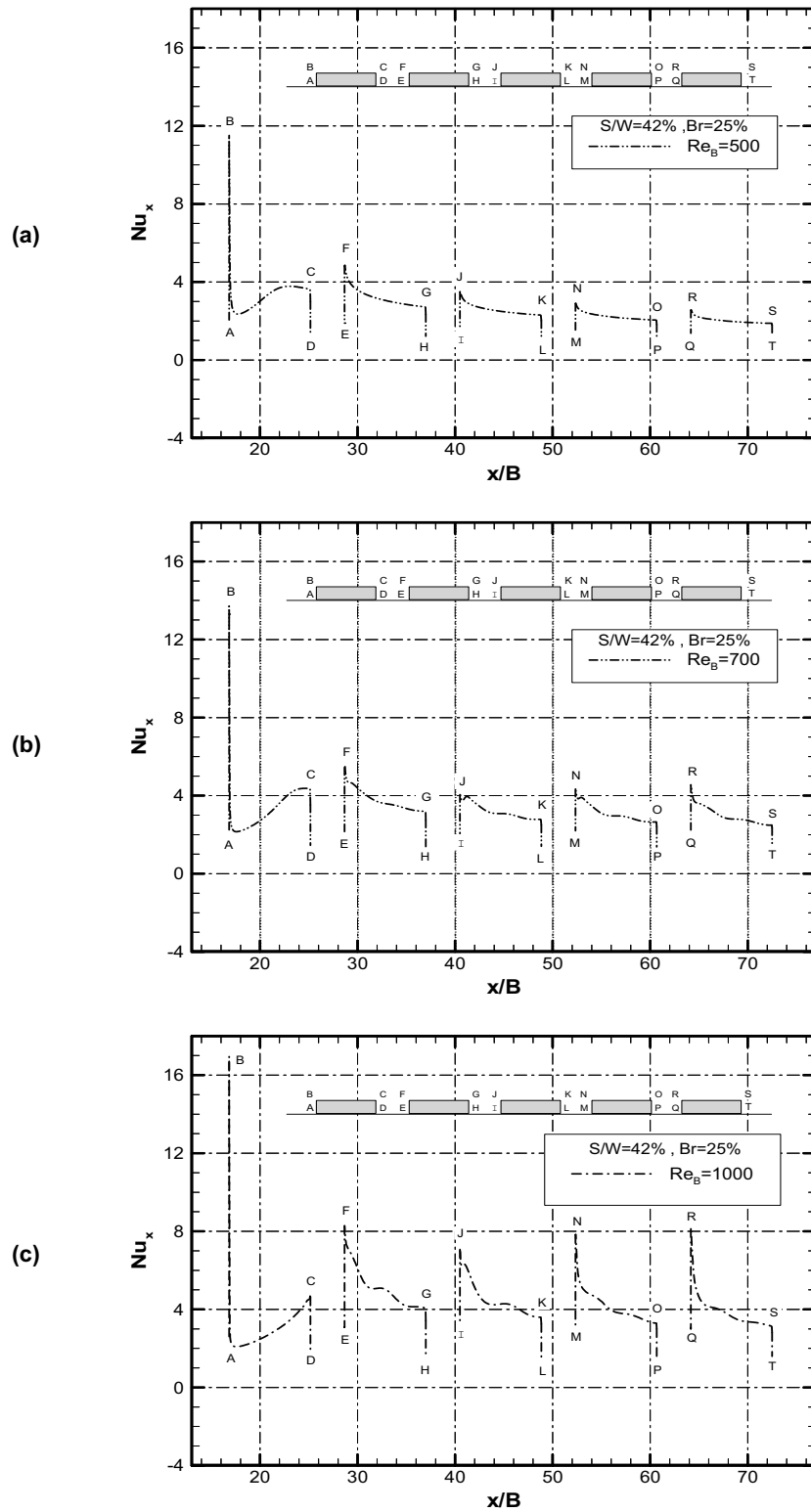
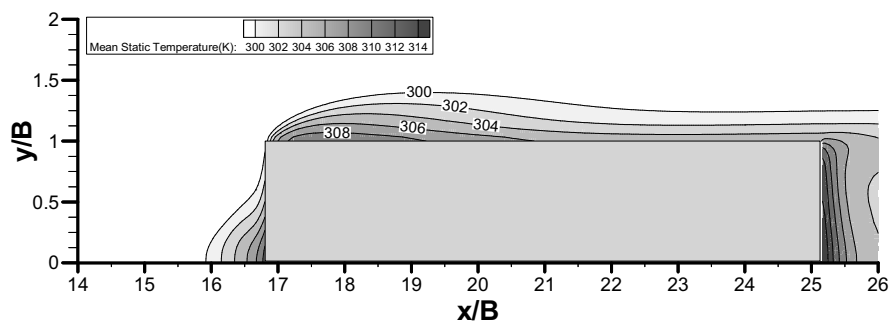
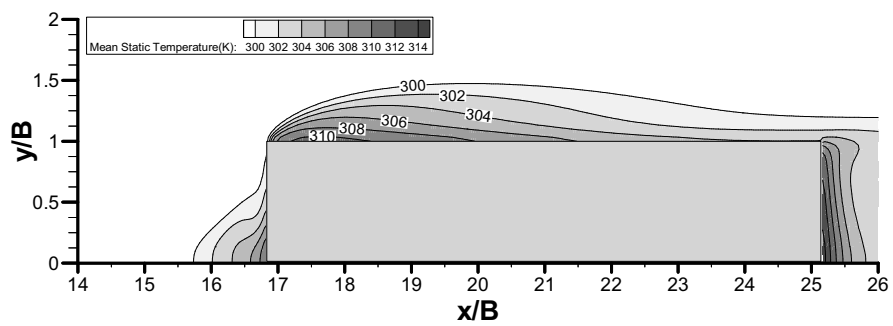




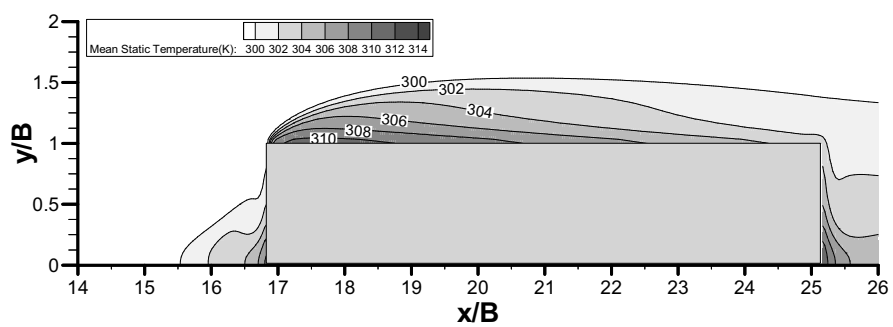
รูปที่ 3.14 กระจายตัวของค่าตัวเลขสเซลท์เฉพาะตำแหน่ง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง
(a) $Re_B = 500$, (b) $Re_B = 700$ และ (c) $Re_B = 1000$



(a) $Re_B = 500$



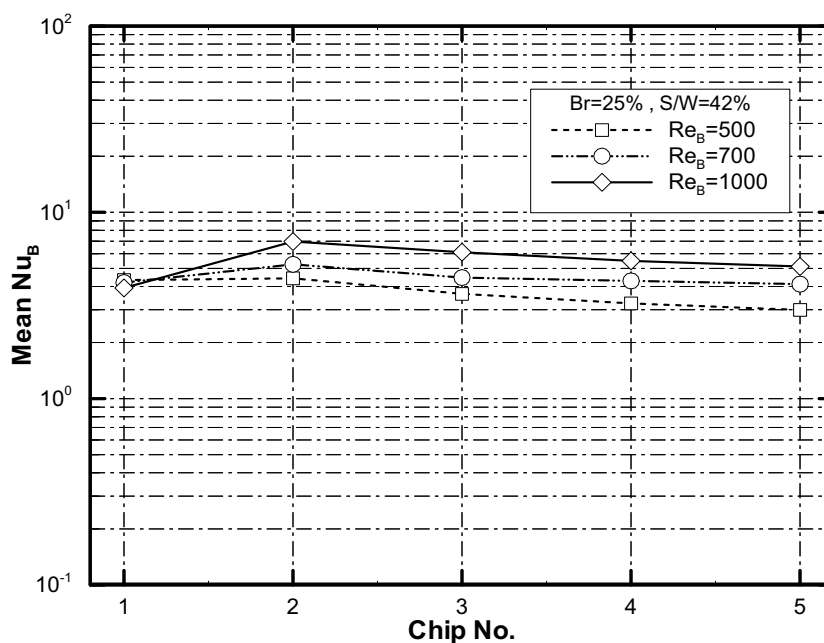
(b) $Re_B = 700$



(c) $Re_B = 1000$

รูปที่ 3.15 contour ของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ (a) $Re_B = 500$, (b) $Re_B = 700$ และ (c) $Re_B = 1000$

ส่วนการกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งในชิพความร้อนตัวที่ 2, 3, 4 และ 5 ที่ค่าตัวเลขเรย์โนลเท่ากับ 500 จะมีค่าต่ำกว่าที่กรณีค่าตัวเลขเรย์โนลเท่ากับ 700 และ 1000 ตามลำดับ เหตุผลเพราะว่าที่ค่าตัวเลขเรย์โนลเท่ากับ 500 นั้นการไหลในชิพตัวที่ 2 – 5 นั้นจะเข้าสู่การไหลแบบสภาวะคงตัวเนื่องจากมีค่าแรงเนื่องจากความเฉื่อยไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้การไหลยังคงต่อเนื่องเป็นการไหลในสภาวะไม่คงตัว รูปที่ 3.16 แสดงค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลในชิพความร้อนแต่ละตัว ($\text{Mean Nu}_B = \overline{\text{Nu}}_B = \bar{h}B/k$) จากการคำนวณพบว่าชิพความร้อนตัวที่ 2 ของทั้งสามกรณีของค่าตัวเลขเรย์โนล พบว่ามีแนวโน้มที่แตกต่างกันโดยค่าตัวเลขเรย์โนลเท่ากับ 500 มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลคล้ายกับการไหลในสภาวะคงตัว กล่าวคือมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลสูงสุดที่ชิพตัวที่ 1 และต่ำสุดที่ชิพตัวที่ 5 ซึ่งแสดงว่าการไหลบรรจบบนผนังชิพตัวที่ 1 ยังมีอิทธิพลน้อยอยู่ แต่ในกรณีค่าตัวเลขเรย์โนลที่ 700 และ 1000 กลับมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลสูงสุดที่ชิพตัว 2 ซึ่งผลการคำนวณนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Meinders *et al.*[15] ที่ทำการทดลองการไหลและการถ่ายเทความร้อนของชิพจำนวน 6 ตัว พบว่าที่ค่าตัวเลขเรย์โนลสูงนั้นชิพความร้อนตัวที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงกว่าชิพตัวที่ 1 เนื่องจากผนังด้านบนของชิพความร้อนตัวแรกมีการสะสมอุณหภูมิอันเกิดจากการไหลบรรจบบนผนังชิพ

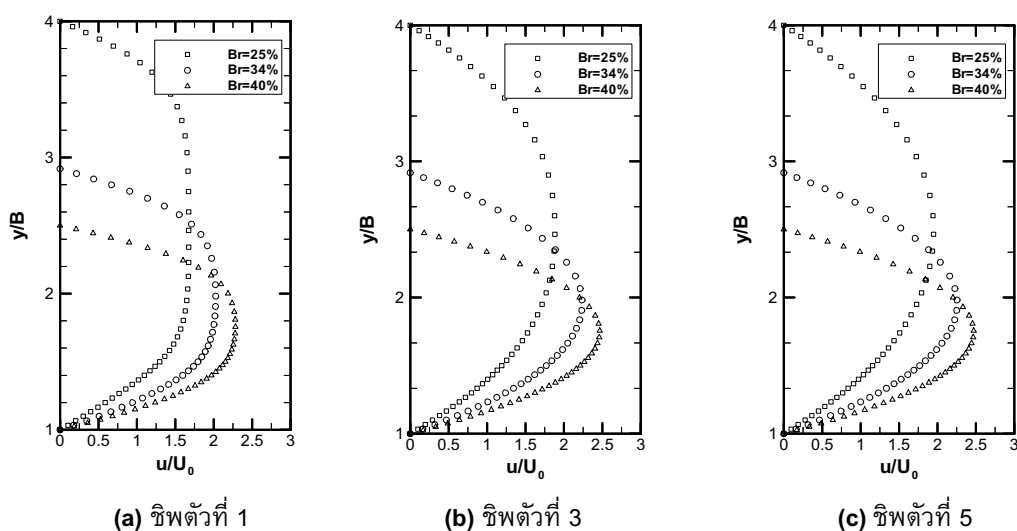


รูปที่ 3.16 ค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลของชิพแต่ละตัวที่ Re_B ต่างกัน

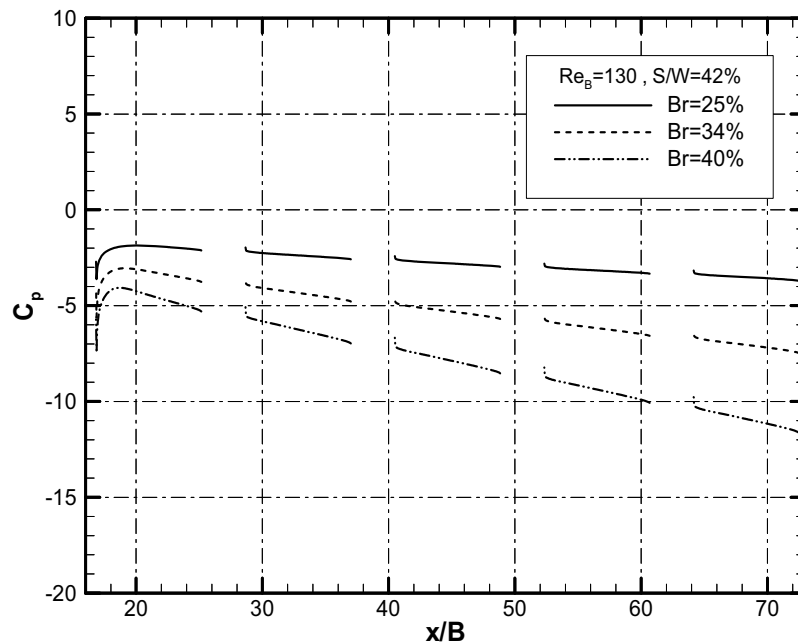
3.7.2 ผลกระทบของค่าอัตราส่วนความสูงของชิฟต่อความสูงของแบบจำลองการไหล

3.7.2.1 การไหลในสภาวะคงตัว

การคำนวณหาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนความสูงของชิฟ ต่อความสูงของแบบจำลองการไหล (blockage ratio: $Br = B/H$) ในสภาวะการไหลคงตัวได้ทำการคำนวณที่ค่า 12.5%, 25%, 34% และ 40% ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนความสูงของชิฟ ต่อความสูงของแบบจำลองการไหลในสภาวะการไหลคงตัวนี้ พบว่าทำให้การกระจายของความเร็ว (velocity profile) เหนือผนังของชิฟความร้อนเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ซึ่งเป็นการกระจายค่าความเร็วบริเวณด้านบนของผนังชิฟตัวที่ 1 ตัวที่ 3 และตัวที่ 5 ตามลำดับ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางตามความยาวของชิฟ โดยการคำนวณได้กระทำที่ค่า $Re_B = 130$ และ $S/W = 42\%$ จากรูปพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่า Br มีผลทำให้ค่า $u/U_{|_{max}}$ มีค่าเพิ่มขึ้น การกระจายของความเร็วในชิฟความร้อนตัวที่หนึ่งยังคงอยู่ในช่วงการพัฒนา (developing region) เนื่องจากรูปทรงของการกระจายเอง การพัฒนาเริ่มสมบูรณ์ตั้งแต่ชิฟความร้อนตัวที่ 3 เป็นต้นไป เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของความดันบนผนังของชิฟความร้อนที่กรณี 25%, 34% และ 40% พบว่าลักษณะการกระจายตัวของความดันมีลักษณะการกระจายตัวเช่นเดียวกับการคำนวณผลกระทบจากค่าตัวเลขเรย์โนลด์ที่ผ่านมา ซึ่งยังคงอยู่ในลักษณะการกระจายตัวของกรไหลแบบคงตัว แต่ผลของการเพิ่มค่า Br พบว่าทำให้มีค่าความชันของความดันของการไหลสูงขึ้นประมาณ 52% ถ้า Br มีค่าเพิ่มขึ้น 26.4% และสูงขึ้นประมาณ 70% ถ้าค่า Br เพิ่มขึ้น 37.5% ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มค่า Br มีผลต่อค่าความดันตกคร่อมของการไหล ทั้งนี้เพราะการเพิ่มค่า Br ทำให้ช่องไหลไหลผ่านช่องระหว่างผนังที่มีพื้นที่น้อยได้ยากขึ้น การกระจายตัวของความดันแสดงในรูปที่ 3.18

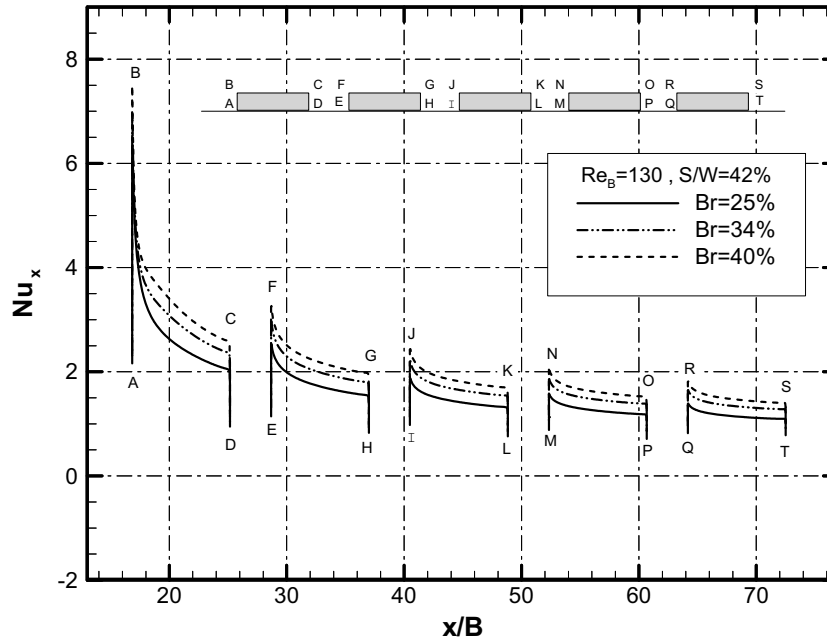


รูปที่ 3.17 การกระจายตัวของความเร็วในการคำนวณผลกระทบจากค่า Br ที่ค่า $Re_B = 130$, $S/W = 42\%$

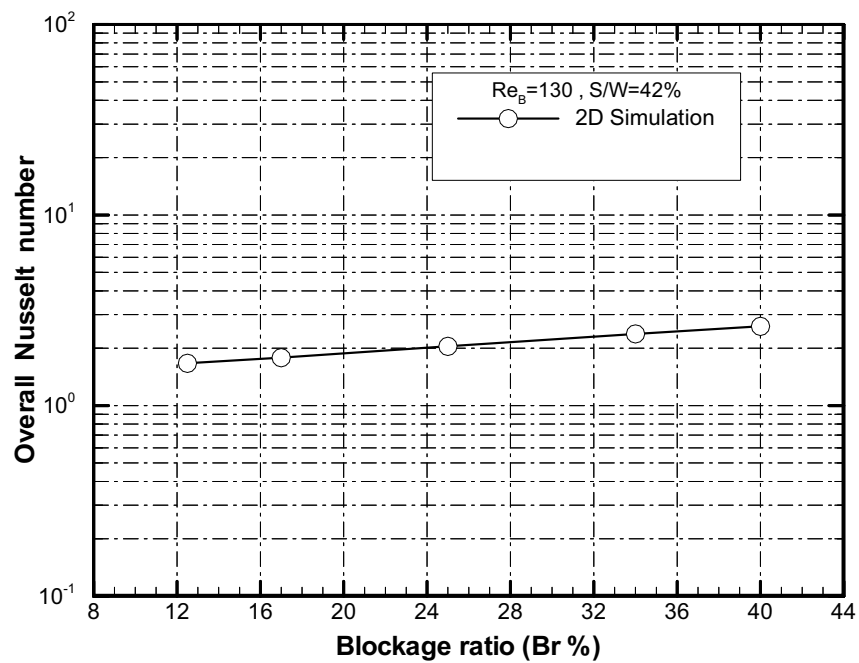


รูปที่ 3.18 การกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์ความดันของการคำนวณผลกระทบค่า Br

สำหรับผลกระทบในด้านการถ่ายเทความร้อนของชิพความร้อน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.19 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่ง พบว่าที่ค่า $Br = 25\%$ ค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งของชิพทุกตัวมีค่าน้อยกว่ากรณีของ $Br = 34\%$ และ 40% เมื่อพิจารณาในรูปของค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวม พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การเพิ่มของ Br นั่นคือ ถ้าค่า Br เพิ่มขึ้น 26.4%, 50%, 63.2% และ 69% ชิพความร้อนมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวมเพิ่มขึ้น 6.5%, 18.5%, 30% และ 36% ตามลำดับที่ค่า $Re_B = 130$, $S/W = 42\%$ ดังแสดงในรูปที่ 3.20 เนื่องจากการเพิ่มค่าพารามิเตอร์นี้ทำให้ความเร็วภายในแบบจำลองการไหลมีค่าสูงขึ้นดังรูป 3.17 ซึ่งมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของชิพ โดยผลการคำนวณนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hacoheh *et al.* [16] ซึ่งได้ทำการทดลองการถ่ายเทความร้อนของชิพความร้อนในกรณีการพาความร้อนแบบอิสระและแบบบังคับ โดยผลการทดลองในกรณีการพาความร้อนแบบบังคับ พบว่าการลดความสูงของผนังแบบจำลองการไหลลง สามารถทำให้ชิพความร้อนมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงขึ้นได้มากกว่าการเพิ่มความสูงของผนังแบบจำลองการไหล และผลการคำนวณยังมีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Suksangpanomrung [17] และ Velayati *et al.* [18] ที่ได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนในแท่งวัตถุทรงสี่เหลี่ยม (bluff rectangular plate) ซึ่งพบว่าการเพิ่มค่า Br ที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ต่ำๆ ส่งผลดีต่อการถ่ายเทความร้อนของแท่งวัตถุทรงสี่เหลี่ยม



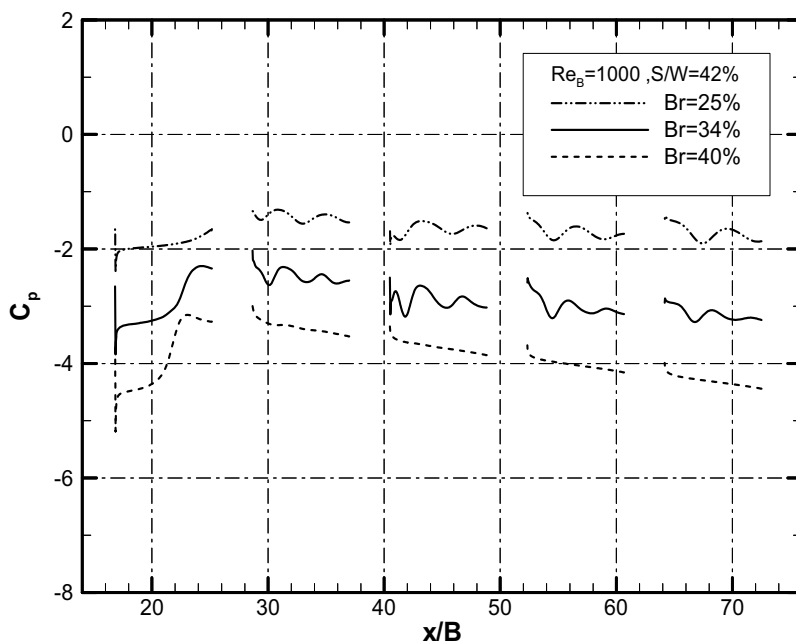
รูปที่ 3.19 ค่าตัวเลขนัสเซลท์เฉพาะที่ของการคำนวณผลกระทบค่า Br



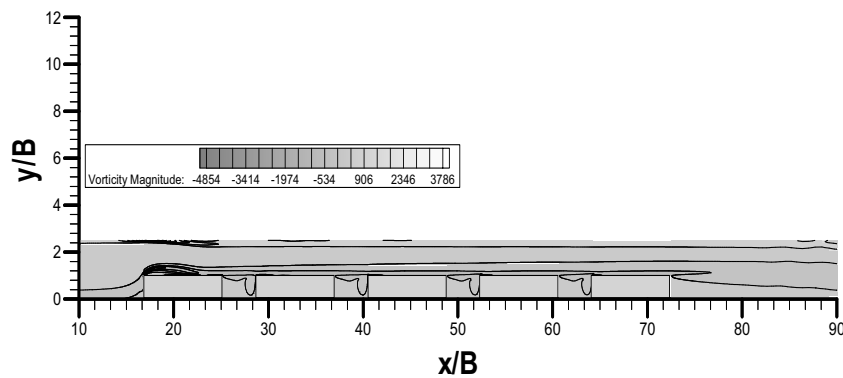
รูปที่ 3.20 ค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลท์โดยรวมของการคำนวณผลกระทบ Br

3.7.2.2 การไหลในสภาวะไม่คงตัว

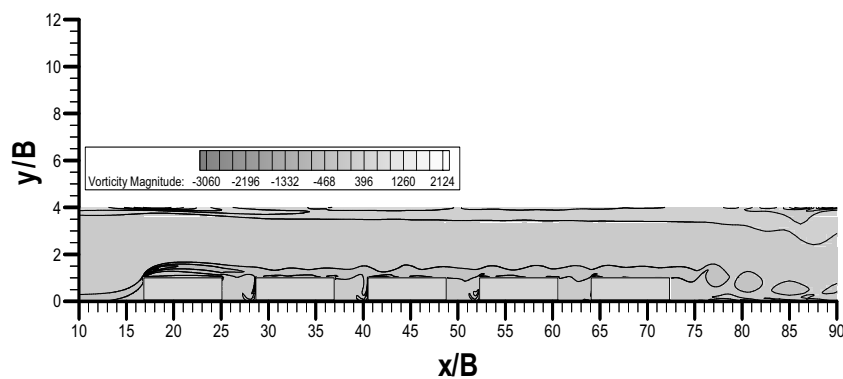
การคำนวณหาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนความสูงของชิพ ต่อความสูงของแบบจำลองการไหลในสภาวะการไหลไม่คงตัวกระทำการคำนวณในช่วง 25% ถึง 40% ที่ $S/W = 42\%$ และที่ $Re_B = 1000$ สำหรับผลจากการเปลี่ยนแปลงค่า Br ในสภาวะการไหลไม่คงตัวพบว่า การเพิ่มค่า Br ทำให้การไหลบรรจบหรือเขตการไหลหมุนวนมีขนาดลดลง ถึงแม้การไหลมีค่าตัวเลขเรย์โนลด์สูงก็ตาม แสดงว่าค่า $\bar{X}r/B$ บนผนังชิพเป็นฟังก์ชันทั้งของค่าตัวเลขเรย์โนลด์และค่า Br โดยค่า $\bar{X}r/B$ นี้มีเท่ากับ 8.7, 6.67 และ 5.67 สำหรับค่า $Br = 25\%$, 34% และ 40% ตามลำดับสำหรับการกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์ของความดันในกรณีการเปลี่ยนแปลงค่า Br พบว่าการกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์ความดันในชิพความร้อนตัวที่ 2, 3, 4 และ 5 ของกรณี 25% และ 34% มีการกระจายตัวที่ไม่ราบเรียบเกิดการสั่นตลอดความยาวบนผนังชิพ โดยมีความแตกต่างจากกรณี 40% ซึ่งพบการกระจายตัวค่อนข้างราบเรียบดังรูปที่ 3.21 และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.22 ได้พบว่าการเพิ่มค่า $Br = 40\%$ นั้นเป็นการหน่วงให้สภาวะการไร้เสถียรภาพเกิดช้าลงส่งผลให้การไหลเปลี่ยนพฤติกรรม การไหลจากการไหลในสภาวะไม่คงตัวเป็นการไหลในสภาวะคงตัวที่มีเสถียร ภาพแม้ว่าการไหลจะมีค่าตัวเลขเรย์โนลด์สูงก็ตาม



รูปที่ 3.21 ค่าสัมประสิทธิ์ความดันชั่วขณะของการคำนวณผลกระทบค่า Br



(a) $Br = 40\%$

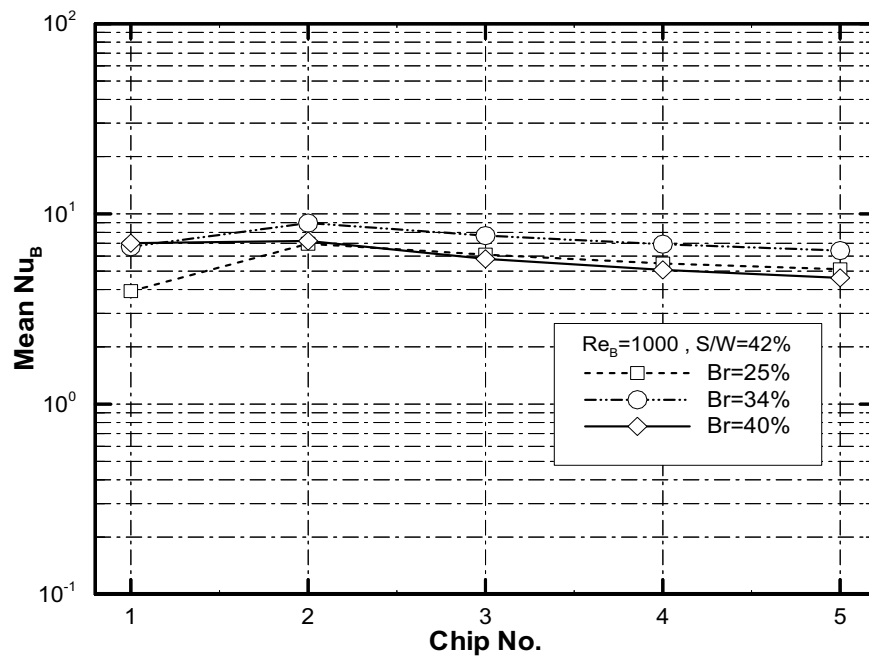


(b) $Br = 25\%$

รูปที่ 3.22 contour line ของความเร็ว ณ เวลาใด ๆ ที่ค่า $Re_B = 1000$, $S/W = 42\%$

การกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งในกรณี $Br = 25\%$, 34% และ 40% พบว่าในชีพวัตที่ 1 ของกรณี 25% การกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งบนผนังชีพมีค่าลดลง แต่เมื่อทำการเพิ่มเป็นกรณี 34% และ 40% พบว่ามีการกระจายตัวที่ดีขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลของการไหลบรรจบบนผนังของชีพมีค่าลดลง จึงทำให้ชีพวัตที่ 1 สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น สำหรับชีพวัตที่ 2, 3, 4 และ 5 พบว่าในกรณี $Br = 40\%$ นั้นการกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งค่อนข้างราบเรียบกว่ากรณี $Br = 25\%$ และ 34% ทั้งนี้เป็นผลมาจากคุณลักษณะการไหลที่กลับเปลี่ยนเป็นสภาวะคงตัว และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนในแต่ละกรณีนั้น การถ่ายเทความร้อนของชีพวัตที่ 2, 3, 4 และ 5 ที่ค่า $Br = 25\%$ มีค่าน้อยกว่าที่กรณี $Br = 34\%$ ซึ่งสอดคล้องกับผลการคำนวณในสภาวะการไหลคงตัว แต่เมื่อทำการเพิ่มค่า Br เป็นกรณี 40% การถ่ายเทความร้อนของชีพวัตที่ 2 ถึงวัตที่ 5 กลับมีค่าลดต่ำลงกว่ากรณี $Br = 25\%$ และ 34% ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับการคำนวณในสภาวะการไหลคงตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.23

ผลจากการคำนวณค่า Br นี้สามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มค่า Br ให้มีค่าสูงมากจนถึงจุดหนึ่ง คุณสมบัติการไหลจะเกิดการปรับเปลี่ยนจากการไหลในสภาวะไม่คงตัว ไปสู่การไหลในสภาวะคงตัว ทำให้มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนลดลง ดังนั้นการเพิ่มค่าพารามิเตอร์นี้ควรอยู่ในขอบเขตที่ไม่มากเกินไปเพื่อให้เกิดการไหลที่ไร้เสถียรภาพและมีการก่อตัวของกระแสวนเพื่อช่วยรับและพาความร้อนออกไป ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของชิพความร้อนโดยรวมดีขึ้น นั่นคือ ถ้าค่า Br เพิ่มขึ้น 26.4% ชิพความร้อนมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวมเพิ่มขึ้น 24.8% และถ้าให้ค่า Br เพิ่มขึ้น 37.5% ชิพความร้อนมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวมเพิ่มขึ้นเพียง 7.1% เท่านั้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มค่า Br ในสภาวะการไหลไม่คงตัวยังมีค่ามากกว่าในสภาวะการไหลคงตัว ณ ค่าตัวเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 130 ประมาณ 67.6% และ 56.17% เมื่อค่า Br เพิ่มขึ้น 26.4% และ 37.5% ตามลำดับ

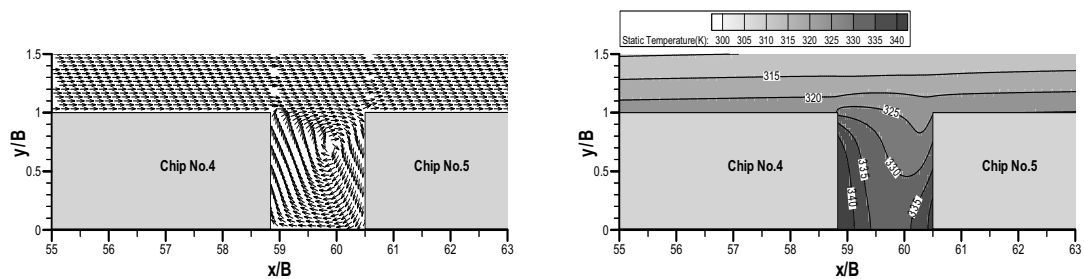


รูปที่ 3.23 ค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลของชิพแต่ละตัวของการคำนวณผลกระทบค่า Br

