

ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง



นายจิตกร ผลโยธ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-312-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17056962

EFFICIENCY OF TRANSVERSE MODE MAGNETIC FILTRATION

Mr. Chittakorn Polyon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

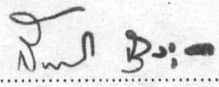
1996

ISBN 974-634-312-2

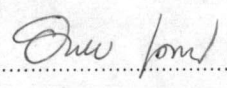
หัวข้อวิทยานิพนธ์      ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง  
โดย                              นายจิตรกร ผลโยธู  
ภาควิชา                              ฟิสิกส์  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร. มยุรี เนตรนภิส

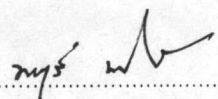
---

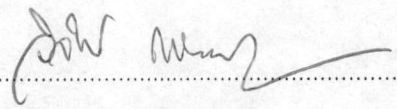
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย      อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

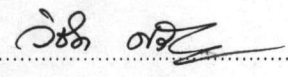
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ นงสุวรรณ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. อนันตสิน เตชะกำพุช )

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

  
..... กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร์ เส็งหะพันธุ์ )

  
..... กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร์ ศรีตระกูล )





พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

จิตรกร ผลโยธ : ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง ( EFFICIENCY OF TRANSVERSE MODE MAGNETIC FILTRATION ) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. มยุรี เนตรนภิส , 137 หน้า. ISBN 974-634-312-2

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงผลของสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กซึ่งบอกถึงความหนาแน่นของกลุ่มตัวจับทรงกลมในตัวกรอง และผลของสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอที่มีต่อประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางในกรณีที่อนุภาคที่เข้ามากับของไหลเป็นแบบพาราแมกเนติกและไดอะแมกเนติก ของไหลในตัวกรองผ่านกลุ่มตัวจับทรงกลมที่กระจายอย่างสม่ำเสมอมีการไหลแบบแลมินาร์ ความเร็วของของไหลที่ใช้ได้จากผลการคำนวณตามแบบจำลองของฮัปเปิล (Happel's model) และสนามแม่เหล็กจากกลุ่มตัวจับทรงกลมในตัวกรองคำนวณจากวิธีตัวกลางยังผล (effective medium treatment, EMT)

ผลการวิจัยโดยสรุป พบว่า ถ้าแต่ละพารามิเตอร์ (สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ) มีค่าเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง แล้วเข้าสู่ค่าอิ่มตัว ซึ่งค่าอิ่มตัวจะมีค่าเข้าใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มความหนาของระบบตัวกรอง และถ้าพิจารณาที่ความหนาของระบบตัวกรองเดียวกัน พบว่า ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางสำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติกจะมากกว่าประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางสำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก รายละเอียดของการคำนวณทางทฤษฎีที่ได้จากงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการออกแบบตัวกรองชนิดแม่เหล็กให้มีสมบัติตามต้องการ

ภาควิชา ..... ฟิสิกส์ .....  
สาขาวิชา ..... ฟิสิกส์ .....  
ปีการศึกษา 2538 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....



##C625323 : MAJOR PHYSICS

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

CHITTAKORN POLYON : EFFICIENCY OF TRANSVERSE MODE MAGNETIC

FILTRATION. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. MAYUREE NATENAPIT, Ph.D.

137 pp. ISBN 974-634-312-2

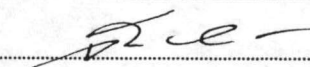
This research has the objective to study the effects of a collector packing fraction representing for the density of an assemblage of spheres in the filter and of an uniform applied magnetic field on the efficiency of transverse mode magnetic filtration. We consider the case of magnetic particles carried by a fluid system being as paramagnetic and diamagnetic. The type of fluid in the filter passing through the randomly-distributed spherical collectors is laminar flow. The fluid velocity is calculated by using the Happel's model and the magnetic field from collector spheres is calculated by using the effective medium treatment ( EMT ).

The results of this research, in summary, are found that if each parameters ( the collector packing fraction and the uniform applied magnetic field ) is increased, the efficiency of transverse mode magnetic filtration increases to a saturated value and this approaches one hundred percents while increasing the bed length. Considering on the same bed length, we find that the efficiency of transverse mode magnetic filtration for paramagnetic particles is greater than that for diamagnetic ones. The details of the results from the theoretical calculation of this research are the important data for designing a proper magnetic filter.

ภาควิชา.....ฟิสิกส์.....

สาขาวิชา.....ฟิสิกส์.....

ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิติ.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....-

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. มยุรี เนตรนภิส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยด้วยดีตลอด และเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ส่วนสำคัญอันหนึ่งคือการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้ให้การสนับสนุนในครั้งนี่คือ คุณบุญสม จินดาศรี ผู้ให้ยืมเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ตลอดการวิจัยนี้ จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา และหน่วยงานโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ( พสวท. ) ซึ่งให้การสนับสนุนทางด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญภาพ .....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์ .....	ท
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ลักษณะโดยทั่วไปของการกรองชนิดแม่เหล็ก .....	1
1.2 ประเภทของการกรองชนิดแม่เหล็ก .....	5
1.3 ความสำคัญของการกรองชนิดแม่เหล็ก .....	6
1.4 ผลงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการกรองชนิดแม่เหล็ก .....	8
1.5 งานวิจัยในส่วนที่เป็นวิทยานิพนธ์ .....	11
2. สนามแม่เหล็กจากกลุ่มตัวจับทรงกลมในตัวกรอง	
2.1 ทฤษฎีตัวกลางยังผล .....	12
2.2 เงื่อนไขขอบเขต .....	15
2.3 ผลเฉลยโดยทั่วไปของสมการลาปลาซ .....	16
2.4 สนามแม่เหล็กในระบบตัวกรอง .....	19
3. ทฤษฎีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบสามมิติในการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง	
3.1 แรงที่กระทำต่ออนุภาคแม่เหล็ก .....	22
3.2 สมการการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็ก .....	29
3.3 เส้นทางเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กในขณะที่อนุภาค เคลื่อนที่เข้ามาในตัวกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง .....	31
3.4 ประสิทธิภาพการจับอนุภาคแม่เหล็กในการกรองชนิดแม่เหล็ก แบบตามขวาง .....	32



## สารบัญ ( ต่อ )

บทที่	หน้า
4. สรุปผลการคำนวณและการวิเคราะห์	
4.1 เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็ก .....	34
ก. ระนาบของความเร็วเริ่มต้นอยู่ในระนาบสมมาตรหลัก .....	43
ข. ระนาบของความเร็วเริ่มต้นไม่อยู่ในระนาบสมมาตรหลัก .....	52
4.2 รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก .....	73
ก. สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กและมุม $\varphi_0$ เป็นพารามิเตอร์ .....	73
ข. สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอและมุม $\varphi_0$ เป็นพารามิเตอร์ .....	84
4.3 พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็ก .....	84
ก. พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก .....	91
ข. พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก .....	91
4.4 ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็ก .....	91
ก. ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง .....	96
ข. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็ก แบบตามขวางกับแบบตามยาว .....	101
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็ก .....	102
5.2 รัศมีและพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็ก .....	103
5.3 ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็ก .....	104
รายการอ้างอิง .....	106
ภาคผนวก	
ก. แรงแม่เหล็ก .....	108
ข. ประสิทธิภาพของการกรอง .....	111

## สารบัญ ( ต่อ )

	หน้า
ภาคผนวก	
ค. วิธีการคำนวณหาตำแหน่งของอนุภาคแม่เหล็กขณะใดๆ โดยวิธีรังกัดตาอันดับที่ 4 .....	112
ง. โปรแกรมคำนวณหาพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็ก .....	115
จ. โปรแกรมคำนวณประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็ก .....	116
ประวัติผู้เขียน .....	117

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 เส้นแรงแม่เหล็กบริเวณรอบๆตัวจับทรงกลมขณะที่ตัวกรอง อยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ ( $\vec{H}_0$ ) .....	2
1.2 แสดงวัฏจักรการแยกด้วยสนามแม่เหล็กเกรเดียนท์สูง (ก) กระบวนการแยกอนุภาคแม่เหล็กออกจากระบบของไหล (ข) กระบวนการชะล้างเอาอนุภาคแม่เหล็กที่ติดอยู่กับตัวกรองออก .....	3
1.3 แสดงประเภทของการกรองชนิดแม่เหล็ก (ก) การกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ( $\vec{v}_0 \parallel \vec{H}_0$ ) (ข) การกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง ( $\vec{v}_0 \perp \vec{H}_0$ ) .....	4
1.4 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กของตัวจับทรงกลมเดี่ยวใน ระบบของไหลที่ไหลแบบโพเทนเชียล (potential flow) เข้ามาในตัวกรอง ชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งบนตัวจับทรงกลมที่ อนุภาคนี้ถูกจับไว้ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก (ส่วนบน) และอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก (ส่วนล่าง) กำหนดให้ พารามิเตอร์ที่ใช้ คือ $v_{oa} = -20 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.8$ และ $v_{ma} = \pm 828 \text{ s}^{-1}$ .....	7
1.5 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก เมื่ออนุภาค ขณะเคลื่อนที่เข้ามาในตัวกรองมีระนาบของความเร็วเริ่มต้น (ระนาบ $\vec{v}_0$ ) อยู่ใน ระนาบสมมาตรหลัก (ระนาบ XZ ในรูปที่แสดง) กำหนดให้พารามิเตอร์ที่ใช้ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $v_{ma} = 571.52 \text{ s}^{-1}$ .....	10
2.1 ลักษณะของทรงกลมประกอบ (composite sphere) ในตัวกลางยังผล (effective medium) ภายใต้สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ .....	13



สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.1 แสดงตำแหน่งของอนุภาคแม่เหล็กขณะใดๆ ( $\vec{r}$ ) ในระบบตัวกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง ( $\vec{v}_0 \perp \vec{H}_0$ ) .....	23.
3.2 แสดงการวัดรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก ( $r_c$ ) ในระบบตัวกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง ( $\vec{v}_0 \perp \vec{H}_0$ ) .....	31
4.1 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1, v_{oa} = -6.65 s^{-1}, v_{ma} = 571.5 s^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.70$ ( ในหน่วยของ a ) .....	34
4.2 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2, v_{oa} = -6.65 s^{-1}, v_{ma} = 571.5 s^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.75$ ( ในหน่วยของ a ) .....	35
4.3 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3, v_{oa} = -6.65 s^{-1}, v_{ma} = 571.5 s^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.30$ ( ในหน่วยของ a ) .....	36
4.4 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4, v_{oa} = -6.65 s^{-1}, v_{ma} = 571.5 s^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.45$ ( ในหน่วยของ a ) .....	37
4.5 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1, v_{oa} = -6.65 s^{-1}, v_{ma} = -571.5 s^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.65$ ( ในหน่วยของ a ) .....	38
4.6 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2, v_{oa} = -6.65 s^{-1}, v_{ma} = -571.5 s^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.60$ ( ในหน่วยของ a ) .....	39
4.7 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3, v_{oa} = -6.65 s^{-1}, v_{ma} = -571.5 s^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.30$ ( ในหน่วยของ a ) .....	40

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.85$ ( ในหน่วยของ a ) .....	41
4.9 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = 1.66 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.90$ ( ในหน่วยของ a ) .....	43
4.10 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = 6.65 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.55$ ( ในหน่วยของ a ) .....	44
4.11 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = 10.39 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.70$ ( ในหน่วยของ a ) .....	45
4.12 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = 14.96 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.90$ ( ในหน่วยของ a ) .....	46
4.13 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = -1.66 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.15$ ( ในหน่วยของ a ) .....	47
4.14 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.45$ ( ในหน่วยของ a ) .....	48
4.15 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = -10.39 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.60$ ( ในหน่วยของ a ) .....	49

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = -14.96 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.70$ ( ในหน่วยของ a ) .....	50
4.17 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 10^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.75$ ( ในหน่วยของ a ) .....	52
4.18 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.25$ ( ในหน่วยของ a ) .....	53
4.19 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 60^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.30$ ( ในหน่วยของ a ) .....	54
4.20 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 80^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.65$ ( ในหน่วยของ a ) .....	55
4.21 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 10^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.65$ ( ในหน่วยของ a ) .....	56
4.22 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.35$ ( ในหน่วยของ a ) .....	57
4.23 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 60^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.90$ ( ในหน่วยของ a ) .....	58



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.24 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 80^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.25$ ( ในหน่วยของ a ) .....	59
4.25 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = 1.66 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.30$ ( ในหน่วยของ a ) .....	60
4.26 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = 6.65 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.70$ ( ในหน่วยของ a ) .....	61
4.27 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = 14.96 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.00$ ( ในหน่วยของ a ) .....	62
4.28 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = -1.66 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.70$ ( ในหน่วยของ a ) .....	63
4.29 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.20$ ( ในหน่วยของ a ) .....	64
4.30 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma}^* = -14.96 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.55$ ( ในหน่วยของ a ) .....	65
4.31 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.00$ ( ในหน่วยของ a ) .....	66

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.32 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.30$ ( ในหน่วยของ a ) .....	67
4.33 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.45$ ( ในหน่วยของ a ) .....	68
4.34 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.40$ ( ในหน่วยของ a ) .....	69
4.35 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.00$ ( ในหน่วยของ a ) .....	70
4.36 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$ , $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.25$ ( ในหน่วยของ a ) .....	71
4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0^\circ$ .....	73
4.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ .....	74
4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 50^\circ$ .....	75

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 60^\circ$ .....	76
4.41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 80^\circ$ .....	77
4.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก ความเข้มสม่ำเสมอ ( $\left  \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right ^{\frac{1}{2}}$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $\gamma = 0.4$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0^\circ$ .....	78
4.43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก ความเข้มสม่ำเสมอ ( $\left  \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right ^{\frac{1}{2}}$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $\gamma = 0.4$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ .....	79
4.44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก ความเข้มสม่ำเสมอ ( $\left  \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right ^{\frac{1}{2}}$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $\gamma = 0.4$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 50^\circ$ .....	80
4.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก ความเข้มสม่ำเสมอ ( $\left  \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right ^{\frac{1}{2}}$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $\gamma = 0.4$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 60^\circ$ .....	81
4.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก ความเข้มสม่ำเสมอ ( $\left  \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right ^{\frac{1}{2}}$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ , $\gamma = 0.4$ , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 80^\circ$ .....	82



สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.47 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$ .....	84
4.48 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$ .....	85
4.49 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.5, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$ .....	86
4.50 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$ .....	87
4.51 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$ .....	88
4.52 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.5, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$ .....	89
4.53 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบ ตามขวางกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก สำหรับอนุภาคแม่เหล็ก แบบพาราแมกเนติก ซึ่งพิจารณาที่ความหนาต่างๆของระบบตัวกรอง ( $L$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$ ....	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

- 4.54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ซึ่งพิจารณาที่ความหนาต่างๆของระบบตัวกรอง ( $L$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ  $v_{oa} = -6.65 s^{-1}$ ,  $v_{ma} = -571.5 s^{-1}$  และ  $K_s = 0.58$  ... 92
- 4.55 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ ( $\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{\frac{1}{2}}$ ) สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ซึ่งพิจารณาที่ความหนาต่างๆของระบบตัวกรอง ( $L$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ  $\gamma = 0.4$ ,  $v_{oa} = -6.65 s^{-1}$  และ  $K_s = 0.58$  ..... 93
- 4.56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ ( $\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{\frac{1}{2}}$ ) สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ซึ่งพิจารณาที่ความหนาต่างๆของระบบตัวกรอง ( $L$ ) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ  $\gamma = 0.4$ ,  $v_{oa} = -6.65 s^{-1}$  และ  $K_s = 0.58$  ..... 94
- 4.57 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ซึ่งพิจารณาที่ค่าสัดส่วนการบรรจุอนุภาคแม่เหล็กต่างๆ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ  $v_{oa} = -6.65 s^{-1}$ ,  $v_{ma} = 571.5 s^{-1}$ ,  $L = 5a$  และ  $K_s = 0.58$  ..... 96
- 4.58 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ซึ่งพิจารณาที่ค่าสัดส่วนการบรรจุอนุภาคแม่เหล็กต่างๆ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ  $v_{oa} = -6.65 s^{-1}$ ,  $v_{ma} = 571.5 s^{-1}$ ,  $L = 10a$  และ  $K_s = 0.58$  ..... 97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

- 4.59 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ซึ่งพิจารณาที่ค่าสัดส่วนการบรรจุอนุภาคแม่เหล็กต่างๆ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ  $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ ,  $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ ,  $L = 5a$  และ  $K_s = 0.58$  ..... 98
- 4.60 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ซึ่งพิจารณาที่ค่าสัดส่วนการบรรจุอนุภาคแม่เหล็กต่างๆ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ  $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ ,  $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ ,  $L = 10a$  และ  $K_s = 0.58$  ..... 99



## คำอธิบายสัญลักษณ์

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย MKS	หมายเหตุ
รัศมีของอนุภาคแม่เหล็ก	$r_p$	m	-
รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก	$r_c$	m	-
รัศมีตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก	a	m	-
ความเร็วเริ่มต้นที่เข้ามาของอนุภาคแม่เหล็ก	$v_o$	m/s	-
ความเร็วเริ่มต้นที่เข้ามาของอนุภาคแม่เหล็ก	$v_{oa}$	$s^{-1}$	$v_{oa} = v_o/a$
สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ	$H_o$	A/m	-
สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก	$\gamma^3$	ไม่มีหน่วย	-
ความหนืด	$\eta$	$N \cdot s/m^2$	-
ค่าสภาพให้ซึมได้ทางแม่เหล็ก	$\mu$	$T \cdot m/A$	-
ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก	$\chi$	ไม่มีหน่วย	-
ค่าสภาพให้ซึมได้สัมพัทธ์ทางแม่เหล็ก	$\nu$	ไม่มีหน่วย	$\nu = \mu_p/\mu_f$
ค่าคงที่ทางแม่เหล็ก	$K_s$	ไม่มีหน่วย	$K_s = (\nu - 1)/(\nu - 2)$
ความเร็วทางแม่เหล็ก	$v_{ma}$	$s^{-1}$	$v_{ma} = \frac{(2\chi\mu_o K_s H_o r_p)}{3\eta a^2}$
ความเร็วทางแม่เหล็กสัมพัทธ์	$v_{ma}^*$	$s^{-1}$	$v_{ma}^* = v_{ma} A^2$
พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็ก	$A_c$	$m^2$	โดยวิธีการอินทิเกรต เชิงตัวเลข
ความหนาของระบบตัวกรอง	L	m	-
ประสิทธิภาพของการกรอง	$\epsilon$	%	-