การศึกษาความต้านทานเฟาลิ่งในหม้อน้ำรถยนต์

นาย สุธี โปษยะนุกูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-2498-5
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21052013

A STUDY OF FOULING RESISTANCE IN RADIATOR

Mr. Suthee Posayanukul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2002
ISBN 974-17-2498-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความต้านทานเฟาลิ่งในหม้อน้ำรถยนต์
โดย	นาย สุธี โปษยะนุกูล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ธร จรัญญากรณ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ธร จรัญญากรณ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.กุณฑินี มณีรัตน์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุธี โปษยะนุกูล : การศึกษาความต้านทานเฟาลิ่งในหม้อน้ำรถยนต์. (A STUDY OF FOULING RESISTANCE IN RADIATOR) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. พงษ์ธร จรัญญากรณ์, จำนวนหน้า 211 หน้า. ISBN 974 – 17 – 2498 – 5

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของ ความต้านทานเฟาลิ่งในหม้อน้ำรถยนต์เมื่ออายุการใช้งานของหม้อน้ำรถยนต์เพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบหม้อน้ำรถยนต์ หม้อน้ำรถยนต์ที่ศึกษาทั้งหมดมีขนาดทางกายภาพเหมือนกัน และผ่านการใช้งานแล้วเป็นระยะทาง 0, 4036, 6263, 19120, 39752, 46816, 53569, 59506 และ 131850 km ในการทดลองนั้นได้ใช้อุโมงค์ลมสำหรับทดสอบหม้อน้ำรถยนต์ของบริษัทผลิตหม้อน้ำรถยนต์แห่งหนึ่ง ในการทดลองได้ทำการควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำและอากาศต่างๆกัน กล่าวคือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำมีค่า 0.565, 0.970, 1.374, 1.778 kg/s ส่วนของอากาศมีค่า 0.967, 1.450, 1.934, 2.417 kg/s อัตราการไหลเชิงมวลดังกล่าวสามารถสร้างกรณีทดลองได้ 16 กรณี ในทุกกรณีทดลองได้ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่เข้าหม้อน้ำรถยนต์ไว้ที่ 90 °C

จากการศึกษาพบว่า อายุการใช้งานของหม้อน้ำรถยนต์นั้นไม่ได้มีผลโดยตรงต่อความต้านทานเฟาลิ่งในหม้อน้ำรถยนต์อย่างมีนัยสำคัญจนมีผลต่อความสามารถในการระบายความร้อนของหม้อน้ำรถยนต์ อย่างไรก็ตามค่าความดันตกคร่อมของอากาศที่ผ่านหม้อน้ำรถยนต์นั้นมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่ออายุการใช้งานหม้อน้ำรถยนต์มากขึ้นซึ่งในการใช้งานจริงนั้นจะส่งผลให้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศลดลงเมื่ออายุการใช้งานมากขึ้น เช่น ที่ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ 0.565 kg/s ความดันอากาศตกคร่อม 250 N/m^2 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านหม้อน้ำรถยนต์ที่ใช้งานระยะทาง 4036, 6263, 19120, 46816, 59506 km นั้นน้อยกว่าของหม้อน้ำรถยนต์ใหม่ประมาณ 2.22, 4, 5.33, 8.88, 19.11% ตามลำดับซึ่งจะทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของหม้อน้ำรถยนต์ลดลงประมาณ 0.65, 1.21, 1.63, 2.79, 6.5% ตามลำดับ ในการออกแบบจึงต้องเผื่อสำหรับผลกระทบนี้ด้วย เช่น เพิ่มขนาดพัดลม หรือ เพิ่มขนาดของพื้นที่ถ่ายเทความร้อน นอกจากนั้นการศึกษาพบว่าเมื่ออายุการใช้งานของหม้อน้ำรถยนต์มากขึ้นนั้นค่าความดันตกคร่อมของน้ำที่วิ่งผ่านหม้อน้ำรถยนต์มีแนวโน้มค่อนข้างจะคงที่

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต.....สุธี โปษยะนุกูล.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545

#4270607821: MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEYWORDS : FOULING/ RADIATOR

SUTHEE POSAYANUKUL: A STUDY OF FOULING RESISTANCE IN RADIATOR, THESIS ADVISOR :ASSOC. PROF. PONGTORN CHARUNYAKORN, Ph.D., 211 pp. ISBN 974 – 17 – 2498 – 5

