Thesis Title	Thermal Characteristics of Air Flow Over Flat Tube with Ellipsoidal Dimple Surface	
Author	Mr. Nopparat Katkhaw	
Degree	Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)	
Advisory Committee	Asst. Prof. Dr. Nat Vorayos	Advisor
	Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat	Co-advisor
	Asst. Prof. Dr. Yottana Khunatorn	Co-advisor

ABSTRACT

This research studied on the heat transfer enhancement approach of the heat exchanging surface. The study focused on the dimple surface which is a special method for improving the heat transfer rate without the significant pressure drop. In this work, the dimple geometry and dimple arrangement were investigated to identify a configuration at its best in order to optimize the heat transfer performance, also any effect of dimple on the surface of flat tube, as well as its flow behavior.

Numerical study of a geometry which offered the optimal heat transfer performance was carried out. The k-ε turbulent model was employed to simulate the air flowing over an isothermal dimple surface. The entrance air velocity was varied from 1 to 4 m/s. The result showed that the spherical dimple surface had the heat transfer performance higher than ellipsoidal dimple surface. It reveals that the ellipsoidal dimple surface with the 45^{o} attack angle has the highest effectiveness. From the simulated results, the experimental investigation was carried out to determine the dimple arrangement which offered the optimal heat transfer performance. The geometry; spherical dimple and ellipsoidal dimple surface with 45^{o} of attack angle were employed on the flat surface in different arrangements. The heated dimple surfaces were placed in

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

the wind tunnel. The air stream flowing over a tested surface, the air velocities were adjusted between 1-4 m/s. The experimental result shows that, in all dimple arrangements, the spherical dimple surface has a superior heat transfer performance than the ellipsoidal dimple surface. From this experiment, it shows a same result as the numerical study. In addition, for the spherical dimple surface, the best configuration which offered an optimal heat transfer performance is the staggered arrangement of S_T/D=1.667, S_L/D=1. It has a the maximum heat transfer coefficient about 26% higher than a smooth surface. For ellipsoidal dimple surfaces, the best configuration which offered the optimal heat transfer performance is the inline arrangement of S_L/D_{minor}=1.875, S_T/D_{minor}=1.875. It has a maximum heat transfer coefficient about 22% higher than the smooth surface.

The experimental study of heat transfer enhancement of a flat-dimple tube was investigated. The ellipsoidal dimples with best arrangement are employed on the surface of a flat tube. The experiment was carried out with stream air flowing over the heated tubes of which the air stream velocity was adjusted between 1-3 m/s. As the result, the heat transfer enhancement of a flat tube and a flat-dimple tube showed values of 1.5 and 1.63 times respectively higher than a cylinder.

Flow behavior and pressure loss of a flat-dimple tube was studied by numerical simulation. The k-ε turbulent model was employed to simulate the heat transfer and the drag coefficient of air flowing over the heated tubes. From the numerical results, the drag coefficients of flat-dimple tube are found to be about 30% lower than that of a cylinder. In addition, smoke visualization had been observed the flowing of the air flow over the dimple. From this observation, it confirms that the recirculation flow occurred inside the dimple and flow dispersion was developed after the smoke exiting the downstream rim of dimple.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ลักษณะเชิงความร้อนของการไหลของอากาศผ่านท่อแบนที่ผิวมีแอ่งทรงรี	
ผู้เขียน	นายนพรัตน์ เกตุขาว	
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)	
คณะกรรมการที่ปรึกษา	ผศ. ดร. ณัฐ วรยศ	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
	ศ. ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
	ผศ. ดร. ยศธนา คุณาทร	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของพื้นผิวเรียบโดยการเพิ่มแอ่งรูปทรงต่างๆ ลงไปบนพื้นผิวเรียบ ซึ่งในการศึกษานั้นจะแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่งจะมุ่งเน้นศึกษาการถ่ายเทความร้อนของอากาศแบบไหลภายนอกผ่านแผ่นเรียบที่มีแอ่งรูปทรงรีและทรงกลม และกลุ่มที่สองจะศึกษาการถ่ายเทความร้อนของอากาศผ่านกลุ่มท่อแบนที่ผิวมีแอ่งรูปวงรี

ในส่วนแรกเป็นการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหารูปทรงของแอ่งที่ช่วยเพิ่มการการถ่ายเทความร้อนได้มากที่สุด โดยในขั้นตอนการศึกษานั้นได้จำลองให้อากาศไหลผ่านแผ่นเรียบที่มีแอ่งรูปทรงต่างๆ และมีอุณหภูมิคงที่ ความเร็วของอากาศอยู่ระหว่าง 1 ถึง 4 เมตรต่อวินาที จากผลการศึกษาพบว่าแผ่นเรียบที่มีแอ่งทรงกลมช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้สูงกว่าแผ่นเรียบที่มีแอ่งทรงรี แต่แผ่นเรียบที่มีแอ่งทรงรีที่มีมุมปะทะ 45^{o} จะให้ประสิทธิผลสูงที่สุดเมื่อเทียบกับรูปทรงอื่นๆ

ส่วนที่สองเป็นการศึกษาเพื่อหารูปแบบการจัดเรียงตัวของแอ่งที่ช่วยเพิ่มการการถ่ายเทความร้อนได้มากที่สุด โดยในส่วนนี้จะนำแอ่งทรงกลมและทรงรีที่มีมุมปะทะ 45^{o} มากดลงบนพื้นผิวเรียบ โดยมีระยะห่างของแอ่งที่แต่งต่างกันออกไป โดยในการทดลองนั้นได้ติดตั้งแผ่นเรียบที่มีแอ่งในอุโมงค์ลมและให้ความร้อนบริเวณใต้แผ่นเรียบ จากนั้นก็ปล่อยอากาศไหลผ่านแผ่นเรียบที่ความเร็วระหว่าง 1 ถึง 4 เมตรต่อวินาที และทำการบันทึกค่าตัวแปรที่ต้องการ จากผลการทดลองพบว่าในทุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปแบบการกระจายตัวของแอ่งนั้น แผ่นเรียบที่มีแอ่งทรงกลมช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้สูงกว่าแผ่นเรียบที่มีแอ่งทรงรี โดยแผ่นเรียบที่มีแอ่งทรงกลมจะช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้สูงสุด 27% เมื่อมีการจัดเรียงตัวแบบเยื้องโดยมีค่า S_T/D = 1.667 และ S_L/D = 1 ส่วนแผ่นเรียบที่มีแอ่งทรงรีจะช่วยเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้สูงสุด 21% เมื่อมีการจัดเรียงตัวในแนวเดียวกัน โดยมีค่า S_T/D_{minor} = 1.875 และ S_L/D_{minor} = 1.875

ส่วนที่สามเป็นการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของท่อแบนที่ผิวมีแอ่งรูปวงรี โดยนำรูปแบบของแอ่งทรงรีที่ดีที่สุดจากการศึกษาในส่วนที่หนึ่งและสองมากดลงบนผิวของท่อแบน ในการทดลองได้ติดตั้งท่อ (ทั้งท่อเดี่ยวและกลุ่มท่อ) ที่จะทดสอบในอุโมงค์ลมโดยได้ให้ความร้อนข้างในท่อด้วยเครื่องทำความร้อนแบบแผ่น จากนั้นก็ปล่อยอากาศให้ไหลผ่านท่อที่ความเร็วระหว่าง 1 ถึง 3 เมตรต่อวินาที จากผลการทดลองพบว่าท่อแบนมีการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าท่อกลมประมาณ 1.5 เท่า ส่วนท่อแบนที่ผิวมีแอ่งทรงรีมีการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าท่อกลมประมาณ 1.63 เท่า

ส่วนสุดท้ายเป็นการใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อศึกษารูปแบบการไหลของอากาศ และแรงหน่วงที่เกิดขึ้นยนท่อแบนที่ผิวมีแอ่งรูปวงรี โดยในขั้นตอนการทดสอบได้จำลองให้อากาศไหลผ่านแผ่นท่อที่ผิวมีอุณหภูมิคงที่โดยมีความเร็วระหว่าง 1 ถึง 3 เมตรต่อวินาที จากผลการจำลองพบว่าท่อแบนที่ผิวมีแอ่งทรงรีมีค่าสัมประสิทธิ์แรงหน่วงน้อยกว่าท่อกลมประมาณ 30% และนอกจากนี้ การจำลองการไหลด้วยควันยังถูกนำมาใช้ในการศึกษารูปแบบการไหลของอากาศผ่านพื้นผิวที่มีแอ่งด้วย ซึ่งจากผลการจำลองด้วยควันพบว่าอากาศที่ไหลผ่านชั้นชิดผิวการไหลมากๆจะถูกดึงเข้าไปในหลุมและเกิดการหมุนวนขึ้นภายในหลุม และจากนั้นจึงไหลออกไปตามกระแสการไหล ส่วนอากาศที่ไหลในชั้นชิดผิวที่สูงขึ้นไปจะไหลไปกระทบกับขอบหลุมด้านท้ายและเกิดการแตกตัวของควัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved