บทที่ 4

อภิปรายผลการทดลอง

การอภิปรายผลการทดลองแบ่งออกได้เป็น 4 ประเด็นดังนี้

ประเด็นแรก คือเนื่องมาจากในกรณีเจ็ทไม่หมุนควงเมื่อติด Tab ที่ตำแหน่ง W (Sr0-W) แล้วการกระจายตัวของอุณหภูมิจะมีรูปร่างคล้ายกับรูปร่างของกรณีไม่ติด Tab (Sr0) คือมีลักษณะคล้ายรูปไต (Kidney-Shape) ที่สมมาตรซึ่งเป็นลักษณะของโครงสร้าง Counter-Rotating Vortex Pair (CVP) ในเกือบทุกหน้าตัด (รูปที่ 3.8ก-ข) แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อแตกต่างอยู่สองประการ โดย ประการแรกคือรูปร่างของกรณี Sr0-W นี้คล้ายกับนำรูปร่างของกรณีไม่ติด Tab (Sr0) มายืดตัวตามแนว Spanwise (z) และประการที่สองคือ Penetration Depth ของเจ็ทลดลงอย่างชัดเจน

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการไหลที่เกิดขึ้น ได้ชี้แนะและทำให้สันนิษฐาน (โดยมีสมมติฐานว่า Turbulent Prandtl Number ~ 1 และ ละทิ้งผลของ Thermal Diffusion) ได้ว่าผลของ Tab น่าจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Mean Velocity Field (MVF) ในลักษณะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครงสร้างของเจ็ท กล่าวคือ MVF จะมีลักษณะที่ทำให้เกิด Deformation ในลักษณะยืดตัว (Stretching) ตามแนว Spanwise (z) และหดตัว (Contraction) ตามแนว Traverse (y) เมื่อเปรียบเทียบกับ MVF ในกรณีไม่ติด Tab (Sr0)

อนึ่งตามแนวคิดนี้ อาจพิจารณาสันนิษฐานอย่างง่ายถึงสาเหตุหนึ่งที่เป็นไปได้ที่จะอธิบายผลของ Tab ต่อการเปลี่ยนแปลง MVF อันส่งผลต่อโครงสร้างของเจ็ทในลักษณะดังกล่าวโดยการพิจารณาผลของ Tab ต่อโมเมนตัมตามแนวแกน y เริ่มต้นของเจ็ทที่ปากเจ็ทในกรณี Sr0-W ได้ดังนี้ เนื่องจาก Tab มีผลในการกีดขวาง (Block) โมเมนตัมตามแนวแกน y เริ่มต้นของเจ็ทที่ปากเจ็ทที่ตำแหน่งด้านหน้าสุดที่เจ็ทปะทะกับกระแสลมขวางโดยตรง ดังนั้นเจ็ทจึงไม่สามารถ Penetrate เข้าไปในกระแสลมขวางอย่างมีประสิทธิผล กอปรกับการไหลที่ออกจากปากเจ็ทตรงบริเวณ Tab นี้จะถูกเปลี่ยนแปลงทิศทางโดยมีความเร็วพุ่งออกด้านข้างด้วยส่วนหนึ่ง จึงทำให้เจ็ทมี Penetration Depth ลดลง และหดตัวตามแนว Traverse (y) และยืดตัวตามแนว Spanwise (z) มากขึ้น อย่างไรก็ตาม โดยปรกติผลของ Tab จะซับซ้อนเนื่องจากการไหลจะไม่คงตัวและ Tab จะมีผลต่อ Velocity Field และโครงสร้างการไหลของเจ็ทในขณะใดๆ ดังนี้ข้อสันนิษฐานโดยใช้หลักการของ Blockage ของ Tab ต่อความเร็วเริ่มต้นของเจ็ทที่ปากเจ็ทนี้เป็นข้อสันนิษฐานอย่างง่าย (First-order approximation) และอาจใช้อธิบายโดยสังเขปได้ในระดับหนึ่งสำหรับในบางกรณีเท่านั้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิ (C_{TG}) ในงานวิจัยนี้กับการกระจายตัวของความเร็วเฉลี่ยในงานวิจัยของ Zaman and Foss (1997) (รูปที่ 4.1) ในกรณีที่เจ็ทไม่หมุนควงเมื่อไม่ติด Tab และติด Tab ที่ตำแหน่งต่างๆ พบว่าในกรณีติด Tab ที่ตำแหน่ง W นั้นโครงสร้างของเจ็ทมีลักษณะรูปร่างและตำแหน่งโดยสังเขป เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ติด Tab สอดคล้องกัน กล่าวคือเมื่อติด Tab ที่ตำแหน่ง W แล้วรูปร่างของเจ็ทจะขยายตัวออกตามแนว Spanwise (z) และมี Penetration Depth ของเจ็ทลดลงอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ติด Tab ส่วนกรณีที่ติด Tab ที่ตำแหน่งอื่นๆ นั้นพบว่า Penetration Depth ของเจ็ทจะค่อนข้างใกล้เคียงกับกรณีไม่ติด Tab

ประเด็นที่สอง คือจากผลการทดลองพบว่าโครงสร้างการไหลโดยเฉลี่ยของทั้งกรณีเจ็ทไม่หมุนควงและกรณีเจ็ทหมุนควงจะมีความไว (Sensitivity) ต่อการรบกวนโดย Tab มากที่สุดในบริเวณตำแหน่ง PW (บริเวณ Lateral-Windward (P(S)→W) สำหรับกรณีเจ็ทไม่หมุนควง และบริเวณ P→W สำหรับกรณีเจ็ทหมุนควง) และมีความไวน้อยลงมามากบริเวณตำแหน่ง Leeward อีกทั้งผลการทดลองยังได้แสดงว่าการรบกวนโดย Tab ในบริเวณที่มีความไวมากนี้ ยังส่งผลต่อโครงสร้างการไหลอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ติด Tab และส่งผลไปได้ไกลจนถึงหน้าตัดสุดท้ายที่ทำการวัดอีกด้วย จากผลที่กล่าวมานี้ชี้แนะว่าบริเวณตำแหน่ง PW มีความสำคัญต่อกลไกของการเกิดโครงสร้างการไหลโดยเฉลี่ยทั้งกรณีเจ็ทไม่หมุนควงและกรณีเจ็ทหมุนควง ทั้งนี้กลไกดังกล่าวอาจมีความเกี่ยวเนื่องอย่างใกล้ชิดกับการพัฒนาตัวของ Skewed shear layer ซึ่งอยู่ตามแนวทิศทางการไหลของกระแสลมขวาง ใกล้ลำของเจ็ทที่ปากทางออก

โดยเฉพาะในกรณีเจ็ทที่ไม่หมุนควงในกระแสลมขวางนั้น ผลการทดลองได้ชี้แนะว่ากลไกการเกิดและการพัฒนาโครงสร้างของเจ็ทแบบ CVP อาจเกี่ยวเนื่องอย่างใกล้ชิดกับการเกิดและการพัฒนา Skewed Shear Layer ที่ขอบปากเจ็ทตามแนวการไหลของ Crossflow รอบปากเจ็ทจากตำแหน่ง Windward มาถึงตำแหน่ง Lateral มากกว่ากลไก Vortex Ring Model (Kelso et al. (1996)) ที่เสนอว่า CVP เกิดจากส่วนของ Vortex Ring ด้าน Leeward (รูปที่ 4.2)

ประเด็นที่สาม คือเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองในงานวิจัยนี้กับผลการทดลองในการศึกษาเบื้องต้น (รูปที่ 4.3) กรณีเจ็ทหมุนควงในกระแสลมขวางเมื่อติด Tab ที่ตำแหน่งต่างๆ จะพบผลที่สอดคล้องกันซึ่งบ่งชี้ว่าการติด Tab ที่บริเวณตำแหน่ง P→W มีความไวต่อการเปลี่ยนตำแหน่ง Tab ที่สุด โดยส่งผลให้โครงสร้างของเจ็ทเปลี่ยนไปอย่างมาก

อีกทั้งสิ่งที่สังเกตได้อย่างชัดเจนคือ รูปร่างโครงสร้างของเจ็ทในกรณีติด Tab ที่ตำแหน่ง W นั้นพบว่ามีความแตกต่างกันโดยเฉพาะรูปร่างในด้าน Pressure ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวมีความไวต่อตำแหน่งเป็นอย่างมาก กล่าวคือเมื่อติด Tab ไม่ตรงตำแหน่งเดิมเพียงเล็ก

น้อยจะส่งผลต่อโครงสร้างการไหลได้มาก ในขณะที่ติด Tab ที่บริเวณตำแหน่ง P นั้นจะมีความไวน้อยลง และในกรณีติด Tab บริเวณตำแหน่ง S และ L จะมีความไวน้อยที่สุด

หรือความแตกต่างของโครงสร้างการไหลในการทดลองในงานวิจัยนี้กับการศึกษาเบื้องต้นนั้นอาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ในการศึกษาคือ Reynolds number โดย Reynolds number ของเจ็ท (Re_j) ในงานวิจัยนี้มีค่าประมาณ 14,000 แต่ในการศึกษาเบื้องต้นมีค่าประมาณ 12,000 ส่วน Reynolds number ของกระแสลมขวาง (Re_{cf}) ในงานวิจัยนี้มีค่าประมาณ 4,000แต่ในการศึกษาเบื้องต้นมีค่าประมาณ 3,400

โดยในขณะที่ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีค่าประมาณเท่ากันทั้งในงานวิจัยนี้และในการศึกษาเบื้องต้น กล่าวคืออัตราส่วนความเร็วประสิทธิผล (r) คงที่ประมาณ 4.0, อัตราส่วนความเร็ว (r_v) ประมาณ 4.3, อัตราส่วนความหนาแน่น (r_d) ประมาณ 0.9, Densimetric Froude number (Fr) ประมาณ 0.1 และ Swirl ratio (Sr) ประมาณ 0.52 รวมทั้งขนาดของ Tab รูปสามเหลี่ยมก็ยังคงมีค่า Blockage Area Ratio ประมาณ 3.0% ของพื้นที่ปากทางออกเจ็ทประมาณเท่ากัน

ประเด็นที่สี่ คือจากการเปรียบเทียบการกระจายของอุณหภูมิโดยค่า C_{TG} กรณีที่เจ็ทหมุนควงโดยไม่ติด Tab (Sr52) ที่หน้าตัด x/rd = 0.5 และ 1.0 กับการกระจายของ Scalar concentration ของ Niederhaus et al. (1997) ที่ Swirl number (Sn) ประมาณ 0.17 (ใกล้เคียงกับกรณี Sr52) แสดงดังรูปที่ 4.4 โดยรูปที่ 4.4ก และ 4.4ข แสดงผลการเปรียบเทียบที่ x/rd ประมาณ 0.5 และรูปที่ 4.4ค และ 4.4ง แสดงที่ x/rd ประมาณ 1.0

โดยงานวิจัยนี้และงานวิจัยของ Wangjiraniran(2001) ได้ใช้ท่อหมุน (Rotating pipe) ในการทำให้เจ็ทเกิดความเร็วในการหมุนควง ส่งผลให้มีคุณลักษณะการไหลที่ปากเจ็ทคือ Non-Zero Tangential Velocity/Non-Zero Circulation (NZT/NZC) ในขณะที่ Niederhaus et al. (1997) ได้ใช้ใบพัดกวนอากาศในการทำให้เจ็ทเกิดความเร็วในการหมุนควง ส่งผลให้มีคุณลักษณะการไหลที่ปากเจ็ทคือ Zero Circulation

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้และงานวิจัยของ Wangjiraniran(2001) พบบริเวณที่มีระดับอุณหภูมิ และ Gradient ของอุณหภูมิสูงที่ด้าน Suction และพบบริเวณที่มีระดับอุณหภูมิและ Gradient ของอุณหภูมิต่ำที่ด้าน Pressure ในขณะที่ Niederhaus et al. (1997) พบบริเวณที่มีระดับ Concentration สูงและ Contour ใหญ่ที่ด้าน Pressure และพบบริเวณที่มีระดับ Concentration ต่ำและ Contour เล็กที่ด้าน Suction

ซึ่งลักษณะที่ตรงข้ามกันดังกล่าว อาจเกิดจากความแตกต่างของปริมาณที่ศึกษาระหว่างอุณหภูมิและ Scalar concentration หรือความแตกต่างของลักษณะสภาวะเริ่มต้นที่เป็น Zero และ Non-zero circulation ทั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปสาเหตุของความแตกต่างดังกล่าวได้อย่างชัด

เจน อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาจากมุมมองของการเกิด Skewed mixing layer แล้วจะเห็นว่าความแตกต่างของรูปแบบการกระจายตัวของความเร็วตามแนวสัมผัสของเจ็ทหรืออีกนัยหนึ่งคือ Zero และ Non-zero circulation น่าจะมีผลอย่างสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย