บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของดิฟฟิวเซอร์ที่มีลักษณะการไหลแบบต่างๆ ทั้งดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาและแบบที่ติดตั้งวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ โดยได้สรุปค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่แสดงสมรรถนะของดิฟฟิวเซอร์ในตารางที่ 4.1-4.7 และค่า uncertainty ของทุกพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.8

4.1 สัมประสิทธิ์การฟื้นความดันสถิต

ในการอธิบายผลการทดลองเพื่อความกระชับจะใช้สัญลักษณ์ VG แทนคำว่าวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ สำหรับสัมประสิทธิ์การฟื้นความดันสถิตเป็นเทอมที่แสดงความสามารถของดิฟฟิวเซอร์ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์ที่ทางเข้าดิฟฟิวเซอร์มาเป็นพลังงานศักย์ในรูปของความดันสถิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าค่า C_p มีค่ามากจะหมายถึง ดิฟฟิวเซอร์สามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์มาเป็นพลังงานศักย์ได้มากและมีสมรรถนะดี สำหรับดิฟฟิวเซอร์ที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานหรือเป็นดิฟฟิวเซอร์ในอุดมคติจะมีค่า C_{pi} เท่ากับ

$$C_{pi} = 1 - 1/AR^2 \tag{4.1.1}$$

ในการทดลองนี้ดิฟฟิวเซอร์ทุกตัวมี AR เท่ากับ 3.9 ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานจะทำให้ดิฟฟิวเซอร์มีค่า C_{pi} เท่ากับ 0.93 แต่ในการไหลผ่านดิฟฟิวเซอร์จริงๆนั้นจะมีการสูญเสียพลังงานทำให้ดิฟฟิวเซอร์ในการทดลองมีค่าต่ำกว่า C_{pi}

สำหรับกราฟในรูปที่ 4.1 แสดงค่า C_p ของการไหลในดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบเทียบกับระยะ δ/S ของ VG ดังนั้นกรณีที่เป็นดิฟฟิวเซอร์ธรรมดา (ดิฟฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG) จะอยู่ที่ตำแหน่ง 0 และกรณีที่ติด VG ระยะห่างน้อยที่สุดจะอยู่ทางขวามือ โดยทุกกรณีในการทดลองจะมีค่า uncertainty ของ C_p ไม่เกิน ± 0.01 จากกราฟพบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully developed stall ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG จะมีค่า C_p ประมาณเท่ากัน สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีค่าประมาณศูนย์ โดยการใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะทำให้ค่า C_p เพิ่มขึ้นในช่วง δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.25 และหลังจากนั้นเมื่อ δ/S มากกว่า 0.25 จะทำให้ C_p มีค่าประมาณคงที่ โดยมีค่า C_p สูงที่สุดเมื่อใช้ VG ที่มี δ/S เท่ากับ 0.25 ซึ่งค่า $C_{p\,max}$ ประมาณ 0.2 แสดงว่าการใช้ VG ที่ถี่มากเกินไปจะไม่มีผลในการช่วยให้ค่า C_p เพิ่มขึ้นและจะไม่ทำให้เพิ่มการถ่ายเทโมเมนตัมจาก freestream ไปสู่บริเวณผนังได้อีก

ดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มของกราฟคล้ายกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall โดยการใช้ VG ที่มี δ / S น้อยกว่า 0.25 จะทำให้มีค่า C_p ประมาณเท่ากับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้ VG ที่มี δ / S มากกว่า 0.25 จะทำให้มีค่า C_p ต่ำกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall โดยที่ $C_{p\,max}$ มีค่าประมาณ 0.18 ซึ่งต่ำกว่า $C_{p\,max}$ ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall เนื่องจากการถ่ายเทโมเมนตัมของวอร์เทกซ์จาก freestream ไปสู่บริเวณใกล้กับผนังไม่ดีเท่ากับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall เนื่องจากมีความรุนแรงของการไหลแยกตัวออกจากผนังมากกว่า

สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ซึ่งมีการไหลแยกตัวออกจากผนังที่มีความรุนแรงมากที่สุด ทำให้การใส่ VG ไม่สามารถเพิ่มสมรรถนะได้มากนัก ซึ่งในการป้องกันการไหลแยกตัวออกจากผนังสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow อาจจะต้องเปลี่ยนไปใช้ VG แบบอื่นหรือวิธีการอื่นที่สามารถส่งผ่านโมเมนตัมสู่ผนังได้มากขึ้น ถึงกระนั้นแนวโน้มของค่า C_p ยังคงมีความคล้ายคลึงกับดิฟฟิวเซอร์แบบอื่น คือจะสามารถเพิ่ม C_p ได้ในช่วง VG ที่มี δ / S น้อยกว่า 0.25 และเมื่อใช้ VG ที่มี δ / S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่า C_p ลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่าความแตกต่างมีค่าใกล้เคียงกับ uncertainty ของการวัด ดังนั้นสรุปได้โดยทั่วไปว่าในกรณีนี้ VG ไม่สามารถเพิ่ม C_p ได้

กราฟในรูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มค่า C_p ของ VG จากค่า C_p ของดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา (C_{p_0}) โดยแสดงเป็นอัตราส่วนของค่า C_p ต่อค่า C_{p_0} ของดิฟฟิวเซอร์ที่มีการไหลแบบต่างๆ จากกราฟพบว่าสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะมีค่า C_p เปลี่ยนแปลงไปกับ δ / S มากในช่วง $0 < \delta / S < 2.5$ แต่หลังจาก $\delta / S > 2.5$ จะทำให้ค่า C_p ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก โดยกรณีที่ใช้ VG ระยะห่าง δ / S เท่ากับ 0.25 จะทำให้เพิ่มค่า C_p จากดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดามากที่สุดคือประมาณ 50% และดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall ก็จะมีแนวโน้มของกราฟคล้ายกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall แต่การใช้ VG จะเพิ่มค่า C_p ได้น้อยกว่า โดยเพิ่มค่า C_p ได้สูงที่สุดประมาณ 25% ที่การใช้ VG ระยะ δ / S เท่ากับ 0.25 แต่สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ซึ่งมีค่า C_{p_0} ใกล้กับศูนย์ทำให้มีความผิดพลาดของกราฟได้มาก จึงไม่สามารถสรุปได้

สำหรับกราฟในรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า C_p ของดิฟฟิวเซอร์ที่มีลักษณะการไหลทั้งสามแบบเมื่อใช้ VG ที่มีค่า δ / S ต่างๆ สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall พบว่าค่า C_p จะเปลี่ยนแปลงต่อการเปลี่ยนแปลงระยะ δ / S ของ VG มากกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall และมากกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow เมื่อพิจารณาประกอบกับรูป 4.1 และ 4.2 จะแสดงว่าความคลาดเคลื่อนในการติดตั้ง VG ของกรณีดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะส่งผลต่อค่า C_p ได้มากกว่า

ดังนั้นทำให้สามารถสรุปได้ว่า สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ควรจะใช้ VG ที่มี δ / S ประมาณ 0.25 เพื่อทำให้เพิ่มค่า C_p ได้มากที่สุด แต่

ถ้าใช้ VG ที่มีความถี่มากขึ้น จะไม่ทำให้ค่า C_p เพิ่มขึ้นอีก และสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow เมื่อใช้ VG แล้วทำให้ค่า C_p ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากศูนย์มากนัก และความคลาดเคลื่อนของระยะห่างระหว่าง VG ในการติดตั้ง จะมีผลต่อ C_p ของกรณีดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall, Fully-developed stall และ Jet flow ลดลงตามลำดับ

4.2 สัมประสิทธิ์การสูญเสียความดันรวม

เนื่องจากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความดันรวม ตามสมการที่ 2.3.4 นั้น จะต้องหาค่าเฉลี่ยของความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์โดยใช้วิธีการ mass averaged แต่เนื่องจากการไหลที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์มีความปั่นป่วนมาก มีทิศทางของความเร็วไม่แน่นอน และในงานวิจัยใช้อุปกรณ์วัดเป็น pitot probe และ static pressure tap ซึ่งไม่สามารถวัดหาความเร็วใน 3 มิติได้ ทำให้ไม่สามารถคำนวณค่าความเร็วแต่ละจุดได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการคำนวณค่า K โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบ area averaged ตามสมการที่ 3.5.2

ค่า K เป็นเทอมที่แสดงถึงพลังงานในรูปของความดันรวมที่สูญเสียไปเมื่อมีการไหลผ่านดิฟฟิวเซอร์ ซึ่งดิฟฟิวเซอร์ที่มีสมรรถนะสูงจะมีค่า K ต่ำ ซึ่งกราฟเปรียบเทียบค่า K ของดิฟฟิวเซอร์ทุกลักษณะการไหลกับการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆแสดงในรูปที่ 4.4 โดยที่ทุกกรณี ของการทดลองจะมีค่า uncertainty ของ K ไม่เกิน ± 0.02 พบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall เมื่อใช้ VG ที่มีระยะ δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.25 จะทำให้ค่า K มีค่าลดลงเล็กน้อย และการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่า K มีค่าประมาณคงที่ อนึ่งการใช้ VG ที่มีความถี่ขึ้น หรือจำนวน VG เพิ่มมากขึ้น น่าจะทำให้ค่า K เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการที่ K มีค่าประมาณคงที่แสดงว่าพลังงานที่สูญเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในดิฟฟิวเซอร์นั้นเกิดจากการไหลแยกตัวออกจากผนังของดิฟฟิวเซอร์เอง โดยมาจากผลของ blockage effect และแรงต้านของ VG เองน้อยโดยดูได้จากกราฟ K กับ B_w ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีแนวโน้มที่ค่า K เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ VG แต่อย่างไรก็ตามค่าที่เพิ่มขึ้นจะน้อยมาก

กราฟในรูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการลดค่า K ของ VG ที่มี δ/S ต่างๆ จากค่า K ของดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา (K_0) โดยแสดงเป็นอัตราส่วนของค่า K ต่อ K_0 จากกราฟพบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะมีค่า K เปลี่ยนแปลงไปในช่วง δ/S ระหว่าง 0 ถึง 0.25 และจะมีค่าประมาณคงที่ที่ δ/S มากกว่า 0.25 ซึ่งสามารถลดค่า K จาก K_0 ได้เพียง 5% เท่านั้น

ดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มที่ค่า K ลดลงในช่วง δ/S ระหว่าง 0 ถึง 0.25 เช่นกัน โดยที่กรณี FSD25 จะลดค่า K ได้มากที่สุดเพียง 5% หลังจากช่วง

δ/S เท่ากับ 0.25 ถึงแม้แนวโน้มของกราฟแสดงว่ามีค่าเพิ่มขึ้นแต่คิดเป็นอัตราส่วนที่น้อยมาก และสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีแนวโน้มที่ค่า K เพิ่มขึ้นตลอด เมื่อระยะ δ/S ของ VG เพิ่มขึ้น แต่ความเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งค่า K เพิ่มมากที่สุดเพียง 3% เท่านั้น

ดังนั้นจากกราฟพบว่าค่า K จะเปลี่ยนแปลงน้อยมากถ้าเทียบกับค่า C_p ที่เพิ่มขึ้น แสดงว่า VG ที่ใส่เข้าไปในดิฟฟิวเซอร์จะไม่ทำให้เกิดการสูญเสียเท่าใดนัก และถ้านำผลของกราฟในรูปที่ 4.4 และ 4.5 มาเปรียบเทียบกันอาจจะกล่าวได้ว่า การใช้ VG แบบในงานวิจัยนี้จะไม่ทำให้ค่า K ของดิฟฟิวเซอร์ทุกแบบเปลี่ยนแปลงไปนัก

สำหรับกราฟในรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า K ของดิฟฟิวเซอร์ที่มีลักษณะการไหลทั้งสามแบบ เมื่อใช้ VG ที่มี δ/S ต่างๆ พบว่าลักษณะจะคล้ายกับกราฟของ C_p ในรูปที่ 4.3 คือ ถ้าดิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวม 2θ น้อยคือดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ค่า K จะเปลี่ยนแปลงต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของ VG (δ/S) ค่อนข้างมาก แต่สำหรับดิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวมมาก คือ แบบ Jet flow จะเปลี่ยนแปลงต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของ VG น้อยกว่า อนึ่งการเปลี่ยนแปลงสัมบูรณ์ของทุกกรณีอาจกล่าวได้ว่าน้อยมาก

เพื่อทำให้ทราบว่า VG ที่มีระยะเท่าใดจะเหมาะสมกับดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบมากที่สุด จึงได้ทำการพล็อตกราฟของค่า $(C_p/C_{p_0})/(K/K_0)$ กับ δ/S ในรูปที่ 4.7 ซึ่งดิฟฟิวเซอร์ที่มีสมรรถนะดีจะมีค่า $(C_p/C_{p_0})/(K/K_0)$ สูง เพราะการใช้ VG จะทำให้เพิ่ม C_p ได้มากและค่า K น้อย โดยที่ VG จะเพิ่มค่า C_p ได้มากสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ซึ่ง VG ที่มี δ/S เท่ากับ 0.25 จะเหมาะสมกับดิฟฟิวเซอร์ทั้งสองมากที่สุด แต่สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow อาจจะมีความผิดพลาดของการวัด C_p ได้มากจึงไม่สามารถสรุปได้

ที่ผ่านมาเป็นการเปรียบเทียบค่า K กับค่าระยะห่างระหว่าง VG ซึ่งอาจจะทำให้ไม่เห็นผลทางฟิสิกส์ที่ชัดเจนดังนั้นถ้าทำการเปรียบเทียบผลของ K ต่อ B_w ดังเช่นในการศึกษาเบื้องต้น (ภาคผนวก ก) จะทำให้เข้าใจปรากฏการณ์มากขึ้น โดยนิยามเทอม B_w เหมือนกับการศึกษาเบื้องต้น คือ

$$B_w = \frac{\left(A_{\delta_1} + nA_{\perp}\right)}{A_1} \tag{4.2.1}$$

ซึ่ง A_{δ_1} เป็นพื้นที่ที่ขวางการไหลของชั้นขอบเขต (Displacement thickness), n เป็นจำนวนของ half-delta wing, $A_{\perp}$ เป็นพื้นที่ตั้งฉากกับการไหลของ half delta wing ในส่วนที่อยู่เหนือ displacement thickness และ A_1 เป็นพื้นที่ทางเข้าของดิฟฟิวเซอร์ โดย B_w เป็นเทอมที่แสดงอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่ขวางการไหลทั้งหมดที่ประกอบด้วย พื้นที่ของ displacement

thickness อันเนื่องมาจากชั้นขอบเขตของการไหล และพื้นที่ที่ขวางการไหลของ half-delta wing ทุกอันที่อยู่เหนือ displacement thickness ต่อพื้นที่ของการไหลทั้งหมด ซึ่งเป็นที่ทราบกันแล้วว่าถ้าพื้นที่ขวางการไหลมากจะทำให้เกิดแรงต้านมากและการไหลจะสูญเสียโมเมนตัมมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานของการไหลผ่านดิฟฟิวเซอร์ สำหรับค่า B_w ของทุกกรณีการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ผลของการทดลองได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.8 พบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะมีแนวโน้มที่ค่า K ลดลงในช่วง B_w มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.09 ถึง 0.11 และเมื่อ B_w มีค่าเพิ่มขึ้นอีกจะทำให้ K มีค่าประมาณคงที่ การลดลงของค่า K ในขณะที่ B_w มีค่าเพิ่มขึ้นนี้ แสดงให้เห็นชัดเจนถึงผลของ VG กล่าวคือในดิฟฟิวเซอร์ทั่วไปที่ไม่ได้ติดตั้ง VG ผลของ blockage effect (B_w) จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและโมเมนตัม ดังนั้นเมื่อ B_w มีค่าเพิ่มขึ้นน่าจะทำให้ค่า K มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามในกรณีนี้ค่า B_w เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 2 เท่าแต่ K กลับมีค่าประมาณคงที่ แสดงว่า VG ช่วยในการลดบริเวณ Recirculation zone หรือการสูญเสียในบริเวณ Recirculation zone ได้ โดยที่ดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มของกราฟลดลงในช่วง B_w ประมาณ 0.08 ถึง 0.11 คล้ายกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall แต่เมื่อ B_w มากกว่า 0.11 ค่า K จะกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เป็นการยืนยันว่าพลังงานสูญเสียส่วนใหญ่ในดิฟฟิวเซอร์เกิดจากการไหลแยกตัวออกจากผนังเพราะการใช้ VG ซึ่งมี B_w เพิ่มขึ้นถึงสองเท่านี้ ก็ไม่มีผลต่อค่า K มากนัก และจากการเปรียบเทียบกราฟในรูปที่ 4.4 และ 4.8 พบว่าในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ที่ใช้ VG ระยะ δ/S ระหว่าง 0 ถึง 0.25 หรือ B_w น้อย จะมีแนวโน้มสามารถลดการไหลแยกตัวออกจากผนังได้พอสมควร เพราะทำให้ค่า K ลดลง แต่เมื่อใช้ VG ถี่มากขึ้นหรือ B_w มีค่ามาก ค่า K จะประมาณคงที่หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแสดงว่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นเป็นผลจาก blockage ของ VG น้อยมาก และ VG ที่ถี่มากจะไม่สามารถลดการไหลแยกตัวออกจากผนังเพิ่มขึ้นได้อีก ค่า K จึงมีค่าประมาณคงที่ โดยสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีค่า K เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อ B_w เพิ่มขึ้น แสดงว่าการใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะช่วยลดการไหลแยกตัวออกจากผนังได้ไม่มากนัก และค่า K ที่เพิ่มขึ้นจะเกิดจากผลของ B_w ที่มีค่าเพิ่มขึ้น

ถึงจุดนี้เป็นที่น่าสนใจที่จะนำผลของการทดลองนี้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองในการศึกษาเบื้องต้น โดยเปรียบเทียบผลของ B_w ต่อค่า K/K_0 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.9 ในการนี้ได้คำนวณค่า K ของการศึกษาเบื้องต้นขึ้นมาใหม่ โดยเป็นเทอมที่คิดแบบ area-averaged เหมือนกับในงานวิจัยนี้ ซึ่งในการศึกษาเบื้องต้นเป็นการศึกษาสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และใช้ VG ที่เป็น delta wing ที่มีมุมปะทะ 5, 10 และ 20 องศาที่มีขนาดของ delta wing ต่างๆกัน พบว่าในการศึกษาเบื้องต้นจะมีค่า K เพิ่มขึ้นจากดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดามากกว่าการใช้ VG แบบ half-delta wing ของงานวิจัยนี้มาก แสดงว่าเป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจาาค่าแรงต้าน (C_D) ของ delta wing จะมีค่ามากกว่า half-delta wing มาก ทำให้เมื่อพื้นที่เปลี่ยน

แปลงไปเท่ากัน delta wing จะทำให้เกิดแรงต้านเพิ่มขึ้นมากกว่าและค่า K จึงเพิ่มขึ้นมากกว่าด้วย ดังนั้นการใช้ half-delta wing จึงเหมาะสมกว่าการใช้ delta wing เพราะจะไม่ทำให้ค่า K เพิ่มขึ้นจากดิฟฟิวเซอร์ธรรมดานัก และเมื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลตลอดเวลา การใช้ half-delta wing จะทำให้ค่าแรงต้านเปลี่ยนแปลงไปกับความเร็วน้อยกว่า delta wing

4.3 ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวม

พารามิเตอร์ที่แสดงความเบี่ยงเบนของการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ ตามสมการที่ 3.5.4 แสดงถึงบริเวณที่สนใจในหน้าตัดทางออกของดิฟฟิวเซอร์มีความดันรวมเฉลี่ยแตกต่างจากความดันรวมเฉลี่ยทั้งหน้าตัดเป็นสัดส่วนเท่าไรของค่าความแตกต่างระหว่างความดันรวมเฉลี่ยทั้งหน้าตัดทางออกของดิฟฟิวเซอร์กับ P_{ref} โดยจะมีค่าที่น่าสนใจดังต่อไปนี้ ค่าเป็นบวกสูงที่สุด (D_{max}) ค่าที่เป็นลบมากที่สุด (D_{min}) และความแตกต่างของค่าทั้งสอง ($\Delta D = D_{max} - D_{min}$) ซึ่งค่าเหล่านี้แสดงถึงความแตกต่างความดันรวมในหน้าตัดทางออกของดิฟฟิวเซอร์ ทั้งด้านที่มีบริเวณความดันสูงและความดันต่ำและช่วงของการเปลี่ยนแปลงความดันรวมในหน้าตัด

ในการหาค่า D_{max} และ D_{min} ของการวิจัยได้จากการคำนวณค่าความดันเฉลี่ยของหน้าต่างขนาด 8×8 จุด หรือคิดเป็นพื้นที่ 24% ของพื้นที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ทั้งหมด แล้วทำการเลื่อนหน้าต่างไปจนครอบคลุมทั้งหน้าตัดทางออกของดิฟฟิวเซอร์ ดังนั้นในแต่ละกรณีจะมีค่า D หลายค่า แล้วจึงทำการหาค่า D_{max} และ D_{min} ต่อไป สำหรับค่า uncertainty ของทั้งสามเทอมแสดงไว้ในตารางที่ 4.8 อนึ่งขนาดของหน้าต่างที่สนใจสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ขึ้นกับความเหมาะสม โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบขนาดของหน้าต่างและเสนอผลไว้ในหัวข้อ 4.7

4.3.1 การเปรียบเทียบค่า D_{max}

ค่า D_{max} เป็นความแตกต่างของความดันรวมของบริเวณที่มีความดันรวมเฉลี่ยสูงกว่าความดันรวมเฉลี่ยทั้งหน้าตัดที่สุด ถ้า D_{max} มีค่าสูงหมายถึงการไหลที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์มีบริเวณความดันสูงสุดสูงกว่าความดันเฉลี่ยทั้งหน้าตัดมาก ซึ่งจากการทดลองพบว่าบริเวณความดันสูงที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์เกิดจากการไหลแยกตัวออกจากผนังของดิฟฟิวเซอร์ ทำให้ freestream มีการเคลื่อนที่อ้อมบริเวณ Recirculation zone ดังนั้น freestream ด้านผนังฝั่งตรงข้ามกับการไหลแยกตัวออกจากผนังของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully developed stall จะมีค่าความดันสูงกว่าความดันเฉลี่ยทั้งหน้าตัด แต่ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet

flow ที่มีการไหลแยกตัวบนผนังทั้งสองด้าน จะมีบริเวณของความดันรวมสูงอยู่ด้านผนังที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวน้อยกว่า โดยได้แสดงลักษณะของการกระจายความดันรวมไว้ในหัวข้อ 4.4

กราฟในรูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า D_{max} ของกรณีการทดลองที่ใช้ VG ที่ระยะ δ/S ต่างๆกันในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ จากกราฟของกรณีดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall พบว่า D_{max} จะมีค่าลดลงเร็วมากเมื่อใช้ VG ที่มี δ/S เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.25 แล้วถ้าเพิ่มความถี่ของ VG ขึ้นอีก จะทำให้ค่า D_{max} ประมาณคงที่หรือเพิ่มเล็กน้อย สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall ก็จะมีแนวโน้มที่คล้ายกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall

กรณีดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีความแตกต่างจากดิฟฟิวเซอร์อีกสองแบบคือ การใช้ VG ที่มี δ/S อยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.15 จะไม่ทำให้ D_{max} เปลี่ยนแปลงได้มากนัก โดย VG จะเริ่มมีผลมากขึ้นในช่วง δ/S เพิ่มขึ้นจาก 0.15 ถึง 0.25 คือจะทำให้ D_{max} ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าใช้ VG ที่มีความถี่มากขึ้นอีก จะทำให้ค่า D_{max} เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่าการใช้ VG ที่ห่างกันมากๆในดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะไม่ช่วยลดความแตกต่างของความดันรวมของการไหลเท่าใดนัก แต่ถ้าใช้ VG ที่มี δ/S อยู่ในช่วง 0.15 ถึง 0.25 จะทำให้ลดความแตกต่างได้ดีขึ้นมาก

กราฟในรูปที่ 4.11 แสดงความสามารถของ VG ที่มี δ/S ต่างๆในการลดค่า D_{max} จากดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา โดยการเปรียบเทียบในเทอม $D_{max}/D_{max\,0}$ สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จากกราฟพบว่า การใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.25 จะมีความสามารถในการลดค่า D_{max} ได้มาก และจะลดค่า D_{max} ได้มากที่สุดประมาณ 23% ที่ δ/S เท่ากับ 0.25 แต่ถ้า δ/S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่า D_{max} ประมาณคงที่ โดยที่กราฟของดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีความคล้ายคลึงกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall แต่จะไม่ปรากฏค่า δ/S ที่ทำให้ D_{max} ต่ำที่สุด เพราะเมื่อ δ/S มากกว่า 0.25 จะมีค่า D_{max} ลดลงเล็กน้อยจนเกือบประมาณคงที่ โดยลดค่า D_{max} ได้มากที่สุดประมาณ 20%

สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่าถ้าใช้ VG ที่มีค่า δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.15 จะมีความสามารถในการลดค่า D_{max} เพียงเล็กน้อย แต่ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0.15 ถึง 0.25 จะทำให้ค่า D_{max} ลดลงได้มาก ซึ่งการใช้ VG ที่มี δ/S เท่ากับ 0.25 จะลดค่า D_{max} ได้มากที่สุดประมาณ 20% แต่ถ้าใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0.25 จะทำให้ D_{max} ประมาณคงที่

นอกจากนั้นพบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะมีผลจากการใช้ VG มากกว่าดิฟ-ฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall และแบบ Jet flow โดยทำให้ D_{max} ลดลงจากค่า $D_{max\,0}$ มากกว่ากรณีอื่น

กราฟในรูปที่ 4.12 แสดงค่า D_{max} ของดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ใช้ VG ระยะต่างๆกัน พบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีค่า D_{max} เปลี่ยนแปลงต่อการเปลี่ยนแปลงระยะ δ/S มาก

กว่าดิฟฟิวเซอร์แบบอื่น ซึ่งจะตรงกันข้ามกับแนวโน้มของกราฟ C_p และ K ที่ดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบอื่น

จากผลการทดลองทำให้สรุปได้ว่าการใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะลดค่า D_{max} ได้มากในช่วง $0<\delta/S<0.25$ แต่ถ้า VG ถี่ขึ้นก็จะไม่ช่วยได้มากนัก และดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะต้องใช้ VG ที่มีระยะห่าง δ/S มากกว่า 0.15 จึงจะทำให้ลดค่า D_{max} ได้

4.3.2 การเปรียบเทียบค่า D_{min}

ค่า D_{min} เป็นเทอมที่คล้ายกับ D_{max} แต่แสดงถึงบริเวณที่มีความดันรวมเฉลี่ยต่ำที่สุดในหน้าตัดทางออกของดิฟฟิวเซอร์ซึ่งจากการทดลองพบว่าในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะมีบริเวณความดันต่ำจะเป็นบริเวณการไหลของ freestream ด้านหลัง Recirculation zone บนผนังที่มีการไหลแยกตัว แต่สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ซึ่งมีการไหลแยกตัวบนผนังทั้งสองด้าน ดังนั้นบริเวณที่มีการกระจายความดันรวมต่ำจึงเป็นบริเวณของการไหลของ freestream ด้านหลัง Recirculation ที่มีความรุนแรงมากกว่า

กราฟในรูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่า D_{min} ของการใช้ VG ที่มี δ/S ต่างๆในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall พบว่าค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.25 แต่ถ้าใช้ VG ที่มีความถี่มากขึ้นอีกจะทำให้ค่า D_{min} ประมาณคงที่ แสดงว่าการใช้ VG ที่ถี่มากก็ไม่ช่วยทำให้การถ่ายเทโมเมนตัมจาก freestream มาสู่บริเวณการไหลแยกตัวออกจากผนังดีขึ้น

ส่วนดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มของกราฟคล้ายกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall แต่ถ้าใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยที่ดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ก็จะมีค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} ที่มีแนวโน้มคล้ายกับค่า D_{max} คือ การใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.15 จะทำให้ค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ในช่วง 0.15 ถึง 0.25 แต่ถ้าใช้ VG ที่ถี่ขึ้นอีกจะกลับทำให้ค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} เพิ่มมากขึ้น

ถ้าเปรียบเทียบกราฟในรูปที่ 4.10 และ 4.13 พบว่าทั้งค่า D_{max} และ D_{min} ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall มีค่าประมาณเท่ากันทุกการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ โดยที่มีค่า D_{max} และค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow มากกว่าดิฟฟิวเซอร์ทั้งสองแบบประมาณ 2 เท่า

จากกราฟในรูปที่ 4.14 แสดงความสามารถของ VG ที่ระยะ δ/S ต่างๆในการลดค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะพบว่า D_{min} เปลี่ยนแปลงไปกับ

δ/S ได้มากในช่วง δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.25 โดยที่การใช้ VG ที่ระยะ δ/S เท่ากับ 0.25 จะทำให้ลดค่า D_{min} ได้มากที่สุดคือประมาณ 20% แต่ถ้าใช้ δ/S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่า D_{min} ประมาณคงที่ สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะแนวโน้มที่คล้ายกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall เพียงแต่ถ้าใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0.25 กลับทำให้ค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} เพิ่มขึ้น และการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S เท่ากับ 0.25 จะทำให้ลดค่า D_{min} ได้มากที่สุดคือประมาณ 15%

สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ถ้าใช้ VG ที่มีความถี่น้อย คือ δ/S น้อยกว่า 0.15 จะทำให้ D_{min} ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากดิฟฟิวเซอร์ธรรมดา แต่เมื่อใช้ δ/S ในช่วง 0.15 ถึง 0.25 จะทำให้ค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} ลดลงได้อย่างรวดเร็ว และเช่นเดียวกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall ที่มี δ/S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} เพิ่มขึ้นด้วยแนวโน้มที่คล้ายกับในกรณีของดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall และการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S เท่ากับ 0.25 จะทำให้ลดค่า D_{min} ได้มากที่สุดคือประมาณ 9%

กราฟในรูปที่ 4.15 แสดงค่า D_{min} ของดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบ ที่ใช้ VG ระยะ δ/S ต่างๆกัน พบว่าดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบมีค่า D_{min} เปลี่ยนแปลงต่อการเปลี่ยนแปลง δ/S ประมาณเท่ากัน ซึ่งจะแตกต่างจากค่า D_{max} ในกราฟรูปที่ 4.12 ที่การเปลี่ยนแปลงค่าของดิฟ-ฟิวเซอร์แต่ละแบบไม่เท่ากัน ด้วยเหตุผลว่า VG อาจจะช่วยทำให้เกิดการถ่ายเทโมเมนตัมบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัวได้ไม่มากนัก ดังนั้นทุกดิฟฟิวเซอร์จึงมีช่วงความแตกต่างของค่า D_{min} ประมาณเท่ากัน

จากผลการทดลองทั้งหมดทำให้สรุปได้ว่า การใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.25 ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ทำให้ลดให้ค่าสัมบูรณ์ของ D_{min} ได้มาก แต่ถ้า δ/S มากกว่า 0.25 จะไม่สามารถปรับปรุง D_{min} ได้อีก แต่ดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะต้องใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0.15 จึงจะทำให้ลดค่า D_{min} ได้ และถ้าใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0.25 ก็จะไม่ทำให้ D_{min} ปรับปรุงขึ้นอีก

4.3.3 การเปรียบเทียบค่า ΔD

การเปรียบเทียบความแตกต่างของความดันรวมทั้งหน้าตัด ได้แสดงไว้โดยการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่าง D_{max} และ D_{min} หรือเทอม ΔD ถ้า ΔD มีค่ามากหมายความว่าความดันรวมที่มีค่ามากที่สุดจะแตกต่างจากความดันรวมที่มีค่าน้อยที่สุดมากหรือความดันรวมในหน้าตัดทางออกของดิฟฟิวเซอร์แตกต่างกันมาก

กราฟในรูปที่ 4.16 แสดงค่า ΔD ของการใช้ VG ที่มี δ/S ต่างๆในดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบ สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มที่คล้ายกันคือ ถ้าใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0 ถึง 0.25 จะทำให้ค่า ΔD ลดลง แต่ถ้าใช้ VG ที่มี δ/S

I19197860X

มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่า ΔD ประมาณคงที่ แต่สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่าการใช้ VG ที่มี δ / S น้อยกว่า 0.15 จะทำให้ ΔD ประมาณคงที่ และการใช้ δ / S ในช่วง 0.15 ถึง 0.25 จะทำให้ ΔD ลดลงอย่างมาก แต่ถ้าใช้ δ / S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่า ΔD เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

การเปรียบเทียบความสามารถของ VG ในกราฟรูปที่ 4.17 พบว่าการใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของค่า ΔD ได้มากกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบอื่นๆ โดยการใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ที่มีระยะ δ / S น้อยกว่า 0.25 จะทำให้เปลี่ยนแปลงค่า ΔD มาก แต่ถ้าใช้ δ / S มากกว่า 0.25 จะไม่ทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยที่ดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall พบว่าการใช้ VG ที่มี δ / S เท่ากับ 0.25 จะลดค่า ΔD ได้มากที่สุดประมาณ 23% และดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall พบว่าการใช้ VG ที่มี δ / S เท่ากับ 0.25 จะลดค่า ΔD ได้มากที่สุดประมาณ 23% สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะต้องใช้ VG ที่มี δ / S มากกว่า 0.15 ถึงจะทำให้ลดค่า ΔD ได้ โดยในช่วง δ / S ระหว่าง 0.15 ถึง 0.25 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของ ΔD ได้มาก และ δ / S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่า ΔD เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และการใช้ VG ที่มี δ / S เท่ากับ 0.25 จะลดค่า ΔD ได้มากที่สุดประมาณ 20% โดยการเปลี่ยนแปลงของค่า ΔD ของดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบต่อการเปลี่ยนแปลงค่า δ / S ของ VG ในกราฟรูปที่ 4.18 พบว่า ดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบอื่น

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าแนวโน้มของค่า ΔD จะคล้ายคลึงกับกราฟของ D_{max} และ D_{min} คือถ้าใช้ VG ที่มี δ / S น้อยกว่า 0.25 ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะปรับปรุงค่า ΔD ได้มาก แต่ถ้าใช้ δ / S มากกว่า 0.25 จะไม่ทำให้ ΔD เปลี่ยนแปลงนัก สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่าจะต้องใช้ VG ที่มี δ / S มากกว่า 0.15 ถึงจะทำให้ปรับปรุงค่า ΔD ได้ โดย δ / S ระหว่าง 0.15 ถึง 0.25 จะทำให้ค่า ΔD ลดลงได้มาก แต่ถ้าใช้ VG ที่มี δ / S มากกว่า 0.25 จะทำให้ค่า ΔD เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

4.4 สัมประสิทธิ์การกระจายความดันรวม

โดยปกติการไหลที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ที่เกิด stall จะมีความไม่สม่ำเสมออยู่มาก ดังนั้นค่า K ที่คำนวณได้จึงมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริงโดยถ้าการไหลที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์มีความไม่สม่ำเสมอมาก แสดงว่าค่า K จะน้อยกว่าค่าที่แท้จริงอยู่มากตามไปด้วย ทำให้การกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่มีความสำคัญในการเปรียบเทียบสมรรถนะของดิฟฟิวเซอร์

ในการเปรียบเทียบลักษณะของการไหลที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ ได้ทำการวัดความดันรวมใน tailpipe ที่ตำแหน่งที่ 2 และเปรียบเทียบการกระจายความดันรวมด้วยสัมประสิทธิ์การ

กระจายความดันรวมตามสมการที่ 3.5.3 โดยมีค่า uncertainty ของค่าที่นำมาพล็อตไม่เกิน ±0.03 ดังนั้นเพื่อทำให้การแสดงผลมีความน่าเชื่อถือจึงกำหนดให้ช่วงของกราฟมีค่าเป็น 0.12 หรือมีค่าเป็น 4 เท่าของค่า uncertainty โดยมีความหมายของกราฟคือ ค่าความดันที่ตำแหน่งวัดมีความแตกต่างจากค่า area averaged ของความดันรวมทั้งหน้าทางออกของดิฟฟิวเซอร์ เป็นจำนวนเท่าของความดันจลน์ที่ทางเข้าดิฟฟิวเซอร์ ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงว่าในบริเวณนั้นมีความดันรวมต่ำกว่าความดันรวมเฉลี่ยทั้งหน้าตัด และถ้ามีค่าเป็นบวกหมายถึงบริเวณนั้นมีความดันสูงกว่าความดันรวมเฉลี่ยทั้งหน้าตัด

จากกราฟรูปที่ 4.19(ก-ฉ) เป็นการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์สำหรับการใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall โดยพล็อตกราฟความดันรวมให้มีทิศทางเหมือนกับการมองเข้าหาปากทางออกของดิฟฟิวเซอร์ สีทึบที่สุดแสดงถึงบริเวณที่มีความดันรวมประมาณเท่ากับความดันรวมเฉลี่ยทั้งหน้าตัดและสีจางลงแสดงถึงบริเวณความดันรวมมีความความแตกต่างจากความดันรวมเฉลี่ยมากขึ้น นอกจากนั้นได้มีการตีกรอบหน้าต่างที่มีค่า D_{max} และ D_{min} ของแต่ละกรณีไว้ด้วย โดยหน้าต่างด้านบนแสดงค่า D_{max} และหน้าต่างด้านล่างแสดงค่า D_{min}

กราฟรูปที่ 4.19ก เป็นการกระจายความดันรวมของดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา พบว่าจะมีบริเวณความดันต่ำที่บริเวณด้านล่างของหน้าตัดทางออกดิฟฟิวเซอร์ โดยที่บริเวณความดันต่ำที่สุดจะมีบริเวณกว้างเกือบเท่ากับความกว้างของดิฟฟิวเซอร์ ซึ่งมีสาเหตุจากการเกิดการไหลแยกตัวบนผนังด้านล่างของดิฟฟิวเซอร์ สำหรับด้านบนของหน้าตัดจะมีการกระจายความดันสูงเป็นลักษณะแบนขวางตามความกว้างของทางออกดิฟฟิวเซอร์และมีลักษณะสมมาตรทางซ้ายและขวา โดยมีลักษณะที่เป็นการไหลแบบเจทซึ่งเกิดจากการไหลจะต้องเคลื่อนที่อ้อมบริเวณการไหลหมุนวน (Recirculation zone) ที่เกิดจากการไหลแยกตัวบนผนังด้านล่าง นอกจากนั้นแล้วบริเวณการเปลี่ยนแปลงความดันจากสูงมาต่ำจะเป็นช่วงแคบๆ แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงความดันรวมบนหน้าตัดอย่างรวดเร็วหรือมีการแบ่งลักษณะการไหลเป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน คือการไหลแบบเจทบนผนังด้านบนและการไหลแบบหมุนวนบนผนังด้านล่าง

สำหรับกรณี TSD15 ได้แสดงลักษณะการกระจายความดันรวมในกราฟรูปที่ 4.19ข พบว่าบริเวณความดันต่ำที่สุดในหน้าตัดด้านล่างได้ลดขนาดลงมาก แสดงว่า VG ทำให้เกิดการดึงอากาศจาก freestream มาผสมกับการไหลบนผนังด้านล่างที่มีการไหลแยกตัวออกจากผนัง และทำให้การไหลแยกตัวออกจากผนังลดความรุนแรงลง สำหรับบริเวณความดันสูงที่สุดบนหน้าตัดด้านบนจะมีขนาดเล็กลงและเลื่อนไปทางซ้ายมือเล็กน้อย ซึ่งเกิดจาก VG ทำให้เกิดการผสมที่ดีขึ้น จึงมีการดึงอากาศที่มีความดันสูงด้านบนลงไปช่วยผสมด้านล่าง และทำให้การเปลี่ยนแปลงความดันรวมในหน้าตัดช้าลง นอกจากนั้นยังมีผลสะท้อนในการลดลงของค่า D_{max} และ D_{min} ด้วย

สำหรับผลของกรณี TSD19 ได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.19ค พบว่าลักษณะของการกระจายความดันรวมที่บริเวณความดันต่ำและบริเวณความดันสูงจะมีขนาดเล็กลงจากกรณี TSD15 เพียงเล็กน้อย

ผลของกรณี TSD25 ได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.19ง พบว่าทั้งบริเวณที่มีความดันต่ำและสูงที่สุดจะมีขนาดเล็กลงไปจากกรณี TSD19 มาก แสดงว่าความแข็งแรงของวอร์เทกซ์ในกรณี TSD25 จะเหมาะสมในการช่วยผสมและถ่ายเทโมเมนตัมจาก freestream มาสู่บริเวณผนังได้พอดี ทำให้สามารถลดทั้งบริเวณที่มีความดันรวมต่ำที่สุดและสูงที่สุดได้จนเกือบหมด

กราฟรูปที่ 4.19จ เป็นผลของกรณี TSD37 พบว่าบริเวณความดันสูงในหน้าตัดด้านบนจะไต่ลงไปทางผนังซ้ายมือมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากแถบดำทางด้านซ้ายเริ่มเฉียงลง สันนิษฐานว่าเกิดจากการใช้ VG ที่มีระยะใกล้กันมากขึ้นนี้จะทำให้ความแข็งแรงของวอร์เทกซ์มีมากขึ้นและสามารถเปลี่ยนทิศทางของ freestream ให้มีทิศทางเดียวกับทิศทางของวอร์เทกซ์ที่เกิดขึ้นได้ (วอร์เทกซ์บนผนังด้านบนจะมีทิศทางไปทางซ้ายมือ) และบริเวณความดันสูงที่สุดได้กลับตำแหน่งมาอยู่ทางขวามือและมีบริเวณที่ใหญ่กว่ากรณี TSD25 ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจเป็นเพราะความแข็งแรงของวอร์เทกซ์ที่เกิดขึ้นจาก VG สูงเกินกว่าจะผสมและสลายตัวจนหมดก่อนจะถึงตำแหน่งที่วัดความดันรวม สำหรับบริเวณความดันต่ำที่สุดด้านล่างจะยังเหลืออยู่แต่ก็เป็นบริเวณที่เล็กมาก

กราฟ 4.19ฉ เป็นผลของกรณี TSD75 พบว่าบริเวณความดันสูงด้านบนจะไต่ลงไปทางผนังซ้ายมือมากยิ่งขึ้น และบริเวณความดันสูงที่สุดบนผนังด้านบนจะเหลือเพียงบริเวณเล็กๆทางซ้ายมือด้านบน ซึ่งจะแตกต่างไปจากกรณี TSD37 ที่พบบริเวณของความดันสูงที่สุดเป็นบริเวณกว้างทางขวามือ สันนิษฐานว่าเนื่องจาก VG ที่ใช้มีความถี่มากกว่ากรณี TSD37 และจำนวนของ VG มากกว่าประมาณ 2 เท่า ทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวอร์เทกซ์สูงและทำให้กลุ่มของวอร์เทกซ์ที่มีความดันรวมสูงสลายตัวไปจนหมดก่อนที่ถึงตำแหน่งการวัดความดันรวม สำหรับความดันต่ำในหน้าตัดด้านล่างจะไม่พบบริเวณที่มีความดันต่ำที่สุดเหมือนกับกรณีอื่นๆ

จากกรณี TSD37 และ TSD75 พบว่าทั้งการกระจายความดันรวมสูงและต่ำ จะเปลี่ยนแปลงไม่มากนักจากกรณี TSD25 ซึ่งน่าจะสอดคล้องกับผลของ D_{max}, D_{min} และ ΔD ที่จะประมาณคงที่ถ้าใช้ VG ที่มีความถี่มากกว่ากรณี TSD25

ดังนั้นการใช้ VG จะทำให้การไหลที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall มีความสม่ำเสมอมากขึ้น โดยที่ VG จะมีผลต่อทั้งการไหลบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัวและผนังอีกด้านที่การไหลมีลักษณะเป็นเจท คือสามารถทำให้บริเวณที่มีความดันต่ำที่สุดและสูงที่สุดในดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดามีค่าลดลงอย่างมาก แต่สันนิษฐานว่าถ้าใช้วอร์เทกซ์ที่มีความแข็งแรงสูงเกินไปจะทำให้วอร์เทกซ์เหล่านั้นยังไม่สลายตัวจนหมดเมื่อถึงทางออกของดิฟฟิวเซอร์ โดยมีผลเฉพาะผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัว

ในรูปที่ 4.20(ก-ฉ) เป็นการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ที่มีลักษณะการไหลเป็นแบบ Fully-developed stall โดยกราฟในรูปที่ 4.20ก เป็นดิฟฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้งวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ หรือกรณี FSD0 พบว่าการไหลในดิฟฟิวเซอร์ยังคงเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังที่ผนังด้านล่างอยู่ และมีบริเวณความดันต่ำที่สุดเป็นบริเวณกว้างกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG ซึ่งเป็นผลจากการเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังที่มีความรุนแรงมากกว่า สำหรับการไหลบนผนังอีกด้านจะมีบริเวณของความดันสูงอยู่เป็นบริเวณกว้างโดยมีความสมมาตรทั้งซ้ายและขวา และบริเวณที่ความดันรวมสูงที่สุดจะมีค่าประมาณเท่ากับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall แต่เป็นบริเวณกว้างกว่า ซึ่งบริเวณความดันรวมสูงนี้เกิดจากการเคลื่อนที่อ้อมบริเวณการไหลหมุนวนบนผนังด้านล่าง ทำให้เป็นลักษณะการไหลแบบเจท

สำหรับรูปร่างของการกระจายความดันรวมในกราฟรูปที่ 4.20ข เป็นผลของการติดตั้ง VG ในกรณี FSD15 พบว่าบริเวณความดันต่ำที่สุดบนผนังด้านล่างจะลดขนาดลงเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากที่ VG ช่วยผสมและถ่ายเทโมเมนตัมจาก freestream ไปสู่ผนังได้ สำหรับการไหลในหน้าตัดด้านบนจะเกิดกลุ่มของบริเวณที่มีความดันสูงที่สุดมีค่าสูงขึ้นแต่เป็นเพียงบริเวณเล็กๆ เท่านั้น สันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากวอร์เทกซ์ยังคงไม่ผสมกับ freestream จนหมด (สลายตัวหมด) คล้ายกับกรณี TSD37 โดยปรากฏการณ์นี้จะไม่พบในกรณี TSD15 เนื่องจากดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall มีขนาดสั้นกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ดังนั้นวอร์เทกซ์ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะสลายตัวไปหมดแล้วก่อนถึงตำแหน่งการวัด และการกระจายความดันในบริเวณความดันรวมสูงอื่นๆจะมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป โดยมีลักษณะที่เล็กลงกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาได้

สำหรับกราฟในรูปที่ 4.20ค เป็นผลของกรณี FSD19 พบว่าจะทำให้บริเวณความดันต่ำในหน้าตัดด้านล่างไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่สำหรับบริเวณความดันรวมสูงที่สุดบนหน้าตัดด้านบนจะขยายขึ้นเล็กน้อย โดยจะขยายขนาดออกในทางด้านกว้างของท่อ ซึ่งเกิดจากจำนวนของ VG ที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้วอร์เทกซ์มีความแข็งแรงมากขึ้น ดังนั้นกลุ่มของวอร์เทกซ์ที่ยังคงไม่สลายตัวไปจะเพิ่มขนาดขึ้น แต่สำหรับบริเวณความดันสูงอื่นๆในหน้าตัดด้านบนจะไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่างไปนัก

ในกราฟรูปที่ 4.20ง เป็นผลของกรณี FSD25 พบว่าบริเวณความดันต่ำด้านล่างจะเปลี่ยนแปลงไปจากกรณี FSD15 และ FSD19 โดยทำให้บริเวณเล็กลงเล็กน้อย สำหรับบริเวณความดันสูงด้านบนจะขยายขนาดมากกว่ากรณี FSD19 เล็กน้อย และบริเวณความดันสูงก็มีลักษณะไต่ลงต่ำไปทางผนังซ้ายมือมากขึ้น ซึ่งสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากการที่วอร์เทกซ์สามารถเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ของโมเมนตัมสูงใน freestream ให้มีทิศมาทางซ้ายมือได้มากขึ้น

กราฟในรูปที่ 4.20จ เป็นผลของกรณี FSD37 พบว่าลักษณะการกระจายความดันรวมในหน้าตัดด้านล่างยังคงมีลักษณะที่คล้ายกับกรณี FSD25 แต่ความดันสูงทางด้านบนได้ไต่ลงมา

ทางผนังซ้ายมือมากขึ้น อย่างไรก็ตามจะไม่มีผลต่อรูปร่างของบริเวณที่มีความดันต่ำที่สุดนัก สำหรับบริเวณความดันสูงที่สุดบนผนังด้านบนก็ขยายขนาดมากขึ้นโดยแบ่งเป็น 2 บริเวณที่มีขนาดประมาณกัน ซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดขึ้นเนื่องจากจำนวนของวอร์เทกซ์มีมากขึ้นจึงทำให้ขยายบริเวณใหญ่ขึ้น แต่ระยะของ VG อาจจะไม่ใกล้กันมากพอที่จะทำให้วอร์เทกซ์ทั้งหมดรวมตัวกันเป็นกลุ่มเดียวและมีความดันรวมสม่ำเสมอทั้งบริเวณได้ ซึ่งจะเป็นการยืนยันผลของกรณี TSD37 โดยที่กลุ่มความดันสูงที่สุดทางซ้ายมือของกรณี TSD37 ได้สลายตัวไปจนหมดก่อนแล้ว

ผลของกรณี FSD75 แสดงในกราฟรูปที่ 4.20ฉ จะเห็นได้ว่าบริเวณความดันสูงในหน้าตัดด้านบนได้ลงทางผนังซ้ายมือมากขึ้น และบริเวณความดันสูงที่สุดจะขยายบริเวณจนรวมกันเป็นบริเวณกลุ่มใหญ่กลุ่มเดียวเนื่องจากความแข็งแรงของวอร์เทกซ์เพิ่มมากขึ้น แต่ลักษณะการกระจายความดันรวมในหน้าตัดด้านล่างซึ่งเป็นบริเวณความดันต่ำยังคงมีรูปร่างและขนาดไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก

ดังนั้นการใช้ VG แบบ half-delta wing กับดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีผลต่อบริเวณความดันสูงมากกว่าบริเวณความดันต่ำ เพราะจะทำให้กลุ่มบริเวณที่มีความดันสูงที่สุดมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา แต่อย่างไรก็ตามค่า D_{max} และ D_{min} อาจจะดูเหมือนไม่สอดคล้องกับการกระจายความดันรวมที่สังเกดพบ ประเด็นนี้จะกล่าวถึงในหัวข้อ 4.5 อีกครั้ง

ในรูปที่ 4.21(ก-ฉ) เป็นการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ที่มีลักษณะการไหลเป็นแบบ Jet flow โดยกราฟ 4.21ก เป็นดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG หรือกรณี JD0 จากการสังเกตระหว่างการทดลองพบว่าการไหลในดิฟ-ฟิวเซอร์จะมีการเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังทั้งด้านบนและด้านล่าง โดยที่ความรุนแรงบนผนังด้านล่างจะมากกว่าผนังด้านบน และเมื่อออกจากทางออกของดิฟฟิวเซอร์แล้ว ลำเจทจะเบี่ยงตัวเข้าหาผนังด้านบน ทำให้เมื่อวัดความดันรวมจะพบลักษณะการกระจายความดันรวมที่คล้ายกับกรณี Transitory stall และ Fully-developed stall โดยที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์จะมีบริเวณความดันต่ำที่สุดเป็นบริเวณกว้างกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall และ Transitory stall ที่ไม่ได้ติดตั้ง VG ซึ่งเป็นผลจากการเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังด้านล่างมีความรุนแรงมากกว่าดิฟฟิวเซอร์ที่มีลักษณะการไหลแบบอื่นๆ สำหรับการไหลบนผนังอีกด้านจะมีบริเวณของความดันสูงอยู่เป็นบริเวณกว้างโดยมีความดันรวมสูงที่สุดสูงกว่าดิฟฟิวเซอร์ทั้งสองแบบ และไม่สมมาตรเหมือนกับดิฟฟิวเซอร์แบบอื่นๆโดยมีรูปร่างของการกระจายความดันเยื้องมาทางขวามือ ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่การไหลมีลักษณะเป็นสามมิติมากกว่าการไหลในดิฟฟิว-เซอร์แบบอื่น นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงความดันจากบริเวณความดันต่ำไปเป็นความดันสูงเกิดขึ้นในช่วงที่สั้นกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบอื่นด้วย

กราฟรูปที่ 4.21ข เป็นผลของกรณี JD15 พบว่าบริเวณความดันต่ำบนหน้าตัดจะมีความดันสูงขึ้นโดยเฉพาะในบริเวณที่ใกล้กับผนังด้านขวา สำหรับหน้าตัดด้านบนจะพบว่าบริเวณ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความดันสูงที่สุดจะลดขนาดลงมากโดยเหลือเพียงบริเวณเล็กๆทางซ้ายมือ แต่บริเวณความดันสูงอื่นๆจะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากดิฟฟิวเซอร์ธรรมดามากนัก และการเปลี่ยนแปลงความดันรวมในหน้าตัดก็จะช้าลงกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาด้วย ถึงแม้ว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow มีขนาดสั้นกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบอื่นๆ แต่ไม่พบผลของความดันสูงที่สุดที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ VG เหมือนกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall ซึ่งน่าจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของลำเจทในดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow มี strength สูงกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบอื่นๆทำให้ไม่เห็นผลของวอร์เทกซ์ที่เกิดขึ้น

กราฟรูปที่ 4.21ค เป็นผลของกรณี JD19 พบว่าบริเวณความดันต่ำบนผนังด้านล่างมีขนาดเล็กลงโดยความดันรวมจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นทางผนังด้านซ้ายและด้านขวา เพราะการที่วอร์เทกซ์มี strength ที่เหมาะสมมากขึ้นจะช่วยทำให้การผสมและถ่ายเทโมเมนตัมของอากาศดีขึ้น สำหรับบริเวณความดันรวมสูงในหน้าตัดด้านบนจะมีขนาดและรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะบริเวณที่มีความดันรวมสูงที่สุดและบริเวณที่มีความดันรวมสูงรองลงมาหนึ่งระดับ จะมีขนาดเล็กลงกว่ากรณี JD15

กราฟในรูปที่ 4.21ง เป็นผลของกรณี JD25 พบว่ารูปร่างการกระจายความดันรวมยังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากกรณี JD19 มากนัก แต่บริเวณของความดันต่ำบนผนังด้านล่างจะมีขนาดเล็กกว่ากรณี JD19 พอควร

ผลของกรณี JD37 และ JD75 อยู่ในรูปที่ 4.21จ และ 4.21ฉ ตามลำดับ พบว่าลักษณะของการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ของทั้งสองกรณีจะไม่แตกต่างจากกรณี JD25 มากนัก

โดยสรุปแล้วการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S มากกว่า 0.15 ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะทำให้การไหลมีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น โดยการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ระหว่าง 0.15 และ 0.25 จะมีผลต่อการกระจายความดันรวมทั้งบริเวณความดันต่ำและบริเวณความดันสูง แต่ถ้าใช้ VG ที่มี δ/S มากกว่า 0.25 จะไม่ทำให้การกระจายความดันรวมเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับค่า D_{max}, D_{min} และ ΔD ในหัวข้อ 4.3

4.5 ค่าความเบี่ยงเบน C_{PT}

จากผลการทดลองในส่วนที่ทำการวัดดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมของดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.10-4.18 พบว่าค่าดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมจะมีค่าลดลงเมื่อใช้ VG ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าความดันรวมมีความสม่ำเสมอมากขึ้น แต่ถ้าพิจารณาผลการทดลองในส่วนที่ทำการวัดสัมประสิทธิ์การกระจายความดันรวมของดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.20 (ก-ฉ) พบว่าถ้าใช้วิจารณญาณทั่วไปลักษณะของการกระจายความดันรวมดูเสมือนจะมีความไม่สม่ำเสมอมากขึ้นเมื่อใช้ VG เพราะ

บริเวณของความดันรวมสูงที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้น และขยายบริเวณใหญ่ขึ้นเมื่อใช้ VG ที่มีความถี่มาก และมีการเปลี่ยนแปลงความดันรวมอย่างรวดเร็วในบริเวณนั้น (high pressure gradient) ประเด็นนี้อาจอธิบายได้ว่าตามนิยามของดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมเป็นตัวบ่งชี้ความแตกต่างความดันรวมเฉลี่ยของบริเวณใดๆในหน้าตัดจากความดันเฉลี่ยทั้งหน้าตัดทางออกของดิฟ-ฟิวเซอร์ หรือกล่าวอีกนัยได้ว่า ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมไม่ได้แสดงความต่อเนื่องของความไม่สม่ำเสมอของความดันรวมหรือการกระจายความดันรวมในหน้าตัด ซึ่งในทางปฏิบัติการใช้งานดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมจะเหมาะสมกับการดูผลโดยรวมของความดันรวมต่ออุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ในท่อ ตัวอย่างเช่น แรงตามแนวแกนที่กระทำบนใบพัดของคอมเพรสเซอร์ โดยการเลือกขนาดและรูปร่างของพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ให้มีค่าเท่ากับขนาดของ projection area ของใบพัด เพื่อศึกษาผลของ cyclic loading ที่จะกระทำต่อใบพัดเมื่อหมุนครบหนึ่งรอบ แต่ถ้าต้องการศึกษาถึงความต่อเนื่องของความไม่สม่ำเสมอของความดันรวมทั้งหน้าตัด ค่าความเบี่ยงเบน C_{PT} ($\sigma_{C_{PT}}$) ซึ่งนิยามตามสมการ 3.5.5 อาจจะมีความเหมาะสมมากกว่า เพราะแสดงถึงความไม่สม่ำเสมอของการกระจายความดันรวมทุกๆจุดในหน้าตัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมและค่าความเบี่ยงเบน C_{PT} จะมีความเหมาะสมต่องานในลักษณะที่แตกต่างกัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

พิจารณาแรงที่เกิดการกระจายความดันรวมบนใบพัดตามแนวเส้นรอบวงเป็น sine wave ที่มี amplitude เท่ากันแต่คาบต่างกันเป็น 2 เท่าดังแสดงในรูปที่ 4.22 ก และ ข ในกรณี 4.22 ก ถ้าคำนวณ D_{max} ด้วยพื้นที่ที่เท่ากับใบพัดจะพบว่ามีค่าเป็น 0 และ $\sigma_{C_{PT}}$ มีค่าเป็น 0.71 ส่วนในกรณี 4.22 ข จะพบว่า D_{max} มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากกรณี 4.22 ก แต่ $\sigma_{C_{PT}}$ จะยังคงมีค่าคงที่อยู่ที่ 0.71 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าพิจารณาถึงแรงตามแนวแกนที่เป็น cyclic loading บนใบพัด สำหรับกรณี 4.22 ก จะพบว่าไม่เกิด cyclic loading แต่กรณี 4.22 ข จะเกิด cyclic loading ซึ่งสะท้อนให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยค่า D แต่ไม่สามารถสะท้อนการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยค่า $\sigma_{C_{PT}}$

และในงานวิจัยนี้ได้แสดงค่าความเบี่ยงเบนของ C_{PT} ของทุกกรณีไว้ในกราฟรูปที่ 4.23-4.25 โดยที่ทุกจุดในการทดลองมีค่า uncertainty ประมาณไม่เกิน $\pm$ 0.03

จากกราฟในรูปที่ 4.23 พบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และแบบ Jet flow มีแนวโน้มของความไม่สม่ำเสมอของความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ลดลง เมื่อใช้ VG ที่มีความถี่มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีแนวโน้มของความไม่สม่ำเสมอของความดันรวมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งผลของค่าความเบี่ยงเบนนี้จะสอดคล้องกับการกระจายความดันรวมในหัวข้อที่ 4.4 นอกจากนั้นจากผลการทดลองของดิฟฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติด VG พบว่าความไม่สม่ำเสมอของความดันรวมในดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow มีค่ามากกว่าดิฟฟิวเซอร์ทั้งสองแบบ แต่ถ้าใช้ VG ที่มีความถี่มากขึ้นคือประมาณ δ / S มากกว่า 0.25

จะทำให้ดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed flow มีความไม่สม่ำเสมอมากกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ได้

สำหรับกราฟในรูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบน C_{PT} ของดิฟฟิวเซอร์ที่ใช้ VG เทียบกับค่าความเบี่ยงเบน C_{PT} ของดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา พบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะมีความสามารถในการลดความไม่สม่ำเสมอของความดันรวมมากขึ้นเมื่อใช้ VG ที่ถี่มากขึ้นแต่จะมีการลดลงที่ไม่ต่อเนื่อง สำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall พบว่าความไม่สม่ำเสมอของความดันรวมกลับมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ VG ที่มีความถี่ δ / S มากกว่า 0.15 ซึ่งความไม่สม่ำเสมอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อ δ / S เพิ่มจาก 0.15 ถึง 0.37 แต่ถ้าใช้ VG ที่ถี่มากขึ้น ความไม่สม่ำเสมอนี้จะมีค่าประมาณคงที่ โดยดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่า ความไม่สม่ำเสมอจะลดลงอย่างมาก เมื่อใช้ VG ที่มี δ / S เพิ่มจาก 0 ถึง 0.25 และจะมีค่าประมาณคงที่เมื่อใช้ VG ที่มีความถี่มากขึ้น

กราฟในรูปที่ 4.25 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของความไม่สม่ำเสมอของความดันรวมเมื่อ δ / S เปลี่ยนแปลงไป จากกราฟพบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากกว่าดิฟฟิวเซอร์อีกสองแบบเมื่อระยะ δ / S เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่ดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

จากผลการทดลองนี้อาจสรุปได้ว่า การใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะทำให้ลดความไม่สม่ำเสมอของการกระจายความดันรวมได้ ในขณะที่การใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall กลับทำให้ความไม่สม่ำเสมอเพิ่มมากขึ้น

4.6 การกระจายความดันสถิตบนผนัง

นอกจากจะทำการวัดค่าสมรรถนะของดิฟฟิวเซอร์แล้ว ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวัดความดันสถิตบนผนังของดิฟฟิวเซอร์ทั้งด้านที่เกิดและไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนัง เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจปรากฏการณ์การไหลในดิฟฟิวเซอร์ที่มี VG มากขึ้น จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ว่าการวัดความดันสถิตบนแต่ละผนังในดิฟฟิวเซอร์ได้ทำการวัด 4 แนว โดยจะมี 2 แนวที่อยู่ด้านหลัง VG และระหว่าง VG โดยได้แสดงตำแหน่งการวัดไว้ในรูปที่ 3.15(ก-จ) หลังจากนั้นได้นำค่าความดันสถิตของแนวด้านหลังและระหว่าง VG มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำมาพล็อตกราฟของสัมประสิทธิ์การกระจายความดันสถิตบนผนังตามสมการที่ 3.5.6 เพื่อแสดงให้เห็นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความดันสถิตบนผนังดิฟฟิวเซอร์เมื่อใช้ VG โดยมีค่า uncertainty ของทุกกรณีไม่เกิน $\pm$ 0.01 ทุกจุดการวัด

4.6.1 การเปรียบเทียบความดันสถิตเฉลี่ย

กราฟในรูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนัง (ผนังด้านบน) ตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์ Transitory stall แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq$ 0.4 สำหรับ X^* แทนระยะตามแนวผนังของชุดทดลอง (แนวผนังเอียงของดิฟฟิวเซอร์และตามความยาวของ tailpipe) และ L^* แทนความยาวตามแนวผนังเอียงของดิฟฟิวเซอร์ โดยตำแหน่งที่ X^*/L^* เท่ากับ 0 คือทางเข้าดิฟฟิวเซอร์ และตำแหน่งที่ X^*/L^* เท่ากับ 1 แทนตำแหน่งทางออกของดิฟฟิวเซอร์และตำแหน่งเส้นประแทนตำแหน่งในการวัดความดันรวม (ตำแหน่งที่ 2) จากกราฟในรูปที่ 4.26 และ 4.27 พบว่าความดันสถิตบนผนังด้านนี้จะมีความดันเพิ่มขึ้นมากในช่วง X^*/L^* เท่ากับ 0 ถึง 0.2 หลังจากนั้นความดันสถิตจะเพิ่มขึ้นช้าลง และจะมีความดันสถิตเพิ่มขึ้นมากอีกทีที่ตำแหน่งก่อนทางออกของดิฟฟิวเซอร์ แต่ความดันที่เพิ่มขึ้นนั้นก็จะลดลงอย่างรวดเร็วและมีความดันค่อนข้างคงที่มาตลอดจนถึงทางออกของ tailpipe โดยพบว่าการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S เท่ากับ 0.25 (กรณีที่ดีที่สุด) จะทำให้ความดันสถิตมีค่าสูงกว่ากรณีอื่นๆตั้งแต่ระยะประมาณ X^*/L^* เท่ากับ 0.5 และค่าจะสูงมากขึ้นเมื่อออกจากดิฟฟิวเซอร์ไปแล้ว ซึ่งเกิดจากการที่ VG ทำให้เกิดการดึงอากาศมาผสมในบริเวณชั้นขอบเขตได้ดีกว่ากรณีอื่นๆและลดการไหลแยกตัวออกจากผนังบนผนังอีกด้านได้มากกว่าการใช้ VG ที่มีระยะห่างอื่นๆ ทำให้ขนาดของ Recirculation zone ลดลงและ effective area (A_{eff}) ของการไหลจึงมากกว่าและทำให้ความดันสถิตมีค่าสูงกว่ากรณีอื่น

แต่อย่างไรก็ตามในกราฟรูปที่ 4.27 พบว่าการใช้ VG (ยกเว้นกรณี TSD25) จะทำให้ความดันสถิตต่ำกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าเป็นเพราะผลของวอร์เทกซ์ที่เกิดขึ้นจาก VG เอง ทำให้ความดันจลน์ที่บริเวณใกล้กับผนังมีค่าสูงขึ้นและความดันสถิตต่ำลง และการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S เท่ากับ 0.75 จะทำให้ความดันต่ำที่สุดซึ่งอาจจะเกิดจากผลของวอร์เทกซ์ที่มีความแข็งแรงมากที่สุด

กราฟในรูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังที่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนัง (ผนังด้านล่าง) ตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์ Transitory stall แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq 0.4$ พบว่าความดันสถิตจะมีค่าค่อนข้างคงที่ในดิฟฟิวเซอร์และจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์จนถึงทางออกของ tailpipe

จากกราฟทั้งสองพบว่าการใช้ VG จะทำให้ค่าความดันสถิตต่ำลงกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาในช่วงระยะ X^*/L^* เท่ากับ 0 ถึง 0.5 โดย VG ที่ถี่มากจะทำให้ความดันสถิตยิ่งมีค่าน้อย แสดงว่าเป็นผลของการเคลื่อนที่ของวอร์เทกซ์เหมือนกับผนังฝั่งตรงกันข้าม สำหรับช่วง X^*/L^* มากกว่า 0.5 จนถึงทางออกของ tailpipe พบว่าการใช้ VG ที่มีระยะ δ/S เท่ากับ 0.25

จะทำให้มีความดันสถิตสูงกว่ากรณีอื่นๆ เป็นการยืนยันว่าเมื่อใช้ VG ที่เหมาะสมจะสามารถลดบริเวณการไหลแยกตัวออกจากผนังได้ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ VG ที่ทำให้วอร์เทกซ์ที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงมากไป (กรณี TSD75) จะทำให้ความดันสถิตต่ำกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาในช่วง X^*/L^* เท่ากับ 0.5 ถึงทางออกของดิฟฟิวเซอร์ได้

ดังนั้นการใช้ VG ในกรณี TSD25 ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะสามารถลดความรุนแรงของการไหลแยกตัวออกจากผนังได้มากที่สุด และจะทำให้ความดันสถิตบนผนังทั้งสองด้านของดิฟฟิวเซอร์มากกว่ากรณีอื่นๆตั้งแต่ X^*/L^* ประมาณ 0.5 ซึ่งเกิดจากการเพิ่ม A_{eff} ของการไหลนั่นเอง และจะสอดคล้องกับผลของค่า C_p ที่การใช้ VG ที่มี δ/S เท่ากับ 0.25 จะทำให้ค่า C_p เพิ่มได้มากที่สุดเช่นเดียวกัน

กราฟในรูปที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนัง (ผนังด้านบน) ตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์ Fully-developed stall แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq 0.4$ จากรูปที่ 4.26 พบว่าในบริเวณที่ใกล้กับทางเข้าของดิฟฟิวเซอร์จะมีความดันสถิตเพิ่มขึ้นเร็วมาก และจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงตำแหน่งที่มีความดันสถิตสูงสุด แล้วค่าความดันสถิตจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าค่อนข้างคงที่จนถึงทางออกของ tailpipe

จากกราฟทั้งสองพบว่าการใช้ VG จะทำให้มีความดันสถิตต่ำกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาจนถึง X^*/L^* ประมาณ 0.2 แล้วหลังจากนั้นการใช้ VG ในกรณี FSD25 (กรณีที่เพิ่มค่า C_p มากที่สุด) และ FSD19 จะทำให้มีความดันสถิตสูงกว่ากรณี FSD0 และจะมีค่าประมาณมากกว่าการใช้ VG ในกรณีอื่นๆไปจนถึงทางออกของ tailpipe แต่ในช่วงต้นของดิฟฟิวเซอร์การใช้ VG ในกรณี FSD75 ทำให้มีความดันสถิตต่ำที่สุดเนื่องจากมีความแข็งแรงของวอร์เทกซ์มากที่สุด นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้ VG จะทำให้ค่าความดันสถิตสูงที่สุดมีค่ามากกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาและตำแหน่งเลื่อนเข้าใกล้ปากทางออกของดิฟฟิวเซอร์มากขึ้น

กราฟในรูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนัง (ผนังด้านล่าง) ตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์ Fully-developed stall แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq 0.4$ พบว่าความดันสถิตจะมีค่าค่อนข้างคงที่ในดิฟฟิวเซอร์จนถึงตำแหน่ง X^*/L^* เท่ากับ 2 แล้วความดันสถิตจึงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงทางออกของ tailpipe

จากกราฟทั้งสองพบว่าการใช้ VG กลับจะทำให้ความดันสถิตมีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าดิฟ-ฟิวเซอร์แบบธรรมดาเกือบตลอดชุดทดลอง แสดงว่า VG สามารถลดการไหลแยกตัวออกจากผนังได้ โดย VG ในกรณี FSD25 (กรณีที่เพิ่มค่า C_p มากที่สุด) และ FSD19 จะทำให้มีความดันสถิตสูงที่สุด แต่ถ้าใช้วอร์เทกซ์ที่มีความแข็งแรงมากเกินไปจะไม่ช่วยเพิ่มความดันสถิตได้ ตัว

อย่างเช่นกรณีที่ความแข็งแรงของวอร์เทกซ์สูงที่สุด (FSD75) จะมีความดันสถิตประมาณเท่ากับดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา

ดังนั้นการใช้ VG ในกรณี FSD25 และ FSD19 ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะเพิ่มความดันสถิตบนผนังทั้งสองด้านได้มากกว่ากรณีอื่นๆได้ตั้งแต่ X^*/L^* ประมาณ 0.2 ซึ่งจะสอดคล้องกับผลของค่า C_p ที่การใช้ VG ที่มี δ/S เท่ากับ 0.25 และ 0.19 จะทำให้ค่า C_p เพิ่มได้มากที่สุดเช่นเดียวกัน

กราฟในรูปที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังน้อยกว่า (ผนังด้านบน) ตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์ Jet flow แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังน้อยกว่าเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq 0.4$ พบว่าในช่วง X^*/L^* น้อยกว่า 1.5 จะมีความดันสถิตค่อนข้างคงที่ แล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง X^*/L^* ระหว่าง 1.5 และ 2 หลังจากนั้นความดันสถิตจะลดลงจนมีค่าค่อนข้างคงที่ที่ใกล้กับทางออกของ tailpipe

จากกราฟทั้งสองพบว่า VG จะทำให้ความดันสถิตต่ำกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาตลอดความยาวของดิฟฟิวเซอร์ โดย VG ที่มีค่า δ/S เท่ากับ 0.75 จะทำให้ความดันสถิตต่ำที่สุดเหมือนกับดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall และในส่วนท้ายของดิฟฟิวเซอร์จะมีค่าความดันสถิตระหว่างกรณีต่างๆมีค่าประมาณเท่ากันมากขึ้น หลังจากการไหลออกจากดิฟฟิวเซอร์พบว่าความดันสถิตของการใช้ VG ที่มี δ/S เท่ากับ 0.25 จะมีความดันสถิตเพิ่มขึ้นที่ตำแหน่งใกล้กับปากทางออกดิฟฟิวเซอร์ที่สุด ในขณะที่ดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาจะมีการเพิ่มความดันสถิตอยู่ห่างจากปากทางออกของดิฟฟิวเซอร์มากที่สุด สำหรับค่าความดันสูงสุดของทุกกรณีจะมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก แต่ในส่วนใกล้กับทางออกของ tailpipe พบว่าการใช้ VG ที่มี δ/S เท่ากับ 0.25 จะมีความดันสถิตสูงกว่ากรณีอื่นๆ และดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาจะมีความดันสถิตต่ำกว่าการใช้ VG ในทุกกรณี

กราฟในรูปที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังมากกว่า (ผนังด้านล่าง) ตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์ Jet flow แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันเฉลี่ยบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการเกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังมากกว่าเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq 0.4$ จากกราฟพบว่าความดันสถิตจะมีค่าค่อนข้างคงที่จนถึงตำแหน่ง X^*/L^* เท่ากับ 3.5 แล้วจึงมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อใกล้กับทางออกของ tailpipe

จากกราฟทั้งสองพบว่าการใช้ VG จะไม่ทำให้ค่าความดันสถิตแตกต่างจากกรณีดิฟฟิวเซอร์ธรรมดามากนัก ดังนั้นอาจจะแสดงว่า VG สามารถลดการไหลแยกตัวบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวมากในดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ได้เพียงเล็กน้อย แต่เมื่อใกล้กับทาง

ออกของ tailpipe พบว่าการใช้ VG จะทำให้ความดันสถิตสูงกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา โดยที่ VG ในกรณี JD25 จะมีความดันสถิตสูงที่สุด

ดังนั้นการใช้ VG ในดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะเพิ่มความดันสถิตของผนังด้านที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวน้อยได้ตั้งแต่ประมาณที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ และผนังอีกด้านได้ตั้งแต่ X^*/L^* ประมาณ 1.5 ซึ่งจะแตกต่างกับดิฟฟิวเซอร์อีกสองตัวที่ทำให้ความดันสถิตบนผนังเพิ่มได้ตั้งแต่ในดิฟฟิวเซอร์ที่ตำแหน่ง X^*/L^* ประมาณ 0.2 ถึง 0.5

4.6.2 ความแตกต่างของความดันสถิตระหว่างผนังทั้งสองด้าน

กราฟในรูปที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างความดันเฉลี่ยบนผนังทั้งสองด้าน ตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์ Transitory stall แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างความดันเฉลี่ยบนผนังทั้งสองด้านเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq 1$ โดยการนำเอาค่าความดันสถิตบนผนังด้านบนลบด้วยค่าความดันสถิตบนผนังด้านล่าง หรือ $\Delta C_{PW} = C_{PW(top)} - C_{PW(bottom)}$ โดยในงานวิจัยนี้คือการนำความดันสถิตบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังลบด้วยความดันสถิตบนผนังด้านที่เกิดการไหลแยกตัว พบว่าแนวโน้มของกราฟของความแตกต่างของความดันจะคล้ายกับกราฟความดันบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนัง เนื่องจากค่าความดันสถิตบนผนังอีกด้านมีค่าค่อนข้างคงที่

จากกราฟทั้งสองพบว่าทุกกรณีจะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยในช่วงใกล้กับทางเข้าของดิฟฟิวเซอร์ ค่าความดันบนผนังด้านบนจะมีค่าต่ำกว่าผนังด้านล่างมากจนถึงระยะ X^*/L^* เท่ากับ 0.35 ค่าความดันสถิตระหว่างผนังทั้งสองด้านจึงจะมีค่าเท่ากัน หลังจาก X^*/L^* ประมาณ 0.35 จนถึงทางออกของดิฟฟิวเซอร์พบว่าความดันสถิตบนผนังด้านบนจะเพิ่มค่าสูงกว่าผนังด้านล่างอย่างต่อเนื่องจนผนังด้านบนมีความดันมากกว่าผนังด้านล่างที่สุดที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ และความแตกต่างความดันสถิตระหว่างผนังทั้งสองข้างจะลดลงและมีค่าเท่ากันอีกครั้งที่ X^*/L^* ประมาณ 1.5

กราฟในรูปที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างความดันเฉลี่ยบนผนังทั้งสองด้าน ตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์ Fully-developed stall แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างความดันเฉลี่ยบนผนังทั้งสองด้านเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq 1$ พบว่าทุกกรณีจะมีค่าความดันสถิตในช่วงต้นบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวต่ำกว่าผนังอีกด้านมาก หลังจากนั้นความแตกต่างของความดันสถิตระหว่างผนังทั้งสองด้านจะลดลงอย่างต่อเนื่อง แล้วความดันสถิตบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวจะกลับมีค่าสูงกว่าผนังอีกด้านที่ตำแหน่ง X^*/L^* ประมาณ 0.5 โดยตำแหน่งที่ความดันสถิตมีค่าเท่ากันนี้พบว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาจะเกิดช้ากว่ากรณีอื่นๆ คือ

X^*/L^* ประมาณ 0.65 นอกจากนั้นในช่วงที่ความดันสถิตบนผนังที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวออกจากผนังมีเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงที่สุด พบว่ายิ่งใช้ VG ที่ถี่มากจะยิ่งทำให้มีความแตกต่างของความดันระหว่างผนังทั้งสองมาก และดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาจะมีความแตกต่างของความดันสถิตระหว่างผนังทั้งสองด้านน้อยที่สุด หลังจากนั้นความแตกต่างระหว่างความดันสถิตจะลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีค่าเกือบจะเท่ากันที่ตำแหน่ง X^*/L^* ประมาณ 2.5

นอกจากนั้นการใช้ VG จะทำให้ความแตกต่างของความดันของผนังทั้งสองด้านมากขึ้นกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาในช่วงต้นคือที่ X^*/L^* ประมาณ 0 ถึง 0.2 แต่หลังจากนั้นในช่วง X^*/L^* เท่ากับ 0.2 ถึงประมาณ 1.5 จะทำให้ความแตกต่างของความดันระหว่างผนังทั้งสองลดน้อยกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดา หรือมีการเพิ่มค่าความดันสถิตบนผนังที่ไม่เกิดการไหลแยกตัวของดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาช้ากว่าดิฟฟิวเซอร์ที่ติด VG แต่อย่างไรก็ตามที่บริเวณใกล้กับทางออกของ tailpipe พบว่าความแตกต่างของความดันสถิตจะไม่ต่างกันมากนัก

กราฟในรูปที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างความดันเฉลี่ยบนผนังทั้งสองด้านตลอดแนวการวัดของดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow แบบธรรมดาและแบบที่ใช้ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ส่วนในรูปที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างความดันเฉลี่ยบนผนังทั้งสองด้านเฉพาะในช่วง $X^*/L^* \leq 1$ พบว่าในช่วงจากปากทางเข้าของดิฟฟิวเซอร์จนถึงตำแหน่ง X^*/L^* ประมาณ 1.5 ความดันบนผนังด้านที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวมากกว่า (ผนังด้านล่าง) จะมีความดันสถิตต่ำกว่าผนังอีกด้าน แต่เมื่อเลยระยะนี้ไปจะทำให้ความดันสถิตบนผนังที่มีความรุนแรงของการไหลแยกตัวมากเพิ่มค่ามากขึ้นและจะมีค่ามากกว่าผนังอีกด้านหนึ่ง โดยมีความแตกต่างของความดันสถิตมากที่สุดที่ X^*/L^* ประมาณ 2 ซึ่งทุกกรณีจะมีค่าสูงสุดนี้ประมาณเท่ากัน แต่การใช้ VG จะทำให้ตำแหน่งนี้เลื่อนเข้ามาใกล้กับปากทางออกของดิฟฟิวเซอร์มากขึ้น

นอกจากนั้นการใช้ VG จะทำให้ความแตกต่างของความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและผนังด้านล่างมากกว่าดิฟฟิวเซอร์แบบธรรมดาในช่วงใกล้กับปากทางเข้าดิฟฟิวเซอร์ โดยเฉพาะกรณี JD25 ที่ทำให้ความแตกต่างมากที่สุด และที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์พบว่าทุกกรณีจะมีค่าความแตกต่างประมาณเท่ากัน สำหรับในช่วงที่ความแตกต่างของความดันสถิตเพิ่มมากขึ้น พบว่ากรณี JD25 จะมีตำแหน่งที่ความแตกต่างความดันสถิตเพิ่มค่ามากขึ้นเร็วกว่ากรณีอื่นๆคือ X^*/L^* ประมาณ 1.25 ในขณะที่ดิฟฟิวเซอร์ธรรมดาจะมีความแตกต่างนี้เพิ่มค่าช้าที่สุดที่ X^*/L^* ประมาณ 1.7 แต่อย่างไรก็ตามที่บริเวณใกล้กับทางออกของ tailpipe พบว่าทุกกรณีจะมีความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างประมาณเท่ากัน

4.7 ผลของขนาดหน้าต่างที่ใช้ในการคำนวณค่า D

เนื่องจากขนาดของหน้าต่างที่ใช้ในการคำนวณค่า D ในหัวข้อ 4.3 สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับลักษณะการนำไปใช้งาน ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบว่าขนาดของหน้าต่างจะมีผลต่อค่า D อย่างไร โดยมีการลองใช้หน้าต่างขนาด 6x6, ขนาด 8x8, ขนาด 9x9, ขนาด 10x10 และขนาด 12x12 หรือคิดเป็นขนาดพื้นที่ 13%, 24%, 30%, 37%, และ 53% ของพื้นที่ทางออกดิฟฟิวเซอร์ในการเปรียบเทียบ

ค่า D เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงความเบี่ยงเบนของการกระจายตัวของความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ โดยนิยามตามสมการที่ 3.5.4 และมีความหมายว่า บริเวณที่สนใจในหน้าตัดทางออกของดิฟฟิวเซอร์มีความดันรวมเฉลี่ยแตกต่างจากความดันรวมเฉลี่ยทั้งหน้าตัดเป็นกี่เท่าของความดันรวมเฉลี่ยทั้งหน้าตัดทางออกของดิฟฟิวเซอร์ที่วัดเทียบกับ P_{ref} สำหรับการหาค่า D ได้ทำการเลื่อนหน้าต่างของบริเวณที่สนใจจนครอบคลุมทั้งหน้าตัดทางออกดิฟ-ฟิวเซอร์ ดังนั้นในแต่ละกรณีจะมีค่า D หลายค่าแล้วจึงทำการหาค่า D_{max}, D_{min} และ ΔD ต่อไป

การเปลี่ยนขนาดหน้าต่างจะมีผลต่อค่า D ดังต่อไปนี้ ถ้าเพิ่มขนาดของหน้าต่างให้เป็น 100% ของทางออกดิฟฟิวเซอร์ จะทำให้ค่า D เท่ากับ 0 และถ้าลดขนาดของ D ลงจนเป็นเพียงจุดวัดความดันรวมจุดเดียว จะทำให้ค่า D เป็นค่าที่แสดงความดันรวมที่ตำแหน่งวัดนั้น

4.7.1 การเปรียบเทียบค่า $D_{max\,0}$, $D_{min\,0}$ และ ΔD_0

กราฟในรูปที่ 4.44 เป็นการเปรียบเทียบขนาดของหน้าต่างต่อค่า D_{max} ของดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ไม่ได้ติด VG พบว่าดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบจะมีค่า $D_{max\,0}$ ลดลงตามการเพิ่มขนาดของหน้าต่าง โดยที่ดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีอัตราการลดลงของค่า $D_{max\,0}$ มากกว่าดิฟฟิวเซอร์อีกสองแบบ ซึ่งเกิดจากการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์มีความไม่สม่ำเสมอมากกว่า และมีบริเวณที่มีความดันสูงด้านบนแคบแต่มีค่าสูงกว่าความดันเฉลี่ยทั้งหน้าตัดมาก ทำให้เมื่อทำการเพิ่มขนาดของหน้าต่างขึ้นจะมีค่า $D_{max\,0}$ ต่ำลงมาก

นอกจากนั้นแล้วค่า $D_{max\,0}$ ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะมีค่าประมาณเท่ากันทุกๆขนาดของหน้าต่าง และจะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของค่า $D_{max\,0}$ ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow แสดงว่าลักษณะการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิว-เซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall มีบริเวณความดันสูงที่มีค่าความดันสูงที่สุดใกล้เคียงกันมาก

กราฟในรูปที่ 4.45 แสดงการเปรียบเทียบค่า $D_{min\,0}$ ของดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ไม่ได้ติดตั้ง VG พบว่าดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบจะมีค่าสัมบูรณ์ของ $D_{min\,0}$ ลดลงตามการเพิ่มขนาดของ

หน้าต่าง และดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะมีค่า $D_{min\,0}$ ประมาณเท่ากันทุกขนาดของหน้าต่างเหมือนกับค่า $D_{max\,0}$ โดยมีค่าสัมบูรณ์น้อยกว่าค่า $D_{min\,0}$ ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ประมาณครึ่งหนึ่งเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall มีบริเวณความดันต่ำที่มีค่าความดันต่ำที่สุดใกล้กันมากเช่นกัน

กราฟในรูปที่ 4.46 แสดงการเปรียบเทียบค่า ΔD_0 ของดิฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ไม่ได้ติดตั้ง VG พบว่าค่า ΔD_0 ของทุกดิฟฟิวเซอร์จะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มขนาดของหน้าต่างเช่นกัน นอกจากนั้นค่า ΔD_0 ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall จะมีค่าเกือบเท่ากันที่ทุกขนาดของหน้าต่าง และค่า ΔD_0 ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะมีค่ามากกว่าดิฟฟิวเซอร์ทั้งสองแบบประมาณสองเท่าเช่นกัน

4.7.2 การเปรียบเทียบค่า $D_{max} / D_{max\,0}$, $D_{min} / D_{min\,0}$ และ $\Delta D / \Delta D_0$

ในหัวข้อนี้ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถของ VG ในการเพิ่มความสม่ำเสมอให้กับการไหลต่อการเปลี่ยนขนาดของหน้าต่างในการคำนวณค่าดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวม โดยในกราฟรูปที่ 4.47 เป็นการเปรียบเทียบค่า D_{max} ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall เมื่อใช้ VG กับค่า $D_{max\,0}$ พบว่าถึงแม้ว่าจะเปลี่ยนขนาดหน้าต่างจาก 6x6 เป็น 12x12 หรือเทียบเป็นการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าต่างจาก 13% เป็น 53% ค่า $D_{max} / D_{max\,0}$ จะเปลี่ยนแปลงไปเพียง 10% เท่านั้น

ในรูปที่ 4.48 เป็นกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบค่า D_{max} ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall เมื่อใช้ VG กับค่า $D_{max\,0}$ พบว่าเมื่อเปลี่ยนขนาดหน้าต่างจาก 13% ถึง 53% ค่า $D_{max} / D_{max\,0}$ จะไม่แตกต่างกันมากนัก และในรูปที่ 4.49 เป็นกราฟสำหรับดิฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่าทุกขนาดของหน้าต่างจะทำให้ค่าไม่แตกต่างกันมากนักเช่นเดียวกับดิฟฟิวเซอร์แบบอื่นๆ

ดังนั้นการนิยามค่า D_{max} เพื่อใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่บอกความเบี่ยงเบนของการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์จึงค่อนข้างมีความเหมาะสม เพราะเมื่อเปลี่ยนแปลงขนาดหน้าต่างไปถึงประมาณ 40% (จาก 13% - 53%) จะไม่ทำให้ค่า D_{max} แตกต่างกันมากนักคือเปลี่ยนแปลงไปเพียงประมาณ 10%

ในรูปที่ 4.50-4.52 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า D_{min} เมื่อใช้ VG กับค่า $D_{min\,0}$ ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall Fully-developed stall และ Jet flow ตามลำดับ พบว่าทุกขนาดของหน้าต่างจะทำให้ค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

ในรูปที่ 4.53-4.55 เป็นการเปรียบเทียบค่า ΔD ของดิฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall, Fully-developed stall และ Jet flow ตามลำดับ พบว่าการใช้หน้าต่างทุกขนาดจะไม่ทำให้กราฟมีลักษณะแตกต่างกันมากนักเช่นกัน

ดังนั้นการนิยามค่า D_{max}, D_{min} และ ΔD จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้บอกความเบี่ยงเบนของการกระจายความดันรวมที่ทางออกของดิฟฟิวเซอร์ในทางปฏิบัติ เพราะถึงแม้จะเปลี่ยนขนาดหน้าต่างจาก 13% ไปถึง 53% ของพื้นที่ทางออกดิฟฟิวเซอร์ ก็ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเพียงประมาณ 10%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย