



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



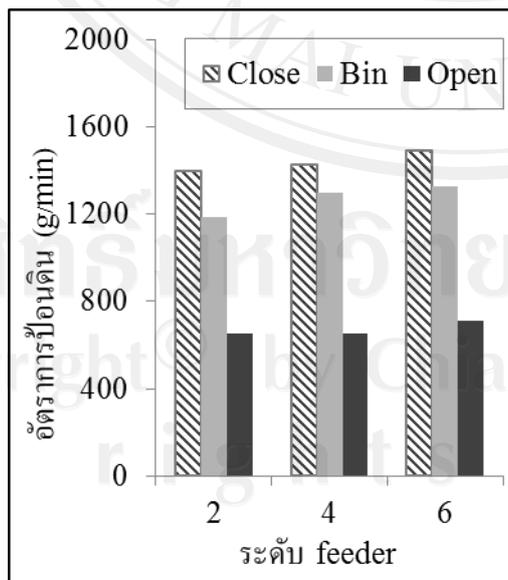
ภาคผนวก ก
การศึกษาการทำงานของเครื่องแยกแบบไซโคลน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

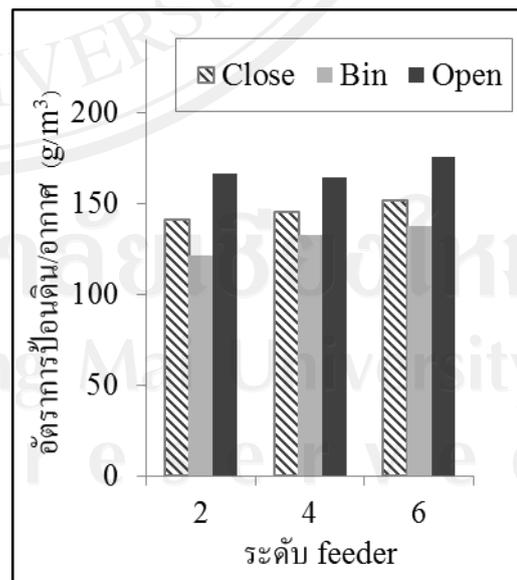
ศึกษาความเร็วลมและอัตราการป้อนดินที่เหมาะสมในการกำจัดตำหนิจุดดำด้วยเครื่องแยกแบบไซโคลน กำหนดอัตราการป้อนด้วยเครื่องป้อนของแข็งแบบ Screw feeder ที่ระดับ 2 4 และ 6

ตาราง ก1 เปรียบเทียบความเร็วลมและอัตราการป้อน เมื่อทำการแยกด้วยเครื่องแยกแบบไซโคลน ระดับ feeder 2 4 และ 6 ลักษณะของ Downcomer tube แบบปิด เปิดและถังเก็บ ที่ระดับวาล์วฝีเสื้อ 5

Downcomer	ระดับ feeder	ความเร็วลม (m/s)	อัตราเร็วลม (m ³ /min)	อัตราการป้อน (g/min)	อัตราการป้อน (g/ m ³)
Close	2	21.08	9.94	1396.98	140.56
Close	4	20.93	9.87	1428.31	144.76
Close	6	20.88	9.84	1487.91	151.17
Bin	2	20.73	9.77	1187.85	121.57
Bin	4	20.78	9.79	1300.13	132.73
Bin	6	20.57	9.70	1329.76	137.10
Open	2	8.31	3.92	651.37	166.35
Open	4	8.46	3.99	655.87	164.48
Open	6	8.61	4.06	712.69	175.57



ก

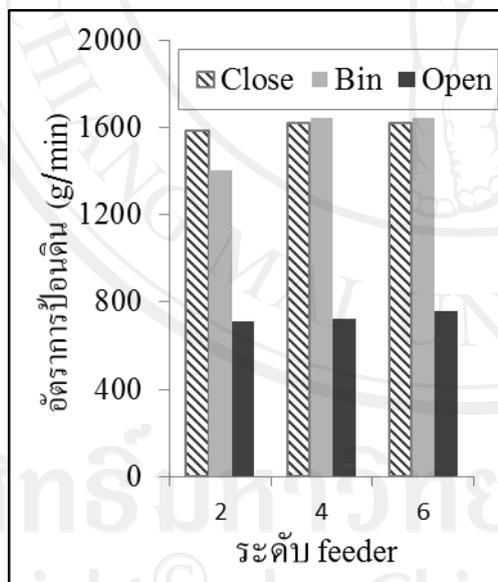


ข

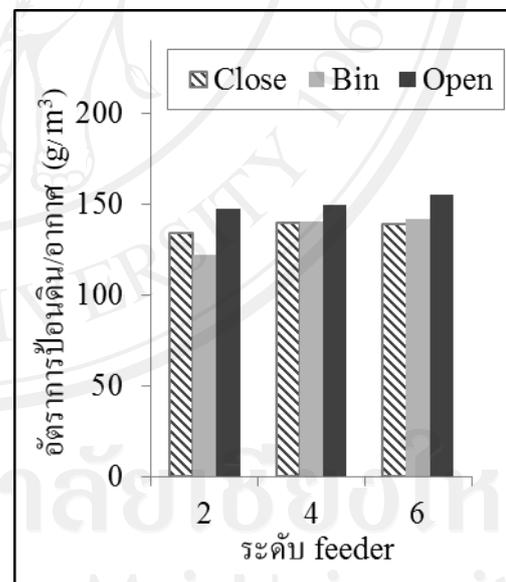
รูป ก1 (ก) อัตราการป้อนดิน (ข) อัตราการป้อนดินต่อปริมาณลมเมื่อเปลี่ยนแปลงระดับ feeder ที่ระดับวาล์วผีเสื้อ 5

ตาราง ก2 ความเร็วลมและอัตราการป้อน เมื่อทำการแยกด้วยเครื่องแยกแบบไซโคลน ระดับ feeder 2 4 และ 6 ลักษณะของ Downcomer tube แบบปิด เปิดและถึงเก็บ ที่ระดับวาล์วผีเสื้อ 6

Downcomer	ระดับ feeder	ความเร็วลม (m/s)	อัตราเร็วลม (m ³ /min)	อัตราการป้อน (g/min)	อัตราการป้อน (g/m ³)
Close	2	25.10	11.83	1582.22	133.74
Close	4	24.64	11.62	1616.28	139.15
Close	6	24.69	11.64	1616.30	138.87
Bin	2	24.36	11.48	1403.38	122.21
Bin	4	24.84	11.71	1643.27	140.32
Bin	6	24.64	11.62	1643.68	141.51
Open	2	10.24	4.83	709.22	146.97
Open	4	10.29	4.85	725.22	149.54
Open	6	10.39	4.90	759.07	154.99



ก

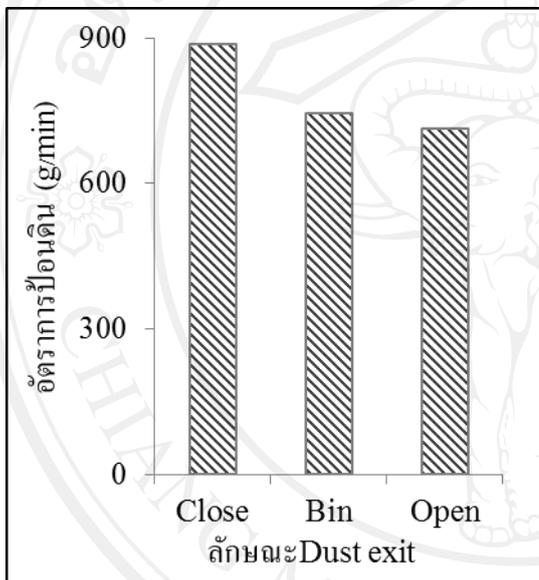


ข

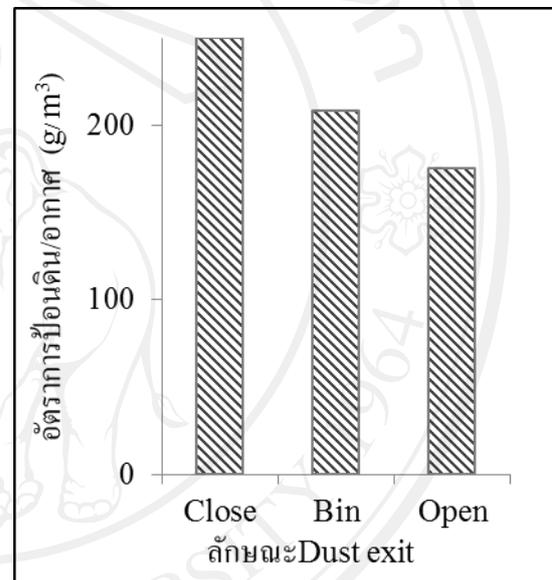
รูป ก2 (ก) อัตราการป้อนดิน (ข) อัตราการป้อนดินต่อปริมาณลมเมื่อเปลี่ยนแปลงระดับ feeder ที่ระดับวาล์วผีเสื้อ 6

