

การศึกษาและทดสอบผลกระทบของท่อบรรจุอากาศในเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก

Study and test the effect of tube filling the air in a small gasoline engine

จรรยา ศิริรักษ์¹, ภาณุวัชร อังโสภาพงษ์², ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง³

^{1,2,3} ศูนย์วิจัยและพัฒนา ES – MVC สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน – อวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาธนาธร 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

ติดต่อ: charuay_sirirak@hotmail.com¹, panuvasu@kmutnb.ac.th², tss@kmutnb.ac.th³

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 8319, 1562, โทรสาร 02-587-4350, 02-586-9541

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาและทดสอบท่อบรรจุอากาศในเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็กที่ส่งผลกับแรงบิด กำลังและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ได้ออกแบบท่อบรรจุอากาศ 3 แบบ ได้แก่ แบบ Unrestricted, Restrictor Plate และ Diffuser ด้วยโปรแกรม Gambit และทำการจำลองแบบด้วยโปรแกรม Fluent เปรียบเทียบผลของท่อสามแบบ ที่ความเร็วรอบต่างๆกับผลทดสอบพบว่าค่าแรงบิด กำลังและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ได้ผลไปในทิศทางเดียวกันและสอดคล้องกับความเร็วรอบต่างๆ ท่อแบบ Unrestricted ให้แรงบิด กำลังและใช้น้ำมันเชื้อเพลิง สูงกว่าแบบ Restrictor Plate และ Diffuser ผลที่ได้นี้ใช้จำกัดผลกระทบของ Restrictor และใช้ปรับค่าประสิทธิภาพเครื่องยนต์ที่ความเร็ว สูงได้ โดยจะนำไปใช้กับเชื้อเพลิงทางเลือกต่อไป

คำหลัก: ผลกระทบท่อบรรจุอากาศ, เครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก, Unrestricted, Restrictor Plate และ Diffuser

Abstract

The purpose of this research is to study and test tube filling the air in small gasoline engine that delivers results with power and torque, fuel consumption of the engine. Designed for filling the air three types of Unrestricted, Restrictor Plate and Diffuser with Gambit and simulation with Fluent. Comparison of three tubes at a speed in the test results showed that the torque power and fuel consumption of the engine. It results in the same direction and in accordance with the speed of tube Unrestricted the torque, power and fuel consumption is higher than the Restrictor Plate and Diffuser result was the limited impact of the Restrictor and adjustments effectiveness engine at higher speeds. It will apply to the following alternative fuels.

Keywords: Tube filling the air, Small Gasoline Engine, Unrestricted, Restrictor Plate and Diffuser

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้งานเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็กในภาคเกษตรกรรมกันมาก เช่น ใช้เป็นเครื่องตัดหญ้า เครื่องปั่นไฟฟ้า เครื่องสูบน้ำ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เครื่องยนต์ที่เป็นการทำงานสี่จังหวะ ซึ่งส่งผลให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงได้สมบูรณ์มากกว่าเครื่องยนต์ที่ทำงานแบบสองจังหวะ อย่างไรก็ตาม พบว่าได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์ขนาดเล็กดังกล่าวให้สามารถใช้เชื้อเพลิงได้

หลายชนิดมากยิ่งขึ้น ดังนั้นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ขนาดเล็กคือการดูดอากาศเข้าผสมกับเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสมเพื่อให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้มีการใช้เชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับแรงบิดและกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ด้วย ดังนั้นการพิจารณาลักษณะรูปร่างของท่อดูดอากาศ (ท่อบรรจุอากาศ) เข้าผสมกับเชื้อเพลิงจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งจากการศึกษาการเพิ่ม

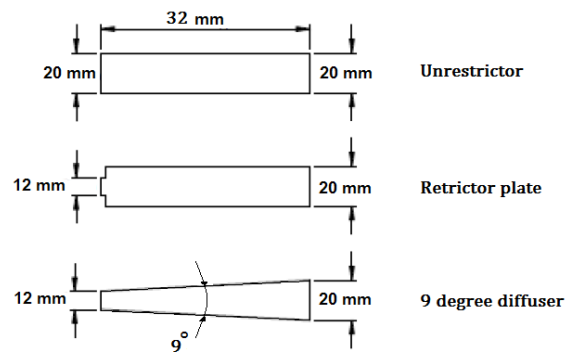
TSF-20

ประสิทธิภาพของระบบไอดีและไอเสียของเครื่องยนต์โดย Hong han-chi, Huang hong-wu and Bai yi-jie [1] พบว่าผลการจำลองแบบหนึ่งมิติเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์นี้ มีตัวแปรที่ใช้ศึกษาคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ plenum ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไอดี ความยาวท่อไอเสียและตำแหน่งของ Restrictor ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองแบบและผลการทดสอบมีความสอดคล้องกันว่าเมื่อความเร็วรอบสูงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ได้ ในขณะที่ Osama H. Ghazal, Isam H. Oasem and M. Riyad H. Abdelkader [2] ได้จำลองแบบท่อที่มีขนาดต่างๆที่ใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสี่จังหวะสี่สูบ พบว่ามีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ในด้านความเร็ว กำลังและแรงบิด เมื่อเพิ่มความเร็วรอบสูงขึ้นมีผลต่อกำลังและแรงบิดเพิ่มขึ้น แต่การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น จากแนวคิดที่ได้จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องดังกล่าว จึงมีความสนใจเพื่อทำการศึกษาและทดสอบการใช้ท่อดูดอากาศเพื่อผสมกับเชื้อเพลิงสามแบบ ประกอบด้วย แบบ Unrestrictor, แบบ Restrictor Plate และ แบบ Diffuser (Restrictor body) ตามลำดับ โดยการออกแบบด้วยโปรแกรม Gambit และทำการจำลองแบบด้วยโปรแกรม Fluent และทำการทดสอบผลการทำงานของท่อดูดอากาศดังกล่าวกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็กสูบเดียว เพื่อศึกษาผลกระทบต่อความเร็วรอบ กำลังและแรงบิดที่ได้จากเครื่องยนต์นี้

2. รูปร่างและขนาดของท่อบรรจุอากาศ

ท่อบรรจุอากาศที่ได้ทำการศึกษาและทดสอบทั้ง 3 แบบ มีรูปร่างและขนาด ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1 ดังต่อไปนี้

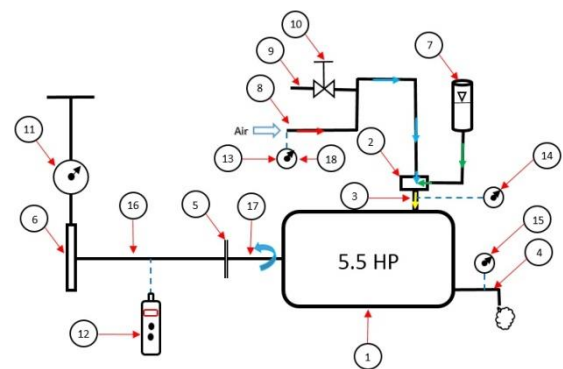
1. แบบ Unrestrictor มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากเข้าและทางออกเท่ากันคือ 20 mm
2. แบบ Restrictor Plate มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กเท่ากับ 12 mm อยู่ตรงกลางของท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 20 mm
3. แบบ Diffuser มีมุมเอียงระหว่างปากทางเข้ากับทางออก 9 องศา โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากทางเข้า 20 mm และ ปากทางออก 12 mm



รูปที่ 1 แสดงรูปร่างและขนาดของท่อบรรจุอากาศ

3. อุปกรณ์การทดสอบเครื่องยนต์เล็ก

การทดสอบท่อบรรจุอากาศทั้งสามแบบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็กสูบเดียว สี่จังหวะ ขนาด 5.5 HP ดังรายละเอียดในรูปที่ 2 ดังต่อไปนี้



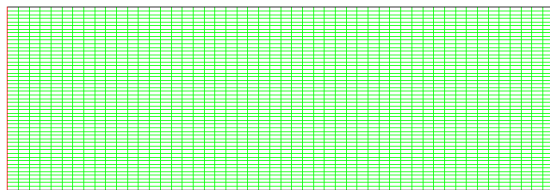
รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์เล็ก

รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเครื่องยนต์ประกอบด้วย หมายเลข 1 เครื่องยนต์, หมายเลข 2 คาร์บูเรเตอร์, หมายเลข 3 ท่อร่วมไอดี, หมายเลข 4 ท่อไอเสีย, หมายเลข 5 คัปปลิงหน้าเครื่อง, หมายเลข 6 ชุดเบรก, หมายเลข 7 กระบอกน้ำมันเชื้อเพลิง, หมายเลข 8 ท่ออากาศ, หมายเลข 9 ท่ออากาศฉุกเฉิน, หมายเลข 10 วาล์วท่ออากาศฉุกเฉิน, หมายเลข 11 เครื่องชั่ง, หมายเลข 12 เครื่องวัดความเร็วรอบ, หมายเลข 13 เครื่องวัดความเร็วอากาศไหลเข้า, หมายเลข 14 วัดอุณหภูมิที่บริเวณท่อร่วมไอดี, หมายเลข 15 วัดอุณหภูมิไอเสีย, หมายเลข 16 เพลาส่งกำลัง, หมายเลข 17 เพลาคูเครื่องยนต์, หมายเลข 18 เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศไหลเข้า ตามลำดับ

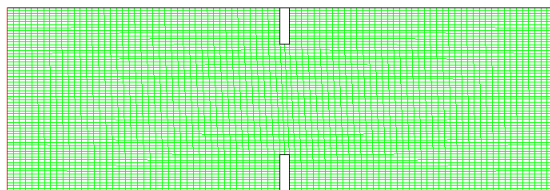
TSF-20

4. แบบจำลองการไหลเชิงตัวเลข

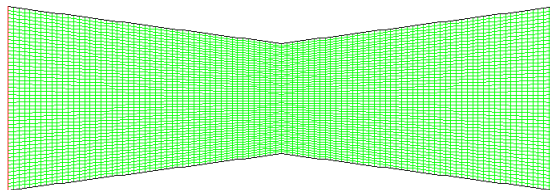
แบบจำลองการไหลเชิงตัวเลขของท่อบรรจุอากาศนั้น ถ้ายังมีจำนวนเมช (mesh) มากจะยิ่งมีความละเอียดที่มากขึ้น ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาในการคำนวณที่มากขึ้น และเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้น ในการจำลองแบบจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยทั้งสองอย่างนี้ด้วย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดกับข้อจำกัดหรือทรัพยากรที่มีอยู่ โดยออกแบบด้วยโปรแกรม Gambit และทำการจำลองแบบด้วยโปรแกรม Fluent ดังแสดงในรูปที่ 3



(ก) ท่อบรรจุอากาศ แบบ Unrestrictor



(ข) ท่อบรรจุอากาศ แบบ Restrictor Plate



(ค) ท่อบรรจุอากาศ แบบ Diffuser

รูปที่ 3 แสดงลักษณะแบบจำลองของท่อบรรจุอากาศ

5. สมมติฐานที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะรูปแบบการไหลภายในท่อบรรจุอากาศ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองแบบนี้ ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลร่วมกับการทดสอบเครื่องยนต์ โดยขั้นตอนการสร้างแบบจำลองมีสมมติฐานดังนี้

1. กำหนดให้สภาวะการไหลเป็นแบบคงที่ (Steady State)
2. ของไหลเป็นแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible Flow)
3. พิจารณาแบบจำลองเป็น 2 มิติ

การจำลองแบบโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์เป็นการหาคำตอบของสมการอนุรักษ์มวลและสมการอนุรักษ์โมเมนตัม และสมการอนุรักษ์พลังงาน ดังต่อไปนี้

สมการอนุรักษ์มวล

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

สมการโมเมนตัมในแนวแกน X

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \quad (2)$$

สมการโมเมนตัมในแนวแกน Y

$$\rho \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 v - \rho g \quad (3)$$

สมการอนุรักษ์พลังงาน

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \nabla^2 T \quad (4)$$

โดย u คือ สนามความเร็วของของไหลในแกน x (m/s)

v คือ สนามความเร็วของของไหลในแกน y (m/s)

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

p คือ ความดันของของไหล (Pa)

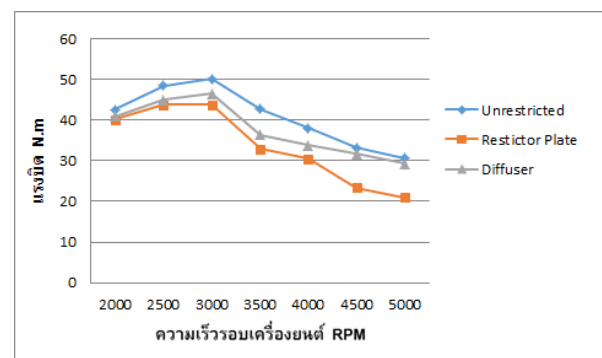
μ คือ ความหนืดของของไหล (Pa s)

g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

T คือ อุณหภูมิของของไหล (K)

6. ผลการทดสอบเครื่องยนต์

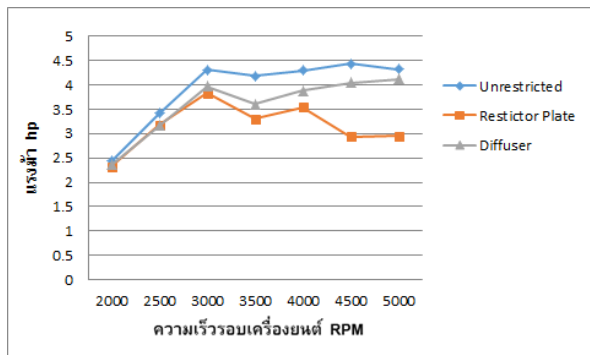
ผลจากการทดสอบเครื่องยนต์ ในหัวข้อที่ 3 เพื่อศึกษาถึงผลกระทบจากท่อบรรจุอากาศทั้งสามแบบที่มีผลต่อความเร็วรอบ กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์ มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์

TSF-20

ผลการทดสอบเครื่องยนต์เล็กตามหัวข้อที่ 3 พบว่า ที่รอบเครื่องยนต์ประมาณ 3,000 rpm เป็นช่วงที่เครื่องยนต์มีค่าแรงบิดสูงกว่าช่วงความเร็วรอบอื่นๆ โดยที่รอบจุกอากาศแบบ Unrestrictor มีค่าแรงบิดอยู่ที่ 50.17 N.m ซึ่งมากกว่าอีกสองแบบที่เหลือ ส่วนที่รอบจุกอากาศแบบ Restrictor Plate จะมีการสูญเสียแรงบิดมากขึ้นในช่วงความเร็วรอบสูงๆ (4,500 - 5,000 rpm) สำหรับที่รอบจุกอากาศแบบ Diffuser สามารถแก้ปัญหาการสูญเสียแรงบิดที่ความเร็วรอบสูงดังกล่าวได้ [3]

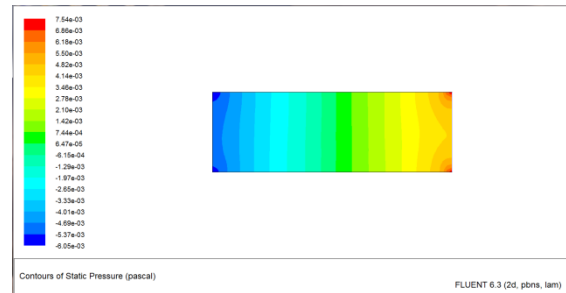


รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงม้ากับความเร็วรอบของเครื่องยนต์

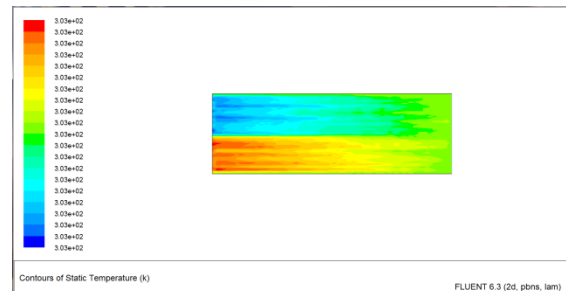
จากการทดสอบเครื่องยนต์เล็กตามหัวข้อที่ 3 พบว่า เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วสูงขึ้น จะมีค่าแรงม้าสูงมากขึ้นตามไปด้วย โดยที่รอบจุกอากาศแบบ Unrestrictor มีค่าแรงม้าอยู่ที่ 4.44 hp ซึ่งมากกว่าอีกสองแบบที่เหลือ ส่วนที่รอบจุกอากาศแบบ Restrictor Plate จะมีการสูญเสียแรงม้ามากขึ้นในช่วงความเร็วรอบสูงๆ (4,500 - 5,000 rpm) สำหรับที่รอบจุกอากาศแบบ Diffuser สามารถแก้ปัญหาการสูญเสียแรงม้าที่ความเร็วรอบสูงดังกล่าวได้ [3]

7. ผลการจำลองรูปแบบการไหลในท่อจุกอากาศ

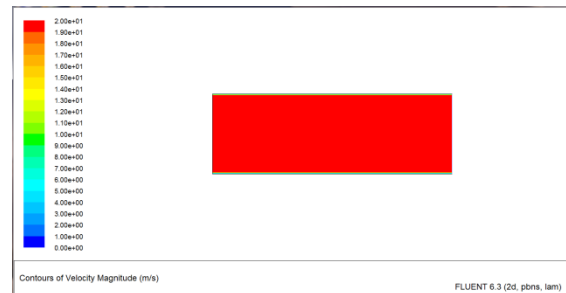
ผลที่ได้จากการจำลองรูปแบบการไหลผ่านท่อจุกอากาศทั้งสามแบบ นำมาแสดงในรูปของ ค่า Static Pressure, Static Temperature, Velocity Magnitude ตามลำดับ ดังต่อไปนี้



(ก) แสดงค่า Static Pressure



(ข) แสดงค่า Static Temperature

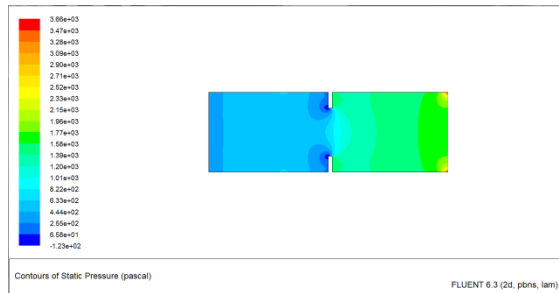


(ค) แสดงค่า Velocity Magnitude

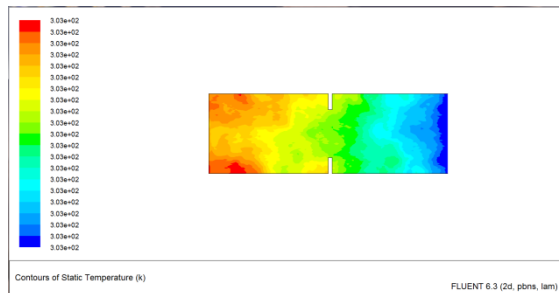
รูปที่ 6 แสดงผลการจำลองการไหลของท่อจุกอากาศแบบ Unrestrictor

การจำลองรูปแบบการไหลของท่อจุกอากาศแบบ Unrestrictor ได้ใช้จำนวนเมชที่ 4,900 โหนด ความเร็วทางเข้า 20 m/s อุณหภูมิทางเข้า 303K ความดันทางเข้า 101,325 Pa ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) ทางขวามือเป็นทางเข้าและทางซ้ายมือเป็นทางออก พบว่า ของไหลมีการไหลแบบราบเรียบตลอดทั้งท่อ ไหลเข้ามาเป็นระนาบๆ ค่าความดันที่ทางเข้ามีค่ามากกว่าทางออก อุณหภูมิและความเร็วมีค่าใกล้เคียงกันมาก เพราะท่อมีขนาดความยาวเพียง 32 mm จะช้าลงบ้างเฉพาะตรงผนังของท่อเท่านั้น

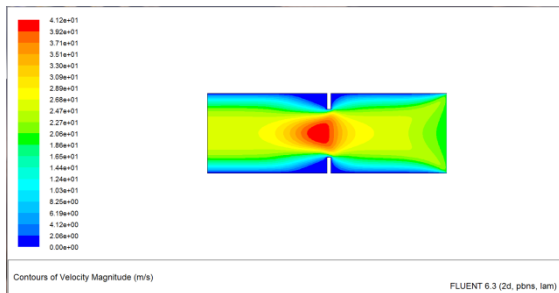
TSF-20



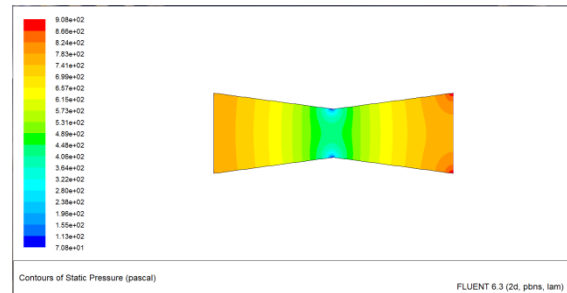
(ก) แสดงค่า Static Pressure



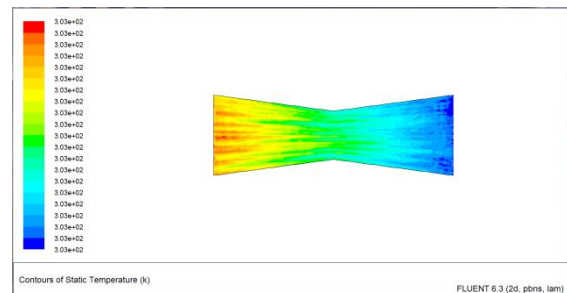
(ข) แสดงค่า Static Temperature



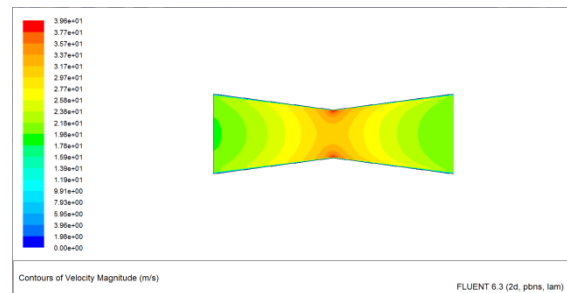
(ค) แสดงค่า Velocity Magnitude



(ก) แสดงค่า Static Pressure



(ข) แสดงค่า Static Temperature



(ค) แสดงค่า Velocity Magnitude

รูปที่ 7 แสดงผลการจำลองการไหลของท่อบรรจุอากาศ
แบบ Restrictor Plate

การจำลองรูปแบบการไหลของท่อบรรจุอากาศแบบ Restrictor Plate ได้ใช้จำนวนเมชที่ 5,708 โหนด ความเร็วทางเข้า 20 m/s อุณหภูมิทางเข้า 303 K ความดันทางเข้า 101,325 Pa ดังแสดงในรูปที่ 3 (ข) ทางขวามือเป็นทางเข้าและทางซ้ายมือเป็นทางออก พบว่า เริ่มแรกของไหลไหลเข้าแบบราบเรียบ แต่เมื่อไหลมาถึงตรงกลางท่อจะมีแผ่นกั้นอยู่เป็นคอคอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อจึงเล็กลงทันทีอยู่ที่ 12 mm ทำให้ของไหลตรงช่วงนี้มีความเร็วสูงขึ้น และมีการไหลแบบปั่นป่วน ค่าความดันในช่วงครึ่งแรกจะมีค่าต่ำกว่าในช่วงครึ่งหลัง ของไหลเมื่อไหลผ่านช่วงตรงกลางนี้ไปแล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และบริเวณคอคอดนี้ของไหลจะมีค่าความเร็วสูงกว่าบริเวณอื่น

รูปที่ 8 แสดงผลการจำลองการไหลของท่อบรรจุอากาศ
แบบ Diffuser

การจำลองรูปแบบการไหลของท่อบรรจุอากาศแบบ Diffuser ได้ใช้จำนวนเมชที่ 5,000 โหนด ความเร็วทางเข้า 20 m/s อุณหภูมิทางเข้า 303 K ความดันทางเข้า 101,325 Pa ดังแสดงในรูปที่ 3 (ค) ทางขวามือเป็นทางเข้าและทางซ้ายมือเป็นทางออก พบว่า เริ่มแรกของไหลไหลเข้าแบบราบเรียบ และจะค่อยเล็กลงมาถึงตรงกลางท่อที่เป็นคอคอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่ออยู่ที่ 12 mm ทำให้ของไหลตรงกลางช่วงนี้มีความเร็วสูงขึ้น ค่าความดันในช่วงทางเข้าและทางออกนั้น จะมีค่าสูงกว่าบริเวณคอคอด เมื่อของไหลไหลผ่านช่วงตรงกลางนี้ไปแล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และบริเวณคอคอดนี้ของไหลจะมีค่าความเร็วสูงกว่าบริเวณอื่น

TSF-20

8. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองสรุปได้ดังต่อไปนี้

8.1 ท่อบรรจุอากาศแบบ Unrestrictor ให้ค่าแรงบิดสูงสุดเท่ากับ 50.17 N.m ที่ความเร็วรอบประมาณ 3,000 rpm โดยที่ความเร็วรอบสูงท่อบรรจุอากาศแบบ Restrictor Plate จะมีการสูญเสียแรงบิดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ท่อบรรจุอากาศแบบ Diffuser สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

8.2 ท่อบรรจุอากาศแบบ Unrestrictor ให้ค่าแรงม้าสูงสุดเท่ากับ 4.44 hp ที่ความเร็วรอบประมาณ 4,500 rpm โดยที่ความเร็วรอบสูงท่อบรรจุอากาศแบบ Restrictor Plate จะมีการสูญเสียแรงม้ามากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ท่อบรรจุอากาศแบบ Diffuser สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

8.3 ผลจากการจำลองการไหลเชิงตัวเลขทำให้ทราบว่า รูปแบบการไหลนั้นมีผลต่อค่าแรงบิดและแรงม้ามาก โดยท่อบรรจุอากาศแบบ Restrictor Plate ที่มีการสูญเสียแรงบิดและแรงม้า นั้น เป็นผลมาจากของไหลที่ไหลผ่านคอขวด ซึ่งในช่วงนั้นเกิดการไหลแบบปั่นป่วนขึ้น ของไหลจึงไหลผ่านได้น้อยลง การแก้ไขใช้ท่อบรรจุอากาศแบบ Diffuser แทน เพราะของไหลสามารถไหลผ่านได้สะดวกกว่า แบบ Restrictor Plate

9. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน – อวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ศูนย์วิจัยและพัฒนา ES-MVC และสำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] Hong Han-chi, Huang Hong-wu and Bai Yi-jie (2012), "Optimization of intake and exhaust system for FSAE car based on orthogonal array testing" International Journal of engineering and technology, Volume 2, No. 3, pp. 392-396,
- [2] Osama H. Ghazal, Isam H. Oasem and M.Riyad H. Abdelkader [2012], "Modeling the effect of inlet manifold pipes bending angle on SI engine

performance" World academy of science, engineering and technology.

[3] Jame Correia (2009). "1 – Dimensional Simulation of a Restricted Engine For Formula SAE" University of Toronto, Canada.

[4] T. Soontornchainacksaeng et al (2011) "Study on the small size single cylinder gasoline and diesel engines" Draft of Ministerial Regulation on specification on energy efficiency with the energy conservation promotion Act (No. 2) B.E. 2550. Department of Alternative Energy Development and Efficiency(DEDE), Ministry of Energy. The Final report.

[5] C.R. Ferguson, "Internal combustion engines" (1996), Applied Thermosciences., New York, John Wiley and Sons.