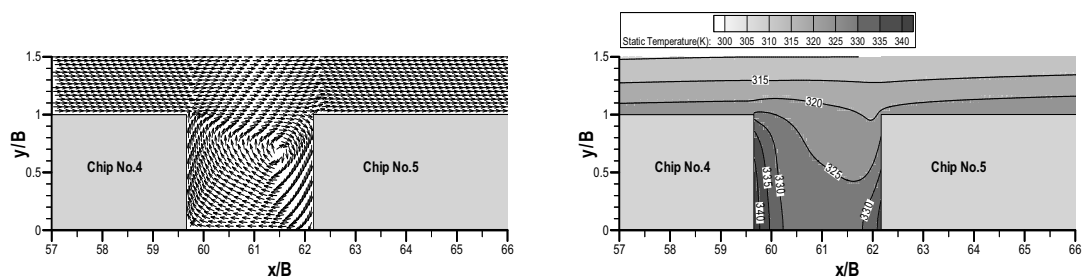
3.7.3 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนระยะห่างของชิพต่อความยาวของชิพ

3.7.3.1 การไหลในสภาวะคงตัว

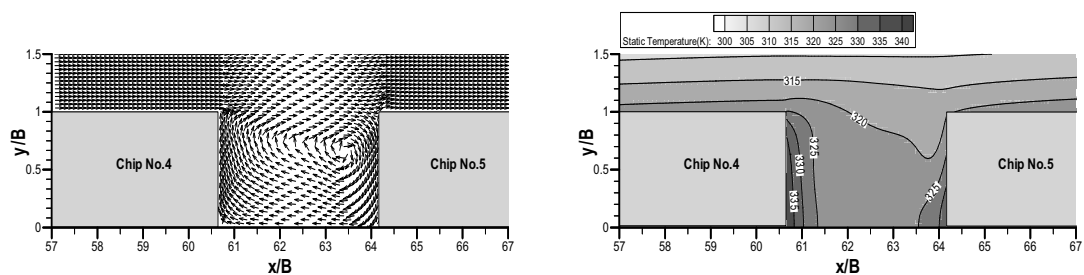
การคำนวณหาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนระยะห่างของชิพความร้อนต่อความยาวของชิพ (S/W) ที่มีผลต่อพฤติกรรมกรไหลและการถ่ายเทความร้อน โดยทำการคำนวณในช่วง 20% ถึง 100% โดยเงื่อนไขของการคำนวณกระทำที่ $Re_B = 130$ และ $Br = 25\%$



(a) S/W = 20%



(b) S/W = 30%

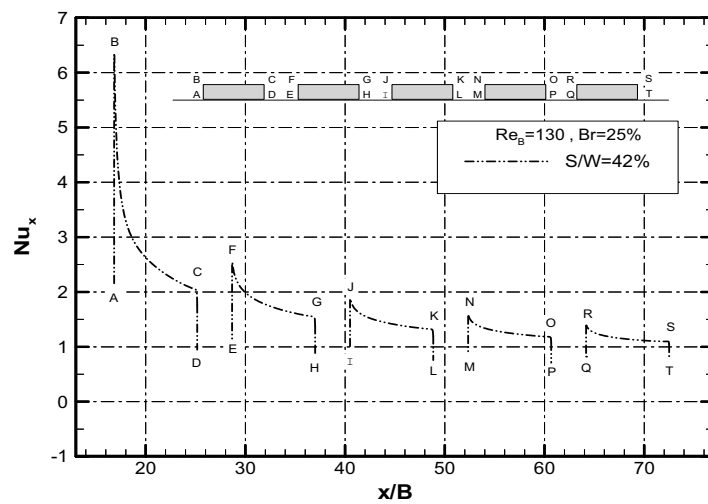
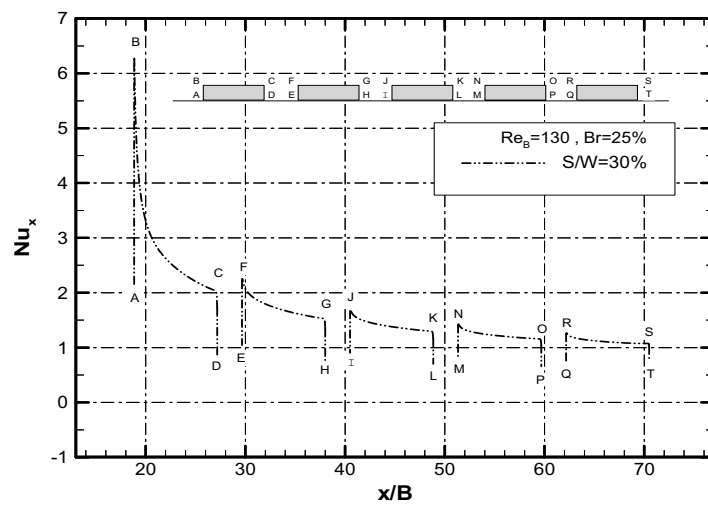
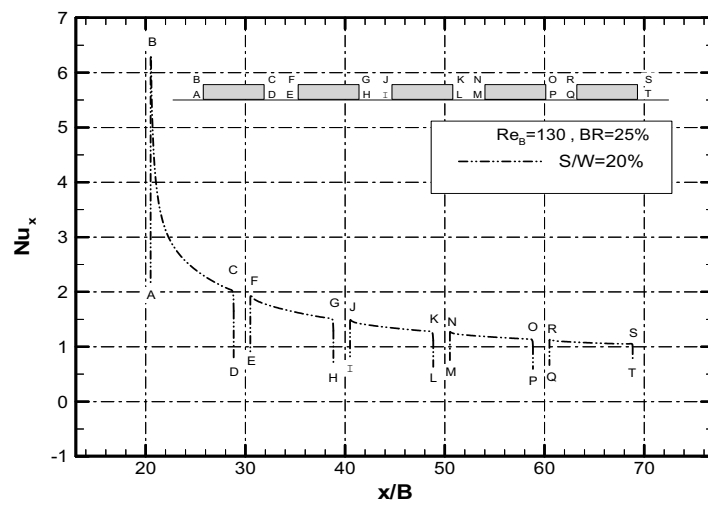


(c) S/W = 42%

รูปที่ 3.24 เวกเตอร์ความเร็วและการกระจายตัวของอุณหภูมิในพื้นที่ระหว่างชิพตัวที่สี่และตัวที่ห้า

จากรูปที่ 3.24 ซึ่งเป็นภาพแสดงเวกเตอร์ความเร็วในพื้นที่ระหว่างชิพตัวที่ 4 และตัวที่ 5 ที่ค่า S/W เท่ากับ 20%, 30% และ 42% ตามลำดับพบว่าในทุกกรณีนั้นได้เกิดการหมุนวนของกระแสการไหลขึ้น โดยจุดศูนย์กลางของกระแสหมุนวนได้เกิดขึ้นใกล้กับผนังของชิพตามทิศทางการไหลเยื้องไปทางมุมขวาบน ซึ่งเป็นอิทธิพลจากค่าตัวเลขเรย์โนลด์ และไม่พบกระแสการไหลหมุนวนในบริเวณมุมล่างผนังของช่องระหว่างชิพตัวที่ 4 ตัวที่ 5 และในช่องระหว่างชิพตัวอื่นๆ ซึ่งการหมุนวนของกระแสการไหลมีขนาดเพิ่มขึ้นตามค่า S/W ที่สูงขึ้น สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของความดันของการไหลที่ค่า S/W ต่างกัน พบว่าลักษณะการกระจายตัวคล้ายกันและมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มค่า S/W มีผลกระทบต่อค่าความดันตกคร่อมของการไหลน้อย ในด้านการถ่ายเทความร้อนพบว่ากระแสการกระจายตัวของอุณหภูมิในช่องว่างระหว่างชิพตัวที่ 4 กับตัวที่ 5 นั้นการหมุนวนของกระแสการไหลในตำแหน่งใกล้เคียงกับผนังเยื้องไปทางมุมขวาบนของชิพตัวที่ 5 และมีทิศทางการไหลหมุนวนในทิศตามเข็มนาฬิกานั้น จะทำให้อุณหภูมิของผนังชิพตัวที่ 5 ลดลงแต่ที่ผนังของชิพตัวที่ 4 ยังพบการสะสมของอุณหภูมิอยู่ ซึ่งแสดงว่าการเกิดกระแสหมุนวนภายในช่องระหว่างชิพสามารถช่วยลดอุณหภูมิบนผนังชิพได้บางส่วน ไม่สามารถลดอุณหภูมิบนผนังของชิพได้ทั้งหมด

รูปที่ 3.25 การกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งสำหรับในกรณี S/W = 20% ณ ตำแหน่ง C ซึ่งเป็นตำแหน่งบนผนังด้านท้ายของชิพตัวที่ 1 มีค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งสูงกว่าตำแหน่ง F ซึ่งเป็นตำแหน่งด้านหน้าของชิพตัวที่ 2 โดยชิพตัวที่ 3, 4 และ 5 มีลักษณะการกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นระหว่างตัวที่ 1 กับตัวที่ 2 การที่ตำแหน่ง C มีค่าสูงกว่าตำแหน่ง F นั้นน่าจะเป็นผลมาจากการลดระยะห่างระหว่างชิพ ซึ่งเป็นการลดการปะทะของกระแสการไหลที่สามารถทำให้ค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่ง ณ มุมผนังมีค่าสูงขึ้นได้ ซึ่งจะแตกต่างจากกรณี S/W = 30% และ 40% ที่ค่าการกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งที่ F มีค่าสูงกว่าที่ C เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของการเพิ่มค่า S/W พบว่าการเพิ่มค่า S/W สามารถช่วยเพิ่มค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวมให้มีค่าสูงขึ้นได้ ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับการทดลอง [4] นั่นคือ ถ้าค่า S/W เพิ่มขึ้น 33.3%, 52.3%, 72% และ 80% ชิพความร้อนมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวมเพิ่มขึ้น 2.2%, 4.5%, 8% และ 10.1% ตามลำดับ สำหรับการคำนวณที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์เดียวกัน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการเพิ่มค่า S/W นั้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ว่างระหว่างชิพซึ่งทำให้อากาศที่หมุนอยู่ระหว่างพื้นที่นี้มีปริมาณมากขึ้นส่งผลให้สามารถพาความร้อนได้ดีกว่าอากาศหมุนในช่องแคบๆ ซึ่งชิพสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่กันได้ง่าย



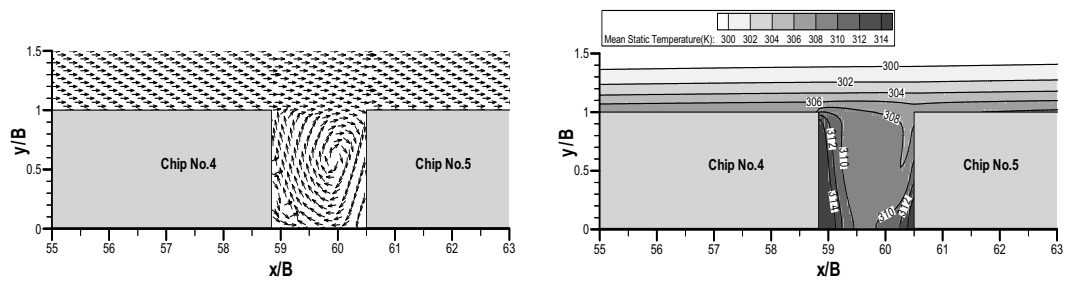
รูปที่ 3.25 ค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งกับการคำนวณผลกระทบค่า S/W

3.7.3.2 การไหลในสภาวะไม่คงตัว

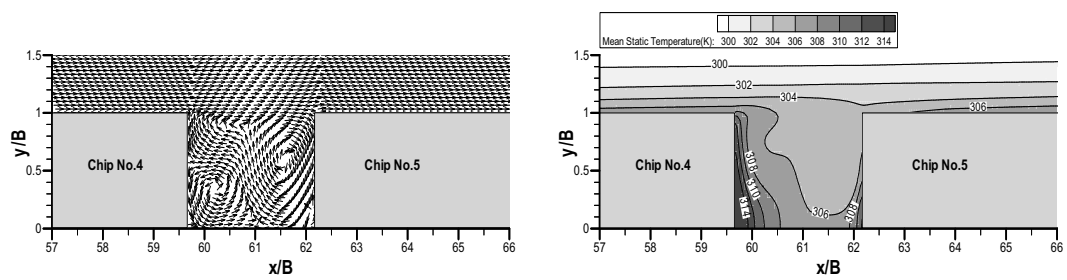
การคำนวณหาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนระยะห่างของชิฟต่อความยาวของชิฟ (S/W) ที่มีผลต่อพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อน โดยกระทำการคำนวณในช่วง 20% ถึง 71% โดยเงื่อนไขของการคำนวณกระทำที่ $Re_B = 1000$ และ $Br = 25\%$

ในรูปที่ 3.26 ซึ่งเป็นภาพแสดงเวกเตอร์ความเร็วในช่องว่างระหว่างชิฟตัวที่ 4 และตัวที่ 5 ในรูปค่าเฉลี่ยต่อเวลาจากกรณี $S/W = 20\%$, 30% และ 42% ตามลำดับ ซึ่งได้เกิดการหมุนวนของกระแสการไหลภายในพื้นที่ว่างระหว่างชิฟทั้งสองตัวขึ้น โดยเกิดจุดศูนย์กลางของกระแสการไหลหมุนวนจำนวน 2 ตำแหน่ง โดยกระแสการไหลหมุนวนทั้งสองนั้นหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน ซึ่งการหมุนวนเช่นนี้ไม่พบในการคำนวณในสภาวะการไหลคงตัวซึ่งมีค่าตัวเลขเรย์โนลด์ต่ำ นอกจากนี้ขนาดของกระแสการไหลหมุนวนภายในช่องว่างนี้มีขนาดเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มค่า S/W และพบว่า การหมุนวนที่เกิดขึ้นภายในช่องว่างระหว่างชิฟไม่สามารถลดอุณหภูมิในช่องว่างระหว่างชิฟได้ทั้งหมด สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของความดันช่วงเวลานั้น พบว่าชิฟความร้อนตัวที่ 1 มีลักษณะการกระจายตัวที่คล้ายกันกับที่เกิดกับกรณีการศึกษาอิทธิพลของค่าตัวเลขเรย์โนลด์ในสภาวะการไหลไม่คงตัว แต่ในชิฟตัวที่ 2 ถึงตัวที่ 5 มีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งการเพิ่มค่า S/W ทำให้เกิดการแกว่งของค่าสัมประสิทธิ์ของความดันอย่างรุนแรงตลอดความยาวของผนังชิฟตัวที่ 2 ถึงตัวที่ 5 เหตุผลเพราะการเพิ่มพื้นที่ระหว่างชิฟนั้นทำให้เกิดการไหลแตกแยก ณ มุมผนังชิฟแต่ละตัวได้ง่ายขึ้นและทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของความดันสูง พร้อมทั้งทำให้เสถียรภาพของการไหลถูกรบกวนมากขึ้น

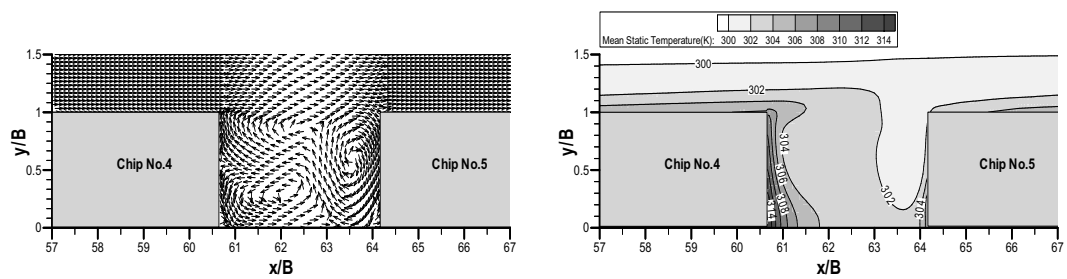
สำหรับผลในด้านการถ่ายเทความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงค่า S/W นี้ พิจารณาจากรูปที่ 3.27 พบว่าการกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่ง สำหรับในกรณี $S/W = 20\%$ มีลักษณะที่แตกต่างจากกรณี $S/W = 30\%$ และ 42% โดยมีการกระจายตัวที่น้อยกว่าซึ่งสอดคล้องกับการคำนวณในสภาวะการไหลคงตัว และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลของชิฟแต่ละตัว พบว่าค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลของชิฟตัวที่ 1 จากทั้ง 3 กรณีมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากการเพิ่มค่า S/W ไม่สามารถช่วยลดขนาดของการไหลบรรจบบนผนังชิฟได้ แต่สำหรับในชิฟตัวอื่นๆ นั้น พบว่ามีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลแตกต่างกันตามการเพิ่มขึ้นของค่า S/W นี้ ซึ่งชิฟตัวที่ 5 มีความแตกต่างกันมากที่สุดโดยชิฟมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลเท่ากับ 3.5344, 4.0480, 5.1189, 6.2130 ที่ค่า $S/W = 20\%$, 30% , 42% และ 71% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.28 และเมื่อพิจารณาผลของค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวมพบว่าการเพิ่มค่า S/W ทำให้ชิฟมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวมเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับการไหลในสภาวะคงตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.29 นั่นคือ ถ้าค่า S/W เพิ่มขึ้น 33.3%, 52.3% และ 72% ชิฟความร้อนมีค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซลโดยรวมเพิ่มขึ้น 10.2%, 19.4% และ 30.6% ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าในสภาวะการไหลคงตัว ณ ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ 130 ประมาณ 60%, 63% และ 77.7% ตามลำดับ



(a) $S/W = 20\%$

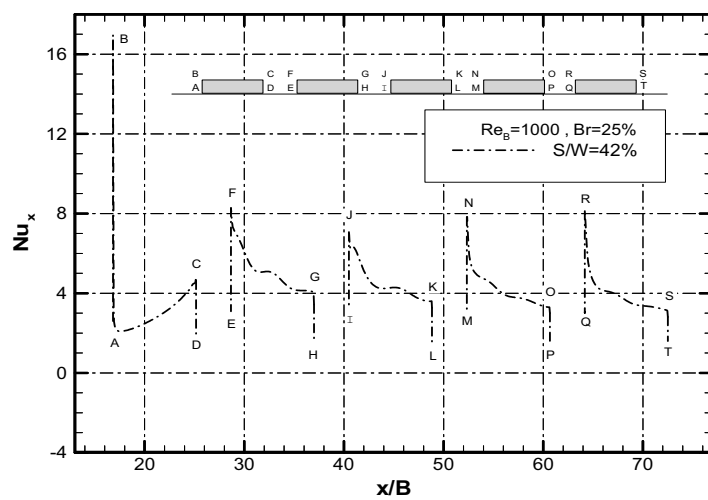
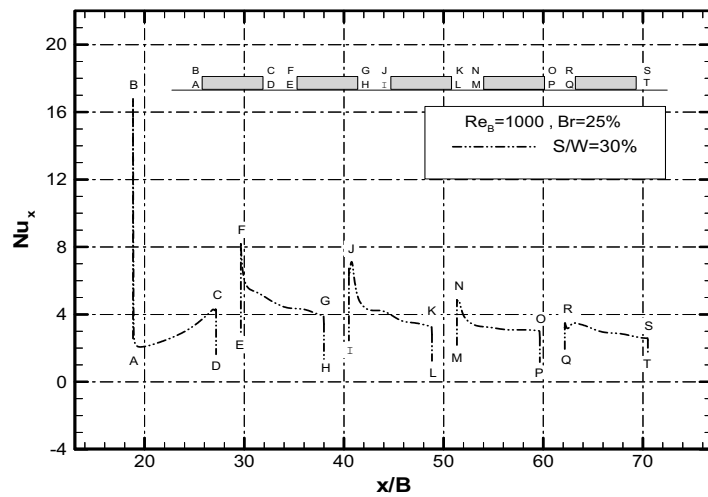
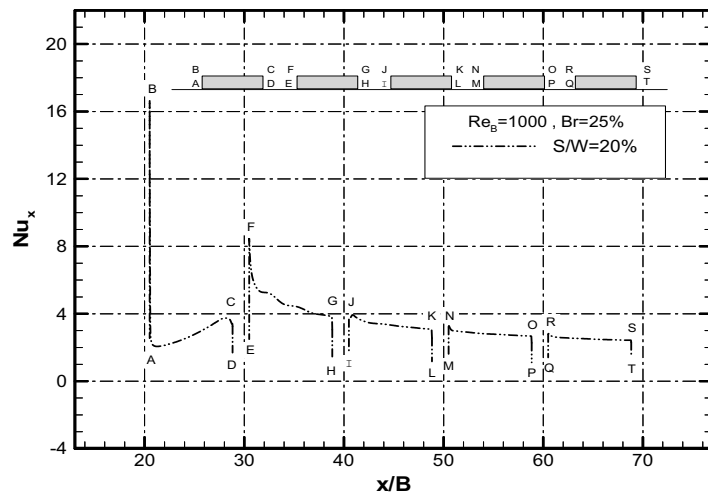


(b) $S/W = 30\%$

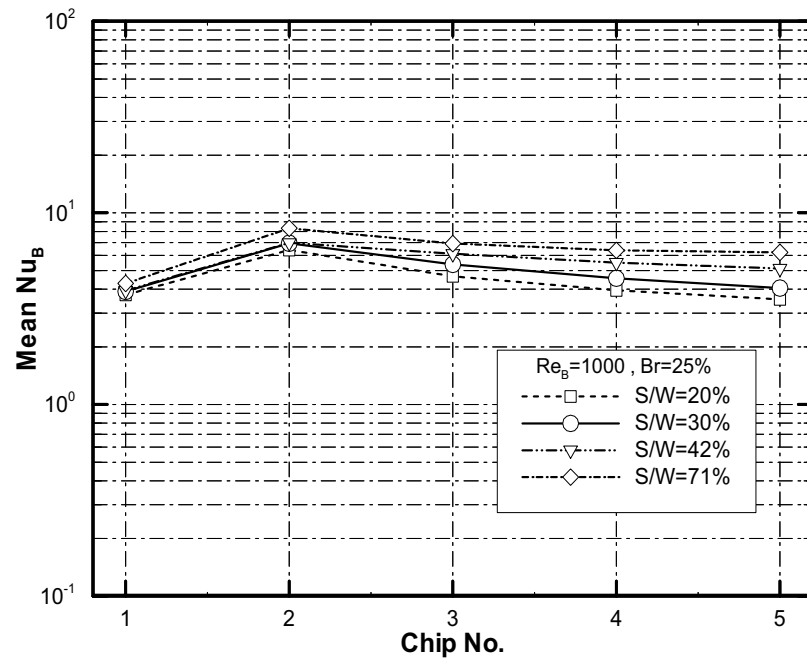


(c) $S/W = 42\%$

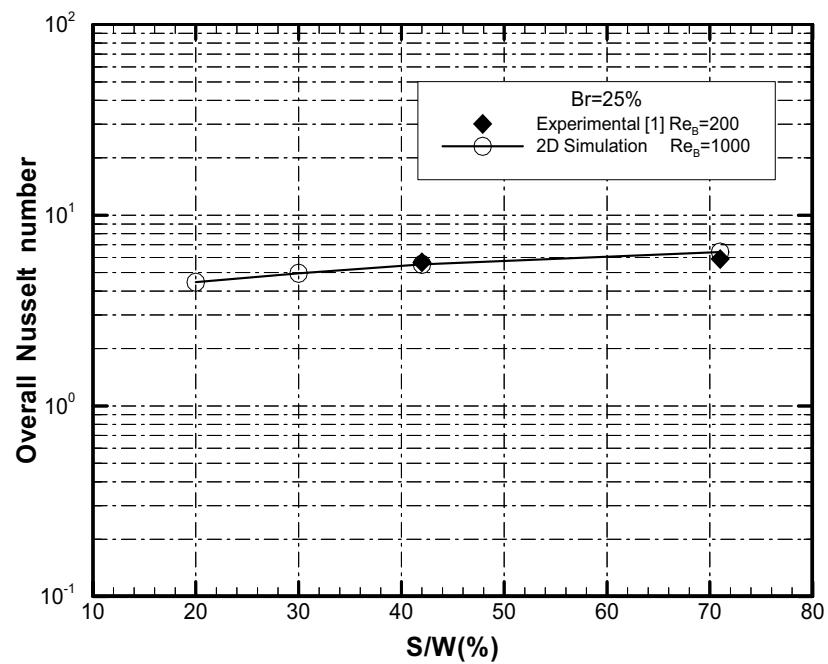
รูปที่ 3.26 เวกเตอร์ความเร็วและการกระจายตัวของอุณหภูมิในรูปเฉลี่ยของเวลา
ในพื้นที่ระหว่างชิปตัวที่สี่และตัวที่ห้า



รูปที่ 3.27 การกระจายตัวของค่าตัวเลขนัสเซลเฉพาะตำแหน่งของการคำนวณผลกระทบค่า S/W



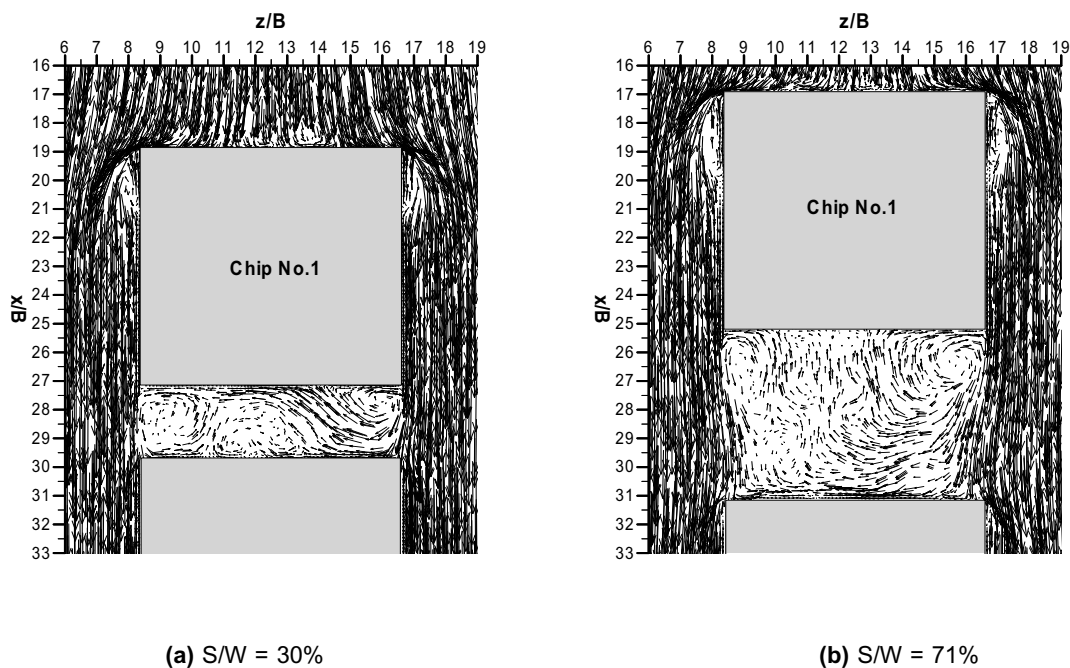
รูปที่ 3.28 ค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซิลของชิพแต่ละตัวของการคำนวณผลกระทบค่า S/W



รูปที่ 3.29 ค่าเฉลี่ยตัวเลขนัสเซิลโดยรวมของการคำนวณผลกระทบค่า S/W

3.7.4 การคำนวณเชิงตัวเลขในสามมิติสำหรับแท่งความร้อนรูปทรงสี่เหลี่ยมที่จัดเรียงตัวกัน

การคำนวณเชิงตัวเลขในสามมิติสำหรับแท่งความร้อนรูปทรงสี่เหลี่ยมหรือชิพความร้อนที่จัดเรียงตัวกัน จำนวน 5 ตัว กระทำเฉพาะบางกรณีศึกษาเท่านั้นเนื่องจากเวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก โดยพยายามเน้นในส่วนที่ขาดหายไปจากการคำนวณในสองมิติ สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกทำการคำนวณในกรณีผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนระยะห่างของชิพต่อความยาวของชิพ (S/W) ทั้งนี้เนื่องจากการคำนวณค่าอัตราส่วนความสูงของชิพต่อความสูงของแบบจำลองการไหล (%Br) ในสภาวะการไหลคงตัวที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าการถ่ายเทความร้อนใน 2 มิติและ 3 มิติให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนักในช่วงที่ค่าพารามิเตอร์นี้มีค่าสูงๆ สำหรับการคำนวณอิทธิพลของค่า S/W ใน 3 มิตินี้ได้กระทำที่การไหลในสภาวะไม่คงตัวที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 1000 โดยใช้ข้อมูลและเงื่อนไขต่างๆ เช่นเดียวกับการคำนวณในแบบจำลองการไหล 2 มิติ

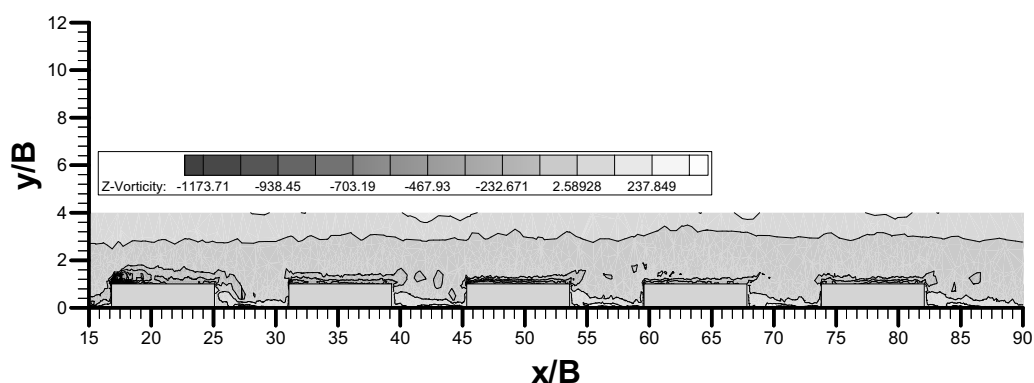


รูปที่ 3.30 เวกเตอร์ความเร็วในพื้นที่ระหว่างชิพตัวที่หนึ่งและตัวที่สอง
ในรูปค่าเฉลี่ยต่อเวลาที่ค่า $Re_B = 1000$, $Br = 25\%$

รูปที่ 3.30 แสดงค่าเวกเตอร์ความเร็วในรูปค่าเฉลี่ยต่อเวลาบนระนาบ $x - z$ ในกรณี $S/W = 30\%$ และ 71% ตามลำดับ พบว่าในทั้ง 2 กรณีนั้น กระแสการไหลส่วนใหญ่เมื่อไหลผ่านชิพในตำแหน่งต้นกระแสนั้นก็จะเคลื่อนตัวต่อไปยังชิพความร้อนตัวอื่น ๆ ในตำแหน่งด้านท้าย แต่มี

กระแสการไหลส่วนหนึ่งซึ่งเคลื่อนตัวผ่านบริเวณพื้นที่หรือช่องว่างระหว่างชิฟได้หมุนตัวและไหลเข้าสู่พื้นที่ว่างนี้เกิดการไหลหมุนวนของกระแสการไหลขึ้น โดยขนาดของกระแสการไหลหมุนวนนี้มีขนาดมากขึ้นตามการเพิ่มค่า S/W ซึ่งสอดคล้องกับการไหลใน 2 มิติที่ผ่านมา และพบว่ากระแสการไหลหมุนวนที่เกิดขึ้นในช่องว่างของกรณีค่า $S/W = 30\%$ นั้นมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด ของไหลไม่สามารถเคลื่อนตัวออกจากพื้นที่ว่างระหว่างชิฟได้ง่ายนัก เนื่องจากรูปทรงสัณฐานของชิฟที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันหมด ประกอบกับความเร็วของของไหลในทิศทางการเคลื่อนที่หลัก (แกน x) มีค่าสูง ทำให้เกิดการปิดกั้นการเคลื่อนตัวของกระแสการไหลออกมาทางข้าง (แกน z) ทำให้การถ่ายเทความร้อนของของไหลเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยากในแกน z ซึ่งต่างจากกรณีค่า $S/W = 71\%$ ซึ่งมีช่องว่างระหว่างชิฟความร้อนที่ยาวกว่า ทำให้การผสมผสานระหว่างกระแสการไหลหลัก กับกระแสการไหลหมุนวนภายในช่องว่างเกิดขึ้นได้ดีกว่ากรณีค่า $S/W = 30\%$

รูปที่ 3.31 แสดงกระแสการไหลวนหรือวอร์เทกซ์ในแกน z (z -vorticity) ณ เวลาใด ๆ ที่ระนาบ $x - y$ สำหรับการไหลที่ค่า $S/W = 71\%$ ณ ตำแหน่ง $z/B = 12.5$ ซึ่งเป็นตำแหน่งกึ่งกลางของชิฟในแบบจำลองการไหลสามมิติ จากรูปนี้พบการก่อตัวและการเคลื่อนตัวของกระแสการไหลวนหรือวอร์เทกซ์ในบริเวณใกล้ผิวของชิฟและพบการสลายตัวของวอร์เทกซ์ในบริเวณด้านท้ายของชิฟแต่ละตัว ซึ่งอาจพบได้ยากเมื่อค่า S/W มีค่าน้อย พฤติกรรมที่เกิดขึ้นนี้จะแตกต่างไปจากกรณีการไหลในสองมิติที่ $Re_B = 1000$, $Br = 25\%$ และ $S/W = 71\%$ เนื่องจากในกรณีการไหลในสองมิตินั้นไม่มีผลกระทบจากการไหลในแกน z ทำให้การไหลที่เกิดขึ้นค่อนข้างจะราบเรียบและคงตัวมากกว่าการไหลในสามมิติ



รูปที่ 3.31 แสดงกระแสการไหลวน ณ เวลาใด ๆ ที่ระนาบ $x - y$ ที่ $z/B = 12.5$

$Re_B = 1000$, $S/W = 71\%$ และ $Br = 25\%$