

การจำลองการจับอนุภาคในตัวกรองแม่เหล็กแบบทรงกระบอก

นายวิรัตน์ แสงเลข



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-681-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODELLING OF PARTICLE ENTRAPMENT IN A CYLINDRICAL MAGNETIC FILTER

Mr. Wirat Sanglek

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Physics

Department of Physics

Graduate School

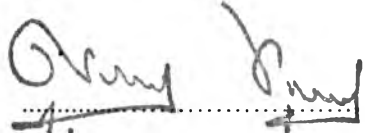
Chulalongkorn University

Academic year 1998


ISBN 974-639-681-1

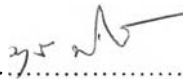
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำลองการจับอนุภาคในตัวกรองแม่เหล็กแบบทรงกระบอก
โดย นายวิรัตน์ แสงเลข
ภาควิชา ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มยุรี เนตรนภิส

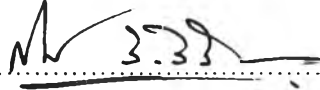
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

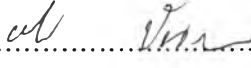
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

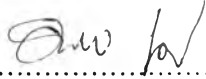
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชิต รัตนวราภักย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. มยุรี เนตรนภิส)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ วิสุทธิวิเศษ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิโย โย ปันยารุณ)

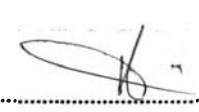
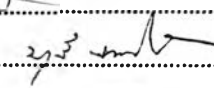
.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพูน)

วิทยานิพนธ์ : การจำลองการจับอนุภาคในตัวกรองแม่เหล็กแบบทรงกระบอก (MODELLING OF PARTICLE ENTRAPMENT IN A CYLINDRICAL MAGNETIC FILTER) อ.ที่ปรึกษา :

รศ. ดร. มยุรี เนตรนภิส, 79 หน้า. ISBN 974-639-681-1

การวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาทฤษฎีอธิบายประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็กแบบทรงกระบอกสำหรับสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองจากตัวจับทรงกระบอกเดี่ยวและ การไหลแบบโพเทนเชียล สำหรับงานวิจัยนี้ใช้สนามแม่เหล็กจากกลุ่มตัวจับทรงกระบอกซึ่งสามารถคาดคะเนด้วยวิธีการตัวกลางยังผล ผลการคำนวณรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่ขึ้นกับค่าคงที่ทางแม่เหล็ก (K_c) และ สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก (F) สำหรับค่า F ประมาณ 0.05 กับ K_c ที่น้อยกว่า 0.2 สำหรับสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวได้ผลเหมือนกับกรณีสนามแม่เหล็กโดยวิธีตัวกลางยังผล เมื่อสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก หรือ อัตราส่วนความเร็วเนื่องจากแรงแม่เหล็กต่อความเร็วตั้งต้นของของไหล (v_m/v_0) มีค่าเพิ่มขึ้นพบว่าประสิทธิภาพของการกรองอนุภาคแม่เหล็กแบบตัวจับทรงกระบอก ทั้งการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาวและแบบตามขวางมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งแล้วมีค่าคงที่ ซึ่งค่าคงที่มีค่าเข้าใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มความหนาของระบบตัวกรอง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาวและแบบตามขวาง ที่พารามิเตอร์ค่าเดียวกัน (สัดส่วนการบรรจุตัวจับ และอัตราส่วนระหว่าง v_m/v_0) พบว่าสำหรับค่าสัดส่วนการบรรจุตัวจับน้อยกว่า 0.25 และค่าคงที่ทางแม่เหล็กในช่วง 0.2-2.0 ประสิทธิภาพการกรองอนุภาคแม่เหล็กชนิดตามขวางดีกว่าชนิดตามยาว ผลการวิจัยที่ได้นี้เป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาตัวกรองชนิดแม่เหล็กให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

ภาควิชา ฟิสิกส์
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม —

c825644 : MAJOR PHYSICS

KEY WORD: MAGNETIC FILTRATION / LONGITUDINAL MODE FILTER/ TRANSVERSE MODE
FILTER / FILTER EFFICIENCY

WIRAT SANGLEK : MODELLING OF PARTICLE ENTRAPMENT IN A CYLINDRICAL

MAGNETIC FILTER : THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. MAYUREE NATENAPIT, Ph.D.

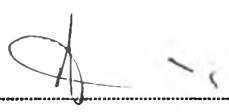
79 PP. ISBN 974-639-681-1

The objective of this research is to develop the theory for the efficiency of magnetic filtration for a single collector model and fluid described by the potential flow. In this research the magnetic field for an assemblage of cylinders predicted by using the effective medium approach was applied. The results of the capture radius of paramagnetic magnetic particles depending on the magnetic constant (K_p) and the collector packing fraction (F) are reported. For the low packing fraction range ($F \approx 0.05$) and the magnetic constant less than 0.2, the single collector model gives the same prediction on particle captures as those obtained by using the effective medium treatment (EMT). It is found that if the packing fraction or the ratio of magnetic velocity to fluid entrance velocity (v_m/v_o) is increased, the efficiency of cylindrical magnetic filtration both longitudinal and transverse modes increases to a constant value which approaches one hundred percents while increasing the bed length. Comparisons of the filter for both longitudinal and transverse modes at the same parameters (packing fraction and the ratio of v_m/v_o) indicates that for the packing fraction less than 0.25 and the magnetic constant in the range 0.2-2.0 the transverse mode efficiency is greater than that of the longitudinal mode. The results of this research are the important data for development magnetic filters.

ภาควิชา..... ฟิสิกส์.....

สาขาวิชา..... ฟิสิกส์.....

ปีการศึกษา..... 2541.....

ลายมือชื่อคนติดต่อ..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากท่านรองศาสตราจารย์
ดร. มยุรี เนตรนภิส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดทั้งแก้
ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ช่วยตรวจแก้ไขข้อเขียน
วิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านไว้เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และขอขอบคุณเพื่อนนิสิตทุกท่านที่ให้
กำลังใจและให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฐ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ประเภทของการกรองชนิดแม่เหล็ก.....	1
1.2 ผลงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการกรองชนิดแม่เหล็ก.....	6
1.3 งานวิจัยในส่วนที่เป็นวิทยานิพนธ์	7

2. สนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวและ สนามแม่เหล็กจากกลุ่มตัวจับทรงกระบอกในตัวกรอง

2.1 สนามแม่เหล็กรอบตัวจับเดี่ยว.....	11
2.2 สนามแม่เหล็กจากกลุ่มตัวจับทรงกระบอก.....	14
2.3 ผลเฉลยของสมการลาปลาซ.....	17
2.4 สนามแม่เหล็กตัวกลางยังผล.....	19

3. ทฤษฎีการจับอนุภาคแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยว

3.1 แรงที่กระทำต่ออนุภาคแม่เหล็ก.....	21
3.1.1 แรงแม่เหล็ก.....	21
3.1.2 แรงเนื่องจากความหนืด.....	23
3.2 สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็ก.....	23

4. ทฤษฎีการจับอนุภาคแม่เหล็กโดยกลุ่มตัวจับทรงกระบอกพาราแมกเนติก

4.1 สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กโดยกลุ่มตัวจับทรงกระบอก.....	26
4.2 พื้นที่การจับ.....	27
4.3 ประสิทธิภาพการจับ.....	29

5. ผลการคำนวณและการวิเคราะห์

5.1 เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กในของไหลและรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก.....	31
--	----

บทที่	หน้า
5.1.1 สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กเป็นพารามิเตอร์.....	32
5.1.2 สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอเป็นพารามิเตอร์.....	32
5.2 ประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็ก.....	52
5.2.1 สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กเป็นพารามิเตอร์.....	52
5.2.2 สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอเป็นพารามิเตอร์.....	52
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 เส้นทางเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็ก.....	61
6.2 รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก.....	61
6.3 พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็ก.....	62
6.4 ประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็ก.....	62
6.5 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัย.....	62
รายการอ้างอิง.....	63
ภาคผนวก	
วิธีคำนวณหาตำแหน่งของอนุภาคแม่เหล็กขณะใดๆ.....	64
ประวัติผู้เขียน.....	66

1.1 แสดงขั้นตอนการแยกด้วยสนามแม่เหล็กเกรเดียนท์สูง (R. Gerber, 1983)

(ก) กระบวนการแยกอนุภาคแม่เหล็กออกจากระบบของไหล

(ข) กระบวนการชะล้างอนุภาคแม่เหล็กที่ติดอยู่กับตัวกรองออก.....3

1.2 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กบริเวณรอบๆตัวจับขณะที่ตัวกรองอยู่ในสนามแม่เหล็ก
 ภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอ (H_0).....4