ตาราง ก3 เปรียบเทียบอัตราการป้อนดิน เมื่อทำการแยกด้วยเครื่องแยกแบบไซโคลนที่ระดับความเร็วลมทางเข้า 7.5 – 8.6 m/s โดยใช้ลักษณะของ Downcomer tube แบบ ปิด ถังเก็บ และแบบเปิด

ระดับ วาล์วผีเสื้อ	ระดับ feeder	Downcomer	ความเร็ว ลม m/s	อัตราเร็วลม (m ³ /min)	อัตราการ ป้อน (g/min)	อัตราการ ป้อน (g/ m ³)
3	6	Close	7.52	3.54	885.90	249.94
3	6	Bin	7.57	3.57	743.38	208.33
5	6	Open	8.61	4.06	712.69	175.57



ก



ข

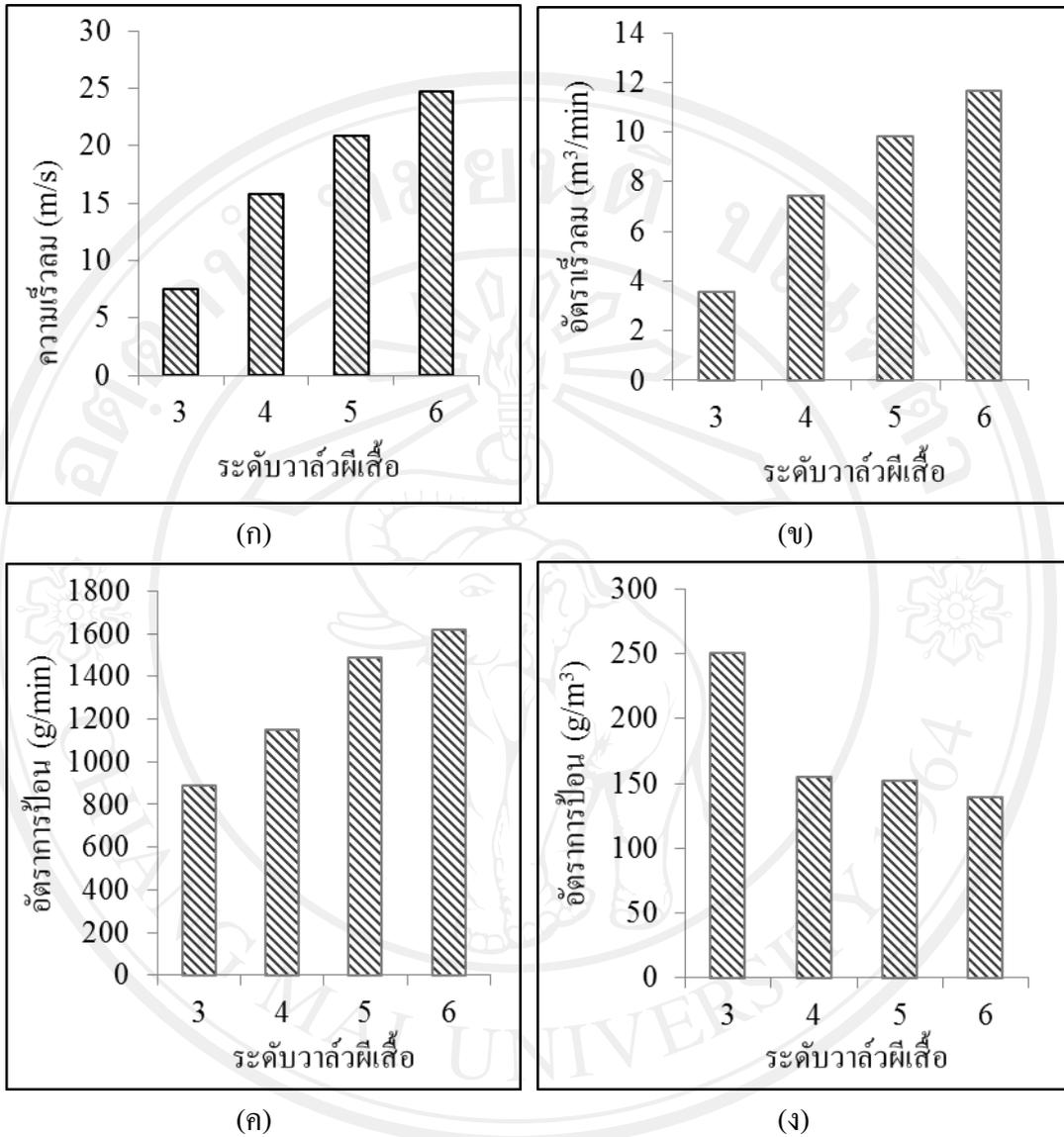
รูป ก3 (ก) อัตราการป้อนดินต่อเวลา (ข) อัตราการป้อนดินต่อปริมาณอากาศเมื่อใช้ไซโคลนที่มีระดับความเร็วลมทางเข้า 7.5 – 8.6 m/s โดยใช้ลักษณะของ Downcomer tube แบบ ปิด ถังเก็บ และแบบเปิด

การใช้เครื่องแยกแบบไซโคลนกำจัดตำหนิจุดดำจากวัตถุดิบเครื่องปั้นดินเผาชนิดเอร์ทเทนแวร์ โดยใช้เครื่องแยกแบบไซโคลนที่มี Downcomer tube แตกต่างกัน

1) Downcomer tube แบบปิด

ตาราง ก4 ความเร็วลมและอัตราการป้อนดินเมื่อเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อ ของไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบปิด

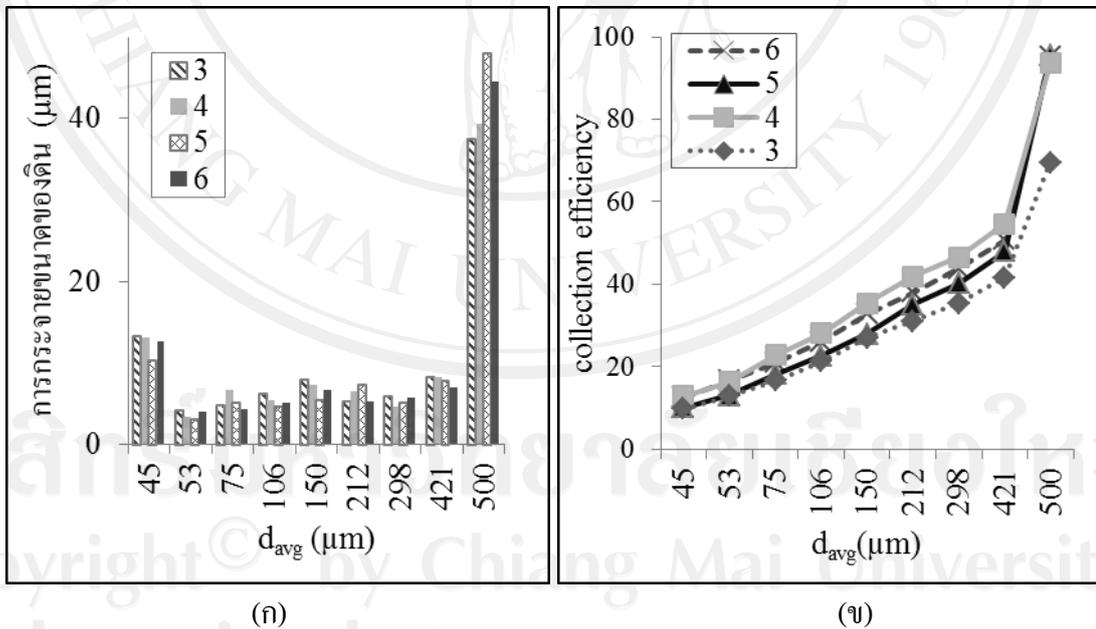
ระดับวาล์ว ผีเสื้อ	ระดับ feeder	ความเร็วลม (m/s)	อัตราเร็วลม (m ³ /min)	อัตราการป้อน (g/min)	อัตราการป้อน (g/m ³)
3	6	7.52	3.54	885.90	249.94
4	6	15.75	7.42	1147.82	154.61
5	6	20.88	9.84	1487.91	151.17
6	6	24.69	11.64	1616.30	138.87



รูป ก4 การเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้ระดับวาล์วผีเสื้อ 3 4 5 และ 6 ของไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบปิด (ก) ความเร็วลม (m/s) (ข) อัตราเร็วลม (m³/min) (ค) อัตราการป้อน (g/min) (ง) อัตราการป้อน (g/m³)

