

บทที่ 4

สรุปผลของการศึกษา

เนื่องจากความต้องการเครื่องมือวัดที่มีความเหมาะสมในอุตสาหกรรมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การพัฒนาเครื่องมือวัดอัตราการไหลของการไหลทั้งสองเฟสโดยใช้เทคนิคหลายแบบที่ไม่มีการรบกวนการไหลควบคู่กัน อาจเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาเครื่องมือวัดสำหรับการไหลสองสถานะให้มีความแม่นยำและเหมาะสมมากขึ้นได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเป้าในระยะยาวไปที่ใช้เทคนิคการวัดความดันตกคร่อมควบคู่กันเทคนิคการวัดแบบวิธีใช้คลื่นเหนือเสียง และเทคนิคเลเซอร์ไดโอด โดยใช้เทคนิค Wire Mesh Tomography และกล้องวีดีโอเป็นอุปกรณ์วัดสอบเทียบ

เทคนิคที่กล่าวมานั้นยังต้องการการพัฒนาให้มีสมรรถนะสูงขึ้น โดยที่เทคนิค Wire Mesh Tomography จะต้องพัฒนาต่อเนื่องให้การคำนวณมีความแม่นยำมากขึ้น สำหรับเทคนิคเลเซอร์ไดโอดจะต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาแนวทางให้สามารถวัดความเร็วและความแรงของฟองก๊าซได้ และเทคนิคการวัดความดันตกคร่อมควบคู่กันเทคนิคการวัดแบบวิธีใช้คลื่นเหนือเสียงจะต้องศึกษาความสัมพันธ์ของสัญญาณของเทคนิคคลื่นเหนือเสียงกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการไหลในเบื้องต้นก่อน โดยแบ่งเป็นวัตถุประสงค์ดังนี้ การหาความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์คลื่นเหนือเสียงศึกษาผลของพารามิเตอร์ของการไหลสองเฟสโดยใช้ Wire Mesh Tomography ในการสอบเทียบ และการพัฒนาเทคนิคเลเซอร์ไดโอดเพื่อศึกษาผลของความเร็วและความแรงของการไหลของฟองก๊าซต่อลักษณะของสัญญาณ และหาแนวทางในการนำอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอดไปใช้งานจริง

งานวิจัยในส่วนแรกได้มีความร่วมมือกับสถาบันเทคโนโลยีแห่งโตเกียว (Tokyo Institute of Technology) ในการดำเนินงานวิจัยร่วมกัน โดยอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองประกอบด้วยส่วนของการไหลและเครื่องมือวัด ในส่วนการไหลจะประกอบด้วยระบบท่ออะคริลิกแนวตั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อขนาด 50 mm ความสูงทั้งหมดของอุปกรณ์เท่ากับ 7 m ($L/D \sim 140$) เมื่อ L คือความยาวของท่อทดลอง และ D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ เนื่องจากในการทดลองของโครงการนี้ต้องการเปลี่ยนแปลงขนาดของฟองก๊าซโดยการควบคุมขนาดฟองก๊าซ เพื่อให้เกิดรูปแบบการไหลแบบต่างๆ ประกอบด้วยรูปแบบการไหลแบบ core-peak bubbly flow รูปแบบการไหลแบบ wall-peak bubbly flow และรูปแบบการไหลแบบ flat bubbly flow ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์กำเนิดฟองก๊าซที่สามารถควบคุมขนาดฟองก๊าซ โดยอุปกรณ์กำเนิดฟองก๊าซประกอบด้วยของไหล 3 ส่วน คือ การไหลของน้ำในท่อหลัก การไหลของน้ำในท่อย่อยซึ่งทำหน้าที่ควบคุมขนาดของฟองก๊าซ และการฉีดอากาศ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาวะทั้งสามสามารถควบคุมขนาดของฟองก๊าซและลักษณะการไหลได้ โดยการควบคุมสัดส่วนของน้ำในท่อย่อยกับอากาศให้เหมาะสม สำหรับอุปกรณ์สอบเทียบใช้ Wire Mesh Sensor ซึ่งเป็นลักษณะวงกลมตามรูปร่างของท่อ ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์คลื่นเหนือเสียงที่ประกอบด้วย transducer, ultrasonic pulser/receiver และ digital oscilloscope สำหรับ transducer ใช้ความถี่ 4 MHz เส้นผ่านศูนย์กลางของ transducer มีขนาด 8 mm ติดตั้งท่ามุม 45 องศากับท่อ โดยมี ultrasonic pulser/receiver เป็นอุปกรณ์ปล่อยและรับสัญญาณ และใช้ digital oscilloscope เป็นอุปกรณ์บันทึกสัญญาณ

การทดลองได้ลองทำการทดลองปล่อยคลื่นเหนือเสียงเข้าไปสู่ระบบท่อที่มีของไหลสองเฟสอยู่ และบันทึกสัญญาณสะท้อนกลับออกมา และในขณะเดียวกันก็ได้ใช้ Wire Mesh Sensor วัด local void fraction ด้วยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคลื่นเหนือเสียงและ local void fraction ของรูปแบบการไหลแบบต่างๆ โดยข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะทำการบันทึกซึ่งประกอบด้วยข้อมูลรูปถ่ายเงื่อนไขการไหล ข้อมูล local void fraction ซึ่งได้มาจาก Wire Mesh Sensor ข้อมูลคลื่นเหนือเสียงที่สะท้อนกลับในเวลาขณะใดขณะหนึ่งและข้อมูล Spatio-temporal ของคลื่นเหนือเสียงที่สะท้อนกลับในเงื่อนไขการไหลหนึ่งๆ โดยข้อมูลนี้เป็นการนำข้อมูลขนาดของสัญญาณคลื่นเหนือเสียงที่สะท้อนกลับในเวลาขณะใดขณะหนึ่งมาเรียงต่อกันใน 1 วินาที เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณกับรูปแบบการไหล จากผลการทดลองพบว่า สำหรับรูปแบบการไหลแบบ wall-peak bubbly flow สัญญาณคลื่นสะท้อนมีค่ามากและมีบ่อยครั้งบริเวณใกล้ผนังท่อ สำหรับรูปแบบการไหลแบบ core-peak bubbly flow จะพบสัญญาณคลื่นสะท้อนมีค่ามากและมีบ่อยครั้งบริเวณกลางท่อทดลอง สำหรับรูปแบบการไหลแบบ flat-profile bubbly flow จะพบสัญญาณคลื่นสะท้อนมีค่ามากและมีบ่อยครั้งกระจายทั่วท่อทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลการสะท้อนของคลื่นเหนือเสียงสอดคล้องกับข้อมูลรูปแบบการไหลแบบต่างๆ ที่สอบเทียบด้วยเทคนิค Wire Mesh Tomography จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้อุปกรณ์คลื่นเหนือเสียงมีความเป็นไปได้ในการใช้เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของการไหลแบบสองเฟสระหว่างของเหลวและก๊าซได้แต่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาข้อจำกัดต่อไป

ในส่วนที่สองเป็นการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอดเพื่อหาความเป็นไปได้ในการนำไปตรวจสอบความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่ของฟองอากาศ การศึกษาในนี้ได้เพิ่มเติมการสอบเทียบแบบไดนามิกส์เพื่อตรวจสอบผลของการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วและความเร่งขนาดต่างๆ ต่อรูปร่างของสัญญาณจากอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอด ในการศึกษาได้จำลองฟองอากาศเป็นลักษณะครึ่งทรงกลมด้วยขนาดรัศมีมีความโค้งเท่ากับ 3.25, 4.75, 7.5, 8.25, และ 11 mm และมีความเร็วขนาดในช่วงประมาณ 0.3-1 m/s และขนาดความเร่งมีค่าน้อยต่ำกว่า 1 m/s^2 และอยู่ในช่วงระหว่าง 10-20 m/s^2 อย่างไรก็ตามขนาดความเร็วและความเร่งดังกล่าวไม่สามารถวัดได้แม่นยำนักเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพค่อนข้างช้า

ผลการสอบเทียบสำหรับกรณีที่แบบจำลองฟองอากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ด้วยการเลื่อนแบบจำลองไฟฟ้าด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า พบว่าลักษณะความสัมพันธ์ของทุกขนาดของแบบจำลองฟองอากาศจะให้ลักษณะแนวโน้มเดียวกัน ซึ่งค่า Normalized voltage จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของเวลาทั้งหมดที่สัญญาณลดลงจนเท่ากับศูนย์ (Time fraction) และจะเริ่มช้าลงในช่วงท้าย โดยความต่างศักย์ลดลงประมาณ 50% ตั้งแต่ช่วงเวลาเพียง 20% ของเวลาทั้งหมดในขณะที่ความต่างศักย์ลดลงถึง 10% ที่ช่วงเวลาประมาณ 60% ของช่วงเวลาทั้งหมด โดยความสัมพันธ์นี้สอดคล้องกับผลการทดลองแบบสตาติคส์ในปีแรก ซึ่งบ่งชี้ว่าการหักเหของแสงบนผิวโค้งของฟองอากาศไม่ขึ้นกับความเร็วในการเคลื่อนที่โดยขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ลำเลเซอร์ตกกระทบบนผิวโค้งเท่านั้น สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง Normalized voltage และ Normalized time (อัตราส่วนระหว่าง ผลคูณของเวลาและความเร็วของการเคลื่อนที่ และขนาดรัศมีความโค้งของฟองอากาศ) บ่งชี้ว่าแบบจำลองที่มีขนาดรัศมีความโค้งเล็กจะมีลักษณะการลดลงของ Normalized voltage ช้ากว่าบนแกน Normalized time เมื่อเปรียบเทียบ

กับแบบจำลองฟองอากาศที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งผลการทดลองจะสอดคล้องกับการสอบเทียบแบบสตาติส ในปีแรกเช่นกันและบ่งชี้ว่าเลเซอร์จะหักเหเบนผิวโค้งของแบบจำลองที่ตำแหน่งจากปลายยอดฟองได้ลึกกว่าจนถึงตำแหน่งที่เลเซอร์ถูกหักเหเปลี่ยนทิศทางไปและมีทิศทางออกไปจากโฟโตไดโอดจนหมด โดยผลการทดลองนี้สนับสนุนสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ในปีแรกเกี่ยวกับวิธีการนำอุปกรณ์วัดไปใช้งาน ซึ่งหากทราบรัศมีความโค้งของฟองอากาศแล้วอาจจะสามารถนำอุปกรณ์วัดความเร็วของการเคลื่อนที่ได้หรือในทางกลับกัน หากทราบความเร็วของการไหลแล้วอาจจะนำอุปกรณ์ไปใช้วัดขนาดของฟองอากาศได้

สำหรับการสอบเทียบความเร่งของการเคลื่อนที่ด้วยการใช้ระบบสปริงและรางเลื่อน พบว่าเมื่อแบบจำลองฟองอากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ลักษณะกราฟจะมีแนวโน้มต่างออกไปเล็กน้อยโดยที่ค่า Time fraction เทียบกับค่า Normalized voltage จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ในการศึกษาส่วนนี้ได้ทำแบบจำลองสัญญาณจากอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอดพบว่า หากการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งลักษณะของสัญญาณความต่างศักย์ไฟฟ้าจะลดลงช้ากว่ากรณีที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในทางกลับกันเมื่อแบบจำลองฟองอากาศเคลื่อนที่ด้วยความหน่วงลักษณะของสัญญาณความต่างศักย์ไฟฟ้าจะลดลงเร็วกว่า อย่างไรก็ตามจากผลการสอบเทียบพบว่าขนาดของเร่งต้องค่อนข้างสูงจึงจะสามารถตรวจสอบการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งนี้ได้ และขนาดความเร่งควรจะมากกว่า 10 m/s^2 ในส่วนสุดท้ายได้นำเอาอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอดมาวัดการไหลของฟองอากาศจริงซึ่งเป็นการสร้างการไหลจากการอัดอากาศและปล่อยผ่านหัวนอสเซลในภาชนะที่บรรจุกลีเซอรีน พบว่าอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอดที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้ตรวจสอบว่า ฟองอากาศกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ได้