1.3 แสดงประเภทการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตัวจับทรงกระบอกอยู่ในสนามแม่เหล็ก
 ภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอ (H_0)

ก. การกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ($v // H_0$)

ข. การกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง ($v \perp H_0$)

ค. การกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามแนวแกน
 ($v_0 //$ กับแกนทรงกระบอกและ $\perp H_0$).....5

1.4 แสดงรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง โดย
 มีค่าคงที่ คือ $F = 0.1$, $v_m/v_0 = 10$ และ $K_c = 2$ จะได้ $r_m = 3.5$8

1.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง v_m/v_0 กับ r_m โดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับ
 เดี่ยว สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ($v // H_0$ หรือ $\alpha = 0$).....9

1.6 แสดงทิศทางความเร็วเริ่มต้นของของไหล (v_0) ซึ่งทำมุม α กับสนามแม่เหล็ก
 ภายนอก (H_0).....10

2.1 แสดงภาคตัดขวางของตัวจับทรงกระบอกที่ถูกล้อมด้วยของไหลอยู่ในสนามแม่เหล็ก
 ภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอ (H_0) \perp ตั้งฉากกับแกนของตัวจับและ แกน Z ร่วมกับ
 แกนของตัวจับ.....12

2.2 แสดงภาคตัดขวางของเซลล์ตัวแทน ซึ่งประกอบด้วย ตัวจับ ทรงกระบอกของไหล
 รอบตัวจับ ตัวกลางยังผล โดยมีสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอ
 (H_0) \perp ตั้งฉากกับแกนของตัวจับและ แกน Z ร่วมกับ แกนของตัวจับ.....16

4.1 แสดงพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็ก(A_c).....28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

5.1 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่และรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก ที่คำนวณโดยใช้สนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยว กรณีการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$, และ $K_c = 2$ ได้ค่า $r_{cut} = 2.5$35

5.2 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่และรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก ที่คำนวณโดยใช้สนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยว กรณีการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$ และ $K_c = 2$ ได้ค่า $r_{cut} = 2.8$36

5.3 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่และรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก ที่คำนวณโดยใช้สนามแม่เหล็กยังผล กรณีการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$, $F = 0.1$ และ $K_c = 2$ ได้ค่า $r_{cut} = 3.0$37

5.4 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่และรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก ที่คำนวณโดยใช้สนามแม่เหล็กยังผล กรณีการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$, $F = 0.1$ และ $K_c = 2$ ได้ค่า $r_{cut} = 3.3$38

5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง A^2 กับ F เพื่อเปรียบเทียบค่า $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$ สำหรับใช้อธิบายการการจับอนุภาคแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดียวกับโดยสนามแม่เหล็กยังผล.....39

5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cut} กับ F กรณีการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว เพื่อเปรียบเทียบรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก สำหรับ $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$ โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$40

5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cut} กับ F กรณีการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง เพื่อเปรียบเทียบรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก สำหรับ $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$ โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$41

5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_c กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กที่คำนวณโดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวและ คำนวณโดยสนามแม่เหล็กยังผล สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว พารามิเตอร์ที่ใช้ คือ $F = 0.1$, 0.2 และ 0.25 โดยมีค่าคงที่ คือ $K_c = 0.2$ 42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

- 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_c กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจับอนุภาคแม่เหล็ก โดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวและ โดยสนามแม่เหล็กยังผล สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง พารามิเตอร์ที่ใช้ คือ $F = 0.1, 0.2$ และ 0.25 โดยมีค่าคงที่ คือ $K_c = 0.2$ 43
- 5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cl} กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจับอนุภาคแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวสำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว สำหรับ $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$ 44
- 5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cl} กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจับอนุภาคแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวสำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง สำหรับ $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$ 45
- 5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cl} กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจับอนุภาคแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กยังผล สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว สำหรับ $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$ โดยมีค่าคงที่ คือ $F = 0.1$46
- 5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cl} กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจับอนุภาคแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กยังผล สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง สำหรับ $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$ โดยมีค่าคงที่ คือ $F = 0.1$47
- 5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cl} กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจับอนุภาคแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวและ โดยสนามแม่เหล็กยังผล สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว โดยมีค่าคงที่ คือ $F = 0.1$ 48
- 5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cl} กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจับอนุภาคแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวและ โดยสนามแม่เหล็กยังผล สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง พารามิเตอร์ที่ใช้ คือ $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$ โดยกำหนดค่าคงที่ คือ $F = 0.1$49
- 5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cl} กับ F เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพจับอนุภาคแม่เหล็กกรณีการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาวและแบบตามขวาง กำหนดค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$ และ $K_c = 0.2$50

5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r_{cs} กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กโดยใช้สนามแม่เหล็กยังผลกรณีการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาวและตามขวาง กำหนดค่าคงที่ คือคือ $K_c = 2$ และ $F = 0.1$	51
5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ F เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาวเมื่อระบบตัวกรองมีความหนา $x = 5a, 10a, 15a$ และ $20a$ โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$ และ $K_c = 0.2$	54
5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ F เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาวเมื่อระบบตัวกรองมีความหนา $x = 5a, 10a, 15a$ และ $20a$ โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$ และ $K_c = 0.2$	55
5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ F เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางที่ความหนา $x = 5a, 10a, 15a$ และ $20a$ โดยมีค่าคงที่ คือ $v_m/v_0 = 10$ และ $K_c = 0.2$	56
5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวและ โดยสนามแม่เหล็กยังผลสำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง โดยมีค่าคงที่ คือ $K_c = 0.2$ และ $x = 20a$	57
5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองโดยสนามแม่เหล็กยังผล สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว สำหรับระบบตัวกรองมีความหนา $x = 20a$ โดยมีค่าคงที่ คือ $F = 0.1, K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$	58
5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็กโดยสนามแม่เหล็กยังผล สำหรับการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง โดยมีค่าคงที่ คือ $x = 20a$ และ $F = 0.1$ พารามิเตอร์ที่ใช้ คือ โดยมีค่าคงที่ คือ $K_c = 0.2$ และ $K_c = 2$	59
5.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ v_m/v_0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาวและแบบตามขวาง โดยสนามแม่เหล็กตามแบบจำลองตัวจับเดี่ยวและ โดยสนามแม่เหล็กยังผล เมื่อระบบตัวกรองมีความหนา $x = 20a$ โดยมีค่าคงที่ คือ $F = 0.2$ และ $K_c = 2$	60

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย MKS	หมายเหตุ
รัศมีตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก	a	m	-
รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก	r_c	m	-
รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก	r_{ca}	ไม่มีหน่วย	r_c/a
ความเร็วเริ่มต้นที่เข้ามาของอนุภาคแม่เหล็ก v_0		m/s	-
ความเร็วของอนุภาคแม่เหล็ก	v_p	m/s	-
ความเร็วของของไหล	v_f	m/s	-
ความเร็วเนื่องจากแรงแม่เหล็ก	v_m	s^{-1}	$4/9(\mu_0\chi_p K_c H_0^2 R^2/\eta a)$
สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก	F	ไม่มีหน่วย	a^2/b^2
ความหนืด	η	$N.s/m^2$	-
ค่าสภาพให้ซึมได้ทางแม่เหล็กของตัวจับ	μ_s	T.m/A	-
ค่าสภาพให้ซึมได้ทางแม่เหล็กของอนุภาค	μ_p	T.m/A	-
ค่าสภาพให้ซึมได้ทางแม่เหล็กของของไหล	μ_f	T.m/A	-
ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก	χ	ไม่มีหน่วย	-
ค่าคงที่ทางแม่เหล็ก	K_s	ไม่มีหน่วย	$M_s/2\mu_0 H_s$
ค่าคงที่ทางแม่เหล็ก	K_c	ไม่มีหน่วย	$(\mu_s - \mu_p)/(\mu_s + \mu_p)$
ปริมาตรของอนุภาคแม่เหล็ก	V_p	m^3	$(4/3)\pi R^3$
ปริมาตรของของไหล	V_f	m^3	-
แรงเนื่องจากเกรเดียนต์สนามแม่เหล็ก	F_m	N	$(1/2)\mu\chi v_p \nabla H^2$
แรงเนื่องจากความหนืด	F_d	N	$-6\pi\eta R(v_p - v_f)$
ความยาวของระบบตัวกรอง	L	m	-
พื้นที่การจับ	A_c	m^2	$2r_c L$
ประสิทธิภาพของระบบตัวกรอง	ϵ	%	$1 - \exp[-2r_{ca} F_x/\pi]$