ตาราง ก5 เปรียบเทียบการกระจายขนาด ของดินที่เก็บได้จากทางออกของไซโคลนในส่วน Dust exit จากการแยกด้วยไซโคลน โดยเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อ ของไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบปิด

d_{avg} (μm)	d_{max} (μm)	การกระจายขนาด					การกระจายขนาดแบบสะสม			
		ก่อน แยก	หลังแยกโดยใช้ระดับวาล์วผีเสื้อ				หลังแยกโดยใช้ระดับวาล์วผีเสื้อ			
			3	4	5	6	3	4	5	6
45	45	20.10	13.22	13.10	10.23	12.65	9.86	12.95	10.13	12.61
53	63	4.67	4.14	3.38	3.00	4.02	12.95	16.29	13.11	16.62
75	90	5.78	4.85	6.64	5.11	4.36	16.57	22.85	18.17	20.97
106	125	5.52	6.26	5.38	4.56	5.13	21.24	28.17	22.68	26.08
150	180	5.59	7.84	7.38	5.34	6.75	27.09	35.47	27.97	32.81
212	250	5.19	5.29	6.58	7.23	5.26	31.03	41.97	35.13	38.05
298	355	5.45	5.90	4.63	5.12	5.78	35.44	46.55	40.20	43.81
421	500	6.62	8.28	8.24	7.79	7.01	41.62	54.70	47.91	50.79
500	>500	38.17	37.44	39.30	47.94	44.45	69.56	93.56	95.39	95.10

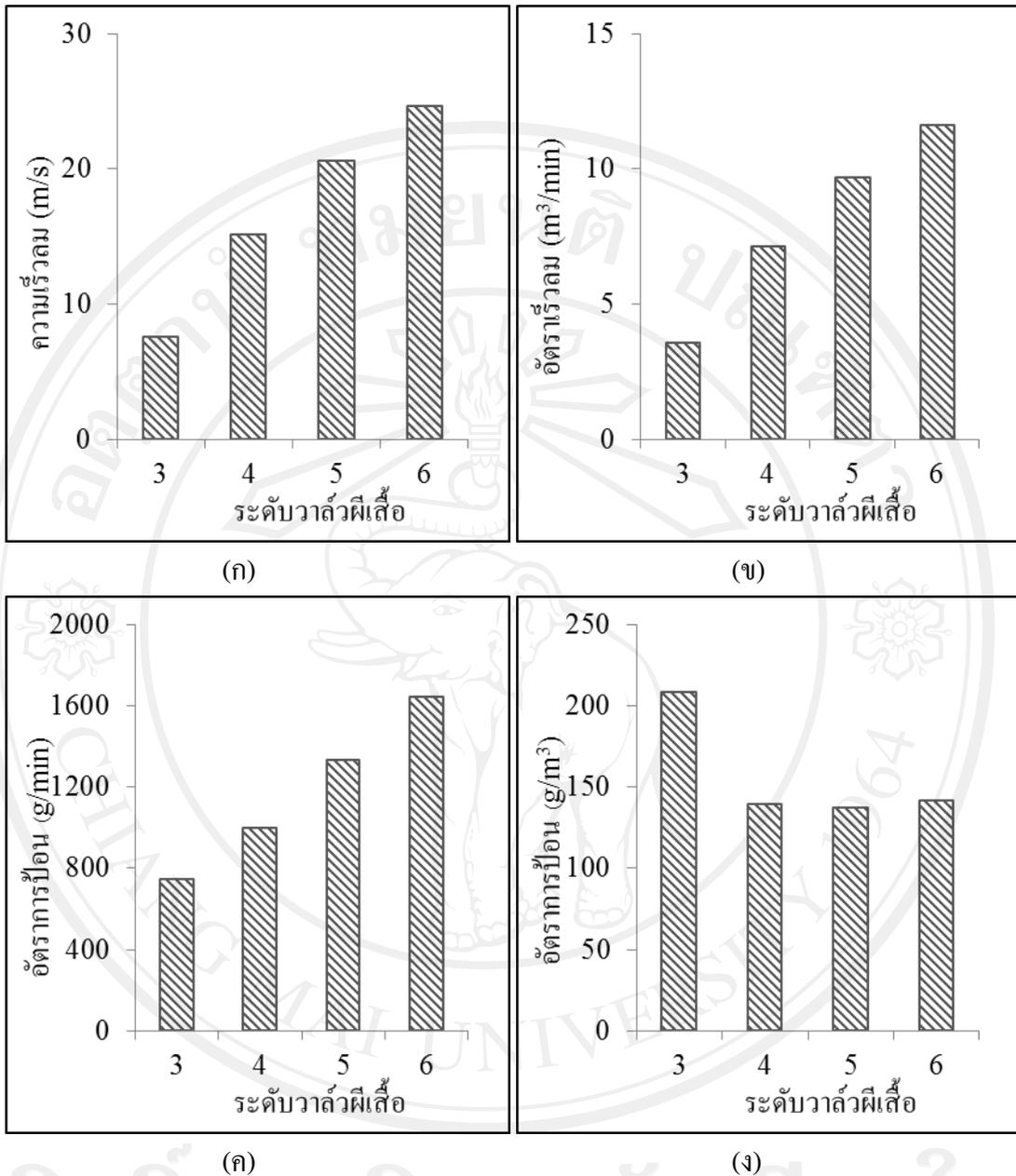


รูป ก5 การเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้ระดับวาล์วผีเสื้อ 3 4 5 และ 6 ของไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบปิด (ก) ความเร็วลม (m/s) (ข) อัตราเร็วลม (m^3/min) (ค) อัตราการป้อน (g/min) (ง) อัตราการป้อน (g/m^3)

2) Downcomer tube แบบตั้งเก็บดิน

ตาราง ก6 เปรียบเทียบความเร็วลมและอัตราการป้อนดินเมื่อเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อ ของ
ไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบตั้งเก็บ

ระดับวาล์ว ผีเสื้อ	ระดับ feeder	ความเร็วลม (m/s)	อัตราเร็วลม m^3/min	อัตราการป้อน g/min	อัตราการป้อน g/m^3
3	6	7.57	3.57	743.38	208.33
4	6	15.14	7.14	996.68	139.66
5	6	20.57	9.70	1329.76	137.10
6	6	24.64	11.62	1643.68	141.51

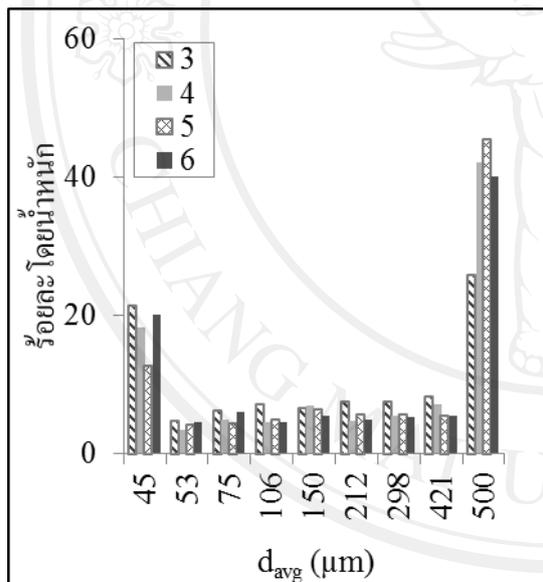


รูป 6 ความเร็วลมและอัตราการป้อนดินเมื่อเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อของไซโคลนที่มี

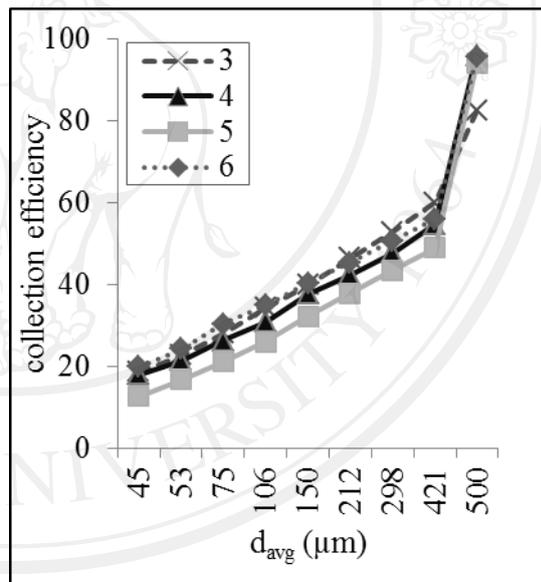
Downcomer tube แบบตั้งเก็บ (ก) ความเร็วลม (m/s) (ข) อัตราเร็วลม (m³/min) (ค) อัตราการป้อน (g/min) (ง) อัตราการป้อน (g/m³)

ตาราง ก7 การกระจายขนาดของดินที่เก็บได้จากทางออก Downcomer tube จากการแยกด้วยไซโคลนโดยเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อของไซโคลนที่มีทางออกส่วน Dust exit แบบตั้งเก็บ

d_{avg} (μm)	d_{max} (μm)	การกระจายขนาด					การกระจายขนาดแบบสะสม			
		ก่อนแยก	หลังแยกโดยใช้ระดับวาล์วผีเสื้อ				หลังแยกโดยใช้ระดับวาล์วผีเสื้อ			
			5	6	7	8	5	6	7	8
45	45	20.10	21.34	18.34	12.75	20.07	18.53	17.97	12.62	19.78
53	63	4.67	4.67	3.44	4.13	4.53	22.59	21.34	16.70	24.24
75	90	5.78	6.17	5.01	4.37	6.12	27.95	26.25	21.03	30.27
106	125	5.52	7.11	4.67	4.92	4.65	34.13	30.83	25.89	34.85
150	180	5.59	6.64	6.94	6.38	5.51	39.89	37.63	32.20	40.27
212	250	5.19	7.45	4.79	5.59	5.02	46.37	42.32	37.73	45.22
298	355	5.45	7.45	5.48	5.71	5.39	52.84	47.69	43.38	50.52
421	500	6.62	8.20	7.11	5.53	5.51	59.96	54.65	48.84	55.95
500	>500	38.17	25.81	42.04	45.48	40.02	82.38	95.84	93.84	95.38



(ก)



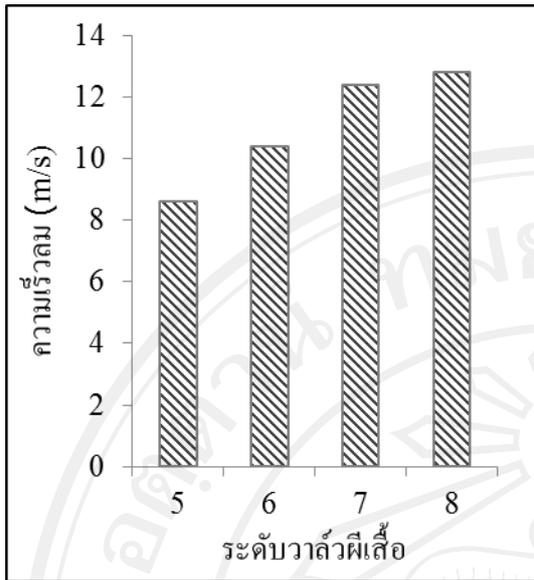
(ข)

รูป ก7 (ก) การกระจายขนาด (ข) การกระจายขนาดแบบสะสม ของดินที่เก็บได้จากทางออกของไซโคลนในส่วน Dust exit จากการแยกด้วยไซโคลน โดยเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อของไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบตั้งเก็บ

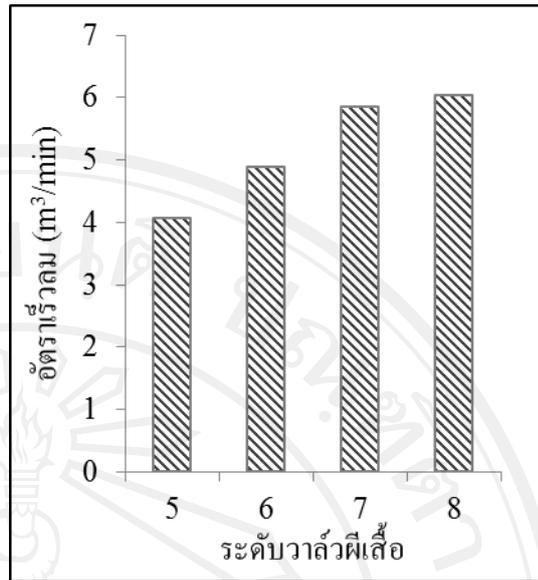
3) Downcomer tube แบบเปิด

ตาราง ก8 เปรียบเทียบความเร็วลมและอัตราการป้อนดินเมื่อเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อของไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบเปิด

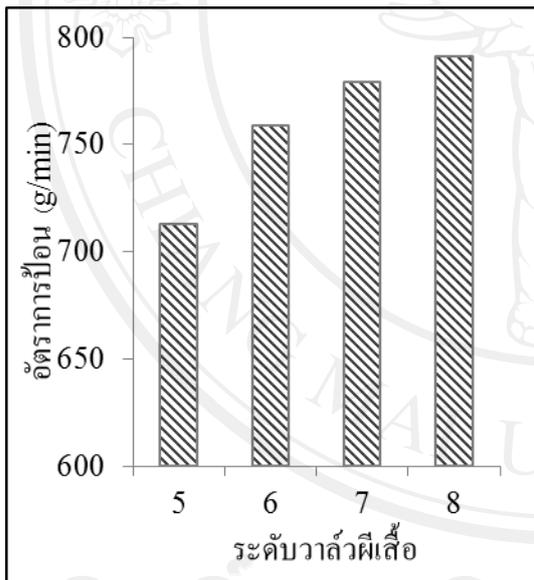
ระดับวาล์ว ผีเสื้อ	ระดับ feeder	ความเร็วลม (m/s)	อัตราเร็วลม (m ³ /min)	อัตราการป้อน (g/min)	อัตราการป้อน (g/m ³)
5	6	8.61	4.06	712.69	175.57
6	6	10.39	4.90	759.07	154.99
7	6	12.40	5.84	779.10	133.33
8	6	12.80	6.04	791.22	131.10



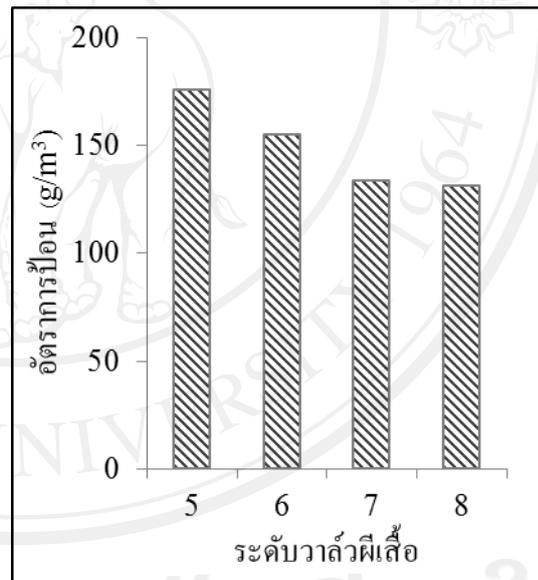
(ก)



(ข)



(ค)

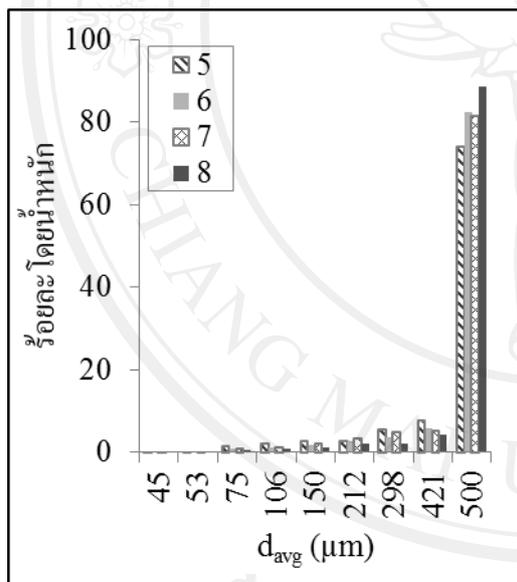


(ง)

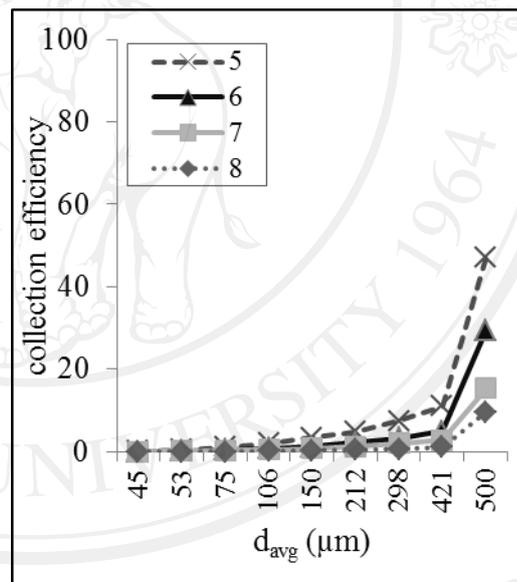
รูป ก8 ความเร็วลมและอัตราการป้อนดินเมื่อเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อของไซโคลอนที่มี Downcomer tube แบบเปิด (ก) ความเร็วลม (m/s) (ข) อัตราเร็วลม (m³/min) (ค) อัตราการป้อน (g/min) (ง) อัตราการป้อน (g/m³)

ตาราง ก9 การกระจายขนาด ของดินที่เก็บได้จากทางออกของไซโคลนในส่วน Dust exit จากการแยกด้วย ไซโคลนโดยเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อของไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบเปิด

d_{avg} (μm)	d_{max} (μm)	การกระจายขนาด					การกระจายขนาดแบบสะสม			
		ก่อนแยก	หลังแยกโดยใช้ระดับวาล์วผีเสื้อ				หลังแยกโดยใช้ระดับวาล์วผีเสื้อ			
			5	6	7	8	5	6	7	8
45	45	20.10	0.34	0.14	0.52	0.09	0.16	0.04	0.08	0.01
53	63	4.67	0.52	0.33	0.48	0.23	0.42	0.14	0.15	0.03
75	90	5.78	1.47	0.94	0.96	0.51	1.14	0.42	0.30	0.08
106	125	5.52	1.97	1.23	1.17	0.92	2.10	0.78	0.48	0.17
150	180	5.59	2.74	1.84	2.05	1.01	3.44	1.33	0.80	0.27
212	250	5.19	2.80	2.78	3.13	2.08	4.80	2.16	1.28	0.47
298	355	5.45	5.40	3.72	4.87	2.17	7.44	3.26	2.03	0.68
421	500	6.62	7.53	5.94	5.05	4.38	11.11	5.03	2.81	1.10
500	>500	38.17	74.03	82.32	81.55	88.47	47.21	29.49	15.35	9.68



(ก)



(ข)

รูป ก9 (ก) การกระจายขนาด (ข) การกระจายขนาดแบบสะสม ของดินที่เก็บได้จากทางออกของไซโคลน ในส่วน Dust exit จากการแยกด้วยไซโคลน โดยเปลี่ยนแปลงระดับวาล์วผีเสื้อของไซโคลนที่มี Downcomer tube แบบเปิด



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

“กิจกรรมในงานการนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2553” (Thailand Research Expo 2010)

ISSN 1906-9650

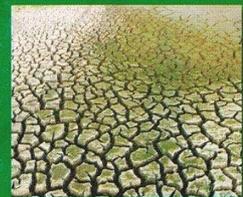


Thailand Research Symposium

2010

Proceedings

Oral Presentation



โดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
National Research Council of Thailand (NRCT)

การแยกตำหนิตำจากวัสดุเคลือบอิฐที่ทนไฟด้วยการแยกแม่เหล็กและไซโคลน

ปารินดา มโนรัตน์¹, อภินันท์ นันทิยา และปาริมา นันท์ เชิญธงชัย

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาประเภทอิฐที่ทนไฟในประเทศไทย ประสบปัญหาเกี่ยวกับตำหนิตำบนผิวผลิตภัณฑ์เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนในดิน ซึ่งประกอบด้วยเหล็กออกไซด์ฮีมาไทต์ (Hematite Fe_2O_3) และแมงกานีสออกไซด์ ชนิดไพโรลูไซต์ (pyrolusite; β - MnO_2) โดยกระบวนการร่อนที่โรงงานอุตสาหกรรมท้องถิ่นใช้แยกส่วนที่เป็นสาเหตุของตำหนิตำ ทำให้สูญเสียเนื้อดินและทรายบางส่วน อีกทั้งยังคงมีมลทินขนาดเล็กค้างอยู่ในวัสดุดิบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อแยกสารประกอบเหล็กออกไซด์ และแมงกานีสออกไซด์จากวัสดุเคลือบอิฐที่ทนไฟ โดยใช้เทคนิคการแยกด้วยแม่เหล็กและไซโคลนที่อาศัยความแตกต่างของขนาด ความหนาแน่น และสมบัติทางแม่เหล็ก ทำให้แยกมลทินออกจากวัสดุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการวิจัยนี้พบว่า การแยกด้วยแม่เหล็กทำให้ปริมาณเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ลดลง เช่นเดียวกับการแยกด้วยไซโคลนตำหนิตำบนผิวชิ้นงานที่หายไปเกือบหมด

Separation of Black Spot Defect from Earthenware Raw Material Using Magnetic Separator and Cyclone

Parinda Manorut, Apinon Nantiya and Parimanan Chemtongchai

Abstract

Earthenware industrials in northern region of Thailand have a problem from black spot defects on product surface due to contamination of iron oxide (Hematite; Fe_2O_3) and manganese oxide (Pyrolusite; β - MnO_2) in clay raw material. Sieving method has been used in local factories to separate a part of black defect origin, though it causes some clay and sand lost, and small contaminant still exist in raw material. Thus, this research is to study the separation of iron oxide and manganese oxide compounds from earthenware raw material using magnetic and cyclone separation methods, which separated by size, density and magnetic property differential. These methods will separate the contaminants from raw material more efficiently. This work presents the result of magnetic separation which found that iron oxide and manganese oxide is decreased. As a result in cyclone separation the black spot defect on surface is almost disappearing.

Keyword : Separation Earthenware defect

การแยกด้วยแม่เหล็ก การแยกด้วยไซโคลน อิฐที่ทนไฟ

หน่วยวิจัยเทคโนโลยีวัสดุผงและวัสดุผสม ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถนนห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

E-mail : Parinda.mnr@gmail.com, Anuntiya@chiangmai.ac.th, Cparima@chiangmai.ac.th

ชื่อเรื่อง การแยกตำหนิจุดดำจากวัตถุดิบเอิร์ทเทนแวร์ด้วยการแยกแบบแม่เหล็กและไซโคลน
Separation of Black Spot Defect from Earthenware Raw Material Using
Magnetic Separator and Cyclone

ชื่อคณะผู้วิจัย ปรีณดา มโนรัตน์, อภินันท์ นันทิยา และ ปริมาณันท์ เชิญธงไชย
Parinda Manorut, Apinon Nantiya and Parimanan Cherntongchai

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาประเภทเอิร์ทเทนแวร์ในเขตภาคเหนือของไทย ประสบปัญหาเกี่ยวกับตำหนิจุดดำบนผิวผลิตภัณฑ์เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนในดิน ซึ่งประกอบด้วยเหล็กออกไซด์ชนิดฮีมาไทต์ (Hematite Fe_2O_3) และแมงกานีสออกไซด์ ชนิดไพโรลูไซต์ (pyrolusite; β - MnO_2) โดยกระบวนการร่อนที่โรงงานอุตสาหกรรมท้องถิ่นใช้แยกส่วนที่เป็นสาเหตุของตำหนิจุดดำ ทำให้สูญเสียเนื้อดินและทรายบางส่วน อีกทั้งยังคงมีมลทินขนาดเล็กตกค้างอยู่ในวัตถุดิบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อแยกสารประกอบเหล็กออกไซด์ และแมงกานีสออกไซด์จากวัตถุดิบเอิร์ทเทนแวร์ โดยใช้เทคนิคการแยกด้วยแม่เหล็กและไซโคลน ที่อาศัยความแตกต่างของขนาด ความหนาแน่น และสมบัติทางแม่เหล็ก ทำให้แยกมลทินออกจากวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการวิจัยนี้พบว่า การแยกด้วยแม่เหล็กทำให้ปริมาณเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ลดลง เช่นเดียวกับการแยกด้วยไซโคลน ตำหนิจุดดำบนผิวชิ้นงานก็หายไปเกือบหมด

ABSTRACT

Earthenware industrials in northern region of Thailand have a problem from black spot defects on product surface due to contamination of iron oxide (Hematite; Fe_2O_3) and manganese oxide (Pyrolusite; β - MnO_2) in clay raw material. Sieving method has been used in local factories to separate a part of black defect origin, though it causes some clay and sand lost, and small contaminant still exist in raw material. Thus, this research is to study the separation of iron oxide and manganese oxide compounds from earthenware raw material using magnetic and cyclone separation methods, which separated by size, density and magnetic property differential. These methods will separate the contaminants from raw material more efficiently. This work presents the result of magnetic separation which found that iron oxide and manganese oxide is decreased. As a result in cyclone separation the black spot defect on surface is almost disappearing.

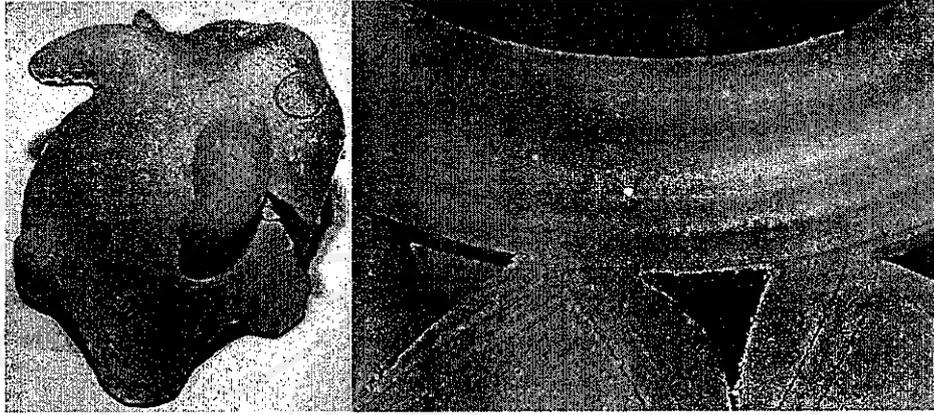
Keyword : Separation Earthenware defect การแยกด้วยแม่เหล็ก การแยกด้วยไซโคลน เอิร์ทเทนแวร์
หน่วยวิจัยเทคโนโลยีวัสดุผงและวัสดุผสม ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถนนห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

Parinda.mnr@gmail.com, Anuntiya@chiangmai.ac.th, Cparima@chiangmai.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทเอิร์ทเทนแวร์ เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ใช้ดินเหนียวเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการเกิดตำหนิจุดดำที่ผิวของชิ้นงานดังรูป 1 เนื่องจากสิ่งเจือปนในวัตถุดิบจากการศึกษาองค์ประกอบของอนุภาคที่ทำให้เกิดจุดดำพบว่าในอนุภาคมลทินประกอบด้วยสารประกอบเหล็กชนิดฮีมาไทต์ (Hematite; Fe_2O_3) และแมงกานีสไดออกไซด์ชนิดไพโรลูไซต์ (pyrolusite; $\beta\text{-MnO}_2$)



รูป 1 แสดงตำหนิจุดดำที่เกิดบนผลิตภัณฑ์

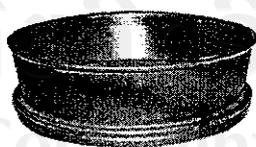
ทางโรงงานดินพยายามแก้ปัญหาตำหนิจุดดำโดยการร่อนแยกอนุภาคมลทินที่เป็นสาเหตุออก แต่การร่อนแยกแบบหยابนั้นไม่สามารถแยกอนุภาคมลทินที่เป็นสาเหตุของจุดดำออกได้หมด ในงานวิจัยนี้จึงสนใจวิธีการอื่นๆ เพื่อแยกอนุภาคมลทินที่เป็นสาเหตุของจุดดำออกจากเนื้อดินด้วยสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ได้แก่ ความหนาแน่นร่วมกับขนาดอนุภาค และสมบัติทางแม่เหล็ก

วัตถุประสงค์การวิจัย

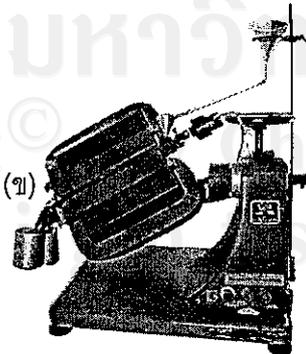
ศึกษาผลของขนาดอนุภาคที่มีผลต่อการเกิดตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์

ศึกษาการการแยกเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ที่เป็นสาเหตุของตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์โดยใช้เครื่องแยกแม่เหล็กและเครื่องแยกแบบไซโคลน

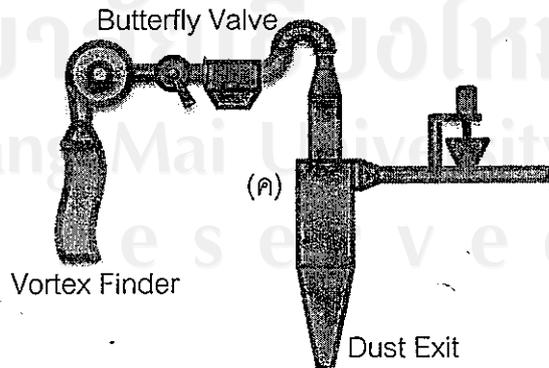
นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย



(ก)



(ข)



(ค)

รูป 2 (ก) ตะแกรงร่อน (ข) เครื่องแยกด้วยแม่เหล็ก Frantz Isodynamic Separator Model L-1

(ค) เครื่องแยกแบบไซโคลนเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 80 เซนติเมตร

- Dust Exit ส่วนทางออกด้านล่างของเครื่องแยกแบบไซโคลน
 Vortex Finder ส่วนทางออกด้านบนของเครื่องแยกแบบไซโคลน
 Butterfly Valve (BV) อุปกรณ์กำหนดความเร็วลมสำหรับเครื่องแยกแบบไซโคลน

กรอบแนวคิดการวิจัยและวรรณกรรมสนับสนุนกรอบแนวคิด

เหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุของตำหนิบนชิ้นงานเอิร์ทเทนแวร์มีสมบัติที่แตกต่างจากทรายและดินที่เป็นวัสดุดิบสำคัญ คือ ขนาด ความหนาแน่น และสมบัติทางแม่เหล็ก (ตามตาราง 1) การแยกโดยสมบัติทางแม่เหล็ก และการใช้ความหนาแน่นร่วมกับขนาดอนุภาคจะช่วยลดการสูญเสียทรายและดินที่เป็นวัสดุดิบสำคัญได้ ดังนั้นกระบวนการแยกที่มีความเป็นไปได้คือ การแยกโดยใช้แม่เหล็ก (magnetic separation) และการแยกโดยใช้ไซโคลน (cyclone separation) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการแบบแห้ง สอดคล้องกับกระบวนการที่อุตสาหกรรมใช้อยู่ นอกจากนี้การแยกโดยใช้แม่เหล็ก ไซโคลน และไซโคลนแม่เหล็กมีวิธีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพ ราคาไม่แพงจนเกินไป ง่ายต่อการดูแลรักษา และการใช้งาน

ตาราง 1 แสดงความถ่วงจำเพาะของอนุภาคแต่ละชนิด [1] สมบัติทางแม่เหล็ก และความแรงสนามแม่เหล็กที่ใช้ในการแยกอนุภาคมลทินที่ทำให้เกิดตำหนิจุดดำ [2]

ชนิดของอนุภาค	ความถ่วงจำเพาะ	ชนิดของแม่เหล็ก	Specific magnetic susceptibility ($\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$)
เหล็กออกไซด์ (Hematite; Fe_2O_3)	4.4	เข้ม	$5 \times 10^{-7} - 3.1 \times 10^{-5}$
แมงกานีสออกไซด์ (Pyrolusite $\beta\text{-MnO}_2$)	4.4 - 5.1	อ่อน	3.4×10^{-7}
Sand (Quartz)	2.65		
Clay	2.3 - 3		

การแยกด้วยแม่เหล็ก (Magnetic Separation)

กระบวนการแยกด้วยแม่เหล็กเป็นกระบวนการแยกอนุภาคที่มีสมบัติทางแม่เหล็กแตกต่างกันออกจากกัน [3] โดยอาศัยพลังงานจากสนามแม่เหล็กดึงดูดอนุภาคที่มีสมบัติทางแม่เหล็กเพื่อเบี่ยงเบนทิศทางการเคลื่อนที่ หรือทำให้อนุภาคติดอยู่กับอุปกรณ์ช่วยแยก อนุภาคที่ถูกป้อนผ่านส่วนที่เป็นแม่เหล็ก อนุภาคที่ไม่มีสมบัติทางแม่เหล็กจะผ่านออกไป ส่วนอนุภาคที่มีสมบัติทางแม่เหล็กจะติดที่ผิวของอุปกรณ์แล้วถูกแยกออกไปอีกส่วน

Premaratne และ Rowson [4] ทำการวิจัยเปรียบเทียบความสามารถในการแยกไทเทเนียมที่มีสมบัติทางแม่เหล็กออกจากทรายทะเลศรีลังกา ด้วยการแยกแบบแม่เหล็กที่มีความแรง 2000 -14000 เกาส์ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ห้องค์ประกอบโดยแบ่งตามช่วงขนาด พบว่าทรายทะเลศรีลังกา 71% มีขนาดเล็กกว่า $325 \mu\text{m}$ และไทเทเนียม 99% อยู่ในส่วนนี้ ดังนั้นนอกจากการแยกด้วยแม่เหล็กแล้ว สามารถใช้การคัดขนาดเพื่อเลือกส่วนที่มีปริมาณสารที่ต้องการได้

การแยกด้วยวิธีไซโคลน (cyclone separation)

กระบวนการแยกด้วยวิธีไซโคลนเป็นกระบวนการที่ใช้แรงเหวี่ยงเพื่อแยกของแข็งที่มีขนาดอนุภาคหรือความหนาแน่นแตกต่างกันออกจากกัน [5,6] อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือความหนาแน่นมากกว่าจะมีน้ำหนักมาก ทำให้มีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสูง อนุภาคขนาดใหญ่เกิดการเคลื่อนที่เข้าสู่ผนังของอุปกรณ์แล้วเคลื่อนที่ออกทางด้านล่าง (Dust Exit) ส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็กเคลื่อนที่อยู่ในส่วนกลางของอุปกรณ์แล้วเกิดกระแสม้วนเคลื่อนที่ขึ้นและออกทางด้านบนของไซโคลน (Vortex Finder)

ขนาดอนุภาคที่ไฮโดรไซโคลนซึ่งใช้น้ำเป็นตัวกลางสามารถแยกได้อยู่ในช่วงระหว่าง 40 – 400 ไมครอน ส่วนตัวอย่างวัตถุดิบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผาชนิดเอิร์ทเทนแวร์นั้นประกอบด้วยดิน ที่มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 2 - 100 ไมครอน ททราย และอนุภาคมลทินที่ทำให้เกิดตำหนิจุดดำ ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกันกับทราย แต่อนุภาคมลทินที่ทำให้เกิดตำหนิจุดดำนั้นมีความหนาแน่นมากกว่า จึงเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมาก ทำให้เชื่อได้ว่าจะสามารถแยกอนุภาคมลทินและทรายออกจากกันได้ จากการศึกษางานวิจัยพบว่าสามารถแยกอนุภาคที่มีขนาดเท่ากันแต่มีความหนาแน่นต่างกัน 0.6 g/cm^3 ได้ [7] ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการแยกอนุภาคที่มีความแตกต่างของความหนาแน่นมากกว่า 1 g/cm^3 ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูง ถึงแม้จะใช้ตัวกลางในการแยกแตกต่างกัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ศึกษาผลของขนาดอนุภาคที่มีผลต่อการเกิดตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์

เก็บตัวอย่างดินจากโรงงานที่หมู่บ้านเหมืองกุง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยตัวอย่างดินแบ่งเป็นดินวัตถุดิบทั่วไป ดินที่ผ่านการร่อนแบบหยาบจากโรงงาน คัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 250, 125, 63 และ 45 ไมครอน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบทางแร่ ขึ้นรูปด้วย Hydraulic pressing เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด $5 \times 5 \times 0.5$ เซนติเมตร เผาที่อุณหภูมิ 800°C เปรียบเทียบการเกิดจุดดำบนผิวชิ้นงาน

การแยกเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ที่เป็นสาเหตุของตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์โดยใช้เครื่องแยกแม่เหล็ก

ร่อนดินตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 500, 250, 125, 63 และ 45 ไมครอน ทำการแยกด้วยเครื่องแยกแม่เหล็กที่ระดับความแรงสนามแม่เหล็ก 4000, 7000 และ 12000 เกาส์ ขึ้นรูปแล้วเปรียบเทียบการเกิดจุดดำบนผิวชิ้นงาน

การแยกอนุภาคเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์จากวัตถุดิบเอิร์ทเทนแวร์โดยเทคนิคไซโคลน

ทำการแยกดินด้วยวิธีไซโคลนโดยกำหนดความเร็วลมด้วย Butterfly Valve ที่ระดับ 6, 7 และ 8 เก็บตัวอย่างดินที่ได้จากแต่ละส่วนแล้ววิเคราะห์การกระจายขนาดของดินตัวอย่างด้วยตะแกรงร่อนขนาด 1000, 500, 354, 250, 177, 149, 125, 105, 88, 74, 63, 53 และ 45 ไมครอน นำดินก่อนการแยก และดินที่ได้จากส่วน Vortex finder มาขึ้นรูปเป็นแผ่นกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.7 เซนติเมตร เผาที่อุณหภูมิ 800°C แล้วเปรียบเทียบการเกิดจุดดำบนผิวชิ้นงาน

ผลการวิจัย

ผลของขนาดอนุภาคที่มีผลต่อการเกิดตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์ [8]

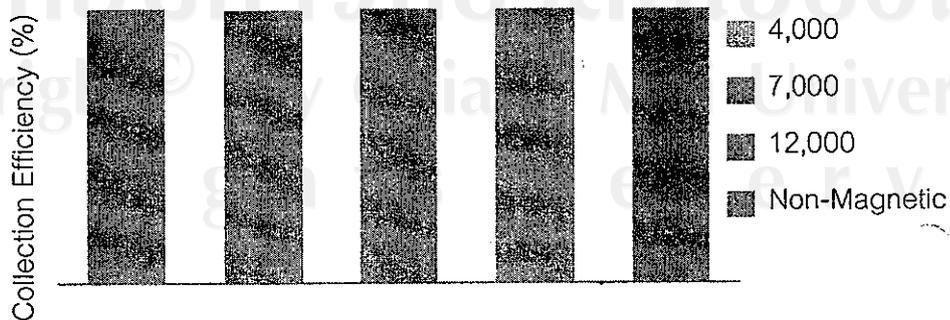
ตาราง 3 องค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่างและดินตัวอย่างช่วงขนาด 149, 63 และ 45 ไมครอน

ตัวอย่าง	องค์ประกอบ (Wt %)									
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	TiO ₂	CaO
ดินตัวอย่างก่อนร่อน	18.5	5.48	1.95	0.33	0.05	0.18	0.04	66.3	0.61	0.24
ดินตัวอย่าง 149 ไมครอน	20	5.51	2.07	0.42	0.002	0.37	0.04	63.1	0.75	0.31
ดินตัวอย่าง 63 ไมครอน	22	5.54	2.06	0.46	<0.01	0.26	0.04	60.8	0.83	0.3
ดินตัวอย่าง 45 ไมครอน	20.9	5.74	2.09	0.52	<0.01	0.17	0.04	61.3	0.87	0.35



รูป 3 เปรียบเทียบชิ้นงาน (ก) ดินตัวอย่างก่อนร่อน (ข) ดินที่ผ่านการร่อนหยาบจากโรงงาน และดินที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด (ค) 250 ไมครอน (ง) 149 ไมครอน (จ) 63 ไมครอน (ฉ) 45 ไมครอน

ผลการแยกเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ที่เป็นสาเหตุของตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์โดยใช้เครื่องแยกแม่เหล็ก[9]

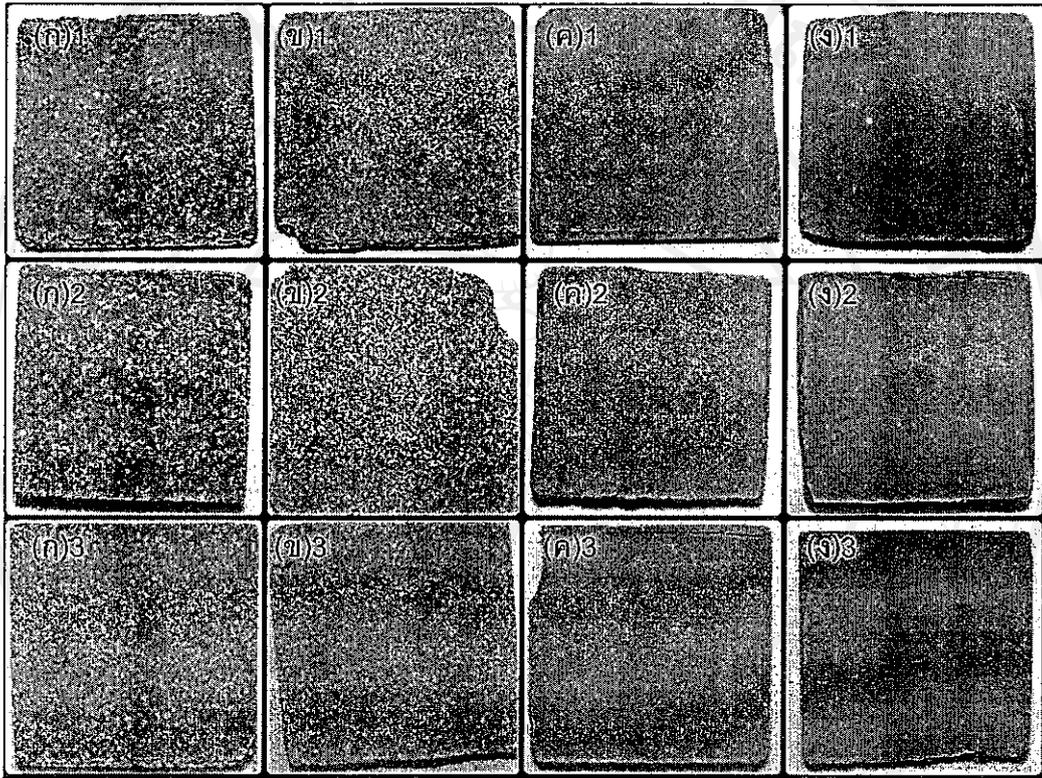


ขนาดอนุภาค (ไมครอน)

รูป 4 แสดงปริมาณอนุภาคแบ่งตามสมบัติทางแม่เหล็กในแต่ละช่วงขนาด

ตาราง 4 องค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่าง ที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก

ตัวอย่าง	องค์ประกอบ (Wt %)							
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Mn ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
ดินตัวอย่าง	0.551	5.620	85.645	1.258	0.000	0.214	0.347	6.364
ดินที่มีสมบัติแม่เหล็ก	1.115	13.531	56.616	1.691	0.149	0.710	0.988	25.200
ดินผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก	0.000	3.254	94.922	1.186	0.000	0.053	0.000	0.586

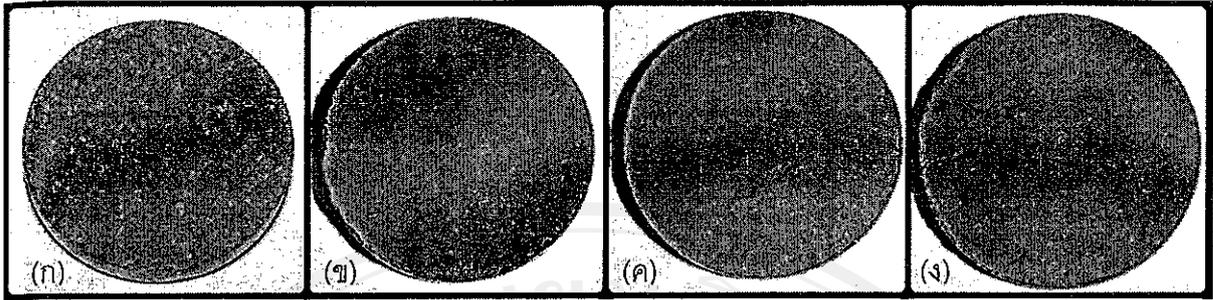


รูป 5 เปรียบเทียบชิ้นงานที่ช่วงขนาด (ก) 500 (ข) 250 (ค) 125 และ(ง) 63 ไมครอน แถวที่ 1 ดินตัวอย่าง แถวที่ 2 ดินที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็กความแรง 700 เกาส์ แถวที่ 3 แม่เหล็กความแรง 1200 เกาส์

ผลการแยกอนุภาคเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์จากวัตถุดิบเอิร์ทเทนแวร์โดยเทคนิคไซโคลน



รูป 6 การกระจายขนาดของดินตัวอย่างและดินที่ผ่านการแยกด้วยไซโคลนที่ความเร็วลมต่างๆ



รูป 7 ซึ้นงานผ่านการเผาที่ 800 °C (ก) ดินจากโรงงาน (ข) ดินที่ผ่านการแยกด้วยไซโคลนโดยใช้ความเร็วลมที่ระดับ BV6 (ค) ความเร็วลมที่ระดับ BV7 (ง) ความเร็วลมที่ระดับ BV8

การอภิปรายผล

ผลของขนาดอนุภาคที่มีผลต่อการเกิดตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์

จากการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางแร่พบว่าปริมาณของเหล็กออกไซด์นั้นใกล้เคียงกันในทุกช่วงขนาด และแมงกานีสออกไซด์มีปริมาณต่ำมาก ดังนั้นวิธีการร่อนจึงไม่สามารถแยกเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ออกจากเนื้อดินได้

ซึ้นงานที่ได้จากดินตัวอย่างก่อนร่อนซึ่งพบตำหนิจุดดำปริมาณมากนั้น เมื่อผ่านการร่อนแบบหยาบของโรงงาน ซึ้นงานที่ได้มีลักษณะผิวละเอียดขึ้น แต่ยังพบตำหนิจุดดำปริมาณมากเช่นเดิม ส่วนการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 250, 149, 63 และ 45 ไมครอน จะได้อนุภาคที่มีเนื้อละเอียด ตำหนิจุดดำที่ได้มีขนาดเล็ก สังกัดด้วยตาเปล่าไม่ชัด แต่การร่อนแบบละเอียดนี้ต้องใช้เวลาาน และสูญเสียเนื้อดินมาก

ผลการแยกเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ที่เป็นสาเหตุของตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์โดยใช้เครื่องแยกแม่เหล็ก

จากรูป 4 จะเห็นว่าการแยกด้วยแม่เหล็กที่ความแรงสนามแม่เหล็กต่าง ๆ ของดินแต่ละช่วงขนาด มีสัดส่วนที่แตกต่างกัน เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็ก มีความไวต่อสนามแม่เหล็กที่ต่ำลง แต่จากรูป 5 ซึ้นงานที่ได้จากการแยกด้วยแม่เหล็กของดินแต่ละช่วงขนาดนั้น เห็นได้ถึงความแตกต่างของปริมาณจุดดำที่ผิวของซึ้นงาน การใช้สนามแม่เหล็กความแรงสูง 12000 เกาส์ ทำให้ตำหนิจุดดำในทุกช่วงขนาดอนุภาคหายไป

เมื่อวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางแร่ของดินก่อนแยกด้วยแม่เหล็ก ส่วนที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก และส่วนที่ติดกับแม่เหล็ก จะเห็นความแตกต่างของปริมาณเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ชัดเจนมาก ดังนั้นการแยกด้วยแม่เหล็กนี้เป็นวิธีที่สามารถกำจัดเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุของจุดดำบนผิวของซึ้นงานผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดเอิร์ทเทนแวร์ได้ดีที่สุด แต่อุปกรณ์สำหรับการแยกด้วยแม่เหล็กนั้นมีราคาแพง อีกทั้งกระบวนการแยกยังใช้เวลาานอีกด้วย

ผลการแยกอนุภาคเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์จากวัตถุบิเอร์ทเทนแวร์โดยเทคนิคไซโคลน

จากรูป 6 แสดงการกระจายขนาดของดินตัวอย่าง และดินที่ได้จากส่วน Vortex Finder ของเครื่องแยกแบบไซโคลนที่ใช้ความเร็วลมในการแยกแตกต่างกันพบว่าการแยกด้วยวิธีไซโคลนสามารถลดปริมาณอนุภาคขนาดใหญ่ได้ดี แต่เมื่อใช้ความเร็วลมสูงขึ้น จะมีปริมาณอนุภาคขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้ความเร็วลมสูงจะมีแรงดูดให้อนุภาคขนาดใหญ่ขึ้นไปทาง Vortex Finder ได้มากขึ้น เมื่อนำตัวอย่างที่ได้มาขึ้นรูป พบว่าชิ้นงานที่ได้จากการแยกด้วยความเร็วลมสูงมีผิวชิ้นงานหยาบกว่า แต่ปริมาณตำหนิจุดดำนั้นลดลงจากดินปกติดูอย่างเห็นได้ชัด

กิตติกรรมประกาศ งานวิจัยนี้เป็นผลงานระหว่างที่ศึกษาอยู่ ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยสำหรับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการวิจัย และสำนักงานทรัพยากรธรณี เขต 3 ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องแยกแม่เหล็ก

บรรณานุกรม

The Physical Characteristics of Minerals. [Online]. available

<http://www.galleries.com/minerals/physical.htm>. (30 July 2008).

Svoboda, J. (1987). *Magnetic Methods for the Treatment of Minerals*. Amsterdam: Elsevier.

Premaratne W.A.P.J., Rowson N.A. (2003). The Processing of Beach Sand from Srilanka for the Recovery of Titanium Using Magnetic Separation. *Physical Separation in Science and Engineering*. 12(1):13–22.

Rousseald R.W. (1987). *Handbook of separation process technology*. New York:

A Wiley-linterscience.

Schweitzer P.A. (1997). *Handbook of separation techniques for chemical engineers*. 3 ed.

New York: McGraw-Hill,

Svoboda J., Coetzee C., Campbell Q.P. (1998). Experimental investigation into the application of a magnetic cyclone for dense medium separation. *Minerals Engineering*. 11(6):501-509.

ศิรินทิพย์ อุเทน. (2550). ผลของสารประกอบเหล็กและแมงกานีสที่มีต่อจุดดำในผลิตภัณฑ์

เครื่องปั้นดินเผา. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่;

ศักรินทร์ หมูเทพ. (2551). การแยกสารประกอบเหล็กออกไซด์ออกจากวัตถุบิเอร์ทเทนแวร์โดยใช้

เครื่องแยกแม่เหล็ก เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล นางสาวปรีธดา มโนรัตน์

วัน เดือน ปีเกิด 18 กันยายน 2527

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม ปีการศึกษา 2545
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved