

การพัฒนาชุดติดตั้งเฟืองแพลนเนตารีสำหรับดุมล้อวีลแชร์

ตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย

Development of Planetary Gear Set Mounting for Wheelchair Hubs

By Principle Reverse Engineering

นราพงศ์ ช่วยชัย^{1*}, อนันตกุล อินทรผดุง², ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน³ และ ดุษณี สุภวรรธนะกุล²

Narapong Chuaychai^{1*}, Anantakul Intarapadung², Prasert Wirotcheewan³ and Dusanee Supawantanakul²

Received: 21 January 2020, Revised: 30 September 2020, Accepted: 8 December 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดติดตั้งเฟืองแพลนเนตารี (Planetary Gear) สำหรับดุมล้อวีลแชร์ ตามหลักวิศวกรรมย้อนรอยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังนี้ การศึกษาสภาพการใช้งานวีลแชร์โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้งานวีลแชร์ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ถึงกระบวนการใช้งานวีลแชร์ในชีวิตประจำวัน อุปสรรคในการขับเคลื่อนวีลแชร์ในสภาพพื้นที่ขรุขระ พื้นที่ราวยรวมถึงทางลาดเอียง แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์สังเคราะห์เพื่อพัฒนากระบวนการขับเคลื่อน เพื่อช่วยให้ผู้ใช้วีลแชร์ใช้กำลังแขนลดลงจากการเข็นวีลแชร์ โดยการพัฒนาชุดดุมล้อทดแรงต้นแบบ ศึกษากระบวนการทำงานของชุดเฟืองที่ช่วยในการทดแรงโดยเลือกใช้ชุดเฟืองแพลนเนตารีออกแบบและติดตั้งภายในดุมล้อวีลแชร์ จำลองการทำงานชุดดุมล้อทดแรงด้วยคอมพิวเตอร์ (CAD) วิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบดุมล้อวีลแชร์แบบมาตรฐาน จากการศึกษาและพัฒนาชุดดุมล้อทดแรงต้นแบบ โดยการขยายดุมล้อให้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 190 มิลลิเมตร ภายในดุมล้อยึดติดกับเฟืองวงแหวน (Ring Gear) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 130 มิลลิเมตร ภายในเฟืองวงแหวนมีชุดเฟืองแพลนเนตารี (Planetary Gear) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีจำนวน 3 เฟือง และเฟืองตัวกลาง (Sun Gears) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร ประกอบเป็นชุดเฟืองทดแรงติดตั้งภายในดุมล้อวีลแชร์ ช่วยในการทดแรงจากการเข็นวีลแชร์ ผลการทดลองใช้เปรียบเทียบดุมล้อวีลแชร์แบบมาตรฐานกับดุมล้อวีลแชร์ทดแรงต้นแบบ กับกลุ่มตัวอย่างประเมินผลความพึงพอใจและประเมินความเจ็บปวดกับผู้ใช้วีลแชร์

¹ สาขาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

¹ Department of Technology Management, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220, Thailand.

² คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

² Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220, Thailand.

³ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร 10800

³ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok 10800, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): ponk1976@gmail.com

จำนวน 50 คน พบว่า คู่มือวีลแชร์ทดแรงดันแบบให้น้ำหนักเบากว่าในการเข็นขึ้นทางลาดชันและจากการประเมินความเจ็บปวด พบว่า คู่มือทดแรงดันแบบให้ความรู้สึกเจ็บปวดน้อยกว่าจากการเข็นในทางขรุขระและในทางที่เป็นพื้นทราย

คำสำคัญ: ชุดเฟืองแพลนเนตารี, วิศวกรรมย้อนรอย, คู่มือวีลแชร์, ระบบขับเคลื่อน, การทดแรง

ABSTRACT

The purpose of the study was to develop the planetary gear installation set used to control the wheelchairs based on reverse engineering principles. It consisted of the following procedures. First, study the use of wheelchairs from the users through the interview relating to the use of the wheelchairs in daily life and problems in moving the wheelchairs on rough surfaces, sand, and slopes. Second, analyze and synthesize the data to develop the driving procedures which would enable the wheelchair users to reduce the arm force. Next, develop the prototype reduction wheelchair hubs. Then study the system of the gear set that helped reduce the force through the use of the planetary gear set with its design and install it in the wheelchair hubs. After that, simulate the work of the reduction wheelchair hubs with computer (CAD) by analyzing and comparing the standard wheelchair hubs and the developed reduction wheelchair hub prototype which expanded the wheelchair hub to the diameter of 190 millimeters in the wheelchair hub attached with the ring gear with a diameter of 130 millimeters. In the ring gear, there was a planetary gear with the diameter of 40 millimeters for 3 gears and a sun gear with the diameter of 60 millimeters. They were assembled to make a reduction gear set to be installed in the wheelchair hubs which could reduce the effort required to use the wheelchairs. Participants were 50 wheelchair-users who were surveyed regarding their satisfaction and their pains after they used the standard wheelchair hubs and the prototype reduction wheelchair hubs. The comparing results indicated that the prototype of reduction wheelchair hubs required less effort to use the wheelchairs on the slope. Moreover, the results pertaining to their pain assessment were found less on rough surfaces and sand.

Key words: planetary gear set, reverse engineering, wheelchair hub, drive system, testing

บทนำ

วีลแชร์เป็นอุปกรณ์เครื่องช่วยที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการเคลื่อนที่ของบุคคล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสิทธิมนุษยชนและการดำรงชีวิตอย่างมีศักดิ์ศรี ทั้งนี้ เพื่อให้คนพิการสามารถเป็นสมาชิกที่มีคุณค่าของ

สังคมในการใช้งานวีลแชร์ อย่างไรก็ตามผู้ใช้เกิดปัญหาจากปัจจัยด้านน้ำหนักของวีลแชร์ น้ำหนักผู้ใช้ ชนิดของวีลแชร์ และสภาพพื้นผิวเส้นทางต่างๆ ที่ออกแรงมากน้อยไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดปัญหาในการใช้งาน กล้ามเนื้อแขนเมื่อยล้าเพราะ ต้องส่งกำลังจากแขนและไหล่ในการเข็นบนเส้นทางขรุขระ พื้นทราย

ละเอียดย หรือโคลน ขึ้นบันได และในการเข็นขึ้นลงทางลาดชัน (Chapal and Kylie, 2012) ซึ่งหากต้องเดินทางโดยลำพังมีความยากลำบากจากการที่ต้องเข็นและใช้แรงในการเข็นวีลแชร์ให้ผ่านสภาพพื้นที่ที่คั่งก่่าว จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเฟืองเข้ามาช่วยในการทดแรงในการเข็นวีลแชร์ตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย

วิศวกรรมย้อนรอยเพื่อพัฒนาคู่มือวีลแชร์เป็นการทำงานในลักษณะย้อนกลับ โดยศึกษาจากคู่มือวีลแชร์แบบมาตรฐานประเมินด้วยความเจ็บปวดพบว่า บุคคลที่ใช้วีลแชร์เป็นหลักในการเคลื่อนไหวมีอาการปวดแขน ไหล่ เนื่องจากใช้แรงมากเกินไปและการเคลื่อนที่ของแรงขับเคลื่อน โดยน้ำหนักของวีลแชร์และน้ำหนักผู้พิการรวมถึงสภาพพื้นผิวเส้นทางต่างๆ ที่ผู้พิการออกแรงมากน้อยไม่เท่ากัน จึงทำให้ผู้พิการเกิดปัญหาในการใช้งาน กล้ามเนื้อแขนเมื่อยล้าต้องใช้แรงในการขับเคลื่อนเพื่อผ่านอุปสรรคของแต่ละสภาพพื้นผิวจึงมีแนวคิดที่จะนำเฟืองทดแรงเข้ามาช่วยในการขับเคลื่อนในการเข็นของผู้ใช้วีลแชร์สามารถช่วยให้ผู้ใช้วีลแชร์เข้าถึงพื้นที่ที่มีความยากลำบากที่ต้องใช้แรงในการเข็นโดยการพัฒนาเฟืองเข้ามาช่วยในการทดแรง

จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้วีลแชร์ พบว่าปัญหาเกิดจากปัจจัยด้านน้ำหนักของวีลแชร์ น้ำหนักผู้ใช้งานของวีลแชร์และสภาพพื้นผิวเส้นทางต่างๆ ที่ผู้ใช้ต้องใช้กำลังแขนและไหล่ในการเข็น จึงทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานมีอาการปวดกล้ามเนื้อช่วงท้อง กล้ามเนื้อแขนและไหล่เมื่อยล้า เมื่อใช้งานวีลแชร์ไประยะหนึ่งทำให้เกิดอาการบาดเจ็บบริเวณไหล่ หลัง และแขน (Petrozdo and Stepper, 2013) จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาชุดคู่มือทดแรงติดตั้งเฟืองแพลนเนตารีมาช่วยในกระบวนการขับเคลื่อนวีลแชร์โดยพัฒนาตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดติดตั้งเฟืองแพลนเนตารีสำหรับคู่มือวีลแชร์ตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย โดยใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้วีลแชร์โดยการสัมภาษณ์และสังเกตวิธีการใช้วีลแชร์ในชีวิตประจำวันและนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์สังเคราะห์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบทดแรงในการขับเคลื่อนวีลแชร์โดยการศึกษาและพัฒนาจากคู่มือเดิมของวีลแชร์ตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย โดยกระบวนการพัฒนาใช้การวิเคราะห์สืบทอดไปจากคู่มือแบบมาตรฐานที่ผู้พิการใช้งานอยู่ โดยมีการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากคู่มือแบบมาตรฐานอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่วัสดุ คุณสมบัติ จนถึงกรรมวิธีการผลิต เป็นการแก้ไขข้อบกพร่องของคู่มือแบบมาตรฐานให้ดียิ่งขึ้น (Tossaporn, 2016) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเป็นตัวช่วยในการออกแบบเขียนแบบ เพื่อนำต้นแบบจำลองการทำงานขับเคลื่อนคู่มือวีลแชร์ ที่ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและนำมาปรับปรุงเป็นชุดคู่มือติดตั้งเฟืองแพลนเนตารีต้นแบบ เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต และนำไปติดตั้งกับวีลแชร์และทดลองใช้ (Rodkwan *et al.*, 2003)

ตอนที่ 1

การออกแบบตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย โดยกระบวนการพัฒนาใช้การวิเคราะห์สืบทอดไปจากคู่มือแบบมาตรฐานอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่วัสดุ คุณสมบัติ จนถึงกรรมวิธีการผลิต โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเป็นเครื่องมือในการออกแบบเขียนแบบ นำแบบที่ได้มาให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของแบบและจำลองการทำงานของระบบขับเคลื่อน แล้วจึงนำมาสร้างเป็นนวัตกรรมต้นแบบ เพื่อศึกษาถึงกระบวนการผลิตโดยการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่จะช่วยในการสร้าง

ต้นแบบระบบขับเคลื่อนวีลแชร์ ซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อต่อไปนี้

1. ออกแบบ ร่างต้นแบบ เขียนแบบและจำลองการหมุนของชุดคัมล้อทดแรงจากการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการร่างต้นแบบเขียนแบบภาพ 2 มิติ เพื่อกำหนดขนาดของคัมล้อวีลแชร์ทดแรงตามที่ศึกษาและเขียนแบบเป็นภาพ 3 มิติ

2. นำแบบที่ได้จากการร่างต้นแบบ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของแบบและปรับแก้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ เพื่อกำหนดขนาดของคัมล้อวีลแชร์ทดแรง

3. นำแบบที่ได้จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อดูหลักการทดแรง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบในด้านที่เกี่ยวข้องกับผู้พิการ ด้านการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ วิศวกรเครื่องกล รวมถึงผู้ประกอบการที่ทำงานด้านการผลิตเฟืองมา โดยเฉพาะ มาตรวจสอบแบบและจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ และปรับแก้แบบตามที่คุณเชี่ยวชาญเสนอแนะ

ตารางที่ 1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและจำลองการทำงานออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (CAD)

ลำดับที่	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	ความเชี่ยวชาญ
1	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1	การออกแบบฝึกทักษะการทรงตัวคนพิการ
2	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2	วิศวกรเครื่องกล
3	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3	การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์
4	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4	การออกแบบผลิตภัณฑ์กระบวนการผลิต
5	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5	กระบวนการผลิตเฟืองทดแรง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 ชุดคัมล้อต้นแบบจากการศึกษา (ก) ร่างต้นแบบชุดเฟืองแพลนเนตารี และ (ข) ภาพต้นแบบที่ได้จากการเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 1 (ก) แบบร่างต้นแบบชุดเฟืองแพลนเนตารี และภาพที่ 1 (ข) ลักษณะของชุดคัมล้อต้นแบบที่ได้จากการศึกษาทฤษฎี เอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ

แล้วนำมาออกแบบเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ตอนที่ 2

วางแผนกระบวนการผลิตชุดคัมล้อทดแรงต้นแบบตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย โดยศึกษา

กระบวนการผลิตคูล์แบบมาตรฐานและพัฒนาชุดคูล์ทดแรงดันแบบ โดยการขยายส่วนของคูล์เพื่อรองรับชุดเฟืองแพลนเนตารีทดแรง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตล้อวิลแชร์โดยการวิเคราะห์ตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย เน้นไปที่เรื่องของกระบวนการทดแรง

2. ศึกษากระบวนการนำชุดเฟืองแพลนเนตารีเข้ามาติดตั้งภายในคูล์เพื่อให้เกิดการทดแรงในขณะขับเคลื่อน

3. ลักษณะของชุดเฟืองแพลนเนตารีทดแรงประกอบไปด้วยเฟืองวงแหวน (Ring Gear) ทำจากวัสดุทองเหลืองมีขนาด 53 ฟัน ชุดเฟืองแพลนเนตมี 3 เฟือง (Planet Gear) มีขนาด 15 ฟัน และเฟือง

ตัวกลาง (Sun Gear) มีขนาด 22 ฟัน โดยชุดเฟืองแพลนเนตารีจะสวมยึดอยู่ในตัวเรือนของมัน และหมุนไปเป็นชุดเดียวกัน โดยตัวต้นกำลังจะหมุนด้วยความเร็วรอบน้อยกว่ากำลังงานเอาต์พุต ทำให้ใช้แรงในการเข็นน้อยได้แรงบิดเพิ่มขึ้นโดยใช้สูตรในการคำนวณ (Carvarella *et al.*, 1999)

$$i = \frac{N_1}{N_2} \text{ และ } i = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1)$$

เมื่อ N_1 = ความเร็วรอบของเฟืองขับ
 Z_1 = จำนวนฟันเฟืองขับ
 N_2 = ความเร็วรอบเฟืองตาม
 Z_2 = จำนวนฟันเฟืองตาม

ตารางที่ 2 ขนาดจำนวนฟัน เส้นผ่าศูนย์กลาง และอัตราทดจากการคำนวณ

ชนิดเฟือง	จำนวนฟัน	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	อัตราทด
เฟืองวงแหวน	53	130	1 : 1.41
เฟืองแพลนเนต	15	40	1 : 0.71
เฟืองตัวกลาง	22	60	1 : 3.4

จากตารางที่ 2 ใช้สูตรหาความเร็วรอบของเฟือง

จากการประเมินต้นแบบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า การออกแบบชุดทดแรงช่วยในกระบวนการขับเคลื่อนวิลแชร์ การแก้ปัญหากระบวนการขับเคลื่อนวิลแชร์ในพื้นที่ผิวขรุขระ ควรมีการ

แก้ปัญหาด้วยเทคนิคการทดแรงขับเคลื่อนวิลแชร์ (Reducing the Force) โดยการประยุกต์ชุดเฟืองแพลนเนตารี ชุดเฟืองแพลนเนตารีมีการทดแรงได้มีประสิทธิภาพ เฟืองขับเคลื่อนพอดี



ภาพที่ 2 ชุดเฟืองแพลนเนตารีที่ได้จากกระบวนการศึกษาตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย

ภาพที่ 2 ชุดเฟืองเพลาเนตารีต้นแบบที่ได้ศึกษาตามกระบวนการวิศวกรรมย้อนรอยที่ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและนำไปผลิตเป็นชุดคูล์ทนต์แรงดันแบบ นำชุดคูล์ทนต์แรงดันที่ได้ไปทดลองเพื่อหาสมรรถนะด้านการขับเคลื่อนโดยทดลองใช้ในสภาพพื้นที่ ที่ผู้ใช้วีลแชร์ใช้ในชีวิตประจำวัน สร้างตารางเปรียบเทียบด้านสมรรถนะการใช้งาน ด้านการทดแรง ควบคุมความปลอดภัยโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย เพื่อเปรียบเทียบกับระบบขับเคลื่อนแบบคูล์ทนต์มาตรฐาน โดยใช้แบบประเมินความเจ็บปวดโดยให้ผู้ใช้วีลแชร์แบบมาตรฐานและวีลแชร์ทดแรงติดตั้งเฟืองเพลาเนตารี เปรียบเทียบในทางขรุขระและทางลาดชันที่กำหนดและให้ผู้ใช้วีลแชร์ให้คะแนนความรุนแรงของอาการเจ็บปวด แบบประเมินความเจ็บปวดผิวกายทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อเนื่องจากการใช้วีลแชร์ ให้คะแนนความรุนแรงของอาการที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของร่างกาย

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการพัฒนาชุดติดตั้งเฟืองเพลาเนตารีสำหรับคูล์ทนต์วีลแชร์ตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย

ตอนที่ 1

ผลการออกแบบตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเป็นเครื่องมือในการออกแบบเขียนแบบ นำแบบที่ได้มาให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของแบบและจำลองการทำงานของระบบขับเคลื่อน แล้วจึงนำมาสร้างเป็นชุดคูล์ทนต์วีลแชร์ติดตั้งเฟืองเพลาเนตารีต้นแบบ แบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

1. ได้ต้นแบบ และจำลองการทดแรงของชุดคูล์ทนต์ติดตั้งเฟืองเพลาเนตารี เพื่อกำหนดขนาดของคูล์ทนต์วีลแชร์ทดแรงตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย

2. นำต้นแบบที่ได้ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของแบบและปรับแก้ตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ เพื่อกำหนดขนาดของคูล์ทนต์วีลแชร์ ติดตั้งเฟืองเพลาเนตารีตามผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ

3. นำร่างต้นแบบที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะมาสร้างชุดคูล์ทนต์แรงดันแบบซึ่งสอดคล้องกับการสร้างเสถียรสัญญาณวิทยุสื่อสาร โดยในการสร้างชิ้นงานใหม่นั้นจะใช้หลักวิศวกรรมย้อนรอยในการออกแบบชิ้นงานขึ้นมาใหม่ โดยมีการออกแบบเลือกใช้อุปกรณ์ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปและการคำนวณเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน (Tossaporn, 2016)

วางแผนกระบวนการผลิตชุดคูล์ทนต์แรงดันติดตั้งเฟืองเพลาเนตารีต้นแบบตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย โดยศึกษากระบวนการผลิตคูล์ทนต์แบบเดิมและพัฒนาคูล์ทนต์ต้นแบบโดยการขยายส่วนของคูล์ทนต์เพื่อรองรับชุดเฟืองเพลาเนตารีทดแรง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การขยายคูล์ทนต์จากต้นแบบเดิมให้มีขนาดโตขึ้นโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร

2. ออกแบบชุดเฟืองทดแรงเพื่อติดตั้งในคูล์ทนต์ โดยมีชุดเฟือง 3 ชนิดได้แก่ เฟืองวงแหวน (Ring Gear) เฟืองเพลาเนต 3 ตัว (Planet Gear) และเฟืองกลาง (Sun Gear)

3. อัตราทดโดยการเข้าวีลแชร์ 1 รอบโดยใช้เฟืองวงแหวนเป็นตัวขับเคลื่อนเฟืองภายในจะหมุน 1.41 รอบ ใช้เฟืองตัวเล็กเป็นตัวขับเคลื่อน 1 รอบ ชุดเฟืองภายในจะหมุน 0.71 รอบ และใช้เฟืองตัวกลางเป็นตัวขับเคลื่อน 1 รอบ ชุดเฟืองภายในจะหมุน 3.4 รอบ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3 เปรียบเทียบชุดล้อมาตรฐานกับชุดล้อต้นแบบที่ได้จากการพัฒนาตามหลักวิศวกรรมย้อนรอย (ก) ชุดล้อวีลแชร์แบบมาตรฐาน และ (ข) ชุดล้อวีลแชร์ทดแรงติดตั้งเฟืองแพลนเนตารี

ตอนที่ 2

การศึกษาสภาพเทคโนโลยีการใช้งานต้นแบบใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์โครงสร้างเทคโนโลยีที่มีปัญหาวิเคราะห์หาส่วนประกอบของโครงสร้างวีลแชร์ที่ได้จากปัญหาของผู้ใช้ (Jarosz, 1996) ให้เห็นถึงกระบวนการทำงานและแก้ปัญหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเฟืองที่ผลิตจากทองเหลืองโดยใช้กระบวนการขึ้นรูปทางกลเป็นผู้ประเมินแบบ

วางแผนกระบวนการผลิตต้นแบบการสนทนากลุ่ม (Focus Group) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Root Cause Analysis) เป็นการค้นหาสาเหตุของปัญหาหรือความเสี่ยงสำคัญที่เกิดขึ้นโดยการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุจากการเกิดปัญหาการใช้ระบบขับเคลื่อนวีลแชร์ จากการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบชุดล้อแบบมาตรฐานและชุดล้อติดตั้งเฟืองแพลนเนตารีได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 การทดสอบระบบขับเคลื่อนวีลแชร์แบบมาตรฐานเปรียบเทียบกับวีลแชร์ทดแรงเฟืองแพลนเนตารี

ประเด็นในการสัมภาษณ์	ผลจากการสัมภาษณ์	ข้อมูลเชิงเทคนิค
1. การทดสอบในเรื่องอัตราทดแรง	อัตราทดช่วยให้การเข็นเบาขึ้น อย่างชัดเจน แต่วงปั่นมีขนาดเล็ก	การแก้ปัญหาในเรื่องของอัตราทดควรใช้ระบบเฟืองมาช่วยในการทดแรง
2. การทดสอบในเรื่องการขึ้นลงทางลาดชัน	ใช้งานยากเกินไป การขึ้นลงทางลาดชันการทดแรงช่วยให้เบาขึ้นในการขึ้นลง	
3. การทำงานของชุดชุดล้อช่วยทดแรงได้หรือไม่ อย่างไร	ช่วยทดแรงได้ดีในทางตรง ที่พื้นขรุขระ การปรับจุดศูนย์ถ่วงมีการใช้ได้ดี แต่เข็นยากเนื่องจากวงปั่นเลื่อนไปด้านหลัง การใช้งานไม่ยุ่งยาก	วีลแชร์ทดแรงติดตั้งเฟืองแพลนเนตารีช่วยทดแรงได้ในทางตรง ทางขรุขระและดินทรายบดละเอียดเหมาะสมกับสภาพที่ใช้งานในปัจจุบัน

จากตารางที่ 3 นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้วีลแชร์ พบว่า วีลแชร์แบบมาตรฐานยังไม่มีติดตั้งชุดเฟืองแพลนเนตตารี ไม่มีการทดแรงวงปั่นที่ติดตั้งกับวีลแชร์ทดแรงทำให้เข็นได้เบาขึ้น แต่วงปั่นมีขนาดเล็กจึงใช้งานไม่สะดวก

จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้วีลแชร์ จึงเป็นที่มาของกระบวนการออกแบบชุดล้อทดแรงติดตั้งเฟืองแพลนเนตตารีด้วยการทดสอบการสัมภาษณ์จากผู้ใช้งานวีลแชร์โดยใช้แบบประเมินความเจ็บปวด (Pain Scale)

0 – 1 ไม่ปวดเลย
มากกว่า 1 – 3 ปวดเล็กน้อย
มากกว่า 3 – 5 ปวดระดับปานกลาง

มากกว่า 5 – 7 ปวดระดับปานกลาง - ปวดมาก

มากกว่า 7 – 9 ปวดมาก

มากกว่า 9 – 10 ปวดมากจนไม่สามารถทนไหวมิใช่

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับวีลแชร์ความบกพร่องทางร่างกายและสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการรับรู้การมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ใน 3 สถานที่คือ ที่บ้านชุมชนและระหว่างการเดินทางของผู้ที่ได้รับบาดเจ็บไขสันหลัง 7 คน ผลจากการวิจัยพบว่า วีลแชร์เป็นข้อจำกัดมากที่สุดในการมีส่วนร่วมทั้งที่บ้านในชุมชน และระหว่างการเดินทาง (Chapalk and Kylie, 2012)

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบระบบขับเคลื่อนวีลแชร์แบบมาตรฐานและวีลแชร์ติดตั้งเฟืองแพลนเนตตารีทดแรง

ลักษณะของวีลแชร์	น้ำหนักในการเข็น การเข็น อัตราทดแรง (ค่าเฉลี่ย)	น้ำหนักในการเข็น วีลแชร์ในสภาพ พื้นผิวขรุขระ (ค่าเฉลี่ย)	น้ำหนักในการเข็น วีลแชร์ในทางลาด ชัน (ค่าเฉลี่ย)	น้ำหนักในการ เข็นวีลแชร์ใน พื้นดินปนทราย (ค่าเฉลี่ย)
วีลแชร์ชุดล้อแบบมาตรฐาน	7	6	8	7
วีลแชร์ติดตั้งเฟืองแพลนเนตตารีทดแรง	3	2	4	3

จากตารางที่ 4 ผลการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้วีลแชร์ในชีวิตประจำวัน โดยประเมินผลความพึงพอใจและประเมินความเจ็บปวด โดยการเปรียบเทียบวีลแชร์แบบมาตรฐานกับวีลแชร์ทดแรงจำนวน 50 คน พบว่า จากการเปรียบเทียบผลการเปรียบเทียบชุดล้อวีลแชร์มาตรฐานกับชุดล้อวีลแชร์ติดตั้งเฟืองแพลนเนตตารีทดแรง โดยเปรียบเทียบด้านอัตราทดพบว่า ชุดล้อวีลแชร์ทดแรงให้น้ำหนักเบากว่า ซึ่งเฟืองแพลนเนตตารีช่วยให้อัตราทดในการเข็นเบาขึ้น ในการเข็นวีลแชร์ขึ้นทางลาดชันผู้พิการใช้แรงน้อยกว่าวีลแชร์มาตรฐาน การเข็นวีลแชร์ลง

ทางลาดชันผู้พิการควบคุมการไหลลงของวีลแชร์ได้ง่ายกว่าวีลแชร์แบบมาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับระบบการเปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติสำหรับวีลแชร์ โดยการพัฒนาระบบเกียร์อัตโนมัติ (AGS : Automatic Gear-Shift) สำหรับรถเข็นคนพิการด้วยตนเองระบบ AGS มีความเร็ว 3 ระดับ ระดับที่ 1 เกียร์หนึ่งสำหรับทางลาดขึ้นหรือทางลาดลง ระดับที่ 2 เกียร์สองแบบเดิมสำหรับใช้งานในชีวิตประจำวันและระดับที่ 3 เกียร์ที่สามเพื่อการยศาสตร์ที่ดีขึ้นระหว่างการขับเคลื่อนอย่างรวดเร็วระบบ AGS จัดเป็นชุดเสริมสำหรับล้อวีลแชร์ 2 ล้อหลัง ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับ

เปลี่ยนเกียร์ ลดความตึงเครียดของกล้ามเนื้อลด
อาการปวดแขนและไหล่เมื่อใช้เป็นเวลานาน ในการ

เข็นขึ้นทางลาดชัน ใช้กำลังในการเข็นมาก (Daigle *et al.*, 2012)



ภาพที่ 4 วีลแชร์ที่ติดตั้งคัมล้อทดแรง

สรุป

การพัฒนาชุดติดตั้งเฟืองแพลนเนตตารี่
สำหรับคัมล้อวีลแชร์ตามหลักวิศวกรรมย้อนรอยเป็น
ผลการศึกษาจากกระบวนการขับเคลื่อนวีลแชร์

1. จากการใช้งานคัมล้อวีลแชร์ทดแรง
ต้นแบบช่วยให้คนพิการเข็นได้เบากว่าวีลแชร์แบบ
มาตรฐานลดอาการปวดเมื่อยบริเวณแขนจากการ
ขับเคลื่อนทางขรุขระ

2. ลดอาการปวดเมื่อยแขนและไหล่ในการ
เข็นขึ้นทางลาดชันเมื่อใช้กับวีลแชร์ที่ไม่ได้ติดตั้งชุด
คัมล้อในระยะทางที่เท่ากัน

3. การเข็นวีลแชร์ลงทางลาดชันผู้พิการ
ควบคุมความเร็วในการไหลลงของวีลแชร์ได้มั่นคง
กว่าวีลแชร์แบบมาตรฐาน

แนวคิดในการพัฒนาโดยใช้กระบวนการ
ทางวิศวกรรมย้อนรอยที่เน้นผู้ใช้วีลแชร์เป็น
ศูนย์กลางออกแบบพัฒนากลไกเพื่อช่วยในการทด
แรงและสร้างนวัตกรรมต้นแบบตามความต้องการ
ของผู้ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องและเหมาะสม
พร้อมกับปรับปรุงนวัตกรรมให้สอดคล้องกับผู้ใช้วีล
แชร์ตามข้อกำหนดของผู้ใช้วีลแชร์และผู้เชี่ยวชาญ
ด้านวิศวกรรมก่อนนำไปทดลองใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลผู้พิการ
ที่ใช้วีลแชร์ จากมูลนิธิเมามาไม่ขับ จังหวัด
นครศรีธรรมราชให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล
และร่วมทดลองในการใช้คัมล้อทดแรงต้นแบบ
ผู้วิจัยได้ผ่านการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร
หลักจริยธรรมการวิจัยและปกป้องผู้รับการวิจัย
(Ethical Principles and Human Subject Protection
Course)

เอกสารอ้างอิง

- Carvarella, M., Demelio, G. and Ciavarella, M.
1999. Numerical method for the
optimization of specific sliding, stress
concentration and fatigue life of gears.
International Journal of Fatigue 21: 465-
474.
- Chapal, K., Kylie, M. and World Health
Organization. 2012. **Wheelchair service
training package: basic level**. World
Health Organization. Available Source:

- <https://apps.who.int/iris/handle/10665/7823>
6, March 27, 2019.
- Daigle, S.C., Hsiao-Weckler, E.T. and Sosnoff, J.J. 2012. An evaluation of an automatic gear-shifting system for manual wheelchairs. **Journal of Medical Devices, Transactions of the ASME** 6(1): 9-10.
- Jarosz, E. 1996. Determination of Workspace of Wheelchair Users. **International Journal of Industrial Ergonomics** 17(1): 123-133.
- Petrozzdo, D.P. and Stepper, J.C. 2013. **Successful Reengineering**. Thomson Publishing U.S., New York.
- Rodkwan, S., Rianmora, S., Chianrabutra, S. and Pungyont, J. 2003. An Investigation of CAD Model Development with Reverse Engineering Technique Using the 3D Laser Scanner, pp. 88-89. **In the 3rd PSU-Engineering Conference (PEC-3)**. Faculty of Engineering, Prince of Sonkla University, Songkhla. (in Thai)
- Tossaporn, S. 2016. Reverse Engineering for The Construction of Radio Communication Towers. Co-operative education, Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering, Siam University. (in Thai)