอุตสาหกรรมทางการแพทย์ ได้มีการรายงานการนำเทคโนโลยีการผลิตแบบ AM มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการเรียนการสอน การวางแผนการผ่าตัด รวมถึงการสร้างอุปกรณ์ทางการแพทย์ (Medical Device) ต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์เทียมสำหรับผู้พิการ และการทำเฝือก ซึ่งเป็นการวางแผนการผลิตตามความต้องการแต่ละบุคคล

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007




**รูปที่ 1** แนวโน้มคาดการณ์เทคโนโลยี AM ในอุตสาหกรรมทางการแพทย์ทั่วโลก

โดยรูปที่ 1 แสดงข้อมูลคาดการณ์แนวโน้มมูลค่าการเติบโตของตลาดการผลิตแบบ AM [2] ในกลุ่มทางการแพทย์ อยู่ที่ประมาณ 6.25 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2575 โดยในช่วงปี 2566 ถึง 2575 มีอัตราการเติบโตอยู่ที่ 18% ซึ่งในประเทศไทยเองพบว่ามีแนวโน้มของผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยเช่นกัน เนื่องจากอัตราการขยายโรงพยาบาลที่เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับความต้องการของผู้บริโภคที่มากขึ้น ซึ่งเป็นโอกาสในการนำเทคโนโลยีด้าน AM มาใช้

ทั้งนี้ การผลิตแบบ AM มีศักยภาพที่สามารถเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตรวมถึงการออกแบบในอนาคต โดยการพัฒนาเทคโนโลยีและกระบวนการใหม่ ๆ จะช่วยให้การพิมพ์ 3 มิติเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรมได้มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามยังคงมีความท้าทายในหลายมิติ ทั้งในมุมของการวางแผนการผลิต การวิเคราะห์เชิงเทคนิค ต้นทุนของการผลิต รวมถึงการประเมินปัจจัยความเสี่ยงในการเลือกใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ [3-6] ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยเชิงเทคนิคและต้นทุนระหว่างการผลิตแบบดั้งเดิมด้วยการฉีดขึ้นรูป และการผลิตแบบเพิ่มขึ้น (AM) ด้วยเทคโนโลยีฉีดเส้นวัสดุ (Fused Deposition Modeling (FDM) โดยใช้กรณีศึกษาชิ้นงานทางการแพทย์ สำหรับกรณีศึกษาชิ้นงานเฝือกนิ้วมือ ด้วยการออกแบบวางแผนการผลิต

## 2. การทบทวนวรรณกรรม

### 2.1 เทคโนโลยีการผลิต

การผลิตแบบดั้งเดิม (Traditional Manufacturing) เป็นการผลิตที่เน้นการใช้เครื่องจักรและกระบวนการที่ทำให้สามารถผลิตสินค้าอย่างต่อเนื่อง ที่ออกแบบมาเพื่อผลิตสินค้าในปริมาณมาก โดยมีการใช้เทคโนโลยีที่เน้นประสิทธิภาพสูง เช่น เครื่องจักรอัตโนมัติการหล่อชิ้นงาน การตัดกลึง กระบวนการทำความร้อน และการฉีดขึ้นรูป ซึ่งในการผลิตในลักษณะนี้มีต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูง และจำเป็นต้องมีจำนวนการผลิตที่มากพอ เพื่อให้เกิดการประหยัดจากขนาด หรือ Economies of Scale โดยเฉพาะในการผลิตแบบดั้งเดิมที่จำเป็นต้องใช้แม่พิมพ์ (Mold) ในการผลิตชิ้นงาน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ที่สูง ดังนั้น การผลิตโดยใช้แม่พิมพ์จึงมีความเหมาะสมกับการผลิตที่ต้องการสินค้าปริมาณมาก (Mass Production) ที่มีลักษณะแบบเดียวกัน

สำหรับการผลิตแบบ AM เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีโดยการสร้างวัตถุ 3 มิติโดยการเพิ่มวัสดุทีละชั้น (Layer) โดยเป็นกระบวนการผลิตผ่านดิจิตอลแพลตฟอร์ม (Digital Platform) ทำให้เอื้อต่อการออกแบบชิ้นงานที่ซับซ้อนและตรงตามความต้องการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

ส่วนบุคคล (Mass Customization) สืบเนื่องจากจุดเด่นในด้านความยืดหยุ่นในการออกแบบและการผลิต โดยในปัจจุบันเทคโนโลยี AM สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่หลากหลาย และมีบทบาทมากขึ้นในการวางแผนและออกแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานต่าง ๆ (Supply Chain Network Design) เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างแบบรวมศูนย์ (Centralized Supply Chain) และแบบกระจาย (Decentralized Supply Chain) รวมถึงประโยชน์ในการพัฒนาชิ้นส่วนอุปกรณ์และการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ในหลาย ๆ กรณีศึกษา [6]

ทั้งนี้ American Society of Testing and Material (ASTM) ได้มีการแบ่งประเภทเทคโนโลยี AM ออกเป็น 7 ประเภท [7] ดังนี้

1. Photopolymer Vat (Stereolithography: SLA) เป็นเทคโนโลยีแรกของ 3DP โดยอาศัยแหล่งกำเนิดแสงจากเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นในช่วงรังสียูวี (UV) ฉายไปยังเรซิน (Resin) ทำให้เกิดการแข็งตัวทีละชั้น โดยมีจุดเด่นด้านความละเอียดของชิ้นงาน ซึ่งขึ้นอยู่ความสามารถของแหล่งกำเนิดแสง และขึ้นกับความสามารถของเครื่อง โดยหลังจากขึ้นรูปเป็นชิ้นงานแล้วจะมีกระบวนการหลังการผลิต (Post Processing) เพื่อให้เรซินแข็งตัวและพร้อมใช้งาน

2. Material Extrusion (Fused Deposition Modeling: FDM) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้วัตถุดิบเป็นเส้น (3D Filament) มาให้ความร้อนจนหลอมละลายและอัดรีดผ่านหัวฉีด (Nozzle) ขึ้นรูปชิ้นงานเป็นชั้น ๆ จนสมบูรณ์ โดยมีการรายงานว่า เป็นเทคโนโลยีที่นิยมและแพร่หลายมากที่สุด ตั้งแต่เครื่องระดับทั่วไป (Desktop Printer) จนถึงระดับอุตสาหกรรม (Industrial Printer) เนื่องจากต้นทุนด้านวัตถุดิบที่ราคาถูกกว่าเทคโลยี AM ประเภทอื่น ๆ และมีความหลากหลาย อย่างไรก็ตามยังคงมีความท้าทายในเรื่องความละเอียดในการพิมพ์

3. Powder bed fusion (Selective Laser Sintering: SLS) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้แสงเลเซอร์ที่มีพลังงานสูงฉายเพื่อให้วัสดุในจุดที่ฉายเกิดการหลอมละลายติดกันในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม (Sintering) โดยสามารถใช้ได้กับวัสดุผง (Powder) วัสดุประเภทพลาสติก โลหะ และเซรามิกส์ โดยมีจุดเด่นด้านความละเอียดในการพิมพ์ที่สูงและรวดเร็ว และสามารถนำวัตถุดิบผงกลับมาใช้งานใหม่ได้

4. Material jetting (Poly Jet) เป็นเทคโนโลยี AM ที่นำระบบการพิมพ์ในลักษณะของ 2D Printer มาใช้งาน โดยเริ่มจากพ่นพลาสติกออกจากหัวพิมพ์ที่มีขนาดเล็กมาก เหมือนเข็มไปยังฐานพิมพ์ และให้แสง UV เพื่อคงรูปพร้อมกับทำการพิมพ์ โดยเทคโนโลยีนี้มีข้อดี คือ ให้ความละเอียดและความเร็วในการพิมพ์ที่สูงมาก และสามารถสร้างชิ้นงานที่มีหลายคุณสมบัติภายในชิ้นเดียว โดยอาศัยหัวพิมพ์หลายหัวที่บรรจุวัสดุที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน

5. Laminated Object Manufacturing: LOM เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กระบวนการคล้ายกับการนำวัตถุดิบมากัดหรือกลึงให้เป็นรูปร่างตามต้องการ โดยเทคโนโลยีนี้ใช้แสงหรือมีด ในการตัดวัสดุให้เป็นรูปร่างทีละชั้น และพ่นกาว (Adhesive) เพื่อทำให้แต่ละชั้นติดกัน โดยความละเอียดขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุที่ใช้

6. Directed energy deposition (DED) ใช้รูปแบบเทคโนโลยีการเพิ่มวัสดุด้วยการฉายพลังงาน หรือเรียกว่าเป็นการสร้างชิ้นงานด้วยแสงเลเซอร์และวัสดุผง (Laser Powder Forming) โดยผงโลหะจะถูกพ่นเข้าไป

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

ในลำแสงเลเซอร์กำลังสูงในช่วงอุณหภูมิหลอมละลาย (Melting) เพื่อให้สะสมบนชิ้นงาน ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับวัสดุที่หลากหลาย เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม ทองแดง อลูมิเนียม ไทเทเนียม เป็นต้น

7. Binder jetting เป็นเครื่องพิมพ์ระบบพ่นกาวบนวัสดุผง โดยการพ่นกาวเป็นเทคโนโลยีกลุ่มที่ใช้กาวยึดวัสดุที่เป็นผงเข้าหากัน กระบวนการนี้ทำงานด้วยการเกลี่ยผงวัสดุให้เป็นชั้นบนแท่นสร้างชิ้นงาน จากนั้นหัวพิมพ์จะเคลื่อนผ่านผิวหน้าผงไป และเลือกฉีดพ่นกาวลงไปเพื่อสร้างเป็นชิ้นงาน โดยกาวจะจับยึดผงวัสดุให้เป็นรูปร่างที่ต้องการเป็นชั้นแรก และจะทำไปเป็นชั้น ๆ จนได้ชิ้นงานที่ต้องการ

ทั้งนี้ ขอบเขตกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นกรณีศึกษาในส่วนของเทคโนโลยี AM แบบ Material Extrusion (FDM) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความแพร่หลายอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยี AM ประเภทอื่น ๆ

### 2.2 การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี AM

ในปัจจุบัน ได้มีงานวิจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาการวางแผนการผลิตใน AM ในมิติต่างๆ รวมถึงการออกแบบและผลิตชิ้นงาน รวมถึงการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนต่าง ๆ [8-10] เช่น Osama Abdulhameed และคณะ [8] พบว่าแบบจำลองต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ เครื่องจักร แรงงาน ของการผลิตแบบ AM สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 30% เมื่อเทียบกับการผลิตแบบดั้งเดิม Bram Westerweel และคณะ [9] ได้วิเคราะห์ต้นทุนของการออบแบบชิ้นส่วนการผลิตด้วยการผลิตแบบเพิ่มขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกวิธีการผลิตที่สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ Tanisha Pereira และคณะ [10] ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการผลิตแบบดั้งเดิมกับการผลิตแบบเติมเนื้อ รวมถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละการผลิตโดยคำนึงถึงสถานะทางเศรษฐกิจและการจัดการคุณภาพของอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

นอกจากนี้ ในส่วนของแนวคิดในการผลิตชิ้นงานทางการแพทย์ในส่วนของเฝือกนิ้วด้วย AM ซึ่งเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เอง พบว่ามีรายงานการศึกษาต่างๆ เช่น Swetha Arulmozhi และคณะ [11] ได้ทำการออกแบบการสร้างแบบจำลองสามมิติและเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ สำหรับเฝือกนิ้วโดยใช้ Solidworks ร่วมกับการวัดมาตรฐานที่นำมาจากผู้ป่วยที่มีความผิดปกติเนื่องจากโรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ โดยใช้ FDM และวัสดุประเภท ABS และ PLA ซึ่งเป็นการเน้นการผลิตเฝือกนิ้วที่มีน้ำหนักเบา ดูแลรักษาและทำความสะอาดได้ง่าย ด้วยการออกแบบที่คำนึงถึงความผิดปกติของนิ้ว และความสะดวกในการใช้งานให้สามารถสวมง่าย และมีอากาศถ่ายเทได้ดี

นอกจากนี้ Shi Lei Teng และคณะ [12] ได้ออกแบบและพัฒนาเฝือกนิ้วแบบปรับแต่งได้โดยการพิมพ์ 3 มิติ เพื่อลดสาเหตุของการดามนิ้วที่ไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากการเข้าเฝือกที่ไม่ดี และภาวะแทรกซ้อนทางผิวหนัง โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พอใจกับความสะดวกในการสวมใส่และถอดเฝือกนิ้วที่พิมพ์ด้วย 3 มิติ ซึ่งพบว่าเฝือกที่ใช้การผลิตแบบ AM มีข้อดีในด้านการออกแบบที่มีความเหมาะสมกับแต่ละบุคคล มีน้ำหนักเบา และสามารถเคลื่อนไหวได้สะดวก รวมถึงสามารถลดต้นทุนเนื่องจากการเลือกใช้วัสดุ และผลิตภัณฑ์ที่สามารถรีไซเคิลได้ร่วมด้วย

ทั้งนี้ เป็นที่ชัดเจนว่ามีการนำเทคโนโลยีการผลิตด้วย AM มาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันสำหรับการใช้

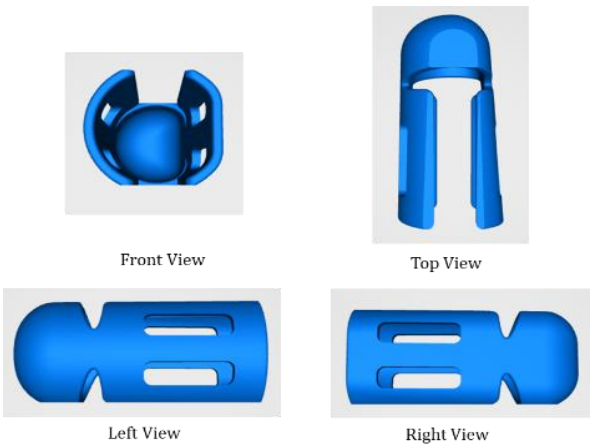
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

งานด้านการแพทย์ รวมถึงกรณีศึกษาของเฝือกนิ้วมือ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์และศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิม และการผลิตแบบ AM เป็นส่วนสำคัญและเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณานโยบายที่เหมาะสมในการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการวางแผน ซึ่งเป็นส่วนที่ยังไม่มีการศึกษาที่มากนัก และงานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นกรณีศึกษาทั่ว ๆ ไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้นำเสนอกรณีศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลทางเทคนิคและต้นทุนระหว่างการผลิตแบบดั้งเดิมและการผลิตแบบ AM โดยใช้กรณีศึกษาเฝือกนิ้วมือ ที่เน้นการประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ต่อไป

## 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

### 3.1 การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี AM

ในงานวิจัยนี้ ใช้กรณีศึกษาสำหรับเฝือกนิ้วมือที่มีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 19.34 x 40.60 x 17.87 มม. [13] ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 2




**รูปที่ 2** ชิ้นงานกรณีศึกษาเฝือกนิ้วมือ

### 3.2 รายละเอียดข้อมูลต้นทุน

สำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิม (Traditional Manufacturing) แบบการฉีดขึ้นรูป (Injection Molding) ในกรณีศึกษานี้ ใช้การสัมภาษณ์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญของบริษัทที่รับออกแบบและผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูป ประกอบด้วยข้อมูลหลัก คือ ต้นทุนเครื่องจักรและค่าใช้จ่ายในการผลิตแม่พิมพ์ (Mold) ในการฉีดขึ้นรูปเฝือกนิ้วมือ โดยประมาณการต้นทุนโดยรวมที่ 600,000 บาท และต้นทุนวัสดุ ที่ราคากิโลกรัมละ 590 บาท ตามลำดับ นอกจากนี้ ในส่วนของกรณีศึกษาเปรียบเทียบการผลิตแบบ AM โดยใช้เทคโนโลยี Material Extrusion หรือ FDM ในการวางแผนการผลิต ใช้การพิจารณาเครื่องพิมพ์ AM ซึ่งมีคุณสมบัติและรายละเอียดวัสดุ รวมถึงราคาของเครื่องพิมพ์และราคาวัสดุ ดังแสดงรายละเอียดเครื่องพิมพ์ AM ดังรูปที่ 3 และตารางที่ 1

**รูปที่ 3** เครื่องพิมพ์ FDM ในกรณีศึกษา

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

**ตารางที่ 1** รายละเอียดเครื่องพิมพ์ FDM

| **เทคโนโลยี AM** | **FDM** |
|---|---|
| ราคา (Printer Cost) | 65,000 บาท |
| ขนาดการผลิต (Capacity) | 210 x 200 x 195 mm |
| เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด (Nozzle Size) | 0.4 mm |
| วัสดุที่ผลิตได้ (Material Availability) | PLA, ABS; Open Source Filament: PLA, ABS, ASA, PETG, etc. |
| น้ำหนัก (Weight) | 15 kg |
| ประเภทไฟล์ (File Types) | stl, ply, obj, G-Code (RepRap), amf |

### 3.3 การวิเคราะห์ต้นทุน

#### 3.3.1 สมมุติฐานการคำนวณเวลาและต้นทุน

- ต้นทุนเครื่องจักร ใช้การคำนวณต้นทุนเครื่องจักรจากการคิดมูลค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง โดยมูลค่าซากคิดเป็น 10% ของราคาเครื่องจักร ภายในระยะเวลา 5 ปี และประมาณการค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรคิดเป็น 10% ต่อปี
- ต้นทุนแรงงานอิงข้อมูลค่าจ้างแรงงานจากรายงาน Salary Guide 2023 [14] โดยประมาณการค่าแรงการผลิตแบบดั้งเดิมที่อัตรา 24,500 บาทต่อเดือน ใน 1 เดือนทำงาน 25 วัน และคิดที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งสามารถประมาณค่าแรงทางทางตรงรายชั่วโมงที่ 122.50 บาทต่อชั่วโมง และในส่วนของ AM ใช้การประมาณการที่สี่เท่าจากค่าแรงปกติ ตามทักษะการผลิตแบบดิจิตอลที่ 490 บาทต่อชั่วโมง นอกจากนี้ เวลาในการผลิต ประมาณการจากเวลาที่พนักงานใช้ในการทำงานจริง โดยการ
  - ผลิตแบบดั้งเดิม คิดจากเวลาทำงาน (Processing Time) ทั้งหมด ส่วนการผลิตแบบ AM คิดเฉพาะเวลาที่พนักงานปรับตั้งเครื่อง (Setup) และหลังการผลิตเสร็จ (Post-Processing Time) เนื่องจากช่วงเวลาการผลิตโดยเครื่อง AM เป็นการผลิตแบบอัตโนมัติ
  - ต้นทุนวัสดุใช้การประมาณการจากข้อมูลบริษัทเครื่องจักร ร่วมกับการสอบถามข้อมูลบริษัทที่ให้บริการในการผลิตและออกแบบชิ้นงานทั้งจากการผลิตแบบดั้งเดิมและการผลิตโดยใช้ AM

#### 3.3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิม

ในการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิมในกรณีศึกษานี้ ประกอบด้วยข้อมูลหลัก คือต้นทุนการผลิตแม่พิมพ์ (Mold) ในการฉีดขึ้นรูปเฟือกนิ้วมือ ต้นทุนวัสดุ และค่าจ้างแรงงาน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

**ตารางที่ 2** ผลวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิม

| ต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิม | |
|---|---|
| ต้นทุนเครื่องจักรและแม่พิมพ์ | 600,000 บาท |
| มูลค่าซากของเครื่องจักร(Salvage Value) | 60,000 บาท |
| อายุการใช้งาน | 5 ปี |
| ค่าเสื่อมราคาต่อปี (Depreciation) | 108,000 บาท |
| ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรต่อปี (Maintenance Cost) | 60,000 บาท |
| ต้นทุนเครื่องจักรต่อปี (Annual Total Machine Cost) | 168,000 บาท |
| ต้นทุนวัสดุ (Material Cost) | 590.00 บาท |
| วัสดุที่ใช้ในการผลิตต่อชิ้น (Material Amount per unit) | 7.5 กรัม |
| ต้นทุนวัสดุต่อชิ้น (Material Cost per Unit) | 4.43 บาท |
| ค่าจ้างแรงงานต่อเดือน (Labor Cost per Month) | 24,500 บาท |
| ค่าจ้างแรงงานต่อวัน (Labor Cost per Day) | 980 บาท |
| ค่าจ้างแรงงานต่อชั่วโมง (Labor Cost per Hour) | 122.50 บาท |
| เวลาผลิต (นาที) (Production Time) | 50 นาที |
| ต้นทุนแรงงานต่อชิ้น (Labor Cost per Unit) | 102.08 บาท |

จากข้อมูลในตารางที่ 2 พบว่าค่าใช้จ่ายสำหรับต้นทุนเครื่องจักรในการออกแบบและผลิต Mold อยู่ที่ 600,000 บาท โดยหลังจากหักมูลค่าซาก คิดค่าเสื่อมราคาในระยะเวลา 5 ปี เท่ากับ 108,000 บาท และประมาณการค่าบำรุงรักษา (Maintenance) คิดเป็น 10% ของราคาแม่พิมพ์ต่อปี ที่ 60,000 บาท ดังนั้นมีต้นทุนเครื่องจักรต่อปี เท่ากับ (108,000 + 60,000) = 168,000 บาท มีต้นทุนวัสดุ ขนาด 1,000 กรัม ราคา 590 บาท ใช้วัสดุในการผลิตต่อชิ้น 7.5 กรัม ดังนั้นมีต้นทุนวัสดุต่อชิ้น (7.5*590)/1,000= 4.43 บาท และมีต้นทุนแรงงาน 122.50 บาทต่อชั่วโมง โดยข้อมูลจากการสัมภาษณ์ประมาณการเวลาการผลิตชิ้นงานจากแม่พิมพ์และเวลาหลังการผลิตรวม 50 นาที ดังนั้นต้นทุนแรงงานต่อชิ้นเท่ากับ (122.50*50)/60 = 102.08 บาท ตามลำดับ

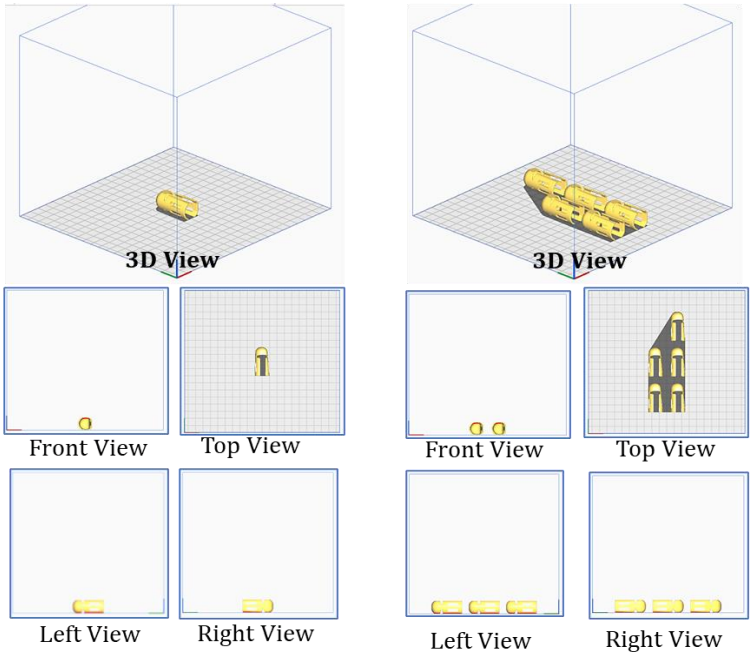
ดังนั้น สามารถสรุปประมาณการค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) จากต้นทุนเครื่องจักรต่อปี ได้ที่ 168,000 บาท และต้นทุนผันแปร (Variable Cost) จากต้นทุนวัสดุและต้นทุนแรงงานต่อชิ้น ได้ที่ 4.43 บาท และ 102.08 บาท ตามลำดับ

### 3.3.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแบบ AM

นอกจากนี้ ได้ทำการวางแผนการพิมพ์ด้วยวิธี AM สำหรับชิ้นงาน 3 มิติ โดยทำการออกแบบวางแผนทิศทางการวางชิ้นงานบนเครื่องพิมพ์ 3 มิติ [5-6] โดยทำการทดลองเปรียบเทียบการผลิตชิ้นงานเป็นสองระดับ (Levels) คือ 1 และ 5 ชิ้น โดยแสดงการจำลองการพิมพ์ชิ้นงาน 3 มิติ เมื่อผลิต 1 ชิ้น และ 5 ชิ้น ในทิศทางต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4 ทั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต AM ในกรณีศึกษา ประกอบด้วยข้อมูลต้นทุน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ต้นทุนวัสดุ และต้นทุนแรงงาน โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตด้วยเทคโนโลยี AM ในกรณีการผลิตแบบเต็มกำลังการผลิต (Full Capacity) ได้ดังแสดงในตารางที่ 3




ก. รูปแบบการวางแผนการผลิต กรณี 1 ชิ้น ข. รูปแบบการวางแผนการผลิต กรณี 5 ชิ้น

**รูปที่ 4** รูปแบบการวางแผนการผลิต AM

**ตารางที่ 3** ผลวิเคราะห์ด้วยเครื่องพิมพ์ AM

| ค่าใช้จ่ายการผลิตแบบ AM | จำนวนการผลิตชิ้นงาน | |
|---|---|---|
| | 1 | 5 |
| เวลาการผลิต (ชั่วโมง) (Production Time) | 0.88 | 4.73 |
| ชั่วโมงการทำงานต่อปี (Total Annual Hour) | 2,400 | 2,400 |
| ปริมาณการผลิตต่อปี (Annual Quantity) | 2,727 | 2,537 |
| ต้นทุนเครื่องพิมพ์ (Printer Cost) | 65,000 บาท | 65,000 บาท |

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

**ตารางที่ 3** ต่อ

| ค่าใช้จ่ายการผลิตแบบ AM | จำนวนการผลิตชิ้นงาน | |
|---|---|---|
| | **1** | **5** |
| มูลค่าซากของเครื่องจักร (Salvage Value) | 6,500 บาท | 6,500 บาท |
| ค่าเสื่อมราคาต่อปี (Depreciation) | 11,700 บาท | 11,700 บาท |
| ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรต่อปี (Maintenance Cost) | 6,500 บาท | 6,500 บาท |
| ต้นทุนเครื่องจักรต่อปี (Printer Cost per year) | 18,200 บาท | 18,200 บาท |
| ต้นทุนเครื่องจักรต่อชิ้น (Printer Cost per Unit) | 6.67 บาท | 7.17 บาท |
| ต้นทุนวัสดุ (Material Cost) | 1,500 บาท | 1,500 บาท |
| วัสดุที่ใช้ในการผลิตต่อชิ้น (Material Amount per Unit) | 5 กรัม | 5.2 กรัม |
| ต้นทุนการใช้วัสดุในการผลิต (Material Cost per Batch) | 10.71 บาท | 55.71 บาท |
| ต้นทุนวัสดุต่อชิ้น (Material Cost per Unit) | 10.71 บาท | 11.14 บาท |
| ค่าจ้างแรงงานต่อชั่วโมง (Labor Cost per Hour) | 490.00 บาท | 490.00 บาท |
| เวลาตั้งค่าเครื่องจักร (Setup Time) | 10 นาที | 10 นาที |
| เวลาตรวจสอบหลังการผลิต (Post-processing Time) | 10 นาที | 50 นาที |
| ค่าจ้างแรงงานในการผลิต (Labor Cost per Batch) | 163.33 บาท | 490.00 บาท |
| ต้นทุนแรงงานต่อชิ้น (Labor Cost per Unit) | 163.33 บาท | 98.00 บาท |
| ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิต (Production Cost per Unit) | 180.71 บาท | 116.31 บาท |

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

ดังแสดงในตารางที่ 3 ข้อมูลการจำลองจากโปรแกรม Cura แสดงว่าเมื่อผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้นในเครื่องพิมพ์ (Build Chamber) จะใช้เวลาในการผลิต 0.88 ชั่วโมง ในขณะที่การผลิต 5 ชิ้น จะใช้เวลา 4.73 ชั่วโมง ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตแบบ AM มีลักษณะเป็นการผลิตทีละชั้น (Layer) ของแต่ละชิ้นงาน (X-Y Directions) จากนั้นจึงผลิตตามแนวระดับแกน Z (Z-Direction) ทำให้เวลาในการผลิตแบบหลายชิ้นงาน ใช้เวลาเคลื่อนที่ของหัวฉีด Nozzle ระหว่างชิ้นงานด้วย โดยใน 1 ปี มีชั่วโมงการทำงาน 2,400 ชั่วโมง ทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ 2,727 ชิ้นต่อปี และ 2,537 ชิ้นต่อปี สำหรับแผนการผลิตแบบ 1 และ 5 ชิ้นงาน ตามลำดับ นอกจากนี้ คิดต้นทุนเครื่องพิมพ์ 3 มิติ 65,000 บาท โดยคำนวณค่าต้นทุนเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ต่อปี ได้ในลักษณะเดียวกันที่ 18,200 บาท นอกจากนี้ เมื่อผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น สามารถคำนวณต้นทุนเครื่องจักรต่อชิ้นได้ (18,200/2,727) = 6.67 บาท มีต้นทุนวัสดุ ขนาด 700 กรัม ราคา 1,500 บาท ในการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น จะได้จำนวนการใช้วัสดุ 5 กรัม สามารถคำนวณต้นทุนวัสดุต่อชิ้นได้ (5*1,500) 700 = 10.71 บาท และมีต้นทุนแรงงาน 490 บาทต่อชั่วโมง เมื่อผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น มีเวลาที่ใช้ตั้งค่าเครื่องจักร 10 นาที และเวลาตรวจสอบหลังการผลิต 10 นาที สามารถคำนวณต้นทุนแรงงานต่อชิ้นได้ (490*20)/60 = 163.33 บาท ดังนั้น สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิต 1 ชิ้น เท่ากับ 180.71 บาท นอกจากนี้ เมื่อเพิ่มการผลิตชิ้นงาน 5 ชิ้นต่อครั้ง สามารถคำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้คิดจากเวลาการปรับตั้งเครื่องเท่าเดิม ในขณะที่ประมาณการเวลาในการตรวจสอบหลังการผลิตทั้ง 5 ชิ้นตามสัดส่วนที่ 50 นาที ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อชิ้นรวมคิดเป็น 116.31 บาท ตามลำดับ

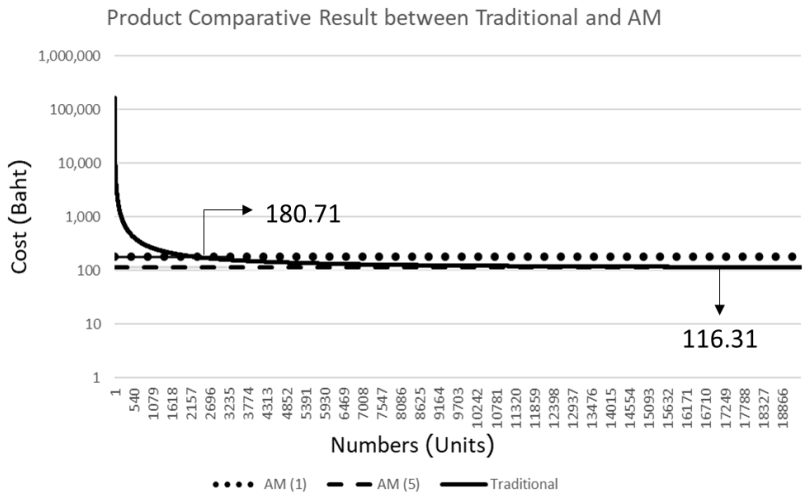
## 4 การอภิปรายผลการวิจัย

### 4.1 การเปรียบเทียบโครงสร้างต้นทุนต่อหน่วย

การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนต่อหน่วย (Unit Cost) สำหรับการผลิตเฝือกนิ้วมือ ด้วยวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม ใช้การพิจารณาต้นทุนจากทั้งต้นทุนคงที่จากการผลิต Mold และต้นทุนผันแปรจากค่าวัสดุและค่าแรงงาน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการผลิตแบบ AM ซึ่งคำนวณเป็นต้นทุนต่อชิ้นงาน สามารถแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ทั้ง 2 กรณี ได้ดังรูปที่ 5

เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิมพบว่าต้นทุนการผลิตจะลดลงเมื่อมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นตามหลักของการผลิตแบบดั้งเดิมที่มีค่าใช้จ่าย Mold ที่สูง โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ พบว่าสามารถวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Breakeven Point) จากการคำนวณต้นทุนต่อหน่วย โดยในการผลิตแบบ AM จำนวน 1 ชิ้น เทียบเท่ากับการผลิตชิ้นงานแบบดั้งเดิมจำนวน 2,264 ชิ้น และค่าใช้จ่ายด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ จำนวน 5 ชิ้น เทียบเท่ากับการผลิตชิ้นงานแบบดั้งเดิมจำนวน 17,123 ชิ้น โดยมีค่าใช้จ่ายในการผลิต 180.71 และ 116.31 บาทต่อชิ้น ตามลำดับ ทั้งนี้ สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานในกรณีศึกษานี้ ได้ดังตารางที่ 4

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007




**รูปที่ 5** เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตด้วยวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมและวิธีการผลิตแบบเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 4** เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการการผลิตแบบดั้งเดิม และการผลิตด้วยเครื่องพิมพ์ AM

| ปริมาณการผลิต | ค่าใช้จ่ายการผลิต (บาท) | | |
|---|---|---|---|
| | การผลิตแบบดั้งเดิม | การผลิตแบบเพิ่มขึ้น (AM) | |
| | | 1 ชิ้น | 5 ชิ้น |
| 1 | 168,106.51 | 180.71 | 116.31 |
| 2 | 84,106.51 | 180.71 | 116.31 |
| 3 | 56,106.51 | 180.71 | 116.31 |
| 4 | 42,106.51 | 180.71 | 116.31 |
| … | … | … | … |
| 2264 | 180.71 | 180.71 | 116.31 |
| … | … | … | … |
| 17123 | 116.31 | 180.71 | 116.31 |

ทั้งนี้ โดยภาพรวม กรณีผลิตชิ้นงานด้วยวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม มีการประมาณการต้นทุนในการผลิตเครื่องจักร และแม่พิมพ์ (Mold) ที่ราคาค่อนข้างสูง และกรณีผลิตด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่ประมาณปริมาณการผลิต 1 และ 5 ชิ้น/ครั้ง และประมาณการค่าเสื่อมราคา ภายในระยะเวลา 5 ปี และค่าบำรุงรักษา (Maintenance) คิดเป็น 10% ของราคาเครื่องพิมพ์ 3 มิติ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องพิมพ์แต่ละประเภทมีความแตกต่างกันในแง่ของคุณสมบัติความสามารถของเครื่องพิมพ์และคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งอาจมีการประมาณการค่าเสื่อมราคาและค่าบำรุงรักษาที่แตกต่างกันได้ในความเป็นจริง นอกจากนี้ ในมิติของต้นทุนวัสดุ (Material Cost) ในกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้พิจารณาราคาต้นทุนวัสดุที่ใช้สำหรับที่ใช้ในการฉีดแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปวัสดุ ทั้งนี้นอกจากต้นทุนทางตรงของวัสดุ (Direct Material Cost) ยังมีต้นทุนทางอ้อมของวัสดุ (Indirect Material

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

Cost) เช่นวัสดุสิ้นเปลืองต่าง ๆ ในการผลิต ซึ่งอาจจะนำมาพิจารณาร่วมด้วยในการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

ในส่วนของต้นทุนแรงงานในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตนี้ กำหนดต้นทุนแรงงานสำหรับวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมที่ 122.50 บาท/ชั่วโมง และสำหรับวิธีการผลิตด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่ 490 บาท/ชั่วโมงทั้งนี้ อาจมีการพิจารณาทั้งในมิติของต้นทุนแรงงานทางตรง (Direct Labor Cost) ร่วมกับต้นทุนแรงงานทางอ้อม (Indirect Labor Cost) ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ อาจพิจารณาต้นทุนแรงงานโดยประมาณการความน่าจะเป็นจากค่าแรงในพื้นที่ ๆ แตกต่างกัน รวมถึงในส่วนอื่น ๆ ที่เป็นค่าบริหารจัดการการผลิต (Overhead Cost) ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิตต่อหน่วยด้วยเช่นกัน

### 4.2 การวิเคราะห์เทคโนโลยี AM ในการผลิต

นอกจากนี้ในส่วนของการผลิตเฝือกนิ้วมือด้วยเครื่องพิมพ์ AM ด้วยเทคโนโลยี FDM พบว่ามีกรณีศึกษาต่าง ๆ ที่แสดงให้เห็นว่า FDM เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพสูงในปัจจุบัน รวมถึงมีข้อดีและข้อจำกัดในด้านต่างๆ ร่วมด้วย ที่ต้องทำมาพิจารณา รวมถึงเรื่องของสมบัติทางกลต่างๆ เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ด้วยการพัฒนาเทคโนโลยี AM อย่างต่อเนื่อง ถือว่ามีจุดเด่นที่น่าสนใจในการสร้างอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงและเหมาะสมกับผู้ใช้แต่ละคนได้อย่างรวดเร็วและมีต้นทุนที่เหมาะสม [3-6], [15]

นอกจากนี้ ยังมีการรายงานผลการใช้งานที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาและเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้สำหรับการผลิตเฝือกที่มีความพอดีกับนิ้วมือของผู้ใช้แต่ละคน มีน้ำหนักเบา และสามารถออกแบบให้มีช่องระบายอากาศ ช่วยลดการอับชื้นและเพิ่มความสบายในการสวมใส่ เป็นต้น รวมถึงการผลิตที่รวดเร็ว ทำให้สามารถสร้างเฝือกนิ้วมือได้ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงหรือน้อยกว่านั้น ซึ่งช่วยลดระยะเวลาที่ผู้ป่วยต้องรอคอยเมื่อเทียบกับการผลิตแบบดั้งเดิม และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิต และลดการสูญเสียวัสดุในกระบวนการผลิต [34] อีกทั้งยังสามารถใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในสถานการณ์ฉุกเฉินหรือในพื้นที่ที่ขาดแคลนทรัพยากรได้

ทั้งนี้ ในกรณีศึกษานี้ เน้นที่การขยายผลการศึกษาทางด้านเทคโนโลยี AM สำหรับการผลิตชิ้นงานประเภทเฝือกนิ้วที่มีอยู่ (Technology) โดยพิจารณาเรื่องของเศรฐศาสตร์และต้นทุนร่วมด้วย (Economic) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการวางแผนการจัดการและการผลิตในเบื้องต้น สำหรับการพิมพ์ 3 มิติยังคงมีข้อจำกัดบางประการ

## 5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตชิ้นงานทางการแพทย์ โดยใช้กรณีศึกษาของเฝือกนิ้วมือ ด้วยวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมและผลิตด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ประเภท Material Extrusion หรือ FDM โดยวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนจาก 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ต้นทุนเครื่องจักร ต้นทุนแม่พิมพ์ (Mold) และต้นทุนเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ต้นทุนวัสดุ และ ต้นทุนแรงงาน โดยผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิมพบว่า เมื่อผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น จะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงาน 168,106.51 บาท และจะมีต้นทุนในการผลิตลดลงเมื่อมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

ปริมาณ 1 และ 5 ชิ้น จะเทียบได้กับการผลิตชิ้นงานแบบดั้งเดิมที่ 2,264 ชิ้น และ 17,123 ชิ้น เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายในการผลิต 180.71 และ 116.31 บาท ตามลำดับ

ทั้งนี้แนวคิดในการคำนวณจุดคุ้มทุนในงานวิจัยนี้ใช้แนวคิดการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแบบดั้งเดิมโดยใช้ต้นทุนแบบคงที่ร่วมกับต้นทุนผันแปร เนื่องจากความจำเป็นในการผลิต Mold สำหรับการผลิตแบบดั้งเดิมซึ่งเหมาะกับการผลิตแบบจำนวนมาก (Mass Production) และเปรียบเทียบกับการผลิตแบบเทคโนโลยี AM ซึ่งวิเคราะห์เป็นต้นทุนต่อหน่วย เนื่องจากเหมาะกับการผลิตแบบรายชิ้น (Mass Customization) โดยผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตเฝือกนิ้วมือ พบว่าการผลิตแบบดั้งเดิมจะมีความคุ้มค่าเมื่อมีปริมาณการผลิตจำนวนมาก ซึ่งในความเป็นจริงการผลิตเฝือกนิ้วมือ หรือการผลิตชิ้นงานทางการแพทย์ อาจไม่เหมาะกับการผลิตแบบจำนวนมาก เนื่องจากมีลักษณะของชิ้นงานที่เฉพาะบุคคล ดังนั้นการผลิตด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ จึงมีความเหมาะสม นอกจากนี้ ความน่าสนใจในการผลิตชิ้นงานทางการแพทย์ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ อาจขยายผลสำหรับการวิเคราะห์ในเชิงนโยบาย เช่น การวางแผนการผลิต การออกแบบระบบการผลิตแบบ AM ในศูนย์เครื่องมือการแพทย์ หรือโรงพยาบาล เป็นต้น

นอกจากนี้ แนวทางการวิจัยในอนาคตมีหลากหลายทิศทาง เช่น ในมิติของเทคโนโลยี ควรมีการศึกษาด้านสมบัติทางกล (Mechanical Property) ระหว่างชิ้นงานที่ผลิตโดย AM ด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบชิ้นงานกับความต้องการในเชิงการแพทย์ นอกจากนี้ ในส่วนของโครงสร้างต้นทุนการผลิตด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ อาจใช้รูปแบบของการผลิตฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing) หรือการวิเคราะห์ต้นทุนในมุมของห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Cost) ด้านต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งของแผนการวิจัยของทีมวิจัยในอนาคต โดยเป็นการศึกษาการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการเลือกเทคโนโลยีการผลิต และการออกแบบระบบ AM Supply Chain ที่เน้นการประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ต่อไป

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Khaira, From 3D to 4D: The evolution of additive manufacturing and Its Implications for Industry 5.0, Emerging Technologies in Digital Manufacturing and Smart Factories, IGI Global, PA, USA, 2024, 39-53.

[2] https://www.precedenceresearch.com/3d-printing-in-healthcare-market. (Accessed on 5 January 2024)

[3] K. Ransikarbum, R. Pitakaso, N. Kim and J. Ma, Multicriteria decision analysis framework for part orientation analysis in additive manufacturing, Journal of Computational Design and Engineering, 2021, 8(4), 1141-1157.

[4] K. Ransikarbum and R Leksomboon, Analytic hierarchy process approach for healthcare educational media selection: Additive manufacturing inspired study, 8th IEEE International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), Proceeding, 2021, 154-158.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2024.12.007

[5] K. Ransikarbum, R. Pitakaso and N. Kim, A decision-support model for additive manufacturing scheduling using an integrative analytic hierarchy process and multi-objective optimization, Applied Sciences, 2020, 10(15), 5159.

[6] K. Ransikarbum, S. Ha, J. Ma and N. Kim, Multi-objective optimization analysis for part-to-Printer assignment in a network of 3D fused deposition modeling, Journal of Manufacturing Systems, 2017, 43, 35-46.

[7] M. D. Monzon, Z. Ortega, A. Martínez and F. Ortega, Standardization in additive manufacturing: activities carried out by international organizations and projects, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014, 76(5-8), 1111-1121.

[8] O. Abdulhameed, A. Al-Ahmari, W. Ameen, and S. H. Mian, Additive manufacturing: Challenges, trends, and applications, Advances in Mechanical Engineering, 2019, 11(2), 1-27.

[9] B. Westerweel, R.J.I. Basten and G.-J. van Houtum, Traditional or additive manufacturing? Assessing component design options through lifecycle cost analysis, European Journal of Operational Research, 2018, 270(2), 570-585.

[10] T. Pereira, J. V. Kennedy and J. Potgieter, A comparison of traditional manufacturing vs additive manufacturing, the best method for the job, Procedia Manufacturing, 2019, 30, 11-18.

[11] R.S. Arulmozhi, M. Vaidya, M.G. Poojalakshmi, D.A. Kumar, and K. Anuraag, 3D Design and printing of custom-fit finger splint, Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications, 2018, 30(05). 1850032.

[12] S.L. Teng, Y.R. Wong, P.P.H. Lim, and D.A. McGrouther, An adjustable and customised finger splint to improve mallet finger treatment compliance and outcomes, Annals of 3D Printed Medicine, 2024, 13, 100142.

[13] https://www.crealitycloud.com/model-detail/6528f436657358aaf3f3dc7e?source=20&isFree=false&objId=111 (Accessed on 15 March 2024)

[14] https://adecco.co.th/salary-guide (Accessed on 15 March 2024)

[15] H.S. Nam, C.H. Seo, S.Y. Joo, D.H. Kim, and D.S. Park, The Application of three-dimensional printed finger splints for post hand burn patients: A Case Series Investigation, Annals of Rehabilitation Medicine, 42(4), 2018, 634-638.