

## Systematic Design of Double Enveloping Worm Cutting Attachment on Lathe

Sarayut Ngerntong<sup>1,\*</sup>, Vatchara Layluk<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>College of Industrial Technology,

King's Mongkut University of Technology North Bangkok

*Received: 3 July 2018*

*Revised: 29 August 2018*

*Accepted: 31 August 2018*

---

### ABSTRACT

Now a day, the popular industrial transmission system is the double envelope worm gear sets, because it has high efficiency, is smaller and is more powerful than conventional worm gear sets. However, due to the complexity of worm's shape, which circumference envelopes around the worm wheel radius and envelopes around the tooth profile, the worm has to be produced by a specific machine. As a result, the replacement parts cannot be manufactured locally and must only be imported. This research is aimed to design the double envelope worm machining on lathe attachment based on the system design principles. The design of this attachment can be used for turning a DP- 16 double envelope worm to meet a quality standard level 8. It can replace a worn double envelope worm effectively.

**Keywords :** Double enveloping worm drive, Mechanical design, Systematic design

---

\* Corresponding Author; Email: noom\_555@hotmail.com

## การออกแบบอุปกรณ์กึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป บนเครื่องกลึงด้วยหลักการการออกแบบอย่างเป็นระบบ

ศรายุทธ เงินทอง<sup>1,\*</sup>, วัชระ ลายลักษณ์<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบส่งกำลังในอุตสาหกรรมมีความนิยมใช้ชุดเฟืองหนอน แบบดับเบิลเอนเวลลูปมากขึ้นเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง มีขนาดเล็กและส่งกำลังได้สูงกว่าชุดเฟืองหนอนอุตสาหกรรมทั่วไป แต่เนื่องจากความซับซ้อนของรูปพรรณของเกลียวหนอนที่ต้องโอนรับกับรัศมีโค้งของเฟืองหนอน และโอนรับกับรูปพรรณของฟันเฟืองหนอนทำให้ต้องใช้เครื่องมือกลเฉพาะในการผลิต ส่งผลให้ไม่สามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนอะไหล่ทดแทนที่ผลิตภายในประเทศได้ ต้องสั่งซื้อใหม่เพียงประการเดียว ในงานวิจัยนี้ต้องการออกแบบอุปกรณ์สำหรับกึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปบนเครื่องกลึงขึ้น โดยใช้หลักการการออกแบบอย่างเป็นระบบ ซึ่งต้นแบบอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นมาสามารถใช้ในการกึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปขนาด DP 16 ได้ตามมาตรฐานคุณภาพระดับ 8 และสามารถนำไปใช้ทำแทนอะไหล่เกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปที่เกิดการสึกหรอเสียหายได้เป็นอย่างดี

**คำสำคัญ :** เกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป การออกแบบเครื่องจักรกล การออกแบบอย่างเป็นระบบ

\* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: noom\_555\_@hotmail.com

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการผลิตเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปในประเทศไทยนั้น ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากเนื่องจากเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปมีความซับซ้อนของรูปร่างและขนาดต่างๆ ของเฟืองหนอน จึงผลิตได้ไม่ง่ายและเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตนั้นมีจำนวนน้อยในประเทศ จึงจำเป็นต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง เช่น เครื่อง Gear Hopping เครื่องกัด CNC 5 แกน อีกทั้งเครื่องจักรดังกล่าวต้องใช้ช่างผู้ชำนาญการในการควบคุม จึงทำให้ต้นทุนในการสร้างหรือผลิตสูงตามไปด้วย เครื่องมือคมตัดที่ใช้กับเครื่องจักรที่นำเข้านั้นจะต้องใช้เครื่องมือคมตัดที่พิเศษ และต้องใช้งานเฉพาะโดย ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องตามมาตรฐานโมดูลของเกลียวหนอน และเมื่อเกิดการสึกหรอแล้วจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงจึงทำให้เป็นต้นทุนอีกหนึ่งประการ ซึ่งประโยชน์ของเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปนั้นสามารถรับภาระได้สูงและส่งกำลังได้ดี ซึ่งนิยมใช้ในชุดห้องเกียร์ ขนาดเล็กแต่ต้องการกำลังสูง ดังนั้นจึงเห็นว่าการออกแบบและสร้างอุปกรณ์กลึงเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปบนเครื่องกลึง ช่วยลดต้นทุนในการผลิตเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปได้ และทดแทนการนำเข้าเครื่องจักรที่มีราคาสูงและใช้เครื่องมือคมตัดที่ต้นทุนต่ำ และยังเป็นต้นแบบในการศึกษาต่อยอดได้อีกด้วย

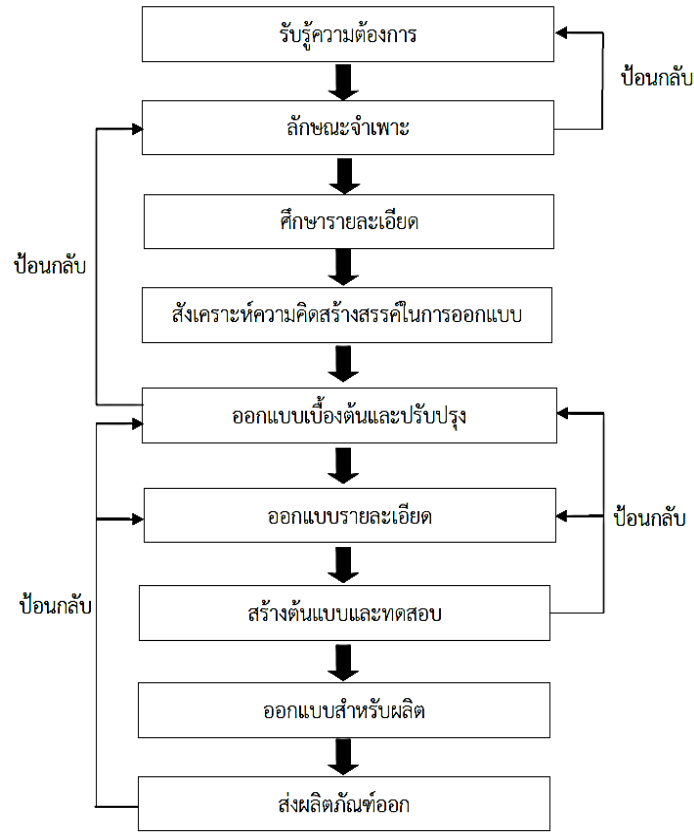
## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบอุปกรณ์กลึงเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปบนเครื่องกลึงด้วยหลักการออกแบบอย่างเป็นระบบ
2. เพื่อศึกษากระบวนการขึ้นรูปเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป
3. เพื่อออกแบบเครื่องคมตัดที่ใช้ในการขึ้นรูปเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1. ทฤษฎีการออกแบบอย่างเป็นระบบ

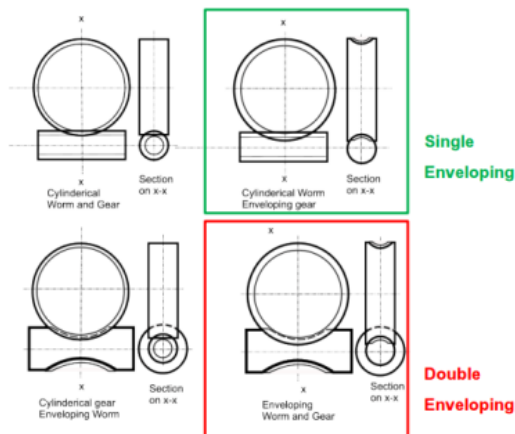
Ungpakorn and Thanadngarn (2534) ในการออกแบบอย่างเป็นระบบนั้นจะต้องทราบว่าเริ่มต้นจากสิ่งใดและจะสิ้นสุดลงที่ใด ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบอย่างเป็นระบบ คือ การออกแบบเป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากการรับทราบข้อมูลหรือการรับทราบความคิดเห็นว่ามีอะไรบ้างที่เป็นความต้องการในด้านธุรกิจหรือมีความต้องการเครื่องจักรใหม่ๆ Hubka, Andreasen and Eder (1988) การศึกษาลักษณะเฉพาะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่สนใจ เพื่อนำมาสังเคราะห์ให้เป็นความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบเบื้องต้น เพื่อทำการปรับปรุงและออกแบบอย่างละเอียดในการสร้างต้นแบบเพื่อการทดสอบและปรับปรุง เพื่อมุ่งนำไปสู่การออกแบบการผลิตจริงเพื่อส่งออกผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบอย่างเป็นระบบ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การออกแบบอย่างเป็นระบบ

## 2. เกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป

(กรรมวิธีการผลิต) ลักษณะชุดเฟืองหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป ใช้ส่งกำลังสำหรับเพลานานสั้น และไม่ตัดกันแต่ต้องการอัตราทดสูงการทำเอนเวลลูป นั้นเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสของการรับภาระทำให้รับภาระได้สูงขึ้น ดังภาพที่ 2 (กรรมวิธีการผลิต) เฟืองหนอนเกลียวหนอนนั้น เป็นชุดเฟืองที่ประกอบด้วยเกลียวตัวหนอน (Worm) เหมือนลักษณะของสกรูและเฟือง (Worm Wheel) ซึ่งมีลักษณะเป็นล้อเฟืองคล้าย กับเฟืองเฉียง แต่จะต่างกันตรงสันฟันเฟืองจะมีลักษณะเว้าเพื่อให้ความโค้งของเกลียวตัวหนอน



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะชุดเฟืองเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป

### 3. การผลิตเกลียวหนอนในปัจจุบัน

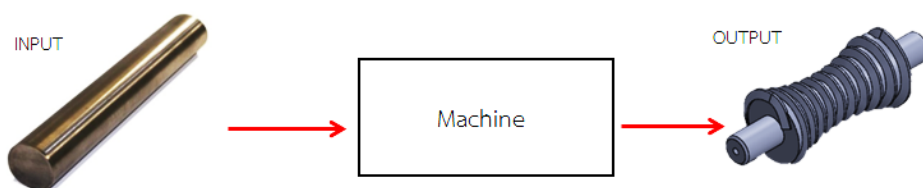
ปัจจุบันการขึ้นรูปเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปขึ้นรูปโดยใช้เครื่องกัด Gear Hobbing เครื่องกัด Gear Hobbing สามารถกัดขึ้นรูปได้ทั้งเกลียวหนอน โดยมีหลักการดังนี้ ต้องทราบ โมดูลคำนวณหาชุดแบ่งฟันของเครื่อง จัดเตรียมเครื่องมือคมตัด ตามโมดูลของชิ้นงาน เอียงหัวเครื่องให้ตรงข้ามกับมุมหลบเครื่องมือคมตัด ตั้งศูนย์ชิ้นงานให้ได้ศูนย์เดียวกับศูนย์เครื่อง Gear Hobbing ตั้งระยะป้อนลึกตามโมดูลที่ต้องการ ตรวจสอบความลึกของฟันเฟือง

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. เป็นอุปกรณ์ที่มีมิติโดยรวม  $620 \times 970 \times 220$  มิลลิเมตร ซึ่งประกอบเข้ากับเครื่องกลึง TOS TRENCIN รุ่น TYP:SN 45B
2. สามารถขึ้นรูปเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป โมดูล = 1.5 หรือ DP16 จำนวนเกลียว 1 ปาก โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดไม่เกิน 125 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 250 มิลลิเมตร
3. ใช้ทฤษฎีการออกแบบอย่างเป็นระบบในการออกแบบ

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. กรอบแนวคิดในการออกแบบ  
ในการออกแบบอุปกรณ์กลึงเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปบนเครื่องกลึง ดำเนินออกแบบตามกรอบแนวคิดที่ได้กำหนดขอบเขตเบื้องต้น ดังนี้
  - เป็นอุปกรณ์ที่มีมิติโดยรวม  $620 \times 970 \times 220$  มม.
  - ชูรับและส่งกำลังในระบบ สามารถส่งกำลังในระบบได้อย่างนุ่มนวล ต่อเนื่องสม่ำเสมอ และมีความแม่นยำตามตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการ
  - สามารถกลึงเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปโมดูล 4 จำนวน 1 ปาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโต 125 มม. และยาวไม่เกิน 250 มม.
2. กรอบแสดงคุณลักษณะ  
การพิจารณาและกำหนดกรอบคุณลักษณะที่เป็นส่วนหลักและส่วนรองของเครื่อง เพื่อใช้ในการออกแบบโดยสรุปได้ ดังตารางที่ 1
3. แนวคิดในการออกแบบ  
จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการออกแบบดังนี้ แสดงตามภาพที่ 3

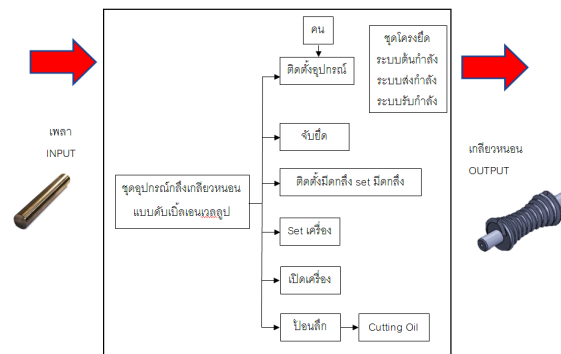


ภาพที่ 3 Black Box Diagram

จากภาพที่ 3 นั้นแสดงให้เห็นว่า Input เป็นวัสดุเพลากลม ผ่านกรรมวิธีผลิตในกล่อง Machine หรือ Black Box Diagram ที่แสดงรายละเอียดกระบวนการในภาพที่ 4 จะออกมาเป็น Output ออกมาเป็นเกลียวหนอนฉบับเบิ้ล เอนเวลลูป

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดการออกแบบ

อธิบายข้อกำหนดการออกแบบ	ต้องมี	ควรมี
1. การทำงาน - กลึงเกลียวหนอนแบบเอนเวลลูป	✓	
2. กำหนดคุณสมบัติหน้าที่ - ขนาดเกลียวหนอนเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มม. ยาว 250 มม. วัสดุเกลียวหนอน SCM 400	✓	
- เป็นอุปกรณ์ที่มีติประมาณ 620 x 970 x 220 มม.	✓	
- ยึดอุปกรณ์สำหรับการใช้งานบนเครื่องกลึง TOS TRENCIN รุ่น TYP : SN 45B		✓
- จับยึดชิ้นงาน มั่นคงแข็งแรง เทียงตรง ไม่สั่นสะเทือน	✓	
- ติดตั้งอุปกรณ์ขึ้นรูปเกลียวหนอน ตัดเฉือนชิ้นงาน แข็งแรง		✓
มีความนุ่มนวลสม่ำเสมอ		✓
- ความปลอดภัยของอุปกรณ์และเครื่องกลึง		✓
3. สมบัติในการดำเนินงาน อายุการใช้งาน : 8,760 ชั่วโมง		✓



ภาพที่ 4 เทคนิคการออกแบบอุปกรณ์กลึงเกลียวหนอนแบบฉบับเบิ้ลเอนเวลลูป

#### 4. การเลือกใช้อุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน

จากการศึกษาลักษณะเฉพาะและรายละเอียดต่างๆของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบอุปกรณ์กลึงเกลียวหนอนแบบฉบับเบิ้ลเอนเวลลูปบนเครื่องกลึง เพื่อนำมาสังเคราะห์ให้เป็นความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบเบื้องต้น ดังตารางที่ 2





ตารางที่ 3 พิจารณาข้อดี-ข้อเสียแนวคิดที่ 1-3

แนวคิด	ข้อดี	ข้อเสีย
แนวคิดที่ 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้นทุนการผลิตต่ำ</li> <li>- อุปกรณ์ติดตั้งได้ง่ายไม่ซับซ้อน</li> <li>- ไม่มีแรงรูน(Trust)</li> <li>- การสั่นสะเทือนน้อย</li> <li>- มีความเสถียรในการส่งกำลัง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีเสียงดังขณะทำงาน</li> <li>- มีความละเอียดต่ำ</li> <li>- รับภาระได้น้อย</li> <li>- ชิ้นงานมีโอกาสดึงสูง</li> <li>- ชุดมีดรับภาระได้ต่ำ</li> <li>- Alignment ได้ยาก กว่า</li> </ul>
แนวคิดที่ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีความละเอียด</li> <li>- รับภาระได้สูง</li> <li>- อุปกรณ์มีน้อย</li> <li>- ชุดมีดรับภาระได้สูง</li> <li>- มีเสียงเงียบกว่า</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีแรงรูนเกิด</li> <li>- มีต้นทุนสูง</li> <li>- มีการสั่นสะเทือน</li> <li>- ส่งกำลังไม่เสถียร</li> <li>- กลไกชุดมีดซับซ้อน</li> </ul>
แนวคิดที่ 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่มีแรงรูนเกิดขึ้น</li> <li>- มีต้นทุนต่ำ</li> <li>- Alignment ได้ง่าย</li> <li>- มีความเสถียรในการส่งกำลังสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อุปกรณ์ติดตั้งยากเพราะต้องถอดชุด FEED ของเครื่อง</li> <li>- มีความละเอียดน้อย</li> <li>- ต้องใช้อัตราทดที่เหมาะสมกับชุด FEED</li> </ul>

ตารางที่ 4 การประเมินด้าน Economic

การประเมินแนวคิดด้าน economic										
อันดับที่	เกณฑ์คุณสมบัติ	เกณฑ์การให้คะแนน								
		แนวคิดที่1			แนวคิดที่2			แนวคิดที่3		
		W	G	P	W	G	P	W	G	P
1	จำนวนชิ้นต่อโยง	4	2	8	4	3	12	4	4	16
2	การใช้แรงงานในการติดตั้งอุปกรณ์	2	2	4	2	3	6	2	4	8
3	เวลาที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์	4	3	12	4	3	12	4	4	16
4	เวลาในการบำรุงรักษา	4	4	16	4	4	16	4	4	16
5	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	4	4	16	4	2	8	4	4	16
6	ความคุ้มค่าในการทำงานของอุปกรณ์ต่อเวลา	4	3	12	4	3	12	4	3	12
7	อายุการใช้งานของอุปกรณ์	4	3	12	4	3	12	4	3	12
ผลรวมวิธีการประเมินค่า		26	21	80	26	21	78	26	26	96
โดยการเทียบเคียง										

**หมายเหตุ**

W = คะแนนความสำคัญ

G = คะแนนที่ให้ตามเกณฑ์

P = W x G

ตารางที่ 5 การประเมินด้าน Engineering

การประเมินแนวคิดด้าน Engineering										
อันดับที่	เกณฑ์คุณสมบัติ	เกณฑ์การให้คะแนน								
		แนวคิดที่1			แนวคิดที่2			แนวคิดที่3		
		W	G	P	W	G	P	W	G	P
1	แรงรุนที่เกิดขึ้นที่เฟืองเฉียง	4	4	16	4	2	8	4	4	16
2	การลั่นสะเทือนต่ออุปกรณ์	3	3	9	3	1	3	3	2	6
3	ความเสถียรในการส่งกำลัง	4	4	16	4	2	8	4	4	16
4	เสียงในการทำงาน	2	2	4	2	4	8	2	2	4
5	ค่าความผิดพลาด	4	3	12	4	2	8	4	2	8
6	การรับภาระ	3	2	6	3	3	9	3	2	6
7	การAlignment	4	4	16	4	3	12	4	2	8
8	ความยากง่ายในการขึ้นรูปชิ้นงาน	3	2	6	3	4	12	3	2	6
9	การติดตั้งอุปกรณ์	3	3	9	3	3	9	3	2	6
10	การบำรุงรักษา	1	4	4	1	3	3	1	3	3
11	ระบบหล่อเย็น	1	2	2	1	2	2	1	2	2
12	สารหล่อลื่น	1	2	2	1	2	2	1	2	2
13	ความสวยงาม	1	3	3	1	2	2	1	3	3
14	ความปลอดภัยขณะทำงาน	4	3	12	4	3	12	4	3	12
15	ความยากง่ายในการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์	3	4	12	3	2	6	3	3	9
ผลรวมวิธีการประเมินค่า โดยการเทียบเคียง		41	45	129	41	38	104	41	38	107

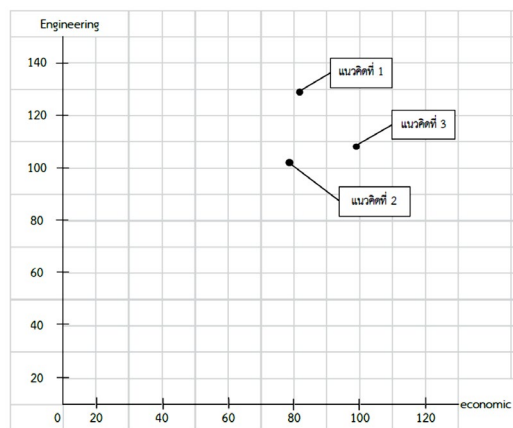
หมายเหตุ

W = คะแนนความสำคัญ

G = คะแนนที่ให้ตามเกณฑ์

$$P = W \times G$$

หลังจากที่ได้ทำการประเมินในด้านของ Economic และด้าน Engineering จึงได้นำผลการประเมินมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของการประเมินเพื่อทำการตัดสินใจในการเลือกแนวคิดในการออกแบบให้เหมาะสมที่สุด ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟแนวคิดด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์(Engineering & Economic)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้นำทั้ง 3 แนวคิดมาประเมินแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์ และ ด้านวิศวกรรม แล้วจึงได้เลือกแนวคิดที่ 1 เนื่องจากแนวคิดที่ 1 นั้นมีคะแนนจากการประเมินในด้านของวิศวกรรมสูงที่สุดถึงแม้มีคะแนนการประเมินในด้านของเศรษฐศาสตร์เป็นอันดับที่ 2 แต่คะแนนการประเมินในด้านของเศรษฐศาสตร์ ทางผู้วิจัยมีความเห็นว่ายังเป็นคะแนนจากการประเมินที่ยอมรับได้เนื่องจากอุปกรณ์กึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปเป็นอุปกรณ์ต้นแบบใน

การออกแบบและสร้างจึงจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงการใช้งานด้านวิศวกรรมเป็นขั้นต้นดังนั้นจึงได้เลือกแนวคิดในการออกแบบเป็นแนวคิดที่ 1

จากนั้นจึงได้นำอุปกรณ์ที่สอดคล้องและมี ความสัมพันธ์กันมากที่สุดมาใช้ในระบบซึ่งหน้าที่การทำงานจะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นเพื่อลดการเกิดปัญหา และเวลาการทำงานจึงต้องทำการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ ดังภาพที่ 9 โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

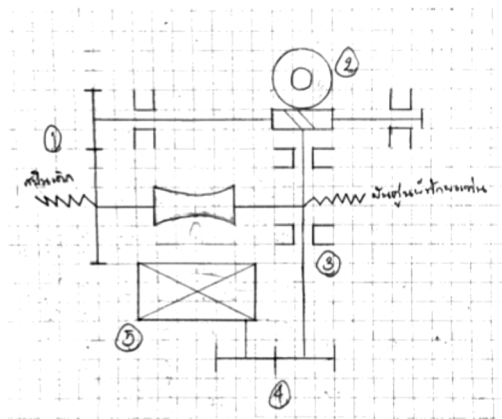
หมายเลข (1) คือ ชุดเฟืองตรง

หมายเลข (2) คือ ชุดเกลิยวหนอนเฟืองหนอน

หมายเลข (3) คือ ชุดเพลาเปลี่ยนทิศทางส่งกำลัง

หมายเลข (4) คือ ชุดเฟืองตรง

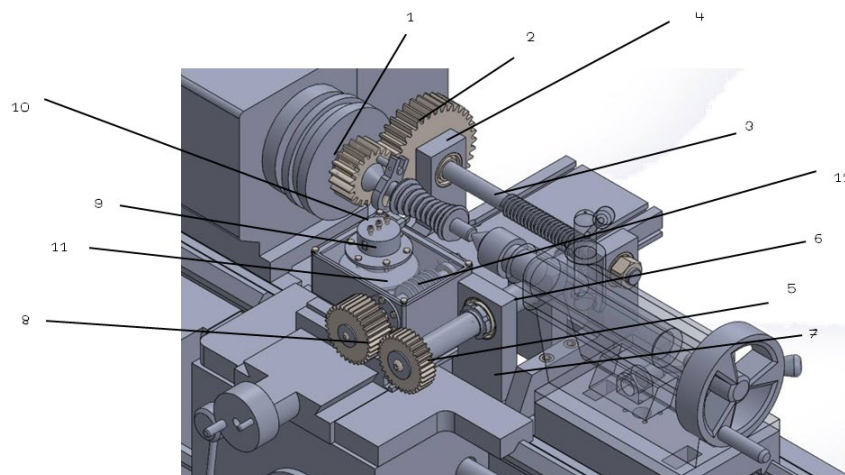
หมายเลข (5) คือ ชุดปั๊มมีด



ภาพที่ 9 แสดงแนวคิดที่เลือกใช้ในการออกแบบ

#### 6. การออกแบบรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์

หลังจากทำการออกแบบรายละเอียดการติดตั้งแล้วผู้วิจัย จึงได้ออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ โดยละเอียดเพื่อนำไปสู่กระบวนการการผลิต และทดลองใช้งาน ได้ทำการเขียนแบบสามมิติเพื่อให้แสดงในส่วนของรายละเอียดและส่วนต่างๆได้อย่างชัดเจน ดังภาพที่ 10 จากนั้นทำการเขียนแบบสั่งงาน เพื่อการผลิตในลำดับต่อไป



ภาพที่ 10 อุปกรณ์กลึงเกลิยวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูป

จากภาพที่ 10 สามารถที่จะแสดงให้เห็นถึงกลไกการส่งกำลังของชุดอุปกรณ์กึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิล เอนโวลูบบนเครื่องกลึง ซึ่งประกอบด้วย เฟืองรับกำลัง (1) จะรับกำลังหลักจากหัวเครื่องกลึงและส่งไปยัง เฟืองส่งกำลัง (2) ซึ่งส่งกำลังผ่านจากลิ้มไปยังเกลียวหนอน (3) และเกลียวหนอน (3) มีแบริ่งรองรับและยึดแน่นด้วยนัต ซึ่งจะประกอบเข้ากับตัวประกอบเฟืองหนอน (4) มีจำนวน 2 ตัว ซึ่งจะประกอบเฟืองหนอนด้านหัวและด้านท้าย การทำงาน ตัวประกอบเพลลาของชุดอุปกรณ์กึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนโวลูบบนเครื่องกลึง ซึ่งประกอบด้วย ตัวประกอบเพลลา (7) จำนวน 1 ชิ้น เพลลา (5) ด้านหัวและด้านท้ายจะถูกสวมใส่เข้ากับตัวประกอบตัวให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดในการการทำงานด้วยสกรู และจะถูกสวมใส่เข้ากับรูสกรูของเครื่องกลึง สกรูหัวทกเหลี่ยมเป็นตัวยึดแน่นตัวประกอบเพลลา (7) จำนวน 4 ตัว เข้ากับรูสกรู จากนั้นเกลียวหนอน (3) จะส่งกำลังให้กับเฟืองหนอน (6) จากเฟืองหนอน (6) ส่งผ่านกำลังด้วยลิ้ม ไปยังเพลลา (5) และส่งผ่านกำลังไปยังชุดเฟืองตรง (8) จำนวน 2 ชิ้น ไปยังชุดห้องเกียร์ทด (9) เพื่อส่งต่อกำลังไปยัง อุปกรณ์จับยึดคมตัด (10) กิ่งขึ้นรูปเกลียวหนอน

จากภาพที่ 10 แสดงให้เห็นถึงกลไกการทำงานป้อมมีดของอุปกรณ์กึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนโวลูบบนเครื่องกลึง ซึ่งประกอบด้วย เกลียวหนอน (12) มี แบริ่งรองรับทั้งด้านหัวและด้านท้าย จากนั้นเกลียวหนอน (12) ส่งกำลังให้กับเฟืองหนอน (11) จากเฟืองหนอน (11) ส่งผ่านกำลังด้วย ลิ้มให้กับเพลลาแกนกลางป้อมมีดส่งผ่านกำลังด้วยลิ้ม เพื่อส่งต่อกำลังไปยัง อุปกรณ์จับยึดคมตัด (10) เพลลาแกนกลางป้อมมีดจะมีแบริ่งรองรับเพื่อให้เคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอ

#### 7. การสร้างชิ้นส่วน

เมื่อทำการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ แล้ว ดำเนินการประกอบชุดอุปกรณ์กึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนโวลูบ ดังภาพที่ 11 - 12



ภาพที่ 11 ชุดห้องเกียร์



ภาพที่ 12 อุปกรณ์กึ่งเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนโวลูบ

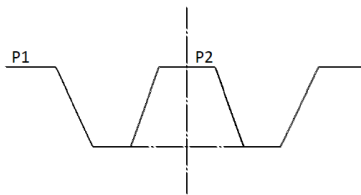
## ผลการวิจัย

การตรวจสอบขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยอุปกรณ์การขึ้นรูปกลึงเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอน เวลลูปบนเครื่องกลึงที่ได้ทำการออกแบบ

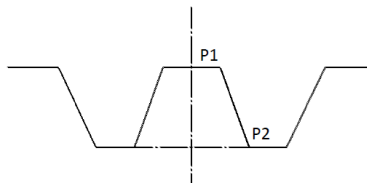
นำชิ้นงานไปตรวจสอบขนาดและตำแหน่งต่างๆ ตามมาตรฐานโดยใช้ Video Measuring Machine ดังภาพที่ 13 และได้กำหนดจุดตรวจสอบดังแสดงในภาพที่ 14-16



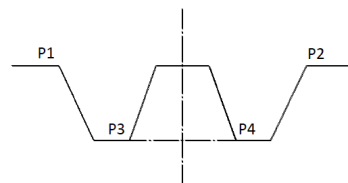
ภาพที่ 13 ตรวจสอบขนาดโดยใช้ Video Measuring Machine



ภาพที่ 14 การตรวจสอบระยะพิตซ์ของเกลียวหนอนโดยกำหนดจุด P1 ตรงบริเวณยอดเกลียวและกำหนดตำแหน่งจุด P2 ตรงบริเวณยอดเกลียวของฟันถัดไป



ภาพที่ 15 การตรวจสอบความลึกฟันของเกลียวหนอน โดยกำหนดจุด P1 บริเวณยอดเกลียวและกำหนดตำแหน่งจุด P2 บริเวณโคนฟันเกลียว



ภาพที่ 16 การตรวจสอบรัศมีของเกลียวหนอน จุด P1,P2 บริเวณยอดเกลียวเพื่อหารัศมีนอก ตำแหน่งจุด P3, P4 บริเวณโคนฟันเพื่อหารัศมีใน

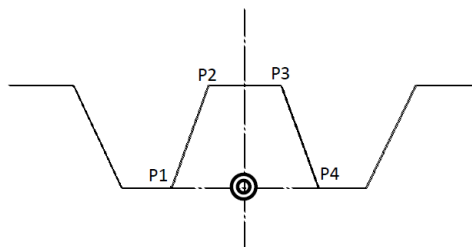
จากที่ได้กำหนดตำแหน่งในการตรวจสอบตามมาตรฐานของเกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปแล้ว ทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลดังตารางที่ 6-7 แสดงผลตรวจสอบระยะพิตช์ ความลึกฟันและรัศมีของเกลียวหนอน ตารางที่ 8 แสดงผลการตรวจสอบขนาดโปรไฟล์ของเกลียวหนอน ตารางที่ 9 แสดงผลการตรวจสอบขนาดโปรไฟล์ของเฟืองมาตรฐาน DP16

ตารางที่ 6 ผลการตรวจสอบขนาดชิ้นงานที่ 1

ครั้งที่	วัสดุ ชิ้นงาน	ตรวจสอบขนาด			
		ชิ้นงานที่ 1			
		ระยะพิตช์	ความลึก	รัศมีนอก	รัศมีใน
1	PE1000	4.976	2.768	98.052	98.721
2	PE1000	4.999	2.715	98.270	98.916
3	PE1000	5.042	2.777	98.283	98.429

ตารางที่ 7 ผลการตรวจสอบขนาดชิ้นงานที่ 2

ครั้งที่	วัสดุ ชิ้นงาน	ตรวจสอบขนาด			
		ชิ้นงานที่ 2			
		ระยะพิตช์	ความลึก	รัศมีนอก	รัศมีใน
1	PE1000	5.010	3.039	97.054	97.976
2	PE1000	4.979	3.135	97.219	98.585
3	PE1000	4.997	2.936	97.504	99.097



ภาพที่ 17 การตรวจสอบขนาดโปรไฟล์ของเกลียวหนอนที่ได้ทำการขึ้นรูป และเฟืองมาตรฐาน DP 16 โดยกำหนดตำแหน่งที่จะทำการวัดเริ่มจากจุด Origin ถึง P1 , P2 , P3 , และ P4 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 แสดงผลการตรวจสอบขนาดโปรไฟล์ของเกลียวหนอน

	ชั้นที่1	ชั้นที่2
จากจุด Origin ถึงจุด P1	2.118	2.129
จากจุด P1 ถึงจุด P2	2.937	2.787
จากจุด P2 ถึงจุด P3	1.601	1.771
จากจุด P3 ถึงจุด P4	2.976	2.801
องศาของมุม P1, P2	68° 40' 34"	67° 6' 18"
องศาของมุม P3, P4	63° 40' 34"	68° 55' 33"

ตารางที่ 9 แสดงผลการตรวจสอบขนาดโปรไฟล์ของเฟืองมาตรฐาน DP16

	เฟือง DP16
จากจุด Origin ถึงจุด P1	1.816
จากจุด P1 ถึงจุด P2	3.684
จากจุด P2 ถึงจุด P3	1.053
จากจุด P3 ถึงจุด P4	3.900
องศาของมุม P1,P2	72° 20' 54"
องศาของมุม P3,P4	70° 1' 43"

## อภิปรายผล

การทดสอบอุปกรณ์เกลียวหนอนแบบดับเบิลเอนเวลลูปบนเครื่องกลึง TOS TRENCIN รุ่น TYP:SN 45B โดยกำหนดความเร็วรอบ 90 RPM ระยะเวลาลิเกิลเกลียว 3.175 มิลลิเมตร วัสดุชิ้นงาน PE1000 เครื่องมือคมตัด HSS 2500 โดยลับฟอรั่มมีดตาม Cutter Hopping มาตรฐาน

โมดูล 1.5875 หรือ DP16 ได้โปรไฟล์ ตามตารางที่ 9

จากตารางที่ 9 แสดงผลการวัดโปรไฟล์ทั้ง 2 ชั้นมีค่าไม่ตรงตามมาตรฐานของโปรไฟล์เฟือง DP16 มีผลมาจากเครื่องมือคมตัด ไม่ได้ตามมาตรฐาน เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดรูปร่างของเครื่องมือคมตัดมีความละเอียดไม่เพียงพอเท่าเครื่องมือที่วัดเทียบ

ตารางที่ 10 แสดงผลการวัดระยะพิตซ์ทั้ง 2 ชั้น ได้ตามมาตรฐานของเฟือง DP16 หรือโมดูล 1.5875

ตารางที่ 10 ผลการวัดโปรไฟล์ชิ้นงานทั้ง 2 ชั้นเปรียบเทียบกับโปรไฟล์ของเฟืองมาตรฐาน DP16

	เกลียวทอน ชั้นที่1	เกลียวทอน ชั้นที่2	เฟือง DP16
จากจุดOrigin ถึงจุดP1	2.118	2.129	1.816
จากจุดP1 ถึงจุดP2	2.937	2.787	3.684
จากจุดP2 ถึงจุดP3	1.601	1.771	1.053
จากจุดP3 ถึงจุดP4	2.976	2.801	3.900
องศาของมุม P1,P2	68° 40' 34"	67° 6' 18"	72° 20' 54"
องศาของมุม P3,P4	63° 40' 34"	68° 55' 33"	70° 1' 43"

ตารางที่ 11 ผลการวัดระยะพิตซ์เมื่อเปรียบเทียบกับระยะพิตซ์ของเฟืองมาตรฐาน DP16

ครั้งที่	ระยะพิตซ์ของเกลียวชั้นที่ 1	ระยะพิตซ์ของเกลียวชั้นที่ 2	ระยะพิตซ์มาตรฐานของเฟืองDP16
1	4.976	5.010	4.987
2	4.999	4.979	4.987
3	5.042	4.997	4.987
ค่าเฉลี่ย	5.005	4.995	4.987

ตารางที่ 12 ผลการวัดรัศมีนอกของชิ้นงาน

ครั้งที่	ชิ้นงานที่1	ชิ้นงานที่2
1	98.052	97.054
2	98.270	97.219
3	98.283	97.504

จากตารางที่ 12 การตรวจสอบรัศมีนอกนั้นมีค่าความผิดพลาดเกิดจากการขึ้นรูปจากภายนอกซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบ ซึ่งอาจจะเกิดความผิดพลาดจากเครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูป หรือการสึกหรอของเครื่องมือคมตัดในการขึ้นรูป

ตารางที่ 13 ผลการวัดรัศมีในของชิ้นงาน

ครั้งที่	ชิ้นงานที่ 1	ชิ้นงานที่ 2
1	98.721	97.976
2	98.916	98.585
3	98.429	99.097

จากตารางที่ 13 ผลการวัดรัศมีในของชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น อาจเกิดจากตั้งระยะเครื่องมือคมตัดและระยะป้อนลึกในการทดลอง เนื่องจากไม่มีเครื่องมือวัดเฉพาะงานที่เป็นมาตรฐานที่สามารถวัดรัศมีในและความลึกของฟันเฟือง

ผลสรุปการตรวจสอบขนาดโปรไฟล์และผลการตรวจสอบขนาดระยะพิตช์ของเกลียวหนอนกับมาตรฐานของเฟือง DP16 ขนาดโปรไฟล์มีค่าต่างกัน 0.3 มิลลิเมตร เนื่องจากการลัดขีตของผู้ปฏิบัติงาน ค่าเฉลี่ยระยะพิตช์ของเกลียวหนอนทั้ง 2 ตัว ได้ตามมาตรฐานของเฟือง DP16 มีค่าต่างกัน 0.013 มิลลิเมตร อยู่ในค่าพิกัด IT8 ซึ่งใช้สำหรับงานเครื่องจักรทั่วไปซึ่งมีค่า 0.018 มิลลิเมตร รัศมีนอกมีค่าความผิดพลาด เกิดความผิดพลาดจากเครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปรูปร่างภายนอก รัศมีในอาจจะเกิดความผิดพลาดจากการตั้งระยะเครื่องมือคมตัด

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการออกแบบและผลิตเครื่องจักร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องจักรและสถานที่ในการปฏิบัติงาน

### เอกสารอ้างอิง

Ungpakorn, W. and Thanadngarn, C. (1991). *Machine Design*. 10<sup>th</sup> Ed. Bangkok: Se-ed. (in Thai)

Hubka, V., Andreasen, M. M. and Eder, W. E. (1988). *Practical Studies in Systematic Design*. London: Butterworths.

Rajamangala University of Technology of Technology Khon Kaen Campus. (2017). Production Process. Retrieved 12 October 2017, from: <https://sites.google.com/site/krrmwwithikarphlitt>