

โปรแกรมสร้างแบบจำลองใบจักรเรือ CAD Modelling for Boat Propeller

เสกสิทธิ์ โพธิสิทธิ์* วีระพงษ์ บุญเกียรติเจริญ และ วิบูลย์ เลิศวิมลนันท์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร 0-2193-2500 โทรสาร 0-2586-9541 อีเมลล์ wbln@kmitnb.ac.th

Seksit Pothisit*, Veerapong Boonkiatcharoen, and Wiboon Lertwimolnun

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok, 10220, Thailand,

Tel: 0-2193-2500, Fax: 0-2586-9541, E-mail: wbln@kmitnb.ac.th

บทคัดย่อ: บทความนี้นำเสนอผลงานการสร้างแบบจำลองใบจักรเรืออัตโนมัติ ซึ่งในปัจจุบันใบจักรเรือเป็นระบบขับเคลื่อนของเรือที่นิยมใช้กันมากในแต่ละรูปร่างของใบจักรก็มีการออกแบบที่แตกต่างกัน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เหมาะสมกับประเภทเรือนั้นๆ ในการออกแบบรูปร่างของใบจักรมีความซับซ้อนมาก เนื่องจากรูปร่างใบจักรอาศัยตัวแปรหลายตัวนำมาใช้ในการออกแบบ และยังต้องมีการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ของไหล ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากมาก จึงเป็นที่มาของบทความนี้ โดยมีวัตถุประสงค์คือการสร้างรูปร่างใบจักรเรือให้ได้อย่างรวดเร็วและสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างใบจักรตามที่ต้องการได้ โปรแกรมดังกล่าว สร้างขึ้นโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks® และมาโครช่วยในการออกแบบ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ อาทิเช่น จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางใบ ระยะพิทช์ มุมสกรู ฯลฯ ที่ใช้ในการกำหนดรูปร่างใบจักรและสมการพื้นฐานของรูปร่างใบจักร นำมาออกแบบหน้าต่างการป้อนค่าและเขียนโปรแกรมคำนวณพิกัดแอร์ฟอยล์ จากนั้นสั่งให้วาดรูปร่างแอร์ฟอยล์ทั้งหมดของใบจักรออกมาในทันที จากการทดสอบพบว่า โปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถสร้างรูปร่างแอร์ฟอยล์ใบจักรเรือทั้งหมดได้อย่างอัตโนมัติและสามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสอดคล้องกับความต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องป้อนค่าพิกัดทีละค่า ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดเวลาในการสร้างแบบจำลองใบจักรเรือเป็นอย่างมาก

Abstract: The aim of this work is to create automatically the blade geometry for various types of boat propeller, using a CAD modelling software. The software selected was SolidWorks®, the standard in 3D mechanical design software. Various parameters determining the blade geometry such as number of blade, diameter, pitch length, skew angle, etc., as well as its relation have been studied. Such relation have been programmed and added within the SolidWorks® software, using a macro inside SolidWorks® software. The results show that the blade geometry has been correctly created by the program. In addition, the program also allows modifying a various parameters such as number of blade, diameter, etc., that is helpful for designing blade geometry.

Keywords: Boat Propeller, Meanline, SolidWorks®, VBA, CAD, CAM, CAE

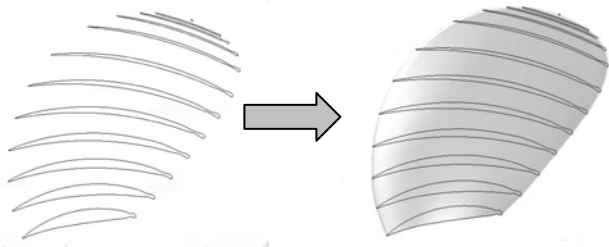
1. บทนำ

เรือเป็นพาหนะทางน้ำที่มีการใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน ซึ่งมีสภาพการใช้งานที่แตกต่างไปตามประเภทของเรือ และปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเรือ ได้แก่ เครื่องต้นกำลัง รูปร่างของเรือ ระบบขับเคลื่อน เป็นต้น ใ้ว่าเราจะติดตั้งเครื่องยนต์ที่มีแรงม้ามากที่สุดแล้ว จะได้ความเร็วมากที่สุดเสมอไป หากแต่ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์หลายๆ ส่วนด้วยกัน ระบบขับเคลื่อนเป็นส่วนหนึ่งที่จะต้องพิจารณา โดยส่วนใหญ่ระบบขับเคลื่อนที่นิยมใช้มากที่สุดคือใบจักร ในปัจจุบันใบจักรเรือมีรูปร่างที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้งาน จากแนวทางสร้างใบจักรขั้นตอนที่จำเป็นขั้นตอนหนึ่งคือการเขียนแบบรูปร่างใบจักร ซึ่งในปัจจุบันได้นำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเขียนแบบ หรือที่เรียกว่า CAD(Computer Aided Design) ให้มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น แต่สำหรับการเขียนรูปร่างใบจักรยังคงเป็นสิ่งที่ยุ่งยากไม่น้อย เพราะจะต้องมีการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและสมการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรูปร่างใบจักร แล้วจึงนำมาเขียน CAD อีกทั้งการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ ให้ได้รูปร่างใบจักรตามต้องการจะยิ่งทำให้เสียเวลาอย่างมากในการเขียนรูปร่างใหม่ในแต่ละครั้ง ดังนั้นบทความนี้จึงมีแนวคิดที่จะเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการสร้างรูปร่างใบจักร โดยทำการศึกษารวบรวมข้อมูลรูปแบบใบจักรที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จากนั้นทำการศึกษาตัวแปรและสมการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรูปร่างใบจักร เพื่อนำไปเขียนโปรแกรมช่วยในการออกแบบรูปร่างใบจักร โดยผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยให้มีความสะดวกรวดเร็ว ในการออกแบบรูปร่างใบจักรแบบต่างๆ ต่อไป

2. เนื้อหาหลัก

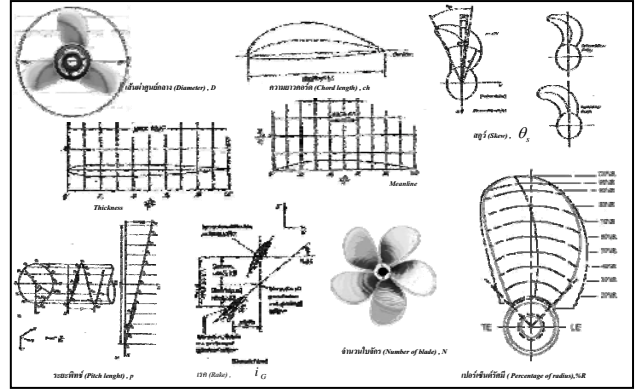
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างรูปร่างใบจักรเรือ

จากการที่ได้ศึกษาการสร้างรูปร่างใบจักรเรือพบว่า จะอาศัยการสร้างรูปแอร์ฟอยล์ในแต่ละหน้าตัดและจากนั้นจึงทำการเชื่อมต่อพื้นผิวระหว่างแอร์ฟอยล์ต่อเนื่องกันไปจนได้ใบจักรเรือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญในการสร้างใบจักรเรือก็คือรูปร่างและการวางตัวของแอร์ฟอยล์ของแต่ละหน้าตัด ดังรูปที่ 1 จากที่ได้ศึกษาพบว่า สิ่งที่เป็นตัวกำหนดลักษณะแอร์ฟอยล์ดังกล่าวพบว่า มีส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือตัวแปรและสมการพื้นฐานของรูปร่างใบจักรเรือ ทั้งสองส่วนนี้มีความสัมพันธ์กัน นำไปสู่การสร้างรูปร่างและการวางตัวของแอร์ฟอยล์แต่ละหน้าตัดทั้งหมด



รูปที่ 1 แอร์ฟอยล์และใบจักรเรือ

ส่วนแรกเป็นตัวแปรของรูปร่างใบจักรเรือ มี 9 ตัวแปร คือ เส้นผ่านศูนย์กลางใบจักร (D) ระยะพิทช์ (p) มุมสกรู (θ_s) ระยะเรดกำหนด (i_G) ความยาวคอรีด (c) เปอร์เซนต์รัศมี ($\%R$) จำนวนใบ (N) Meanline และ Thickness ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวแปรของรูปร่างใบจักรเรือ [1]

ส่วนที่สองเป็นสมการพื้นฐานของรูปร่างใบจักร แบ่งออกเป็น 3 สมการ คือ สมการกำหนดจุดขอบนำ(สมการ 1) สมการกำหนดจุดขอบตาม(สมการ 2) และสมการกำหนดจุดบนผิวแอร์ฟอยล์(สมการ 3) [2] ทั้งสามสมการจะเป็นสมการเพื่อกำหนดจุดพิกัดสร้างรูปร่างและการวางตัวของแอร์ฟอยล์

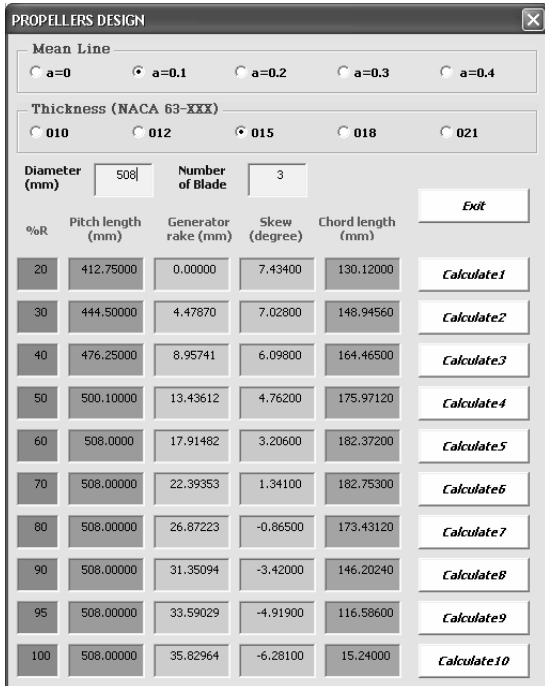
$$\left. \begin{aligned} X_{LE} &= -[i_G + \frac{180r\theta_s \tan(\frac{\theta_{nt}}{\pi})}{\pi}] + \frac{c}{2} \sin(\theta_{nt}) \\ Y_{LE} &= -r \sin[\phi - \theta_s + \frac{90c \cos(\frac{\theta_{nt}}{\pi})}{\pi r}] \\ Z_{LE} &= r \cos[\phi - \theta_s + \frac{90c \cos(\frac{\theta_{nt}}{\pi})}{\pi r}] \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} X_{TE} &= -[i_G + \frac{180r\theta_s \tan(\frac{\theta_{nt}}{\pi})}{\pi}] - \frac{c}{2} \sin(\theta_{nt}) \\ Y_{TE} &= -r \sin[\phi - \theta_s - \frac{90c \cos(\frac{\theta_{nt}}{\pi})}{\pi r}] \\ Z_{TE} &= r \cos[\phi - \theta_s - \frac{90c \cos(\frac{\theta_{nt}}{\pi})}{\pi r}] \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\left. \begin{aligned} x_P &= -[i_G + \frac{180r\theta_s \tan(\frac{\theta_{nt}}{\pi})}{\pi}] + (0.5c - x_c) \sin(\theta_{nt}) + y_{U,L} \cos(\theta_{nt}) \\ y_P &= r \sin[\theta_s - \frac{180[(0.5c - x_c) \cos(\theta_{nt}) - y_{U,L} \sin(\theta_{nt})]}{\pi r}] \\ z_P &= r \cos[\theta_s - \frac{180[(0.5c - x_c) \cos(\theta_{nt}) - y_{U,L} \sin(\theta_{nt})]}{\pi r}] \end{aligned} \right\} (3)$$

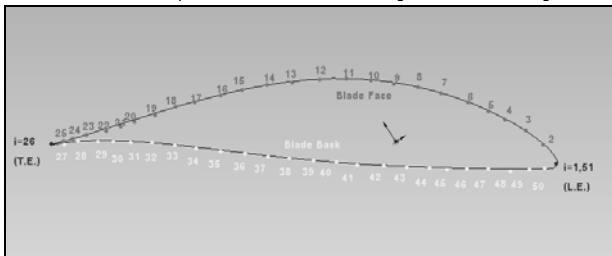
2.2 แนวทางการเขียนโปรแกรม

จากการศึกษาความหมายของตัวแปรและสมการพื้นฐานของรูปร่างใบจักรเรียบร้อยแล้ว ต่อมาจึงนำความรู้ที่ได้มาเขียนโปรแกรมในส่วนแรกเป็นการออกแบบหน้าตาการป้อนค่าตัวแปร ซึ่งจะมีการป้อนค่าดังนี้ การเลือกรูปแบบ Meanline และ Thickness การป้อนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางใบ และจำนวนใบ การป้อนค่าเปอร์เซ็นต์รัศมีระยะพิทช์ ระยะเรคกำหนด มุมสกรู และความยาวคอรัคดของแต่ละหน้าตัด แล้วจึงสร้างปุ่มคำนวณ ดังรูปที่ 3



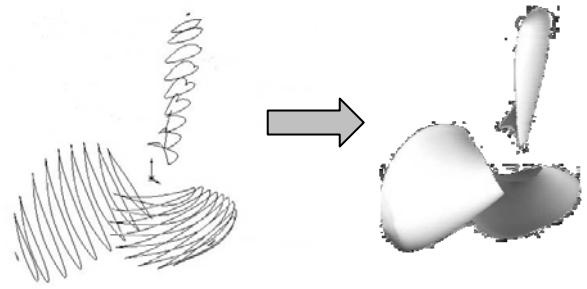
รูปที่ 3 หน้าตาการป้อนค่าของโปรแกรม

ส่วนที่สองเป็นการเขียนโปรแกรมมาโครในโปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks® โดยใช้ภาษาโปรแกรม VBA (Visual Basic Application) [3] เขียนสมการข้างต้น และเขียนคำสั่งควบคุมการกำหนดพิกัดและลากเส้นเชื่อมแต่ละจุดต่อเนื่องกัน ให้เกิดเป็นรูปแอร์ฟอยล์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการเรียงลำดับจุดที่เกิดขึ้นทั้งหมดบนแอร์ฟอยล์

จากนั้นกระทำกับแอร์ฟอยล์ทั้งหมดของใบจักร ทุกหน้าตัด และทุกตำแหน่งใบ แล้วทำการใช้คำสั่งเชื่อมต่อพื้นผิวระหว่างแอร์ฟอยล์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แอร์ฟอยล์ทั้งหมดของใบจักรเรือ

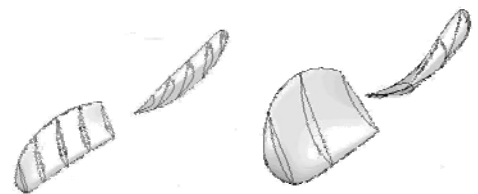
สังเกตว่าภาษาที่ใช้เขียนนี้ มีพื้นฐานมาจากภาษา Visual Basic ดังนั้นจึงควรศึกษาไปพร้อมกับหลักการออกแบบใบจักรเรือ เพื่อให้เขียนโปรแกรมได้อย่างถูกต้อง

2.3 ผลลัพธ์ของโปรแกรม

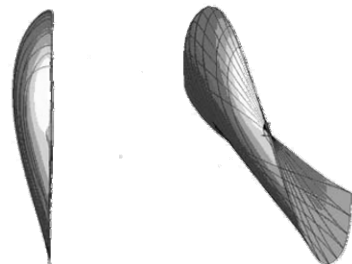
จากการทดสอบโปรแกรมพบว่า เมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ จะปรากฏรูปร่างใบจักรเรือแตกต่างกันออกไป ซึ่งสอดคล้องกับความหมายของตัวแปร ดังรูปต่อไปนี้



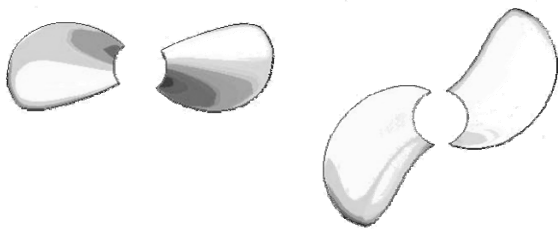
รูปที่ 6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนจำนวนใบต่างๆ



รูปที่ 7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนเส้นผ่านศูนย์กลางใบจักรต่างๆ



รูปที่ 8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนระยะพิทช์ต่างๆ



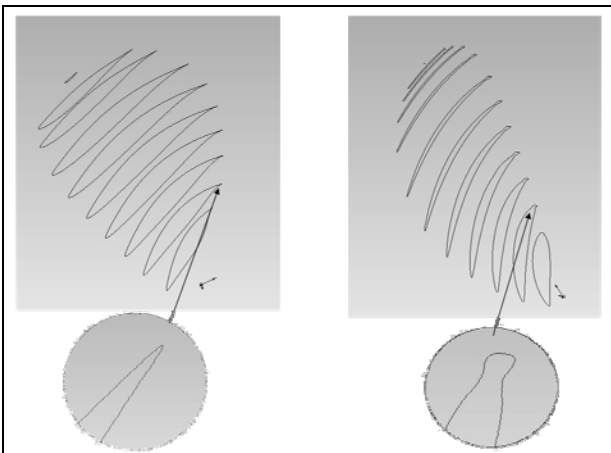
รูปที่ 9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนมุมสกรูว์ต่างๆ

