บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG4980085

ชื่อโครงการ : การใช้เจ็ทหมุนควงในการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว

ชื่อนักวิจัย : ผศ.ดร.ชยุต นันทดุสิต

และสถาบัน : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail Address : chayut@me.psu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 15 พฤษภาคม 2549 ถึง 14 พฤษภาคม 2551

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของระดับการหมุนควงของเจ็ทที่มีต่อการไหลและการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนและความสม่ำเสมอของการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่กลุ่มของเจ็ทพุ่งชน ในการทดลองได้ใช้หัวฉีดแบบท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน D=16.5 mm และใช้แผ่นบิดที่มีอัตราส่วนการบิดต่างๆสอดในท่อเจ็ทเพื่อสร้างกระแสเจ็ทหมุนควง สำหรับการทดลองได้ทำการศึกษาลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวในกรณีที่ใช้เจ็ทลำเดียวและกรณีที่ใช้กลุ่มของเจ็ท จำนวน 9 ท่อ ที่จัดเรียงในแนวเดียวกันเป็น 3 แถว แถวละ 3 ท่อ พุ่งชนตั้งฉากกับพื้นผิวเรียบ สำหรับเงื่อนไขของตัวแปรที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ระยะจากปากทางออกของเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน L=2D, 4D, 6D, 8D และ 10D ระยะห่างระหว่างลำเจ็ท S=2D, 4D, 6D, และ 8D สเวิร์ลนัมเบอร์ Sw=0.00, 0.40, 0.62, 0.78, 0.94 และเจ็ทจากท่อเปล่า โดยในแต่ละการทดลองกำหนดให้ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ของเจ็ทคงที่เท่ากับ Re=20,000 สำหรับการศึกษาการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวได้ใช้แผ่นเทอร์โมลิควิดคริสตัลวัดการกระจายของอุณหภูมิและหาการกระจายของนัสเซิลต์นัมเบอร์บนพื้นผิวด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ สำหรับการศึกษาลักษณะการไหลบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนได้ใช้เทคนิคฟิล์มน้ำมัน นอกจากนี้ได้ศึกษาโครงสร้างการไหลโดยใช้วิธีฉีดสีผสมในเจ็ทน้ำ เพื่อดูโครงสร้างการไหลของเจ็ทหมุนควงและอธิบายกลไกการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทหมุนควงพุ่งชน

จากผลการศึกษาพบว่า เจ็ทหมุนควงที่ไหลออกจากท่อสอดแผ่นบิดจะแบ่งกระแสการไหลออกเป็นสองลำไหลเอียงทำมุมกับแกนของเจ็ท การเพิ่มสเวิร์ลนัมเบอร์ของเจ็ทจะมีผลทำให้มุมของกระแสทั้งสองลำที่ไหลทำมุมกับแนวแกนของเจ็ทเพิ่มขึ้น ทำให้การแพร่กระจายของเจ็ทและการผสมกันระหว่างเจ็ทกับของไหลที่อยู่รอบๆเพิ่มขึ้น และเมื่อเจ็ทหมุนควงไหลพุ่งชนพื้นผิวแล้ว จะทำให้เกิดบริเวณที่มีการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเกิดขึ้นสองตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางที่เจ็ทพุ่งชน และพบว่าเจ็ทหมุนควงที่เงื่อนไขสเวิร์ลนัมเบอร์ Sw=0.40 สามารถช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนในบริเวณที่เจ็ทพุ่งชนโดยตรงได้ โดยเฉพาะระยะจากปากทางออกของเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน L=2D, 4D แต่การเพิ่มสเวิร์ลนัมเบอร์ของเจ็ทและระยะจากปากทางออกของเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนจะมีผลทำให้อัตราการ

ถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวในบริเวณที่เจ็ทพุ่งชนลดลงและมีลักษณะการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่ซับซ้อน เมื่อเทียบกับกรณีของเจ็ทจากท่อเปล่า

สำหรับในกรณีกลุ่มของเจ็ทพุ่งชนพื้นผิวพบว่า การใช้เจ็ทหมุนควงแทนเจ็ทจากท่อเปล่าสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนและความสม่ำเสมอของการถ่ายเทความร้อนได้ เฉพาะกรณีของเจ็ทหมุนควงที่เงื่อนไขสเวิร์ลนัมเบอร์ Sw=0.40 ระยะจากปากทางออกของเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน L=2D, 4D และระยะห่างระหว่างลำเจ็ท S=2D, 4D เท่านั้น แต่ในกรณีที่ระยะห่างระหว่างลำเจ็ทเพิ่มขึ้นเป็น S=6D, 8D เจ็ทหมุนควงสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนได้เฉพาะบริเวณจุดที่เจ็ทพุ่งชนเท่านั้น และในกรณีที่ระยะจากปากทางออกของเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนเพิ่มขึ้นเป็น L=6D, 8D และ 10D หรือในกรณีที่เพิ่มสเวิร์ลนัมเบอร์ของเจ็ทเป็น Sw=0.62, 0.78, 0.94 พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทหมุนควงจะลดลง และมีลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่ซับซ้อน เมื่อเทียบกับกรณีของเจ็ทจากท่อเปล่า เนื่องจากเกิดการผสมระหว่างเจ็ทที่อยู่ใกล้กันก่อนพุ่งชนพื้นผิว

คำหลัก : เจ็ทหมุนควง เจ็ทพุ่งชน การถ่ายเทความร้อน เทอร์โมโครมิคลิควิดคริสตัล

ABSTRACT

Project Code : MRG4980085

Project Title : Heat Transfer Enhancement on a Surface Using Some Swirling Jets

Investigator : Asst. Prof. Dr. Chayut Nuntadusit

E-mail Address : chayut@me.psu.ac.th

Project Period : 15 May 2006 – 14 May 2008

This research focused on the effect of swirl intensity to heat transfer rate on jets impinged wall. The research was aimed to increase heat transfer rate and to improve uniformity of heat transfer distribution on an impinged wall by array of impinging swirling jets. In the experiment, a pipe nozzle with 16.5 mm of inside diameter was used. The swirling jets at different swirl intensity were generated by inserting a twisted tape which has different twist ratio in the pipe nozzle. The flow and heat transfer characteristics on impinged wall were studied for single jet and in-line arrangement of 3x3 of multiple jets impinging perpendicularly onto the wall. The experimental parameters were the distance from nozzle exit to impinged wall L=2D, 4D, 6D, 8D and 10D, jet-to-jet distance S=2D, 4D, 6D and 8D, Swirl number Sw=0.0, 0.40, 0.62, 0.78, 0.94 and conventional jet. All of the experiments were carried out at constant jet Reynolds number of 20,000. For heat transfer measurement, temperature distributions on impinged surface were measured using temperature sensitive liquid crystal (TLC) sheet and the distributions of convective heat transfer coefficient were analyzed with image processing technique. Flow patterns on the impinged surface were visualized using Oil film technique. In addition, the flow structures in swirling jet were investigated by dye injection method in water jet and were used to explain heat transfer mechanism on jet impinged surface.

The results show that the swirling jet from pipe nozzle with twisted tape is divided into two streams which flow obliquely to the jet axis at nozzle exit. When increase the Swirl number of jet, the angle between jet stream and jet axis at nozzle exit increases. These result in higher jet spreading rate and stronger mixing of jet with ambient fluid. And when the swirling jet impinges on a wall, two regions of maximum heat transfer rate appear near the stagnation point on impinged surface. This differs from non-swirl jet which the maximum heat transfer rate appears at stagnation point. In addition, the swirling jet for Sw=0.40 can increase heat transfer rate in stagnation region, particularly for the distance from nozzle exit to impinged surface L=2D and 4D, but when the Swirl number of jet and distance from nozzle exit to impinged wall becomes

larger, the heat transfer rate in jet impingement region decreases and the heat transfer pattern becomes complex when compare with the case of jet from conventional nozzle.

In the case of array of swirling impinging jets, using swirling jet instead of conventional jet, heat transfer rate increases and the uniformity of heat transfer on impinged surface improves particularly for the case of Sw=0.40, distance from nozzle exit to impinged surface L=2D and 4D, jet-to-jet distance S=2D and 4D. However, when increasing jet-to-jet distance to S=6D, 8D, swirling jets increases the rate of heat transfer only in each of jet impingement regions. And distance from nozzle exit to impinged surface is increased (L=6D, 8D and 10D) or Swirl number of jet is increased (Sw=0.62, 0.78 and 0.94), it is found that the heat transfer rate decreases and the heat transfer patterns become complex when compared with the case of conventional jets, because there is a mixing between adjacent swirling jets before impinging on surface.

Keywords : Swirling jet, Impinging jet, Heat transfer and Thermochromic liquid crystal