The research is to study the effects of fouling resistance on car radiator performance at various travelling distance. Studied radiators had working distance of 0, 4036, 6263,19120, 39752, 46816, 53569, 59569 and 131850 kilometers. All radiators were of the same physical shape and dimension and provided by a radiator manufacturer. Sixteen experimental test cases were done with various water mass flow rates of 0.565, 0.970, 1.374 and 1.778 kg/s in combination with air mass flow rates of 0.967, 1.450, 1.934 and 2.417 kg/s. Temperature of water entering radiator was maintained at 90 ^{0}C for all cases.

The study shows that travelling distance of a car does not increase the fouling resistance in radiator significantly. It is not neccessary to over design the radiator. However, it is found the pressure drop across radiator increases appreciably with time of use. In actual working condition air flow through could drop significantly . For instance, at water mass flow rate of 0.565 kg/s and air pressure drop 250 N/m^2, air mass flow rate of 4036, 6263, 19120, 46816, 59506 km radiator drops 2.2, 4, 5.33, 8.88, 19.11% compared with new radiator respectively. This ,in turn, will affect the cooling capacity of the radiator about 0.65, 1.21, 1.63, 2.79, 6.5% respectively. There are two ways to compensate for this; the cooling fan should be oversized or the heat transfer area should be increased. It is also found that pressure drop of water across radiator remains mostly constant.

Department Mechanical Engineering Student's Signature Suthee posayanukul

Field of study Mechanical Engineering Advisor's Signature

Academic year 2002

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ธร จรัญญากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาอันมีค่าช่วยเหลือให้คำแนะนำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการวิจัย แนวทางแก้ไขปัญหา และข้อคิดเห็นต่างๆที่นำมาซึ่งความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึง ผศ. มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ และอาจารย์ ดร. กุณฑินี มณีรัตน์

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ บริษัท CH Thermo ผู้ผลิตหม้อน้ำรถยนต์ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ชุดทดลองรวมถึง หม้อน้ำรถยนต์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล รวมถึงทุกท่านที่บริษัทที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้าย ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งอบรมสั่งสอน และให้กำลังใจตลอดเวลา จนสำเร็จการศึกษา

นายสุธี โปษยะนุกูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์..... 2

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์..... 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 7

3.1 ส่วนประกอบของหม้อน้ำรถยนต์..... 7

3.2 จุดประสงค์ในการทำ การวิจัยเฟาลิ่ง.....10

3.3 ความรู้พื้นฐานของเฟาลิ่ง.....10

3.3.1 เฟาลิ่งเป็นฟังก์ชันของเวลา.....10

3.3.2 กลไกในการเกิดเฟาลิ่ง.....11

3.3.3 ผลกระทบจากความเร็วของของไหล..... 12

3.4 การวิเคราะห์ค่าความต้านทานเฟาลิ่ง..... 13

3.4.1 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม.....14

บทที่ 4 การทดลอง.....16

4.1 ลักษณะทั่วไปของชุดทดลอง..... 16

4.1.1 ส่วนประกอบของชุดทดลอง..... 16

4.1.1.1 ส่วนทดลอง..... 16

4.1.1.2 ส่วนน้ำหมุนเวียน..... 19

4.1.1.3 ส่วนอากาศ..... 19

หน้า

4.1.1.4 ส่วนควบคุม....20
4.2 หม้อน้ำรถยนต์ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง.... 21
4.2.1 วิธีในการเก็บตัวอย่าง....21
4.2.2 ลักษณะตัวอย่างที่เก็บมา....21
4.3 การติดตั้งหม้อน้ำรถยนต์เข้ากับชุดทดลอง....22
4.4 การอ่านค่าผลการทดลอง.... 24
4.5 การปรับเทียบเครื่องอ่านเพื่ออ่านค่าความดันน้ำสูญเสียและอากาศสูญเสีย..... 24
4.6 สภาวะที่ทำการทดลอง.... 25
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.... 28
5.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์.... 28
5.1.1 การแปลงหน่วย.... 28
5.1.2 การคำนวณหาค่าความต้านทานเฟาลิ่ง.... 29
5.2 การเปรียบเทียบผล.... 30
5.3 พิจารณาการเปรียบเทียบผล.... 31
5.3.1 ผลจากการเปรียบเทียบระยะทางกับค่าความต้านทาน.... 31
เฟาลิ่ง ที่สภาวะอัตราการไหลของน้ำโดยมวลคงที่ที่ค่าหนึ่งๆ
โดยมีค่า อัตราการไหลของอากาศโดยมวลต่างๆกัน 4 ค่า
5.3.2 ผลจากการเปรียบเทียบระยะทางกับค่าความดันอากาศ.... 34
สูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ ที่สภาวะอัตราการไหลของอากาศ
โดยมวลผ่าน หม้อน้ำรถยนต์ต่างๆ ไป 4 ค่า
5.3.3 ผลจากการเปรียบเทียบระยะทางกับค่าความดันน้ำ.... 36
สูญเสียของ หม้อ น้ำรถยนต์ ที่สภาวะอัตราการไหลของน้ำ
โดยมวลผ่านหม้อน้ำรถยนต์ต่างๆไป 4 ค่า
5.3.4 ผลจากการเปรียบเทียบอัตราการไหลของอากาศโดยมวล.... 39
ผ่านหม้อน้ำรถยนต์กับค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์
ที่ระยะทางการใช้งานหม้อน้ำรถยนต์ต่างๆ
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย.... 42
6.1 บทสรุป.... 42
6.2 ข้อเสนอแนะ.... 43

หน้า

รายการอ้างอิง..... 45
ภาคผนวก..... 46
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง..... 47
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ..... 205
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 211

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 4 - 1 รายละเอียดที่สังเกตได้ของหม้อน้ำตัวอย่าง.....21
ตารางที่ 4 – 2 ลักษณะทางกายภาพของหม้อน้ำรถยนต์..... 22
ตารางที่ 4 – 3 อัตราการไหลโดยมวลของน้ำและอากาศที่ควบคุม.....26
ตารางที่ 4 – 4 สภาวะทั้ง 16 ที่ใช้ในการทดลอง.....27
ตารางที่ ก-1 ผลการทดลองทั้ง 16 กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....49
ใช้งาน 0 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-2 ผลการทดลองทั้ง 16 กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....65
ใช้งาน 4036 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-3 ผลการทดลองทั้ง 16 กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....81
ใช้งาน 6263 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-4 ผลการทดลองทั้ง 16 กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....97
ใช้งาน 19120 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-5 ผลการทดลองทั้ง 16 กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....113
ใช้งาน 39752 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-6 ผลการทดลองทั้ง 16 กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....129
ใช้งาน 46816 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-7 ผลการทดลองทั้ง 16 กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....145
ใช้งาน 53596 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-8 ผลการทดลองทั้ง 16 กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....161
ใช้งาน 59506 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-9 ผลการทดลองทั้ง16กรณีของหม้อน้ำรถยนต์ระยะทาง.....177
ใช้งาน 131850 กิโลเมตร
ตารางที่ ก-10 ค่า 1/U60 และ Rf ที่สภาวะอัตราการไหลของน้ำโดยมวล 193
0.565 kg/s กับ อัตราการไหลของอากาศโดยมวลต่างๆ
ตารางที่ ก-11 ค่า 1/U60 และ Rf ที่สภาวะอัตราการไหลของน้ำโดยมวล.....194
0.970 kg/s กับ อัตราการไหลของอากาศโดยมวลต่างๆ
ตารางที่ ก-12 ค่า 1/U60 และ Rf ที่สภาวะอัตราการไหลของน้ำโดยมวล 195
1.374 kg/s กับ อัตราการไหลของอากาศโดยมวลต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ ก-13 ค่า 1/U60 และ Rf ที่สภาวะอัตราการไหลของน้ำโดยมวล.....196
1.778 kg/s กับ อัตราการไหลของอากาศโดยมวลต่างๆ

ตารางที่ ก-14 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ที่.....197
อัตราน้ำไหลโดยมวล 0.565 kg/s

ตารางที่ ก-15 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ที่ 198
อัตราน้ำไหลโดยมวล 0.970 kg/s

ตารางที่ ก-16 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ที่ 199
อัตราน้ำไหลโดยมวล 1.374 kg/s

ตารางที่ ก-17 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ที่ 200
อัตราน้ำไหลโดยมวล 1.778 kg/s