การแสดงผลรูปร่างใบจักรเป็นไปอย่างรวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้เป็นอย่างดี

2.4 ข้อเสนอแนะ

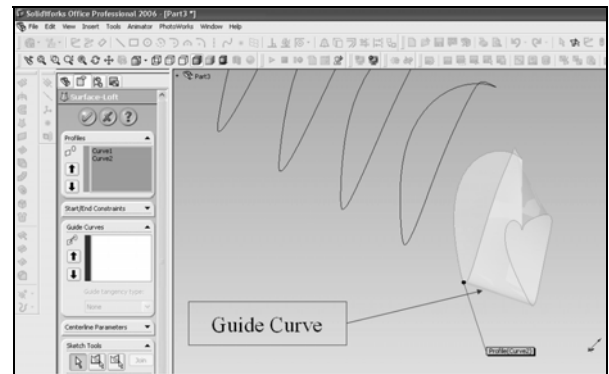
เนื่องจากบทความนี้เป็นบทความเริ่มแรก และระยะเวลาที่มีอย่างจำกัด ดังนั้นจึงมีหลายส่วนด้วยกันที่ควรศึกษาเพิ่มเติม ทั้งในส่วนของการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบใบจักร และส่วนของการเขียนโปรแกรมมาโคร โดยจะขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

2.4.1 บริเวณขอบตามแต่ละหน้าตัดของบทความนี้ ซึ่งได้มาจากทฤษฎีจะค่อนข้างแหลม ดังรูปที่ 10 แต่ในความเป็นจริงอาจไม่ได้เป็นเช่นนั้น จากที่ได้ศึกษามาพบว่าบริเวณขอบตามจะมีการไหลวนสูงซึ่งง่ายต่อการเกิดฟองอากาศ(Cavitation) ขึ้น ดังนั้น การออกแบบในการใช้งานจริง จึงทำให้มีรูปร่างมน และเป็นร่องบริเวณขอบตาม ยังมีเหตุผลที่เกี่ยวกับความแข็งแรงวัสดุ ซึ่งในกรณีขอบตามแบบแหลม ทำให้ง่ายต่อการแตกหักกว่าขอบตามแบบมน [4]



รูปที่ 10 ความแตกต่างระหว่างส่วนขอบตามแบบแหลมและแบบมน

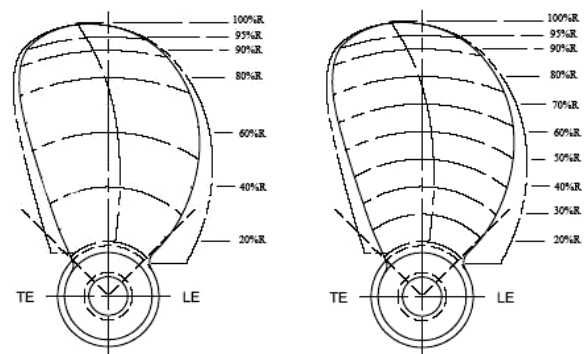
2.4.2 ในโปรแกรมนี้ผู้ใช้จะต้องป้อนค่าตัวแปรและส่งผ่านค่าให้โปรแกรมคำนวณพิกัดบนแอร์ฟอยล์และนำไปสร้างรูปร่างแอร์ฟอยล์ทั้งหมดในทันที แต่สังเกตว่าจะเสียเวลาในส่วนของ การเชื่อมต่อพื้นผิว (Lofted Surface) ระหว่างแอร์ฟอยล์ของแต่ละใบ อีกทั้งยังอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดจากการเลือกพิกัดการสร้างเส้น Guide Curve ระหว่างแอร์ฟอยล์ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงการเลือกแอร์ฟอยล์เพื่อสร้างเส้น Guide Curve

ความผิดพลาดที่เกิดเมื่อเลือกพิกัดบนแอร์ฟอยล์ สำหรับการสร้างเส้น Guide Curve (ในบทความนี้จะเลือกบริเวณขอบหน้า) ซึ่งเป็นการเลือกอย่างอิสระ ก็จะทำให้ได้รูปร่างใบจักรที่ไม่แน่นอน แต่ในความเป็นจริง เส้น Guide Curve จะต้องถูกสร้างโดยสมการ Guide Curve ซึ่งจะต้องมีการศึกษากันต่อไป ดังนั้นควรจะมีการเขียนโปรแกรมสำหรับสมการ Guide Curve และการกำหนดพิกัดบนแอร์ฟอยล์ที่แน่นอน จะทำให้ได้รูปร่างใบจักรแน่นอนในทันที

2.4.3 ในบทความนี้กำหนดให้ใบจักรมีจำนวนหน้าตัดคงที่ 10 หน้าตัด เพื่อง่ายต่อการเขียนโปรแกรม แต่ในความเป็นจริง จำนวนหน้าตัดมีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบจักร ซึ่งทำให้หน้าตัดอาจจะมีมากกว่าหรือน้อยกว่า 10 หน้าตัดก็ได้ ดังรูปที่ 12 และการเรียงตัวของหน้าตัดจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งใบ ในบทความนี้ที่ตำแหน่งปลายใบจะมีการเรียงตัวถี่กว่าส่วนอื่น แสดงว่ายังมี การจัดเรียงตัวหน้าตัดแบบอื่นๆ อีก ซึ่งเป็นส่วนที่ควรศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

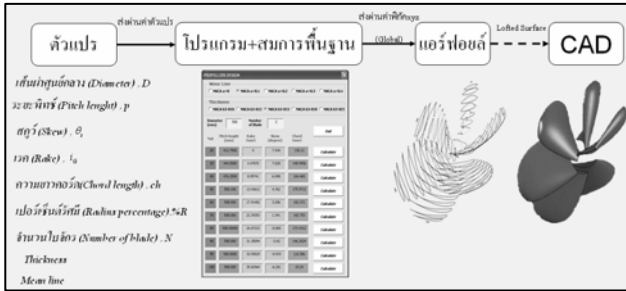


รูปที่ 12 ความแตกต่างของจำนวนหน้าตัดแอร์ฟอยล์

ในส่วนของ การเขียนโปรแกรมมาโคร จำเป็นต้องมีความรู้ความชำนาญที่จะศึกษารูปแบบภาษาโปรแกรมที่ใช้เขียนรูปร่างในโปรแกรม SolidWorks® ซึ่งเป็นรูปแบบเฉพาะของโปรแกรมนั้น

3. บทสรุป

จากการดำเนินงาน สามารถสร้างโปรแกรมที่รับค่าตัวแปรของใบจักร แล้วแสดงผลออกมาเป็นรูปร่างแอร์ฟอยล์ของใบจักรเรือทั้งหมด โดยทันที รูปแบบของการทำงานของโปรแกรม คือการส่งผ่านค่าตัวแปรไปยังโปรแกรมที่ประกอบด้วยสมการพื้นฐานของรูปร่างใบจักรเรือ และคำสั่งการแสดงผลพิกัดแอร์ฟอยล์ ทำให้ได้รูปร่างแอร์ฟอยล์ของใบจักรเรือทั้งหมด แล้วจึงใช้คำสั่งเชื่อมต้อพื้นผิว (Lofted Surface) สร้างพื้นผิวระหว่างแอร์ฟอยล์ในแต่ละใบด้วยมือ ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 แผนผังสรุปผลการศึกษาโครงการ

จากบทความนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานประเภทอื่นที่มีการเขียน CAD รูปร่างที่มีความซับซ้อน มีสมการทางคณิตศาสตร์ของการเขียนรูปร่างเข้ามาเกี่ยวข้อง และมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างโดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับส่วนอื่นๆ จะทำให้มีความสะดวกอย่างมากในการออกแบบ ให้ได้รูปร่าง CAD ที่มีความถูกต้องแม่นยำ เหมาะแก่การนำไปใช้งานกับ CAM(Computer Aided Manufacturing) และ CAE(Computer Aided Engineering) ต่อไป

4. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุศักดิ์ เพิ่มทรัพย์ที "การออกแบบใบจักรด้วยวิธีขอบเขตมูลฐาน" วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.
- [2] Carlton J.S., (1994) "Marine Propellers and Propulsion.", Oxford : Butterworth-Heinemann Ltd.,
- [3] "SolidWorks@2006 API Fundamentals", SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts
- [4] John P. Breslin and Poul Andersen, "HYDRODYNAMICS OF SHIP PROPELLERS", Cambridge University, (2003).