ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246356

การพัฒนาเทคนิคการวัดสำหรับการไหลสองเฟสระหว่างของเหลวและก๊าซ

Development of Measurement Techniques for Liquid-Gas Bubbly Flows

โดย

อลงกรณ์ พิมพ์พิณ
ณัฐเดช เฟื่องวรวงศ์

โครงการวิจัยเลขที่ 113G-ME-2553
ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ

มิถุนายน 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่รับผิดชอบต่อผลเสียใดๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสารฉบับนี้ไปใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของคณะฯ

600250913

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246356

การพัฒนาเทคนิคการวัดสำหรับการไหลสองเฟส ระหว่างของเหลวและก๊าซ

Development of Measurement Techniques for Liquid-Gas Bubbly Flows

โดย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

อลงกรณ์ พิมพ์พิณ D.Eng. (The University of Tokyo)
ณัฐเดช เฟื่องวรวงศ์ D.Eng. (Tokyo Institute of Technology)

โครงการวิจัยเลขที่ 113-G-ME-2553
ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ

มิถุนายน 2554

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนทั่วไปของรัฐบาล ประจำปีงบประมาณ 2553 ในการดำเนินงานวิจัย นอกจากนั้นผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มนักวิจัยจาก Tokyo Institute of Technology ในการให้คำแนะนำและความร่วมมือในการสร้างอุปกรณ์ทดลองและการทำการทดลองบางส่วน ผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร. อศิ บุญจิตราดุลย์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัยโดยเฉพาะในส่วนของการตั้งปัญหางานวิจัยซึ่งมีความสำคัญอย่างมาก ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร. ศุภวุฒิ จันทรานุวัฒน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อในการให้ยืมอุปกรณ์การทดลอง รวมทั้งนิสิตในระดับปริญญามหาบัณฑิตของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ช่วยเหลือในส่วนต่าง ๆ และทำให้การดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จผลได้เป็นอย่างดี

บทคัดย่อ

246356

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอุปกรณ์วัดสำหรับการไหลแบบสองเฟสระหว่างของเหลวและก๊าซ โดยแบ่งเป็นสองส่วนคือ การศึกษาพฤติกรรมของคลื่นเหนือเสียงที่สะท้อนกลับสำหรับการไหลสองเฟสในรูปแบบต่าง ๆ และการศึกษาผลของความเร็วและความเร่งของฟองอากาศต่อลักษณะสัญญาณของอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอด ในงานวิจัยส่วนแรกได้ศึกษาพฤติกรรมของคลื่นเหนือเสียงที่สะท้อนกลับในการไหลรูปแบบต่าง ๆ ของฟองก๊าซในของเหลวได้แก่ การไหลแบบ wall-peak bubbly flow, core-peak bubbly flow และ flat-profile bubbly flow โดยใช้ transducer ทำมุม 45 องศากับการไหลและใช้เทคนิคการวัดแบบ Wire Mesh Tomography เพื่อวัดสอบเทียบพารามิเตอร์ของของไหล จากผลการทดลองพบว่าพฤติกรรมของคลื่นเหนือเสียงที่สะท้อนกลับมีความแตกต่างกันสำหรับการไหลในรูปแบบต่าง ๆ และมีลักษณะที่สอดคล้องกับข้อมูลที่วัดได้จากเทคนิค Wire Mesh Tomography ดังนั้นการใช้คลื่นเหนือเสียงจึงมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเพื่อวัดพารามิเตอร์ของการไหลสองเฟสได้ สำหรับการศึกษาในส่วนที่สองเป็นการใช้ระบบเลเซอร์ไดโอดควบคู่กับกล้องวีดีโอเพื่อวัดสอบเทียบความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่ของแบบจำลองฟองอากาศรูปครึ่งทรงกลม ซึ่งมีขนาดรัศมีความโค้งเท่ากับ 3.25, 4.75, 7.5, 8.25, และ 11 mm ชุดแบบจำลองฟองอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกใช้สำหรับการสอบเทียบในการทดลองที่เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งมีความเร็วในช่วงประมาณ 0.3-1 m/s ผลการทดลองแสดงว่าลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง Normalized voltage และ Time fraction ของทุกขนาดของแบบจำลองฟองอากาศและความเร็วของการเคลื่อนที่จะมีแนวโน้มเดียวกัน ซึ่งค่า Normalized voltage จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงต้นและอัตราการลดลงนี้จะเริ่มช้าลงในช่วงท้าย นอกจากนั้นแบบจำลองที่มีขนาดรัศมีความโค้งเล็กจะมีลักษณะการลดลงของ Normalized voltage ช้ากว่าบนแกน Normalized time เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองฟองอากาศที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งผลการทดลองทั้งหมดสอดคล้องกับผลการสอบเทียบแบบสถิตในปีแรก ชุดทดลองที่ขับเคลื่อนด้วยสปริงได้ถูกใช้เพื่อสอบเทียบในการทดลองที่เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง โดยความเร่งที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วงระหว่าง 10-20 m/s^2 ผลการทดลองแสดงว่าความเร่งของการเคลื่อนที่ต้องมีค่ามากถึงระดับหนึ่งจึงจะสามารถตรวจวัดได้ โดย Normalized voltage จะลดลงช้ากว่าบนแกน Time fraction เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ในตอนท้ายได้นำอุปกรณ์เลเซอร์ไดโอดไปวัดการไหลแบบสองเฟสจริง จากผลการศึกษาทั้งหมดได้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้อุปกรณ์เลเซอร์ไดโอดที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบว่าฟองอากาศกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ได้

Abstract

246356

This study aims to develop the measurement techniques for liquid-gas bubbly flows. Two experiments are set up in order to investigate the effects of two phase gas-liquid flow patterns on the reflected ultrasonic wave characteristics and the effect of speed and acceleration of air bubble motion on the laser-diode system's output signals. In the first experiment, Wire mesh tomography technique is employed as the calibrator for 45^{o} inclined ultrasonic transducer in wall-peak bubbly flow, core-peak bubbly flow, and flat-profile bubbly flow. The results show that the reflected patterns of ultrasonic waves are varied for different flow patterns that imply the feasibility of use of the ultrasonic wave technique as the measuring device for examining characteristics of two phase gas-liquid flows. In the second experiment, the velocity and acceleration of semi-spherical air bubble model motion are calibrated with laser-diode system and video camera. The radius of curvature of the bubble model is varied as 3.25, 4.75, 7.5, 8.25 and 11 mm. The constant velocity is created in the range of 0.3-1 m/s using DC motor driven setup, and the laser-diode system's output signal is obtained. The results show that the relationship between Normalized voltage and Time fraction are the same for all bubble models and velocities. In addition, the decrement of the Normalized voltage first occurs rapidly along the increment of Time fraction, and becomes more slowly at the end. In addition, the relationship between Normalized voltage and Normalized time indicates that the decrement of the Normalized voltage for smaller bubble is slower than that of larger bubble. All results are agreed well with the static calibration in previous study. After that, the spring and translating cart setup is used to create the acceleration motion of the bubble models as well as the signal of laser-diode system is examined in the range of acceleration between 10-20 m/s^2. From our experiments, it shows that the acceleration must be high enough in order to extinguish the effects of accelerated motion from the constant speed motion, and the results show that the Normalized voltage decrement slightly retards along the increment of Time fraction for the accelerated motion. At the end, the laser-diode system is employed to examine the signals from real bubbly flows. It shows the feasibility of use of the laser-diode system for examining whether the bubble motion is a constant speed or acceleration motion.

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 Wire Mesh Topography 1

1.2 เลเซอร์ไดโอด 3

1.3 แนวทางของการทำงานวิจัยและวัตถุประสงค์ 5

1.4 ขอบเขตของโครงการ 5

1.5 หลักการของเทคนิคการวัด 5

1.6 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 6

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ 8

1.8 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย 8

1.9 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล 8

บทที่ 2 Wire Mesh Topography **9**

2.1 อุปกรณ์การทดลอง 9

2.2 ผลการทดลอง 12

2.3 สรุปผลการวิจัย 24

บทที่ 3 เลเซอร์ไดโอด **25**

3.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัดกับแบบจำลองฟองอากาศ 25

3.2 การศึกษาวัดการไหลของฟองอากาศจริง 47

3.3 สรุปผลการวิจัย 50

บทที่ 4 สรุปผลการศึกษา **52**

บรรณานุกรม **55**

ประวัตินักวิจัย **58**

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ข้อมูล Transducer....12
ตารางที่ 2.2 ข้อมูล Pulser....12
ตารางที่ 2.3 ข้อมูล Receiver....12
ตารางที่ 2.4 ข้อมูล digital oscilloscope....12
ตารางที่ 2.5 เงื่อนไขการไหลในการทดลอง....13
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติต่างๆของโฟโต้ไดโอดที่ใช้สำหรับการทดลอง (EPIGAP)....29
ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดลองและรูปร่างฟองอากาศที่เกิดขึ้น....48

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของชุดทดลองที่ใช้จำลองการไหล; (ก) ชุดทดลองโดยรวม (ข) ส่วนควบคุมขนาดฟองอากาศ 10

รูปที่ 2. 2 รูปถ่าย Wire Mesh Sensor (WMS); (ก) ภาพหน้าตัดแสดงชุดเส้นลวดเซนเซอร์ (ข) ภาพด้านข้างแสดงสัดส่วนของชุดเซนเซอร์ 10

รูปที่ 2. 3 ภาพถ่ายอุปกรณ์ทดลอง; (ก) เซนเซอร์สำหรับคลื่นเหนือเสียง (ข) ultrasonic pulse/receiver (ค) ออสซิโลสโคป 11

รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองเซนเซอร์และคลื่นเหนือเสียง 11

รูปที่ 2.5 รูปถ่ายลักษณะการไหลของกรณี Re_{main}=4000 Re_{sub}= 4000 และ J_G = 0.00219 m/s 14

รูปที่ 2.6 Local void fraction ของ Re_{main} = 4000 Re_{sub} = 4000 และ J_G = 0.00219 m/s 14

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างของข้อมูลคลื่นเหนือเสียงที่เวลาต่างๆในเงื่อนไขการไหลแบบ Re_{main}=4000 Re_{sub}=4000 และ J_G = 0.00219 m/s 15

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของ Spatio-temporal reflected ultrasonic ในเงื่อนไขการไหลแบบ Re_{main}=4000 Re_{sub}=4000 และ J_G = 0.00219 m/s; (ก)-(ข) สัญญาณของการไหลสองเฟส (ค) สัญญาณของการไหลเฟสเดียว 16

รูปที่ 2.9 รูปถ่ายแสดงลักษณะการไหลของกรณี Re_{main}=8000 Re_{sub}=0 และ J_G = 0.00219 m/s 17

รูปที่ 2.10 Local void fraction ของ Re_{main} = 8000 Re_{sub} =0 และ J_G =0.00219 m/s 17

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างของข้อมูลคลื่นเหนือเสียงที่เวลาต่าง ๆ ในเงื่อนไขการไหลแบบ Re_{main}=8000 Re_{sub}=0 และ J_G = 0.00219 m/s 18

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างของ Spatio-temporal reflected ultrasonic ในเงื่อนไขการไหลแบบ Re_{main}=8000 Re_{sub}=0 และ J_G = 0.00219 m/s; (ก) – (ข)สัญญาณของการไหลสองเฟส (ค) สัญญาณของการไหลเฟสเดียว 19

รูปที่ 2.13 รูปถ่ายแสดงลักษณะการไหลของกรณี Re_{main}=7000 Re_{sub}=1000 และ J_G = 0.00219 m/s 20

รูปที่ 2.14 Local void fraction ของ Re_{main} = 7000 Re_{sub} =1000 และ J_G =0.00219 m/s 20

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างของข้อมูลคลื่นเหนือเสียงที่เวลาต่าง ๆ ในเงื่อนไขการไหลแบบ Re_{main}=7000 Re_{sub}=1000 และ J_G = 0.00219 m/s 21
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างของ Spatio-temporal reflected ultrasonic ในเงื่อนไขการไหลแบบ Re_{main}=7000 Re_{sub}=1000 และ J_G = 0.00219 m/s; (ก)-(ข) สัญญาณของการไหล สองเฟส (ค) สัญญาณของการไหลเฟสเดียว 22
รูปที่ 2.17 ผลของ Spatio-temporal reflected ultrasonic of bubbly flow; (ก) wall peak (ข) flat profile (ค) core peak (ง) การไหลเฟสเดียว (สีแสดงความเข้มของสัญญาณ) 23
รูปที่ 3.1 ชุดลองสำหรับการสอบเทียบที่ความเร็วและความเร่งต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ของฟองอากาศจำลอง; (ก) การทดลองด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและสายพาน (ข)การทดลองด้วยระบบสปริง 26
รูปที่ 3.2 ลักษณะของสัญญาณความต่างศักย์ไฟฟ้าจากวงจรโฟโต้ไดโอด เมื่อฟองอากาศเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ 27
รูปที่ 3.3 แผนผังของวงจรโฟโต้ไดโอดที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยโฟโต้ไดโอด ตัวต้านทาน และแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 29
รูปที่ 3.4 แบบจำลองของฟองอากาศที่ใช้ในการทดลอง; (ก)-(ข) ลักษณะโครงสร้างแบบจำลองฟองอากาศ (ค)-(ง)การติดตั้งแบบจำลองฟองอากาศในการทดลองสอบเทียบ 31
รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายอุปกรณ์การทดลองประกอบด้วยแบบจำลองฟองอากาศ เลเซอร์ และ โฟโต้ไดโอด และฐานรางเลื่อนที่ควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 31
รูปที่ 3.6 ความเร็วของการเคลื่อนที่ของแบบจำลองฟองอากาศของทุกกรณีที่ความต่างศักย์ต่างๆ 33
รูปที่ 3.7 ลำดับภาพถ่ายการเคลื่อนที่ของแบบจำลองฟองอากาศจากด้านบน (30 เฟรมต่อวินาที) 34
รูปที่ 3.8 การลดลงของความต่างศักย์ไฟฟ้าจากอุปกรณ์วัดเมื่อป้อนความต่างศักย์ไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ ไปสู่มอเตอร์ สำหรับแบบจำลองฟองอากาศที่มีรัศมีความโค้ง 3.25 mm 34
รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง Normalized voltage และ Time fraction สำหรับแบบจำลองฟองอากาศที่มีรัศมีความโค้ง 3.25 mm 35
รูปที่ 3.10 ผลการทดลองจากการสอบเทียบแบบสถิตจากการศึกษาในปีที่หนึ่ง; (ก) Normalized voltage VS Normalized distance ด้วยระยะทางจนความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลงเป็นศูนย์ (ข) Normalized voltage VS Normalized distance ด้วยขนาดของรัศมีความโค้ง 36
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Normalized voltage และ Normalized time สำหรับแบบจำลองฟองอากาศที่มีรัศมีความโค้ง 3.25 mm 37

รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Normalized voltage และ Time fraction สำหรับทุกขนาดแบบจำลองฟองอากาศที่คลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่าง ๆ (Variation ของ Normalized voltage= ±0.1)....38
รูปที่ 3.13 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Normalized voltage และ Normalized time สำหรับทุกขนาดแบบจำลองฟองอากาศและการคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่าง ๆ....39
รูปที่ 3.14 Normalized voltage และ Time fraction สำหรับแบบจำลองฟองอากาศขนาด 3.25 mm ที่ควบคุมด้วยความความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่เปรียบเทียบกับกรณีที่เปลี่ยนแปลง ±1 และ ±2 Volt/s....41
รูปที่ 3.15 ลักษณะของสัญญาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จำลองขึ้นมาสำหรับการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เปรียบเทียบกับสัญญาณเมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จากการทดลอง....42
รูปที่ 3.16 ความสัมพันธ์ของ Normalized voltage และ Time fraction ของสัญญาณที่จำลองขึ้นมาสำหรับการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เปรียบเทียบกับกรณีที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จากการทดลอง....43
รูปที่ 3.17 สปริงขนาดและแบบต่าง ๆ และผลการทดลองวัดค่าคงที่สปริง (Spring stiffness, k)....44
รูปที่ 3.18 ภาพแสดงลำดับการเคลื่อนที่ของล้อเลื่อนที่บรรทุกแบบจำลองฟองอากาศมีขนาดรัศมีความโค้ง 11 mm....45
รูปที่ 3.19 ความสัมพันธ์ของ Normalized voltage และ Time fraction สำหรับการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งโดยมีขนาดของรัศมีความโค้งเท่ากับ 3.25 mm เปรียบเทียบกับผลการสอบเทียบที่ความเร็วคงที่....46
รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ของ Normalized voltage และ Time fraction สำหรับการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งโดยมีขนาดของรัศมีความโค้งเท่ากับ 11 mm เปรียบเทียบกับผลการสอบเทียบที่ความเร็วคงที่....47
รูปที่ 3.21 ภาพแสดงการเคลื่อนที่ของฟองอากาศ; (บน) วงรีอัตราส่วนน้อย (ล่าง) วงรีและทรงกลม....49
รูปที่ 3.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ Normalized voltage และ Time fraction สำหรับการทดลองต่าง ๆ....49