

นิพนธ์ต้นฉบับ

Received: Sept 7, 2018;

Accepted: Dec. 22, 2018;

Published: April 18, 2019

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างเท้าเทียมต้นแบบสำหรับ ผู้ป่วยพิการขาขาด

A Feasibility Study to Create a Prototype of Prosthetic Foot for Lower-Limb Amputees

วัชรพงษ์ นิลنامه ธนวัตร ภักดียา นกตล เมืองบุญศรี วรวิทย์ โพธิ์ชัย วศิโยน ขัตติสสอน วิทยา เณรจาทิ
ณัฐชัย โพธิ์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

Wacharapong Nilnama Thanawat Pakdeeya Nopphadol Hueangbunsri
Warawut Phochai Wasiyon Khatison Wittaya Naenjatee and Nattachai Pothi
Faculty of Industry Technology, Loei Rajabhat University

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างเท้าเทียมต้นแบบสำหรับผู้ป่วยพิการขาขาด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการผลิตเท้าเทียมต้นแบบสำหรับเป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อทดแทนการสั่งซื้อหรือนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ ซึ่งในปัจจุบันเท้าเทียมเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีราคาแพง (ราคาประมาณ 2,500 – 6,200 บาท) โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตเท้าเทียม ชนิด เท้าเทียมแบบข้อเท้าแข็ง SACH foot (Solid Ankle Cushion Heel Foot) เนื่องจากเท้าเทียมชนิดนี้มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าชนิดอื่น ๆ และสามารถใช้วัสดุประกอบที่หาได้ง่าย ซึ่งเหมาะสมกับการผลิตอุปกรณ์เทียมเพื่อนำมาใช้ร่วมกับผู้ป่วยพิการขาขาดของโรงพยาบาลที่อยู่ในถิ่นทุรกันดารหรือหน่วยงานสนับสนุนของภาครัฐที่มีงบประมาณไม่เพียงพอสำหรับการผลิตเท้าเทียม งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ด้วยปูนปลาสเตอร์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิคการหล่อขึ้นรูป (Casting) โดยใช้วัสดุหลักในการผลิตเท้าเทียมคือ วัสดุพอลิเมอร์ชนิดโพลียูรีเทน (PU) และไม้เนื้อแข็งที่ถูกขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยี CNC เพื่อสร้างแกนเท้าเทียม จากการประเมินราคาต้นทุนในการผลิตพบว่าเท้าเทียมต้นแบบใช้ต้นทุนการผลิตในราคา 1,896.93 บาทต่อชิ้น ทำให้ลดค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงิน 603.07 บาทต่อชิ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าสินค้าที่จำหน่ายตามท้องตลาด (ราคาชิ้นละ 2500 บาท) ซึ่งทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศได้

คำสำคัญ: เท้าเทียมชนิด SACH ผู้ป่วยพิการขาขาด

Corresponding author: ณัฐชัย โพธิ์ e-mail : nattachai_me@hotmail.com

Original article**Abstract**

Received: Sept 7, 2018;

Accepted: Dec. 22, 2018;

Published: April 18, 2019

This project aimed to develop a prototype of prosthetic foot which was employed as a guideline for improving the production of artificial medical devices. In addition, this product developed may help to reduce the demands of prosthetic foot on imports which at present, a price of prosthetic foot, considered as a medical device, is rather high cost (ranging approximately from 2,500 to 6,200 Baht). In this research, a solid ankle cushion heel (SACH) foot was studied and developed as a product of this type because of the lower production cost, as compared to others, and the availability of raw materials. This product may be suitable for the lower-limb amputees receiving treatment at hospitals in the remote areas and for supporting governmental agencies with inadequate budgets. To produce the prototype, a plaster mold was created through a casting technique, while a work piece of prosthetic foot was made from a polymeric material, polyurethane (PU). A piece of solid wood was shaped using CNC technology to form the core of prosthetic foot. From financial assessment, the production cost of the prototype was 1,869.93 Baht, a reduction of 603.07 Baht per piece as compared to the prices of those prosthetic foot devices in the commercial markets (2,500 Baht per piece). Therefore, this device developed is economically valuable as a product which is considerably lower production cost than that of imported devices.

Key words: SACH foot, Lower-Limbs Amputee

Corresponding author: Nattachai Pothi e-mail : nattachai_me@hotmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผู้ป่วยพิการขาขาดซึ่งส่วนมากอยู่ในวัยรุ่นหรือวัยทำงานรวมทั้งในวัยผู้สูงอายุที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นจากการสำรวจโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติพบว่าทั่วประเทศมีคนพิการประมาณ 1.5 ล้านคน (โดยประมาณร้อยละ 80 ของผู้พิการทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบท) และได้รับการจดทะเบียนตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตประมาณ 1.4 ล้านคนโดยประมาณร้อยละ 50 ของผู้ที่ได้รับการจดทะเบียนเป็นผู้พิการทางร่างกายหรือทางการเคลื่อนไหว (กระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์, 2555) ในจำนวนนี้มีคนพิการระดับข้อเท้าขึ้นมาประมาณ 40,000 คน ซึ่งพบว่าสาเหตุของความพิการมาจากการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน เขี่ยกับระเบิด แผลเรื้อรังจากเบาหวาน และความบกพร่องทางร่างกายแบบอื่นๆ (มานวิภา คงพวง, 2555) เพราะฉะนั้นกลุ่มคนเหล่านี้มีความต้องการที่จะได้รับการรักษาหรือช่วยเหลือเพื่อสร้างความสมดุลของร่างกายขณะเดินหรือเคลื่อนไหวโดยไม่เกิดการหกล้ม (นภัทร ทองมาก และคณะ, 2556) นอกจากนั้นเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถใช้ชีวิตได้เป็นปกติ สามารถช่วยเหลือตนเองและดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างปกติสุข ตลอดจนสามารถสร้างประโยชน์ให้กับสังคมและประเทศชาติได้ อย่างไรก็ตามวัสดุทางการแพทย์มากกว่าร้อยละ 80 มาจากการนำเข้าจากต่างประเทศโดยเฉพาะอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต (ไพรัช ตั้งพรประเสริฐ และสัญญาพันธ์ วิรุฬห์ศรี, 2556) ปัจจุบันเท้าเทียมก็เป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่มาจากการนำเข้าและมีราคาแพงทำให้ผู้พิการที่มีรายได้น้อยอาจไม่สามารถได้รับบริการได้อย่างทั่วถึง อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เท้าเทียมมีหลากหลายขนาดขึ้นอยู่กับการใช้งานสำหรับผู้ป่วยในแต่ละวัย ซึ่งขนาดมาตรฐานของเท้าเทียมชนิดเท้าเทียมแบบข้อเข่าแข็ง (SACH) มีขนาด ตั้งแต่ 22-27 เซนติเมตร ที่ถูกใช้กันแพร่หลายในประเทศไทยเนื่องจากเป็นช่วงขนาดของเท้าเทียมของวัยรุ่นหรือวัยทำงานที่เป็นที่ต้องการมากที่สุด จากการศึกษาพบว่างานวิจัยและการพัฒนาเท้าเทียมชนิดเท้าเทียมแบบข้อเข่าแข็งภายในประเทศไทยยังพอยู่บ้างในหน่วยงานของภาครัฐและเอกชน (วิริยะ ทองเรือง และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตามงานวิจัยและพัฒนาในด้านนี้สำหรับประเทศไทยยังคงมีจำนวนน้อย และสำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคหรือวิธีการที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ได้ศึกษาก่อนหน้า



ภาพที่ 1 การสำรวจและศึกษาข้อมูลจากแผนกกายอุปกรณ์เสริมและเทียม ณ โรงพยาบาลเลย

ดังนั้นจากความเป็นมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตอุปกรณ์เทียมสำหรับผู้พิการ โดยการพัฒนาและสร้างเท้าเทียมต้นแบบสำหรับผู้พิการขาขาดได้เข้า โดยใช้เทคโนโลยีและวัสดุที่มีอยู่และหาได้ง่ายมาออกแบบและผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีราคาต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่าการสั่งซื้อหรือนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาองค์ความรู้และการใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างนวัตกรรมให้เป็นแนวทางในการช่วยเหลือผู้ป่วยพิการขาขาดได้เข้าที่เป็นผู้ป่วยของโรงพยาบาลที่อยู่ในถิ่นทุรกันดารหรือหน่วยงานสนับสนุนของภาครัฐที่มีงบประมาณไม่เพียงพอเพื่อให้ผู้พิการสามารถได้รับบริการและได้ใช้อุปกรณ์ทางการแพทย์ได้อย่างทั่วถึง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเท้าเทียมต้นแบบที่ออกแบบและผลิตโดยใช้วัสดุที่หาได้ง่ายทดแทนการสั่งซื้อหรือนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ
2. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเท้าเทียมต้นแบบ

ระเบียบวิธีวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ได้มีระเบียบวิธีวิจัยทั้งหมด 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของเท้าเทียม การศึกษาวิธีการออกแบบ การสร้าง ตลอดจนการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต และการประเมินคุณภาพและลักษณะทางกายภาพของเท้าเทียมต้นแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของเท้าเทียม

1.1 เท้าเทียมและคุณสมบัติของเท้าเทียม

เท้าเทียมเป็นเท้าที่สร้างขึ้นจากวัสดุพอลิเมอร์ หรือวัสดุอื่น ๆ เพื่อมาใช้ทดแทนเท้าจริง และทำให้ผู้พิการขาขาดได้เข้าสามารถเดินได้และใช้ชีวิตได้เป็นอย่างดีปกติเหมือนคนทั่วไป ซึ่งเท้าเทียมมีอยู่ด้วยกันอยู่หลายประเภท ได้แก่

1.1.1 เท้าเทียมแบบข้อเท้าแข็ง (Solid Ankle Cushion Heel Foot-ankle-assembly)

เท้าเทียมสร้างขึ้นเพื่อใช้ทำหน้าที่แทนเท้าและข้อเท้าธรรมชาติ ซึ่งเป็นเท้าเทียมที่นิยมใช้ในประเทศไทยขณะนี้ คือ แบบ SACH foot ซึ่งย่อมาจาก Solid Ankle Cushion Heel Foot (พฤทธิกร สมิตไมตรี และอุกฤษฏ์ ชำมริ, 2554) ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนี้



ภาพที่ 2 เท้าเทียมชนิด SACH foot
ที่มา: พฤทธิกร สมิตไมตรี และอุกฤษฏ์ ชำมริ, 2554

1.1.2 เท้าเทียมแบบแกนเดียว (Single axis foot-ankle assembly)

เท้าเทียมแกนเดียว เป็นเท้าเทียมแบบแกนโลหะซึ่งแกนนี้จะวางในแนวซึ่งขวางกับแนวตามยาวของเท้าเทียมและขนานกับพื้นดิน ซึ่งเป็นตำแหน่งใกล้เคียงกับแกนของข้อเท้าตามธรรมชาติ (พฤทธิกร สมิตไมตรี และอุกฤษฏ์ ชำมริ, 2554) แสดงดังภาพที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 3 เท้าเทียมแบบแกนเดียว
ที่มา: พฤทธิกร สมิตไมตรี และอุกฤษฏ์ ชำมริ, 2554

1.1.3 เท้าเทียมแบบ 2 แกน (Double axis foot-ankle assembly)

เท้าเทียมแบบ 2 แกน ประกอบด้วยแกนโลหะ 2 ทิศทาง อยู่ในแกนตั้งฉากต่อกันและวางอยู่ในแนวระดับ แกนที่ตั้งอยู่ในแกน Frontal จะทำหน้าที่เป็นแกนเช่นเดียวกับเท้าเทียมแบบแกนเดียว แกนที่ตั้งอยู่ในแนวของ Sagittal จะเป็นแกนให้เท้าเทียมทำ Inversion และ eversion ได้ (พฤทธิกร สมิตไมตรี และอุกฤษฏ์ ขำมริ, 2554) ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ในพื้นที่ลาดเอียงได้

1.1.4 เท้าเทียมแบบแกนรอบตัว (Multiple axis foot-ankle assembly)

เท้าเทียมแบบแกนรอบตัว ประกอบด้วยข้อต่อที่เป็นส่วนยืดหยุ่นได้ ทำให้เท้าเทียมสามารถทำงานได้แบบเดียวกับเท้าเทียมชนิด 2 แกน ร่วมกับการทำ Rotation ของข้อเท้าได้ ซึ่งทำให้สามารถบิดเท้าเข้าหรือออกได้ (พฤทธิกร สมิตไมตรี และอุกฤษฏ์ ขำมริ, 2554) เพื่อความสะดวกในการนั่งหรือพับเพียบและทำให้การเดินนุ่มนวลยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าชนิดของเท้าเทียมนั้นมีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งมีความแตกต่างของเทคโนโลยีในการผลิตที่เกี่ยวข้องกับงบประมาณและค่าใช้จ่ายในการผลิตตามไปด้วย สำหรับประเทศไทยพบว่าเท้าเทียมชนิด SACH Foot เป็นที่นิยมสูงสุด ทั้งนี้เป็นเพราะมีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการซื้อวัสดุหรืออุปกรณ์ที่มีราคาถูกกว่าชนิดอื่น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาที่จะศึกษาและหาแนวทางหรือวิธีการผลิตเท้าเทียมต้นแบบชนิด SACH ที่สามารถใช้วัสดุประกอบที่หาได้ง่าย ซึ่งเหมาะสมกับการผลิตอุปกรณ์เทียมเพื่อนำมาใช้งานกับผู้ป่วยพิการขาขาดของโรงพยาบาลที่อยู่ในถิ่นทุรกันดารหรือหน่วยงานสนับสนุนของภาครัฐที่มีงบประมาณไม่เพียงพอ

1.2 การเลือกวัสดุในการผลิตเท้าเทียม

สำหรับการเลือกวัสดุสำหรับงานวิจัยนี้ ได้พิจารณาเลือกวัสดุที่หาได้ง่าย ใช้เวลาในการผลิตที่รวดเร็ว และสะดวกต่อการผลิต โดยมีวัสดุต่าง ๆ ดังนี้

1.2.1 พอลิเมอร์ชนิดโพลียูรีเทน (Polymer Polyurethane)

พอลิเมอร์ชนิดโพลียูรีเทนเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของสารหลักสองชนิด คือ โพลีออล และ ไอโซไซยาเนตในสารเร่งปฏิกิริยาและสารเติมแต่งที่เหมาะสม เนื่องจากความหลากหลายของชนิดสารหลักที่ใช้โพลียูรีเทน จึงมีคุณสมบัติที่หลากหลายและกว้างขวางมาก โพลียูรีเทนส่วนใหญ่เป็นพลาสติกชนิด เทอร์โมเซตติง (Thermosetting) ซึ่งมีสมบัติไม่หลอมเหลวเสียรูปเมื่อมีอุณหภูมิสูงเหมือนพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก และมีความทนทาน คือ เป็นฉนวนกันความร้อน ดูดซับเสียง คงทนต่อสภาพแวดล้อม ทนน้ำมัน และมีความยืดหยุ่นที่ดี สามารถออกแบบการผลิตได้ตามต้องการ(กุลธิดา เจริญสวัสดิ์, 2555) โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โพลียูรีเทนที่มีความแข็งแรงอยู่ที่ระดับ 40 shore A เมื่อมีการเซตและแข็งตัวของชิ้นงานเท้าเทียมหลังการขึ้นรูป

1.2.2 ไม้เนื้อแข็ง

ไม้เนื้อแข็ง คือ ไม้ที่มีน้ำหนักมาก ความกว้างจำเพาะสูง มีกลสมบัตินี้ และมีความทนทานสูง ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นส่วนสำคัญของงานโครงสร้าง ได้แก่ ไม้เคี่ยม มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 990 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้รัง มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้ตะเคียนทองมีน้ำหนักเฉลี่ย 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้ประดู่ มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้เต็ง มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1,040 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ไม้แดง มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 960 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ชาลี ลัทธิ และคณะ, 2527) จากการศึกษาพบว่าไม้เนื้อแข็งที่จะนำมาใช้งานเพื่อผลิตเท้าเทียมชนิด SACH ควรมีน้ำหนักเบา อย่างไรก็ตามไม้เนื้อแข็งบางชนิดที่ไดกล่าวไว้บางชนิดเป็นไม้หวงห้ามหรือบางชนิดเป็นไม้ที่หาได้ยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพิจารณาเลือกใช้ไม้แดงที่หาได้ง่ายในพื้นที่จังหวัดเลยเพื่อนำมาผลิตแกนเท้าเทียม

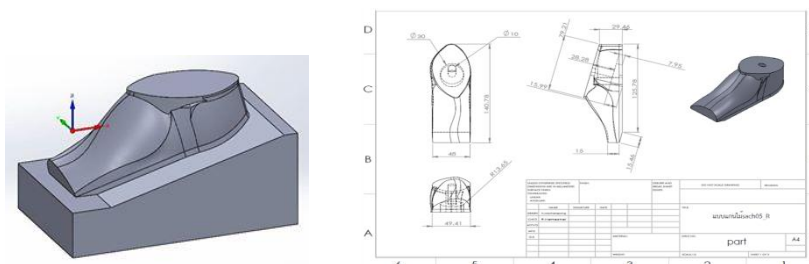
1.2.3 วัสดุที่ใช้ในการประกอบ

เท้าเทียมเป็นเท้าที่สร้างขึ้นด้วยวัสดุหลาย ๆ ชนิดที่มาประกอบเข้าด้วยกัน อย่างไรก็ตามเท้าเทียมจะเสร็จสมบูรณ์ได้ ก็ต้องมีวัสดุเหล่านี้เข้ามาเป็นส่วนประกอบ เช่น สกรู (Screw) หรือโบลต์ (Bolt) ที่มีลักษณะเป็นสลัก

เกลียวตัวผู้ที่ใช้สำหรับยึดชิ้นงานร่วมกับน็อต (NUT) ตัวเมีย แหวน และสายพานที่เป็นส่วนประกอบภายในโครงสร้างที่ทำให้ส่วนปลายเท้าสามารถติดงอได้

2. การออกแบบและการขึ้นรูปแกนเท้าเทียมชนิด SACH Foot ด้วยเทคโนโลยีซีเอ็นซี (CNC)

สำหรับการออกแบบโครงสร้างของแกนเท้าเทียมที่สร้างด้วยไม้เนื้อแข็ง งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม SolidCam และสร้างข้อมูล G-code สำหรับกัดขึ้นรูปชิ้นงานไม้ให้เป็นแกนเท้าเทียมด้วยเครื่องจักร CNC แสดงได้ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5 ตามลำดับดังนี้



ภาพที่ 4 การออกแบบและเขียนแบบแกนเท้าเทียมด้วยโปรแกรม SolidCam



ภาพที่ 5 การป้อนข้อมูล G-code เพื่อกัดขึ้นรูปไม้เนื้อแข็งสร้างแกนเท้าเทียมด้วยเครื่องจักร CNC

3. การสร้างแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเท้าเทียม

จากการศึกษาพบว่าแม่พิมพ์ที่สามารถนำมาขึ้นรูปชิ้นงานมีอยู่หลายประเภท อย่างไรก็ตามสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานวัสดุประเภทพลาสติกหรือพอลิเมอร์มีเทคนิคการขึ้นรูปที่เป็นที่นิยม ได้แก่

3.1 แม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูป

แม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปพลาสติก เป็นแม่พิมพ์ที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก แม่พิมพ์ชนิดนี้มีการบวนการผลิตโดยการหลอมพลาสติกเพื่ออัดหรือฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์โดยผ่านทางรูเข้าของแม่พิมพ์ รูเข้าจะต้องออกแบบให้อยู่ในลักษณะที่ทำให้พลาสติกหลอมวิ่งเข้าแม่พิมพ์ได้สะดวกโดยอาศัยความดันเข้าช่วย ข้อดีของแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูป คือ สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อน ผลิตชิ้นงานบางได้ อัตราการผลิตสูง และมีความเที่ยงตรงสูง ส่วนข้อเสีย คือ แม่พิมพ์มีราคาแพง และมีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

3.2 แม่พิมพ์สำหรับหล่อขึ้นรูป

การหล่อขึ้นรูป เป็นวิธีการที่ใช้แม่พิมพ์เพื่อหล่อน้ำยาพอลิเมอร์เหลวโดยเทลงในแม่พิมพ์ที่สภาวะปกติ อุณหภูมิห้องและความดันปกติ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงที่ทำให้พอลิเมอร์ที่ถูกเทและไหลเข้าสู่แม่พิมพ์จนเต็ม และใช้เวลาในระยะเวลาหนึ่งสำหรับการเซตและแข็งตัวของพอลิเมอร์แล้วจึงสามารถทำการถอดแม่พิมพ์และนำเอาชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ ซึ่งตัวแม่พิมพ์สามารถสร้างได้จากโลหะ หรือแม่พิมพ์เซรามิกก็ได้ อย่างไรก็ตามสำหรับงานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงการขึ้นรูปแม่พิมพ์ด้วยการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ง่ายและราคาถูก

ดังนั้นสำหรับการสร้างแม่พิมพ์เพื่อหล่อขึ้นรูปเท้าเทียม งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์จากวัสดุปูนปลาสเตอร์ เนื่องจากสามารถขึ้นรูปแม่พิมพ์ได้ง่าย และมีราคาต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับแม่พิมพ์ชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะแม่พิมพ์โลหะที่ต้องขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร CNC



ภาพที่ 6 การสร้างแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับหล่อขึ้นรูป

หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบใช้งานแม่พิมพ์เพื่อหล่อขึ้นรูปชิ้นงานเท้าเทียมต้นแบบ ดังแสดงไว้ดังภาพที่ 7 ดังนี้



ภาพที่ 7 การหล่อขึ้นรูปชิ้นงานเท้าเทียมต้นแบบ

เมื่อผสมส่วนผสมระหว่างโพลีเอสเตอร์และไอโซไซยาเนตให้ได้พอลิเมอร์ชนิดโพลียูรีเทนที่มีคุณสมบัติและความแข็งแรงที่ผู้ผลิตกำหนด และทำการหล่อโดยเทลงในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะทำให้พอลิเมอร์เริ่มเซตตัวและคงรูปเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาทีโดยประมาณ ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของชิ้นงานเท้าเทียมอยู่ที่ระดับความแข็งแรง 40 Shore A เมื่อพอลิเมอร์แข็งตัวเต็มที่เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงหลังจากหล่อขึ้นรูป หลังจากนั้นจึงสามารถถอดแม่พิมพ์เพื่อนำชิ้นงานออกมาทำการตกแต่งและทดสอบประกอบเพื่อการใช้งาน และประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญต่อไป ดังแสดงชิ้นงานเท้าเทียมต้นแบบที่ได้ในภาพที่ 8 ดังนี้



ภาพที่ 8 ชิ้นงานเท้าเทียมต้นแบบที่ผลิต

4. การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตเท้าเทียม

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเท้าเทียมเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงานต้นแบบในราคาต่ำทดแทนการสั่งซื้อชิ้นงานที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยมีรายละเอียดค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นต้นทุนคงที่ ได้แก่ ปูนพลาสติก ปูนซีเมนต์สำหรับสร้างแม่พิมพ์ ค่าแรงในการสร้างแม่พิมพ์ และเหล็กเพลลาขาว รวมราคา 817.53 บาท และสำหรับต้นทุนผันแปร ได้แก่ สีส้ม PU สายพาน แหวนร่อนน็อต สกรู โพลีเมอร์ชนิดโพลียูรีเทน น้ำสบู่วาแม่พิมพ์ และค่าแรงในการหล่อขึ้นรูป รวมราคาต้นทุนผันแปรที่ 1079.4 บาท ดังแสดงได้ตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 1 ต้นทุนคงที่สำหรับการผลิตเท้าเทียมต้นแบบ

ลำดับ	รายการ	ราคา/หน่วย (บาท)	หน่วย	จำนวนที่ใช้	ราคา (บาท)
1	ปูนพลาสติก ขนาด 25 กิโลกรัม	10.6	กิโลกรัม	13.28 กิโลกรัม	140.77
2	ปูนซีเมนต์ ขนาด 50 กิโลกรัม	2.2	กิโลกรัม	0.8 กิโลกรัม	1.76
3	ค่าแรงงานในการหล่อแม่พิมพ์ 2 คน	315	คน	2 คน	630
4	เหล็กเพลลาขาว ขนาดกว้าง 31.75 มิลลิเมตร	45	กิโลกรัม	1 กิโลกรัม	45
ราคาต้นทุนคงที่สำหรับการผลิตเท้าเทียมต้นแบบ จำนวน 1 ชิ้น					817.53

ตารางที่ 2 ต้นทุนผันแปรสำหรับการผลิตเท้าเทียมต้นแบบ

ลำดับ	รายการ	ราคา/ หน่วย (บาท)	หน่วย	จำนวนที่ใช้	ราคา (บาท)
1	สี ขาว 20 มิลลิลิตร แดง 0.5 มิลลิลิตร เหลือง 5.6 มิลลิลิตร	2.5	มิลลิลิตร	13 มิลลิลิตร	32.5
2	สายพาน ขนาด กว้าง 2 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร	2.17	เซนติเมตร	6 เซนติเมตร	13
3	แหวนร่อนน็อต ขนาด กว้าง 30 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร 1 ตัว	0.5	ตัว	1 ตัว	0.5
4	สกรูเกลียวปล่อย TF 10X1-1/4 25 ตัว	0.8	ตัว	3 ตัว	2.4
5	ไม้แดง ขนาด กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร	5.2	เซนติเมตร	16.5 เซนติเมตร	5.8
6	โพลียูรีเทน 1300 มิลลิลิตร	0.48	มิลลิลิตร	640 มิลลิลิตร	307.2
7	น้ำสบู่วาแม่พิมพ์เซรามิก 1 กิโลกรัม	8	กิโลกรัม	0.1 กิโลกรัม	8
8	ค่าแรงในการหล่อขึ้นรูปเท้าเทียม 2 คน	315	คน	2 คน	630
ราคาต้นทุนผันแปรสำหรับการผลิตเท้าเทียมต้นแบบ จำนวน 1 ชิ้น					1079.4

จากการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตเท้าเทียมต้นแบบทำให้ทราบว่าราคารวมในการผลิตชิ้นงานเท้าเทียมต้นแบบจำนวน 1 ชิ้น มีต้นทุนรวมทั้งหมด 1,896.93 บาท

5. การประเมินคุณภาพและลักษณะทางกายภาพของเท้าเทียมต้นแบบ

สำหรับการประเมินลักษณะทางกายภาพเท้าเทียมเบื้องต้น งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์โดยผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงาน กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู แผนกกายอุปกรณ์เสริมและเทียม จากโรงพยาบาลเลย พบว่าสามารถสรุปประเด็นลักษณะทางกายภาพของเท้าเทียมต้นแบบได้ ดังนี้

เท้าเทียมต้นแบบที่ได้ผลิตขึ้นมีสีของผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสม ลักษณะทางกายภาพทั่วไปมีความยืดหยุ่นที่ดี ไม่สามารถทำให้เกิดรอยฉีกขาดได้โดยง่าย และมีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับเท้าเทียมที่นำเข้าจากต่างประเทศ นอกจากนั้นจากการประเมินเบื้องต้นพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำชิ้นงานเท้าเทียมที่ผลิตมาใช้งานกับผู้ป่วยพิการได้ อย่างไรก็ตามยังคงพบตำหนิที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานในบางตำแหน่งในลักษณะของการเกิดฟองอากาศซึ่งส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์และความสวยงามของชิ้นงานเท้าเทียม นอกจากนั้นผู้เชี่ยวชาญยังให้คำแนะนำด้านอื่น ๆ โดยแนะนำให้ทำชิ้นงานให้เกิดความสมบูรณ์และควรส่งชิ้นงานไปทดสอบความแข็งแรง ณ ศูนย์ทดสอบเท้าเทียมที่ได้มาตรฐานของภาครัฐ เพื่อนำผลการทดสอบมาประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับการนำผลงานการวิจัยมาทดสอบใช้งานจริงกับผู้ป่วย หรือดำเนินการตามระเบียบการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ต่อไป



ภาพที่ 9 การประเมินลักษณะทางกายภาพเท้าเทียมเบื้องต้น

ผลการศึกษา

จากการศึกษาและวิจัยเพื่อออกแบบแม่พิมพ์ด้วยปูนปลาสเตอร์และขึ้นรูปเท้าเทียมต้นแบบ ชนิดเท้าเทียมแบบข้อเข่าแข็ง (SACH foot) โดยใช้เทคนิคการหล่อขึ้นรูป โดยใช้วัสดุพอลิเมอร์ชนิดโพลียูรีเทน และไม้เนื้อแข็งในการขึ้นรูปแกนเท้าเทียม ประกอบกับวัสดุอื่น ๆ ที่หาได้ง่าย ทำให้สามารถวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตเท้าเทียมต้นแบบได้ โดยการผลิตชิ้นงานเท้าเทียมต้นแบบจำนวน 1 ชิ้น มีต้นทุนรวมทั้งหมด 1,896.93 บาท ซึ่งจะเป็นแนวทางในการลดต้นทุนหรืองบประมาณในการดำเนินการของโรงพยาบาลหรือหน่วยงานของภาครัฐสำหรับการดูแลผู้ป่วยพิการขาขาด ตลอดจนเป็นการลดการสั่งซื้อหรือนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศได้

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างเท้าเทียมต้นแบบสำหรับผู้พิการขาขาด ได้ศึกษาวิธีการผลิตเท้าเทียมต้นแบบสำหรับเป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อทดแทนการสั่งซื้อหรือนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตเท้าเทียม ชนิด เท้าเทียมแบบข้อเข่าแข็ง SACH foot เนื่องจากเท้าเทียมชนิดนี้มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าชนิดอื่น ๆ และสามารถใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายซึ่งเหมาะสมกับการผลิตอุปกรณ์เทียมเพื่อนำมาใช้ร่วมกับผู้ป่วยพิการขาขาดของโรงพยาบาลที่อยู่ในถิ่นทุรกันดารหรือหน่วยงานสนับสนุนของภาครัฐที่มีงบประมาณไม่เพียงพอ สำหรับการผลิตเท้าเทียมต้นแบบงานวิจัยนี้ได้ออกแบบ

และสร้างแม่พิมพ์ด้วยปูนปลาสเตอร์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิคการหล่อขึ้นรูป โดยใช้วัสดุหลักในการผลิตเท้าเทียมคือ วัสดุพอลิเมอร์ชนิด โพลียูรีเทน (PU) และไม้เนื้อแข็งที่ถูกขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยี CNC เพื่อสร้างแกนเท้าเทียม จากการประเมินราคาต้นทุนในการผลิตพบว่าเท้าเทียมต้นแบบใช้ต้นทุนการผลิตในราคา 1,896.93 บาทต่อชิ้น ซึ่งทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศได้

อย่างไรก็ตามเท้าเทียมต้นแบบสำหรับผู้ป่วยพิการขาขาดที่ได้สร้างขึ้นมีน้ำหนัก 0.780 กิโลกรัม ต่อ 1 ชิ้น ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าเท้าเทียมที่จำหน่ายตามท้องตลาดจึงเหมาะสมกับผู้ป่วยในวัยทำงานในช่วงอายุ 21 – 40 ปี (ชัยวัฒน์ บุญกล้า, 2561) ทั้งนี้ น้ำหนักที่เกิดขึ้นจากโครงสร้างเท้าเทียมมาจากน้ำหนักของไม้เนื้อแข็งประเภทไม้แดงที่มีน้ำหนักมาก ซึ่งหากเป็นไปได้ควรเลือกใช้ไม้ที่มีน้ำหนักเบากว่า และมีคุณสมบัติที่แข็งแรง ทนต่อความชื้นและน้ำ เช่น ไม้ตะเคียนทอง ไม้รัง ไม้ประดู่ เป็นต้น นอกจากนั้นสำหรับกระบวนการผลิตที่ใช้เทคนิคการหล่อขึ้นรูปเท้าเทียมอาจทำให้เกิดการไล่ฟองอากาศในเท้าแม่พิมพ์ได้ไม่หมด เนื่องจากพอลิเมอร์เกิดการเซตและแข็งตัวก่อนที่จะไหลเข้าแม่พิมพ์ โดยสมบูรณ์ ดังนั้นกระบวนการการผลิตด้วยวิธีการหล่อขึ้นรูปต้องมีความชำนาญ และควรใช้เวลาในกระบวนการหล่อให้น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ นอกจากนั้นสำหรับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ทำให้ความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาและผลิตเท้าเทียมที่มีราคาต้นทุนการผลิตที่ต่ำลงโดยใช้ยางพาราซึ่งเป็นยางธรรมชาติมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตทดแทนการใช้พอลิเมอร์ชนิดโพลียูรีเทน เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตรและลดต้นทุนในการผลิตต่อไปในอนาคตได้

References

- Boonklao C. Professional equipment technician. Interview. March 7, 2018. (in Thai)
- Charoensawat, K. (2012). *Properties of rigid polyurethane foam insulation in construction and the use of fire-resistant polyurethane foam safely*. Industry of Polyurethane (PUI) under the Chemical Industry Group. Retrieved October,8 2017, from polyurethanethai.com/uploads/userfiles/_1.pdf (in Thai)
- Kongpueng, M. (2012). Development of metal prosthetic parts production by semi-solid metal forging. Master of Engineering Thesis. Materials Engineering. Prince of Songkla University. (in Thai)
- Lutji, C., Leiproma, W., Paoaree, C. & Sutthawatin, S. (1984). *General Technician*. Department of Vocational Education. (in Thai)
- Ministry of Social Development and Human Security. (2017). Summary of key results of the Disability Survey 2012. National Statistical Office. Retrieved August 29, 2017 from www.m-society.go.th/ewt_news.php?nid=11453 (in Thai)
- Phuchamnong, A., Soparat, J., Ananon, K. and Viriyaratanasak, P. (2009). Epoxy resin mold development using the CAE technique. Academic conference The 23rd Mechanical Engineering Network of Thailand, National Metal and Materials Technology Center. 4 - 7 November 2009. Chiang Mai. (in Thai)
- Samitmaitri, P. and Chammari, U. (2011). *Design of electronic artificial foot test*. Research report Faculty of Engineering Prince of Songkla University. Song Khla. (in Thai)
- Tangprasert, P and Wirunsri, C. (2017). Knee prosthesis. Retrieved August 21, 2017 http://www.tpa.or.th/.../pdfFileDownloadS/tn230a_p21-23.pdf
- Thai Tribune Public Free Media of the People. (2017). Ministry of Public Health Arrange the mobile prosthetic service unit to reach the community. Retrieved August 29, 2017 from http://thaitribune.org/contents/detail/314?content_id=9766 (in Thai)
- Thongmmak, N., Yodwanich, N., Prawatsil, S. and Wiroonsri, C.. (2013). Design and production of ankle prototypes of artificial feet for the disabled. Academic Conference on Mechanical Engineering Projects, Academic Year 2013. March 13, 2014. Faculty of Engineering Chulalongkorn University. Bangkok. (in Thai)
- Thongruang, W., Deevayakun, C., Phatphaiboonchai, O. and Wanasin, J. (2011). *Artificial foot from natural rubber*. Complete research report Prince of Songkla University. (in Thai)
- Rodtuk, S. (2014). *Improving the artificial foot axis in use*. Master of Engineering Thesis. Industrial Engineering Chiang Mai University. (in Thai)