

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ COMSOL 3.3 ในการหาผลเฉลยของระบบสมการนาเวียร์-สโตกส์ จากการจำลองเจ็ทอากาศแบบราบเรียบสมมาตรตามแกนสองมิติ ในขั้นต้นเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์กับผลการทดลองจากเอกสารอ้างอิง โดยทำการเปรียบเทียบความเร็วที่ตำแหน่งแกนสมมาตรและการถ่ายเทความร้อนในรูปของค่านัสเซิลันัมเบอร์เฉพาะที่และเฉลี่ย พบว่า ผลจากการประมวลผลมีค่าใกล้เคียงกันกับผลการทดลองที่ได้จากเอกสารอ้างอิง นอกจากนี้ยังได้มีการทดสอบผลกระทบของความหนาแน่นของกริด ความหนาของผนังของหัวฉีดอีกด้วย และสำหรับโดเมนการคำนวณจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนแรกครอบคลุมการไหลของเจ็ท ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความสำคัญ และส่วนที่สองครอบคลุมอากาศแวดล้อม โดยกำหนดให้ความหนาแน่นของกริดในส่วนแรกสูงกว่าส่วนที่สอง ทั้งนี้เพื่อประหยัดเวลาและความจำของหน่วยประมวลผล

สำหรับการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการตกกระทบของเจ็ทลงบนพื้นผิวรอยนูนมเปรียบเทียบับแผ่นเรียบ พบว่า การถ่ายเทความร้อนของแผ่นรอยนูนมต่ำกว่าแผ่นเรียบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณตกกระทบของเจ็ท เนื่องจากรอยนูนมมีพื้นที่สัมผัสของไหลมากกว่า เป็นเหตุให้มีโมเมนต์ฟลักซ์น้อยกว่า สำหรับการศึกษการตกกระทบของเจ็ทลงบนพื้นผิวรอยนูนมนั้น ได้ศึกษาผลกระทบของตัวแปรพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ตัวเลขเรย์โนลด์ (Re) ในช่วง 400 ถึง 1200 ระยะห่างจากเจ็ทถึงแผ่นเป้าหมาย (H/D_j) ในช่วง 2 ถึง 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเจ็ท ความลึกของรอยนูน (d/D_j) ในช่วง 0.1 ถึง 0.2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางตามภาพฉายของรอยนูน และอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของเจ็ทกับเส้นผ่านศูนย์กลางตามภาพฉายของรอยนูน (D_j/D_o) ในช่วง 0.25 ถึง 1 พบว่า การถ่ายเทความร้อนของแผ่นรอยนูนมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ (1) ตัวเลขเรย์โนลด์ (Re) เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณโมเมนต์ที่สูงขึ้นของเจ็ท (2) ความลึกของรอยนูน (d/D_j) มีค่าลดลง เนื่องจากโมเมนต์ฟลักซ์บริเวณตกกระทบมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สนามการไหลที่ออกจากขอบรอยนูนมีการยกตัวต่ำลง ทำให้ไม่เกิดการไหลย้อนกลับหรือการแยกตัวของขอบเขต และ/หรือ (3) ขอบรอยนูนอยู่ไกลจากบริเวณเจ็ทหลังตกกระทบที่มีความเร็วสูง กล่าวคือ D_j/D_o มีค่าน้อยๆ หรือรอยนูนมมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับขนาดของเจ็ท เนื่องจากเจ็ทหลังตกกระทบที่ไหลมาถึงขอบรอยนูนมจะเหลือโมเมนต์อยู่น้อย ดังนั้นการยกตัวของขอบรอยนูนมจึงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย นอกจากนั้นการถ่ายเทความร้อนภายในรอยนูนมขนาดใหญ่จะคล้ายกันกับของแผ่นเรียบ แต่มีค่าน้อยกว่าเนื่องจากรอยนูนมขนาดใหญ่มีพื้นที่สัมผัสของไหลมากกว่า สำหรับระยะห่างจากเจ็ทถึงแผ่นเป้าหมาย (H/D_j) มีผลน้อยมากต่อการถ่ายเทความร้อนสำหรับเจ็ทแบบราบเรียบ เนื่องจากการถ่ายเทโมเมนต์ของเจ็ทที่กำลังตกลงมากับอากาศแวดล้อมมีค่าน้อย ส่งผลให้โมเมนต์ฟลักซ์บริเวณตกกระทบมีค่าไม่แตกต่างกัน

This thesis is to examine heat transfer and flow field of a 2D axisymmetric impinging jet on a dimpled plate by using finite element from a commercial software package, COMSOL 3.3, with Navier-Stokes equation system. The main work is divided into two parts: validation of the software and dimple impingement. Prior to studying the dimple impingement, the validation of the software is performed by comparing the processed data with the experimental ones obtained from literature. Local and average heat transfer results are shown in terms of local and average Nusselt numbers, and the velocities along the axis are selected to compare. Consequently, the results are in good agreement with those from literature. In addition to the validation, a technique of domain division is brought in order for the solution to converge and to save the processor memory and computational time. The effects of grid density and confinement of the jet are also in consideration.

For the dimple impingement, various parameters are considered such as Reynolds number (Re) ranging from 400 to 1200, jet-to-plate spacing (H/D_j) ranging from 2 to 8 jet diameters, dimple depth (d/D_d) ranging from 0.1 to 0.2 dimple diameters and ratio of jet diameter to dimple diameter (D_j/D_d) ranging from 0.25 to 1. The comparison of the heat transfer of a dimpled plate to a flat plate, which is used as a baseline case, shows that the dimple leads to heat transfer reduction due to its additional wetted area. Furthermore, the presence of the curvature lifts the fluid at the dimple edge and the flat portion adjacent to the dimple, and this causes the fluid to exchange more amount of momentum to the ambient air other than to the target plate like in the case of flat plate impingement. Notwithstanding, for the dimple impingement alone, Heat transfer augmentation is found when firstly the Reynolds number is increased, because the momentum level of the jet is increased as a consequence. Secondly, the dimple depth is decreased causing less curvature. Thus, the spent fluid escapes from the indentation easier. Thirdly, the ratio D_j/D_d is reduced (or large dimple), and the dimple edge appears far from the stagnation zone. The heat transfer is enhanced due to the fact that the low momentum wall jet is lifted at the dimple edge; hence before the dimple edge the local heat transfer graph trend is similar to that of the flat plate. However, the jet-to-plate spacing (H/D_j) did not affect the heat transfer of the laminar jet, because the oncoming jet transfers a small amount of momentum with ambient air. Once it impacts on the target surface, its remains almost similar momentum in each case of H/D_j .