ตารางที่ ก -18 ค่าความดันน้ำสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ที่ 201
อัตราอากาศไหลโดยมวล 0.967 kg/s

ตารางที่ ก -19 ค่าความดันน้ำสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ที่ 202
อัตราอากาศไหลโดยมวล 1.450 kg/s

ตารางที่ ก - 20 ค่าความดันน้ำสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ที่ 203
อัตราอากาศไหลโดยมวล 1.934 kg/s

ตารางที่ ก - 21 ค่าความดันน้ำสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์ที่ 204
อัตราอากาศไหลโดยมวล 2.417 kg/s

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพประกอบที่ หน้า

รูปที่ 3 - 1 คอร์ของหม้อน้ำที่ทำจากท่อและครีบ 8
รูปที่ 3 - 2 รูปแสดงหม้อน้ำรถยนต์แบบ Vertical กับ Horizontal 9
รูปที่ 3 - 3 รถยนต์รุ่นเก่าใช้วัสดุเป็นทองเหลืองและทองแดงเชื่อมกับแท็งค์ด้วยตะกั่ว(a).....9
รถยนต์รุ่นใหม่ๆใช้อลูมิเนียมกับทองเหลืองและพลาสติกแท็งค์(b)
รูปที่ 3 - 4 การก่อตัวของ เฟาลิ่งเป็นฟังก์ชันของเวลา.....11
รูปที่ 3 - 5 ชนิดของ ความต้านทานเฟาลิ่งในลักษณะเป็นฟังก์ชันของความเร็วของไหล.....12
รูปที่ 3 - 6 ตัวประกอบปรับแก้ผลต่างอุณหภูมิ single pass,cross flow heat exchanger.....15
with both fluid unmixed
รูปที่ 4 - 1 แสดงภาพรวมของชุดอุปกรณ์ทดลอง.....16
รูปที่ 4 - 2 แสดงจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในส่วนทดลอง.....18
รูปที่ 4 - 3 เครื่องควบคุมที่เรียกว่า Micon.....20
รูปที่ 4 - 4 หม้อน้ำรถยนต์ที่ติดตั้งในส่วนทดลอง.....23
รูปที่ 5 - 1 ค่าความต้านทาน เฟาลิ่งของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทาง.....32
ที่ใช้ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 0.565 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 2 ค่าความต้านทาน เฟาลิ่งของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทาง.....32
ที่ใช้ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 0.970 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 3 ค่าความต้านทาน เฟาลิ่งของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทาง.....33
ที่ใช้ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่ อัตราน้ำไหลโดยมวล 1.374 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 4 ค่าความต้านทาน เฟาลิ่งของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทาง.....33
ที่ใช้ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่ อัตราน้ำไหลโดยมวล 1.778 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 5 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทาง.....34
ที่ใช้ไปของ หม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 0.565 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 6 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทาง.....35
ที่ใช้ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 0.970 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 7 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทาง.....35
ที่ใช้ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 1.374 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 8 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทาง.....36
ที่ใช้ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 1.778 กิโลกรัมต่อวินาที

ภาพประกอบที่ หน้า

รูปที่ 5 - 9 ค่าความดันน้ำสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทางที่ใช้.....37
ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราอากาศไหลโดยมวล 0.967 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 10 ค่าความดันน้ำสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทางที่ใช้.....37
ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราอากาศไหลโดยมวล 1.450 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 -11 ค่าความดันน้ำสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทางที่ใช้.....38
ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราอากาศไหลโดยมวล 1.934 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 -12 ค่าความดันน้ำสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับระยะทางที่ใช้.....38
ไปของหม้อน้ำรถยนต์ที่อัตราอากาศไหลโดยมวล 2.417 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 13 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับอัตรา.....40
อากาศไหลโดยมวลที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 0.565 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 14 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับอัตรา.....40
อากาศไหลโดยมวลที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 0.970 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 15 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับอัตรา.....41
อากาศไหลโดยมวลที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 1.374 กิโลกรัมต่อวินาที
รูปที่ 5 - 16 ค่าความดันอากาศสูญเสียของหม้อน้ำรถยนต์เทียบกับอัตรา.....41
อากาศไหลโดยมวลที่อัตราน้ำไหลโดยมวล 1.778 กิโลกรัมต่อวินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย