

สารบัญ

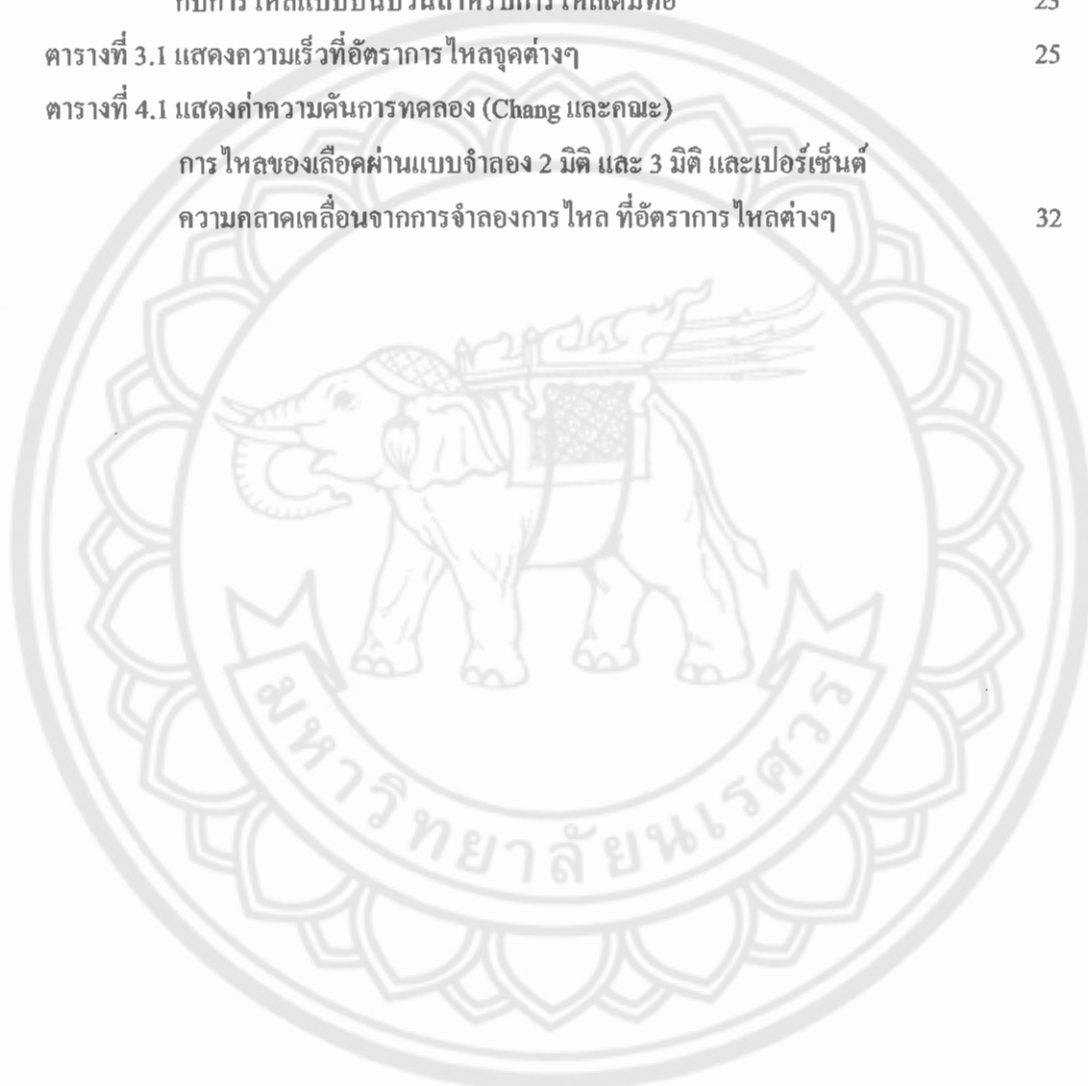
	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญกราฟ	ฎ
ลำดับสัญลักษณ์	ฏ
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 บทนำ	4
2.2 กฎความหนืดของนิวตัน	5
2.3 ความหนืดสัมบูรณ์และความหนืดจลน์	7
2.4 การไหลขุบตัวได้และการไหลขุบตัวไม่ได้	9
2.5 จลศาสตร์ของไหล	9
2.6 กฎการอนุรักษ์มวลของระบบ	11
2.7 สมการความต่อเนื่องของมวล	12
2.7.1 การไหลในสถานะคงตัว	13
2.8 สมการโมเมนตัมเชิงเส้น	14
2.9 การไหลที่มีผลของความหนืด	15
2.10 การไหลในท่อที่มีผลของความหนืด	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ลักษณะของโปรแกรม	24
3.2 สมมติฐานที่ใช้ในการจำลองการไหลของเลือด	
ผ่านช่องการไหลระดับไมโครของช่อง 90 องศา	24
3.3 การกำหนดค่าคงที่	25
3.4 รูปร่างของแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ	26
3.5 การกำหนดค่าเริ่มต้นและการกำหนดขอบเขตของการไหล	27
3.6 การแบ่งกริด	27
3.7 การประมวลผล	27
3.8 การแสดงผล	27
บทที่ 4 ผลการคำนวณและการวิเคราะห์ผล	
4.1 ความเร็วของเลือดที่ผ่านช่อง 90 องศา	28
4.2 วิเคราะห์การไหลของเลือดผ่านช่อง 90 องศา	30
4.3 การเปรียบเทียบการจำลองการไหลโดยใช้โปรแกรม	
COMSOL MULTIPHYSICS 3.2b กับการทดลองของ Chang และคณะ	31
บทที่ 5 สรุปผลโครงการ	35
บทที่ 6 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	36
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. การคำนวณหาความเร็วที่ใช้ในแบบจำลองของแต่ละจุด	39
ภาคผนวก ข. การสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม FEMLAB 3.0	43
บรรณานุกรม	50
ประวัติผู้เขียนโครงการ	51

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	4
ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างการไหลแบบราบเรียบ	
กับการไหลแบบปั่นป่วนสำหรับการไหลเต็มท่อ	23
ตารางที่ 3.1 แสดงความเร็วที่อัตราการไหลจุดต่างๆ	25
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความดันการทดลอง (Chang และคณะ)	
การไหลของเลือดผ่านแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ และเปอร์เซ็นต์	
ความคลาดเคลื่อนจากการจำลองการไหล ที่อัตราการไหลต่างๆ	32



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายใต้ความเค้นเฉือนของของเหลว(ของไหล)	4
รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของของไหล	5
รูปที่ 2.3 การไหลใน 1 มิติและ 2 มิติ	9
รูปที่ 2.4 เส้นกระแสในสนามการไหล	11
รูปที่ 2.5 การไหลในสภาวะคงตัว	13
รูปที่ 2.6 แรงกระทำที่ผิวและแรงเนื่องจากน้ำหนักทั้งก้อนเฉพาะแนวแกน x ของปริมาตรย่อย $\delta x \delta y \delta z$	14
รูปที่ 2.7 การไหลเต็มช่องทางการไหลระหว่างแผ่นคู่ขนาน	17
รูปที่ 2.8 บริเวณปากทางเข้าและบริเวณการไหลเต็มท่อสำหรับการไหลภายในท่อ	20
รูปที่ 2.9 การกระจายความเร็วสำหรับการไหลแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วนเต็มท่อ	22
รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงความเร็วย่อยในแนวแกนกับเวลาสำหรับการไหลแบบปั่นป่วน	23
รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหล	26
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของรูปร่างแบบจำลองการไหลของเลือด 2 มิติ และ 3 มิติ	26
รูปที่ 4.1 แสดงความเร็วของเลือดบริเวณทางเข้าท่อ 2 มิติ	28
รูปที่ 4.2 แสดงความเร็วของเลือดบริเวณข้องอ 90 องศาแบบจำลอง 2 มิติ	29
รูปที่ 4.3 แสดงโปรไฟล์ความเร็วของเลือด ก่อนเข้าข้องอ 90 องศา ระยะ 0.83 เท่าของขนาดท่อ ตามแนวแกน X แบบจำลอง 2 มิติ	29
รูปที่ 4.4 แสดงโปรไฟล์ความเร็วของเลือดหลังออกข้องอ 90 องศา ระยะ 0.83 เท่าของ ขนาดท่อ ตามแนวแกน Y แบบจำลอง 2 มิติ	30

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง apparent viscosity (Pa.s) และ shear rate (s^{-1}) ที่ได้จากการวัดในการทดลองของ Chang และคณะ	2
กราฟที่ 1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความดัน (Pa) และอัตราการไหล (m^3/s) ที่ได้จากการทดลองและจากการจำลองการไหล ข้องอ 90° ของ Chang และคณะ	2
กราฟที่ 2.1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง มีความเค้นเฉือน (τ) กับอัตราการเปลี่ยนแปลงความเค้นเฉือน (dw/dy) สำหรับของไหลนิวทอนเนียน ($\mu_1 < \mu_2 < \mu_3$)	6
กราฟที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง τ กับ dw/dy สำหรับของไหลนิวทอนเนียน และนอนนิวทอนเนียน	7
กราฟที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหล ของการทดลอง (Chang และคณะ) การไหลของเลือดผ่านแบบจำลอง 2 มิติ และ 3 มิติ	31

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่หน้าตัด	m^2
F	แรง	N
P	ความดัน	Pa
Re	เลขเรย์โนลด์	-
U	ความเร็ว	m/s
$\bar{V}$	ความเร็วเฉลี่ย	m/s
V _{max}	ความเร็วสูงสุด	m/s
τ	ความเค้นเฉือน	N/m ²
μ	ความหนืด	N·s/m ²
ρ	ความหนาแน่น	kg/m ³
$\dot{V}$	อัตราการไหล	m ³ /s
ν	ความหนืดจลน์	m ² /s
M	ครรชนีค่าคงที่	Pa·s ⁿ
n	ครรชนีซึ่งบังคับพฤติกรรมการไหล	-