การลดต้นทุนในการขจัดผงเหล็กในแคลเซียมคาร์บอเนต
กรณีศึกษา : บริษัทผลิตแคลเซียมคาร์บอเนต

มนตรี ภู่สอง

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2555

Steel Powder In Calcium Carbonate Elimination Cost Reduction

A Case Study Of Calcium Carbonate Manufacturer

Montri Phusong

เลขทะเบียน 0223920
วันลงทะเบียน 14 มี.ค. 2556
เลขเรียกหนังสือ 658.1552
ม152ก
[2555]

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Engineering Management

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2012

ใบรับรองสารนิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อสารนิพนธ์ การลดต้นทุนในการขจัดผงเหล็กในแคลเซียมคาร์บอเนต
กรณีศึกษา บริษัทผลิตแคลเซียมคาร์บอเนต

เสนอโดย มนตรี ภู่สอง

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

..... .กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ ศิริโอพาร)

คณะวิศวกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์)

วันที่ 31 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555

หัวข้อสารนิพนธ์	การลดต้นทุนในการขจัดผงเหล็กในแคลเซียมคาร์บอเนต กรณีศึกษา บริษัทผลิตแคลเซียมคาร์บอเนต
ชื่อผู้เขียน	มนตรี ภู่สอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
สาขาวิชาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเสนอกระบวนการในการลดต้นทุนในการขจัดผงเหล็กที่ปลอมปนอยู่ในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตด้วยแม่เหล็กแทนกระบวนการลอยแร่ (Column Flotation) ที่บริษัทกรณีศึกษาใช้อยู่ เพื่อให้ได้สินค้าที่บริสุทธิ์ปราศจากสิ่งปลอมปนและมีความขาวตามที่ตกลงไว้กับลูกค้าด้วยต้นทุนที่ต่ำลง ผลการศึกษาพบว่าค่าความขาว (Brightness) ของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตก่อนและหลังจากผ่านแม่เหล็กมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 88.31% เป็น 90.73% นอกจากนี้บริษัทกรณีศึกษาได้วิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และพบว่าระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 เดือน 24 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่น้อยมาก ดังนั้น บริษัทกรณีศึกษา จึงเปลี่ยนกระบวนการในการขจัดผงเหล็กในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตจากกระบวนการลอยแร่มาเป็นกระบวนการขจัดผงเหล็กโดยแม่เหล็ก

Thematic Paper Title	Steel Powder In Calcium Carbonate Elimination Cost Reducing A Case Study Of Calcium Carbonate Manufacturer
Author	Montri Phusong
Thematic Paper Advisor	Assistant Professor Dr. Suparatchai Vorarat
Department	Engineering Management
Academic Year	2012

ABSTRACT

The objective of this study was to propose the process of cost reduction for eliminating steel powder in calcium carbonate by adopting magnet instead of column flotation process of one calcium carbonate manufacturer. This process can increase the brightness of the products from 88.3% to 90.73%. This study used the payback period for economic analysis. From the result it can be found the payback period is two months and twenty four days only. So, this case study manufactured has decided to use magnet instead of column flotation process.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์และความกรุณาอย่างยิ่งจากคณาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาการจัดการโลจิสติกส์ และโซ่อุปทานแบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ ที่มีคุณค่าให้แก่ข้าพเจ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภรัชชัย วรรัตน์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์จากการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ ขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดา ตลอดจนบูรพาจารย์และผู้ที่มีพระคุณที่ให้การชี้แนะอบรมสั่งสอน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการศึกษาในครั้งนี้ ทำให้การทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี

มนตรี ภู่สอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตการวิจัย 4

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.6 แผนการดำเนินการ 5

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 คุณสมบัติของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต 6

2.2 การใช้ประโยชน์ของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตในอุตสาหกรรมกระดาษ 7

2.3 การเกิดแคลเซี่ยมคาร์บอเนต 9

2.4 การผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนต 12

2.5 ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติ 13

2.6 การแต่งแร่หรือการแยกแร่ 15

2.7 กรรมวิธีหลักการแต่งแร่ 15

2.8 แม่เหล็ก 19

2.9 ชนิดของแม่เหล็ก 19

2.10 แม่เหล็กถาวร 20

2.11 แม่เหล็กชั่วคราว 20

2.12 ประโยชน์ของแม่เหล็กถาวร 21

2.13 ประโยชน์ของแม่เหล็กไฟฟ้า 22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.14 ต้นทุนการผลิต	24
	2.15 ความหมายของการเพิ่มผลผลิต	26
	2.16 ความสำคัญของการเพิ่มผลผลิต	26
	2.17 การลดต้นทุนการผลิต	29
	2.18 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
	3. วิธีการศึกษา	34
	3.1 ขั้นตอนในการขจัดผงเหล็กและสิ่งปลอมปนอื่นๆ (เดิม)	34
	3.2 ออกแบบระบบการติดตั้งแม่เหล็ก	35
	3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	37
	3.4 ขั้นตอนการศึกษา	38
	3.5 งบประมาณที่ใช้	40
	4. ผลการศึกษา	41
	4.1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา	41
	4.2 ผลที่ได้รับ	43
	4.3 วิเคราะห์ผลการศึกษา	45
	5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	46
	5.1 สรุปผลการศึกษา	46
	5.2 ปัญหาที่พบในการวิจัยและข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม		48
ประวัติผู้เขียน		51

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 รายงานการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดน้ำและปริมาณการใช้ Floating Agent..... 3

4.1 ความขาวที่วัดได้ก่อนและหลังผ่านกระบวนการลอยแร่..... 41

4.2 ความขาวที่วัดได้ก่อนและหลังผ่านแม่เหล็ก..... 42

4.3 ต้นทุนที่ลดได้..... 45

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษา	5
2.1	แคลเซี่ยมคาร์บอเนตในอุตสาหกรรมกระดาษ	8
2.2	แสดงการเกิดแคลเซี่ยมคาร์บอเนต	9
2.3	แสดงหินตะกอนคาร์บอเนต	9
2.4	แสดงหินปูน	10
2.5	แสดงหินแปรคาร์บอเนต	11
2.6	แสดงการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนต	12
2.7	โต๊ะสั่นแยกแร่	16
2.8	แสดงเครื่องแยกแร่	16
2.9	เครื่องแยกแร่ด้วยแม่เหล็ก	17
2.10	เครื่องแยกแร่ด้วยอำนาจไฟฟ้าสถิตย์หรือไฟฟ้าแรงสูง	18
2.11	เครื่องลอยแร่	18
2.12	กระดิ่งไฟฟ้า	22
2.13	ปั้นจั่น	23
2.14	หูฟัง	23
2.15	รถไฟความเร็วสูง	24
3.1	ขั้นตอนในการขจัดผงเหล็กและสิ่งปลอมปนอื่นๆ (เดิม)	35
3.2	ออกแบบระบบการติดตั้งแม่เหล็ก	36
3.3	แม่เหล็กที่ติดตั้ง	36
3.4	ตู้อบซึ่งใช้ในการอบแห้งแคลเซี่ยมคาร์บอเนต	37
3.5	เครื่องมือบดละเอียด	37
3.6	เครื่องมือวัดความขาว	38
3.7	อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง	38
3.8	แสดงจุดเก็บตัวอย่าง	39
4.1	ผงเหล็กที่จับได้โดยแม่เหล็ก	44
4.2	ความขาวที่วัดได้	44
5.1	แม่เหล็กไฟฟ้าแบบถังต่อท่อ	47

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตในเชิงพาณิชย์ของไทย มีกำลังการผลิตรวมทั่วประเทศอยู่ระหว่าง 820,000-1,060,000 เมตริกตันต่อปี ส่วนใหญ่เป็นการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติ (Ground Calcium Carbonate : GCC) โดยมีผู้ผลิตรายใหญ่ 6 ราย กำลังการผลิตรวมประมาณ 700,000-900,000 เมตริกตันต่อปี ได้แก่ บริษัทสุรินทร์ออมย่าเคมิคอล (ประเทศไทย) จำกัด กลุ่มบริษัทศิลาทิพย์ จำกัด กลุ่มบริษัทสยามหินปูน จำกัด บริษัทแคลเซี่ยมโปรดักซ์ จำกัด บริษัท อิมเมอรี่ฮอนเวค จำกัด และบริษัทควอลิตี้มิเนอรัล จำกัด และผู้ผลิตรายย่อยอีกประมาณ 10 ราย กำลังการผลิตรวมประมาณ 80,000-100,000 เมตริกตันต่อปี กลุ่มผู้ผลิตรายใหญ่จะมีเทคโนโลยีและการจัดการในการผลิตที่ดี และเป็นระบบตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบไปจนถึงขั้นตอนการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่มีขนาดผลึกหรือขนาดอนุภาค (Particle Size) ที่ละเอียดและมีความขาวสว่าง (Brightness) มากตามที่ต้องการ โดยสามารถผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตได้ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์เกรดต่ำไปจนถึงผลิตภัณฑ์เกรดสูงๆ ในขณะที่ผู้ผลิตรายย่อยจะมีความสามารถในการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตได้เฉพาะเกรดต่ำๆ และมีปริมาณในการผลิตไม่สูงมาก

การแข่งขันกันในตลาดแคลเซี่ยมคาร์บอเนตนั้นคุณภาพที่ใช้เปรียบเทียบมีดังนี้

1. ขนาดของอนุภาค (Particle Size) ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่มีขนาดอนุภาคขนาดเล็กจะมีคุณภาพที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ โดยทั่วไปขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์จะอยู่ระหว่าง 0.3-147 ไมครอน (1 ไมครอน = 0.02 มม.)

2. ความบริสุทธิ์ (Purify) ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่มีความบริสุทธิ์สูงจะมีคุณภาพสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูงจะต้องมีองค์ประกอบของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่า 98 เปอร์เซ็นต์

3. ความขาว (Brightness) ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่มีความขาวสูงจะมีคุณภาพสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความขาวต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงจะมีความขาวไม่ต่ำกว่า 94 เปอร์เซ็นต์

4. คุณสมบัติอื่นๆ (Others) ตามความต้องการของตลาดแต่ละอุตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตในของรูปน้ำ (Slurry) จะตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมกระดาษ การเคลือบผิวแคลเซี่ยมคาร์บอเนต เพื่อตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมยางอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมพีวีซี เป็นต้น

ในการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดน้ำของบริษัทกรณีกรณีศึกษา เพื่อส่งให้กับอุตสาหกรรมกระดาษนั้น บริษัทกรณีศึกษา ต้องขจัดผงเหล็กที่ปลอมปนมากับแร่แคลไซต์ซึ่งเป็นวัตถุดิบต้นน้ำโดยใช้กระบวนการลอยแร่ (Column Flotation) แต่บริษัทกรณีศึกษา พบว่ากระบวนการลอยแร่

1. ไม่สามารถกำจัดผงเหล็กที่ปลอมปนอยู่ในวัตถุดิบต้นน้ำหรือแร่แคลไซต์ในธรรมชาติได้

2. สูญเสียแคลเซี่ยมคาร์บอเนตไปกับกระบวนการลอยแร่ประมาณ 3% หรือประมาณ 5,000 ตันต่อปี

3. มีต้นทุนในการใช้สารเคมีที่เรียกว่า Floating Agent ในกระบวนการลอยแร่ปีละประมาณ 2,450,000 บาท ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องลอยแร่ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 รายงานการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดน้ำและปริมาณการใช้ Floating Agent

รายงานการผลิตแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดน้ำและปริมาณการใช้ Floating Agent

เดือน	ปี 2553		ปี 2554		ปี 2555	
	ปริมาณผลิต (ตัน)	ปริมาณ Floating Agent ที่ใช้ (กก.)	ปริมาณผลิต (ตัน)	ปริมาณ Floating Agent ที่ใช้ (กก.)	ปริมาณผลิต (ตัน)	ปริมาณ Floating Agent ที่ใช้ (กก.)
มกราคม	15,056	1,290	14,193	1,517	10,315	860
กุมภาพันธ์	13,893	1,060	14,183	1,633	9,145	800
มีนาคม	13,645	1,172	13,628	1,050	10,848	870
เมษายน	12,401	1,055	16,145	900	10,967	900
พฤษภาคม	13,048	1,037	14,801	1,150	12,477	980
มิถุนายน	12,693	830	14,514	830		
กรกฎาคม	13,858	456	14,899	900		
สิงหาคม	15,615	786	15,984	900		
กันยายน	13,506	1,094	15,121	600		
ตุลาคม	13,151	910	15,722	750		
พฤศจิกายน	11,080	790	14,366	700		
ธันวาคม	13,793	1,520	15,092	800		
รวม	161,739	12,000	178,648	11,730	53,752	4,410
ราคา Floating Agent (บาท/กก.)		204		217		242
ใช้ Floating Agent เป็นเงิน (บาท)		2,448,000		2,545,410		1,067,220

ที่มา: รายงานการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

จากตารางที่ 1.1 บริษัทกรณีศึกษา สูญเสียแคลเซี่ยมคาร์บอเนตกระบวนการลอยแร่ในปี พ. ศ. 2553 และ 2554 ประมาณ 4,850 และ 5,360 เมตริกตัน ตามลำดับ (3% ของปริมาณการผลิต)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอกระบวนการในการลดต้นทุนในการขจัดผงเหล็กที่ปลอมปนอยู่ในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตแทนกระบวนการลอยแร่ที่บริษัทกรณีศึกษาใช้อยู่

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้มีขึ้นเพื่อค้นหากระบวนการที่ดีในการลดต้นทุนในการขจัดผงเหล็กที่ปลอมปนอยู่ในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดน้ำของบริษัทกรณีศึกษาเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาที่มาและสาเหตุของปัญหา
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ออกแบบและติดตั้งแม่เหล็ก
5. เก็บข้อมูลเพื่อหาน้ำหนักของผงเหล็กและค่าความขาวของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต
6. วิเคราะห์ผลการศึกษา
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการศึกษาครั้งมีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากศึกษาดังนี้

1. มีกระบวนการขจัดผงเหล็กที่ปลอมปนอยู่ในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดน้ำที่เหมาะสมกับวัตถุดิบของบริษัทกรณีศึกษา

2. ลดต้นทุนในการใช้สารเคมีที่เรียกว่า Floating Agent ที่ใช้ในกระบวนการลอยแร่ ปีละประมาณ 2,400,000 บาท

3. ลดปริมาณแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่สูญเสียจากกระบวนการลอยแร่ประมาณปีละ 5,000 เมตริกตัน

1.6 แผนการดำเนินการ

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	ปี พ.ศ. 2555					
	เม. ย.	พ. ค.	มิ. ย.	ก. ค.	ส. ค.	ก. ย.
1. ศึกษาที่มาและสาเหตุของปัญหา	←	→				
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		←	→			
3. ออกแบบและติดตั้งแม่เหล็ก		←	→			
4. เก็บรวบรวมข้อมูล			←	→		
5. วิเคราะห์ผลการศึกษา				←	→	
6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ					←	→

ภาพที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการลดต้นทุนในการขจัดผงเหล็กในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตของบริษัทกรณีศึกษานี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาค้นคว้าหลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดต้นทุน โดยแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ คือ

2.1 คุณสมบัติของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต
2.2 การใช้ประโยชน์ของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตในอุตสาหกรรมกระดาษ
2.3 การเกิดแคลเซี่ยมคาร์บอเนต
2.4 การผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนต
2.5 ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติ
2.6 การแต่งแร่หรือการแยกแร่
2.7 กรรมวิธีหลักการแต่งแร่ (Concentration or Separation)
2.8 แม่เหล็ก
2.9 ชนิดของแม่เหล็ก
2.10 แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet)
2.11 แม่เหล็กชั่วคราว (Electro Magnetic)
2.12 ประโยชน์ของแม่เหล็กถาวร
2.13 ประโยชน์ของแม่เหล็กไฟฟ้า
2.14 ต้นทุนการผลิต
2.15 ความหมายของการเพิ่มผลผลิต
2.16 ความสำคัญของการเพิ่มผลผลิต
2.17 การลดต้นทุนการผลิต
2.18 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

แคลเซี่ยมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) เป็นวัตถุดิบชั้นกลางที่ผลิตจากหินปูนในอุตสาหกรรมกลางน้ำและนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมปลายน้ำ ซึ่งมีสูตรทางเคมี

ว่า $CaCO_3$ และมีส่วนประกอบทางเคมีที่ประกอบด้วย CaO ร้อยละ 56 และ CO_2 ร้อยละ 44 มีความแข็ง 3 โมห์ (Mohs) ความถ่วงจำเพาะ 2.71 ตันต่อลูกบาตรเมตร และสลายตัวเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 825 องศาเซลเซียส ลักษณะทางกายภาพแคลเซี่ยมคาร์บอเนตเป็นผงสีขาว ไม่ละลายน้ำแต่ละลายน้ำได้เมื่อมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำที่มี $CaCO_3$ ละลายอยู่เรียกว่าน้ำกระด้าง และจะตกตะกอนเมื่อเสีย CO_2 ออกไปเป็นต้น

แคลเซี่ยมคาร์บอเนตเป็นสารประกอบที่มีลักษณะต่างกันหลายอย่าง แต่ละลักษณะจะมีชื่อเรียกโดยเฉพาะชื่อของแร่ที่ประกอบด้วยแคลเซี่ยมเรียกว่าแร่แคลไซต์ (Calcite) หรือ แคลสปาร์ (Calcspar) ซึ่งเป็นรูปแบบที่ธรรมดาที่สุดของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ผลึกของแคลไซต์มีหลายชนิดที่ทำให้มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ด๊อกทูธสปาร์(Dogtooth spar) ไอซแลนด์สปาร์ (Iceland Spar) เนลเฮดสปาร์ (Nail head Spar) และซาตินสปาร์ (Satin Spar) เป็นต้น

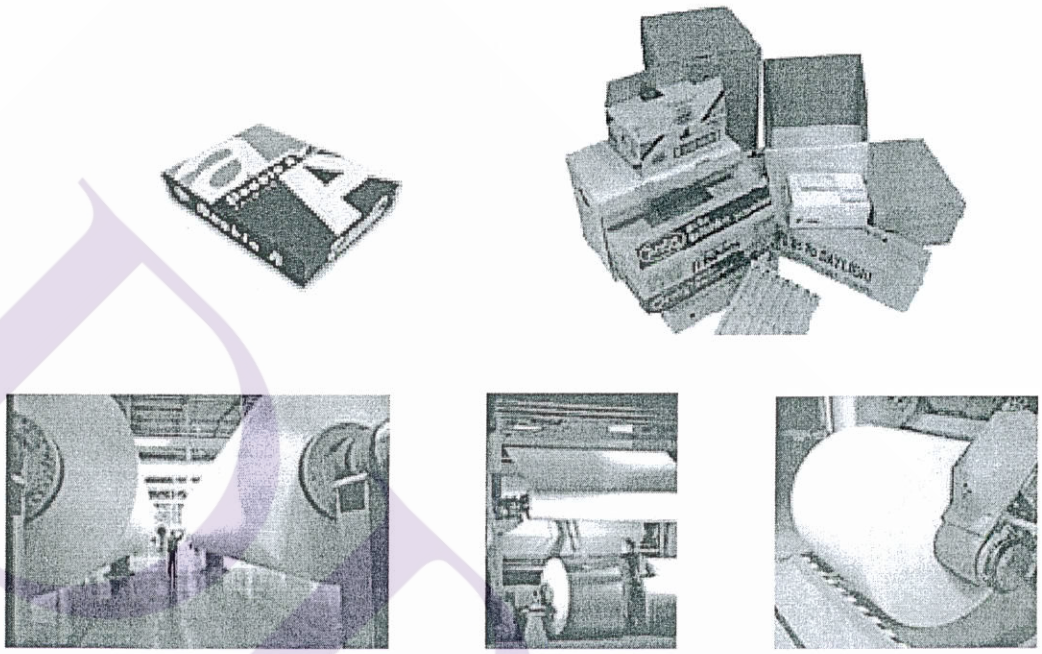
คุณสมบัติที่ดีของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต คือ สามารถบดให้เป็นผงละเอียดได้ง่าย มีความเสถียรทางเคมี ไม่เป็นพิษและมีคุณสมบัติพิเศษอื่นๆ โดยเฉพาะมีความขาว (Brightness) สูง และการดูดซับน้ำมัน (Oil Absorption) ต่ำ ทำให้แคลเซี่ยมคาร์บอเนตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง เช่นใช้เป็นตัวเติมเต็ม (Filler) และตัวเพิ่มปริมาณ (Extender) ในอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมพลาสติก พีวีซี และอุตสาหกรรมยาง ใช้เป็นส่วนผสมของยาสีฟัน ผงซักฟอก ยา และเวชภัณฑ์ต่างๆ นอกจากนี้ยังใช้ในการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ สายหุ้มโทรศัพท์ ฉนวนหุ้มสายไฟ ปากกา ยางลบ ถุงมือ และ แว่นตา เป็นต้น

2.2 การใช้ประโยชน์ของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตในอุตสาหกรรมกระดาษ

ในเนื้อกระดาษจะประกอบไปด้วยโครงร่างตาข่ายของเนื้อเยื่อไม้ (Cellulose) และรูขนาดเล็กจำนวนมากที่ส่งผลต่อคุณสมบัติที่สำคัญของกระดาษในด้านความทึบแสงที่เกิดจากการกระจายแสงระหว่างเนื้อเยื่อไม้และอากาศที่รูขนาดเล็ก ซึ่งขนาดของรูมักขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเนื้อเยื่อไม้ที่นำมาใช้ผลิตกระดาษ โดยปกติในกระบวนการหรือกรรมวิธีผลิตกระดาษมักจะได้เนื้อเยื่อกระดาษซึ่งมีขนาดของรูในเนื้อเยื่อกระดาษที่ใหญ่เกินไปทำให้กระดาษไม่ทึบแสงจึงต้องมีการเติมแคลเซี่ยมคาร์บอเนตลงไปเพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการนำกระดาษไปใช้งาน

ในอุตสาหกรรมกระดาษจะใช้แคลเซี่ยมคาร์บอเนตเป็นตัวเติม (Function Filler) ที่มีประโยชน์ในด้านช่วยปรับปรุงคุณสมบัติอื่นๆ ด้วย ในขณะที่แร่ตัวเติมอื่นๆ จะใช้เป็นตัวเติมเพื่อเพิ่มปริมาณแต่เพียงอย่างเดียว (Extender Filler) และการเติมอนุภาคแคลเซี่ยมคาร์บอเนตลงในเนื้อเยื่อกระดาษจะเป็นการช่วย ทำให้ปริมาณการใช้เนื้อเยื่อไม้ลดลง ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิต

กระดาษที่ลดลงด้วย แต่ถ้าใช้ตัวเติมมากเกินไปจะทำให้ความแข็งแรงของกระดาษลดลง อัตราการใช้แร่ตัวเติมที่เหมาะสมคือ 18-20% โดยน้ำหนักของเนื้อเยื่อกระดาษทั้งหมด และขนาดอนุภาคของตัวเติมในเนื้อเยื่อกระดาษที่เหมาะสมควรมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.3 - 2.5 ไมครอน

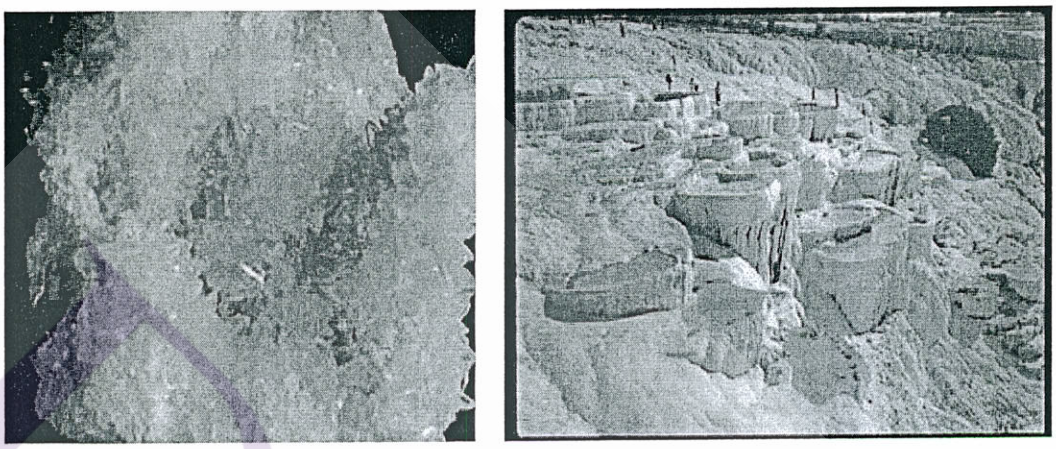


ภาพที่ 2.1 แคลเซี่ยมคาร์บอเนตในอุตสาหกรรมกระดาษ

แคลเซี่ยมคาร์บอเนตนอกจากจะใช้เป็นตัวเติมกระดาษแล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นตัวเคลือบทำให้ผิวกระดาษเรียบได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้กระดาษมีคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำหมึกในการพิมพ์ Solid Printing Areas การพิมพ์ Half – Tones และการพิมพ์สี่สีดีขึ้น การใช้แคลเซี่ยมคาร์บอเนตเป็นตัวเคลือบ มักจะนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ ได้แก่ แร่ไททาเนียมไดออกไซด์ แร่ดินขาว เม็ดพลาสติก โดยใช้สารจำพวกโปรตีน หรือแป้งที่ละลายได้ หรือกาวเป็นตัวผสม หรือตัวเชื่อม ซึ่งจะทำให้ส่วนผสมของตัวเคลือบและกระดาษเข้ากันได้ดี แคลเซี่ยมคาร์บอเนตจะใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อกระดาษประเภทต่างๆ เช่น กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษอาร์ตมัน และกระดาษ ที่ใช้ในสำนักงาน กระดาษถ่ายเอกสาร กระดาษโรเนียว กระดาษสื่อสิ่งพิมพ์ทุกชนิด รวมทั้งกระดาษกล่องบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

2.3 การเกิดแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

ลักษณะของการเกิดแคลเซี่ยมคาร์บอเนตแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ



ภาพที่ 2.2 แสดงการเกิดแแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

2.3.1 หินคาร์บอเนต (Carbonate Rocks) หินคาร์บอเนต หมายถึง หินตามธรรมชาติที่ประกอบด้วยแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นส่วนใหญ่ โดยเป็นแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในรูปของแร่ประกอบหิน ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของการเกิดได้ 3 ชนิด

2.3.1.1 หินตะกอนคาร์บอเนต (Sedimentary Carbonate Rocks) การจำแนกชนิดของหินทางธรณีวิทยาของหินคาร์บอเนตขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิดของแร่ องค์ประกอบได้แก่

ภาพที่ 2.3 แสดงหินตะกอนคาร์บอเนต

หินปูน (Limestone) เป็นหินตะกอนซึ่งมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งเกิดขึ้นในรูปของแคลไซต์ (Calcite) หรือบางครั้งจะอยู่ในรูปของอราโกไนต์ (Aragonite) ซึ่งทั้งสองชนิดมีสูตรทางเคมีเหมือนกัน แต่มีรูปผลึกต่างกัน

โดโลไมต์ ($CaMg(CO_3)_2$) เป็นแร่อีกชนิดหนึ่งที่พบมากในหินปูนซึ่งโดโลไมต์ส่วนมากจะเกิดจากการแทนที่โดยปฏิกิริยาของแมกนีเซี่ยมในรูปสารละลายที่เพิ่มขึ้นในหินปูนในบรรดาหินตะกอนทั้งหมดประมาณ 20% เป็นหินปูน หรือโดโลไมต์ หรือผสมกันระหว่างสองชนิดนี้รวมกับสิ่งเจือปนต่างๆ

ภาพที่ 2.4 แสดงหินปูน

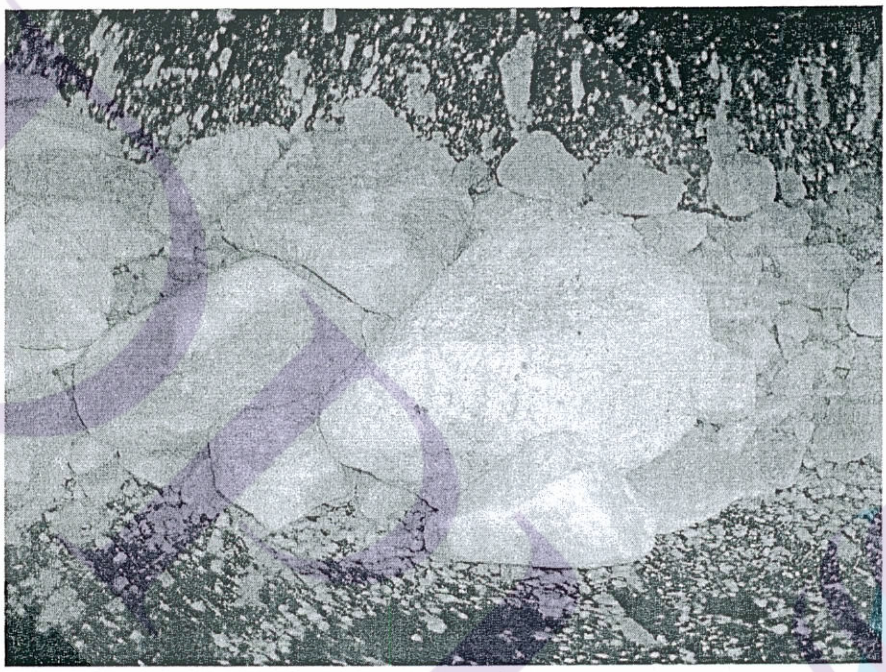
ชอล์ก (Chalk) เป็นหินปูนร่วนเนื้อละเอียด เกิดในน้ำตื้นประกอบด้วยซากสัตว์ในทะเล

มาร์ล (Marl) เป็นหินปูนเนื้อร่วนเกิดในทะเลสาบ ซึ่งได้แคลเซี่ยมคาร์บอเนตจากลำธารหรือน้ำพุ

ทราเวอร์ทีน (Travertine) เป็นหินปูนที่มีเนื้อหลายแบบขึ้นอยู่กับแต่ละแหล่งที่เกิดอาจมีลักษณะเนื้อแน่นเป็นเส้นใย หรือเป็นชั้นๆ หรืออ่อนนุ่มและมีรูพรุนซึ่งเรียกกันว่า Calcareous Tufa ซึ่งทราเวอร์ทีนส่วนใหญ่จะเกิดจากการตกผลึกอย่างรวดเร็วของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตรอบๆ น้ำพุร้อน

2.3.1.2 หินอัคนีคาร์บอเนต (Igneous Carbonate Rocks) เป็นลักษณะพิเศษของหินอัคนีที่มีคาร์บอเนต เป็นส่วนประกอบหลัก แม้จะมีปริมาณน้อย แต่ในบริเวณที่ขาดแคลนหินคาร์บอเนตก็สามารถ นำมาใช้ทดแทนได้เป็นอย่างดี

2.3.1.3 หินแปรคาร์บอเนต (Metamorphic Carbonate Rocks) เป็นหินปูนหรือโดโลไมต์ที่มีการจัดเรียงรูปผลึกใหม่ ซึ่งที่รู้จักกันดีคือหินอ่อน (Marble) ซึ่งเกิดจากความร้อนและความกดดันจากใต้พิภพ



ภาพที่ 2.5 แสดงหินแปรคาร์บอเนต

2.3.2 แร่แคลไซต์ (Calcite) เป็นแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ ผลึกของแคลไซต์มีหลายชนิดทำให้มีชื่อเรียกต่างกัน เช่น ด๊อกทูธสปาร์ ไอร์แลนด์สปาร์ เนลเฮดสปาร์ และซาตินสปาร์ แร่แคลไซต์ปกติจะมีสีขาวหรือไม่มีสี แต่อาจมีสีอื่นๆ ได้ เช่น สีเทา แดง เขียว น้ำเงิน เหลือง ซึ่งขึ้นอยู่กับว่ามีสิ่งปลอมปนอะไรปะปนอยู่ เช่น ไพไรต์ ทองแดง เป็นต้น แร่แคลไซต์มีสูตรเคมี $CaCO_3$ เช่นเดียวกับหินปูน ส่วนประกอบทางเคมีประกอบด้วย CaO 56% และ CO_2 44% มีความแข็ง 3 โมห์ (Mohs) ความถ่วงจำเพาะ 2.71 กิโลกรัมต่อลูกบาตรเมตร และจะเกิดฟองฟู่เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ

2400

2.3.3 หินปูนสังเคราะห์ (Precipitated Calcium Carbonate) หินปูนสังเคราะห์เป็นแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่ผลิตขึ้นทั้งจากกรรมวิธีการผลิตโดยตรงหรือผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ แคลเซี่ยมคาร์บอเนตสังเคราะห์จะมีลักษณะเป็นผงขนาดเล็ก ขนาด 0.01-15 ไมครอน มีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษว่า Precipitated Calcium Carbonate (PCC) หรือ Precipitated Whiting

2.4 การผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

การผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตมีอยู่ 2 วิธี คือ การนำแคลเซี่ยมคาร์บอเนตจากธรรมชาติมาบด ซึ่งเรียกว่า Ground Calcium Carbonate (GCC) และการนำแคลเซี่ยมคาร์บอเนตจากธรรมชาติมาตกผลึกใหม่ เรียกว่า Precipitated Calcium Carbonate (PCC)

ภาพที่ 2.6 แสดงการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

2.4.1 แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติ (Ground Calcium Carbonate : GCC) เป็นแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ที่ได้จากการบดหินคาร์บอเนต เช่น หินปูน (Limestone) ที่มีความขาวและความบริสุทธิ์สูง หินอ่อน (Marble) ที่เกิดจากหินปูนแปรสภาพด้วยความร้อนและความดันทำให้เกิดการตกผลึกใหม่ ชอล์ก (Chalk) ซึ่งเป็นหินปูนเนื้อร่วนละเอียดที่เกิดในน้ำตื้นที่ประกอบด้วยซากสัตว์ในทะเล และแร่แคลไซต์ (Calcite) เป็นต้น กรรมวิธีในการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตมีหลายขั้นตอนซึ่งขันตอนการลดขนาดแร่ (Size Reduction) และการคัดขนาด (Classification) ถือว่า

เป็นหัวใจสำคัญของการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนต โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ ตามที่ตลาดต้องการ การผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้แร่แคลไซต์ หินปูน หรือหินอ่อนเป็นวัตถุดิบ ซึ่งคุณสมบัติของวัตถุดิบที่กำหนดไว้ในเบื้องต้นนั้นจะต้องมีองค์ประกอบของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) มากกว่า 95% และมีความขาว (Brightness) มากกว่า 94%

2.4.2 แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดตกผลึก (Precipitated Calcium Carbonate : PCC) เป็นการนำแคลเซี่ยมคาร์บอเนตจากธรรมชาติมาตกผลึกใหม่เรียกว่า Precipitated Calcium Carbonate (PCC) เป็นผงขนาดเล็กที่เกิดจากการตกผลึก รูปร่างของผลึกอาจแตกต่างกันตามวิธีการผลิต แต่ส่วนใหญ่จะเป็นรูปเข็ม หรือ Rhomboids ผงแคลเซี่ยมคาร์บอเนตมีสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เสถียรในอากาศและไม่ละลายน้ำ คุณสมบัติที่ดีของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดตกผลึกคือ มีความขาวและความบริสุทธิ์สูงกว่าแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติ เพราะมีการตกผลึกกำจัดสิ่งปลอมปนออกไปแล้ว นอกจากนี้แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดตกผลึกยังมีคุณสมบัติด้านฟิสิกส์ที่ดีกว่า เนื่องจากโครงสร้างผลึกแข็งแรงกว่า โครงสร้างและรูปผลึกมีขนาดใกล้เคียงกันรวมทั้งมีน้ำหนักมากกว่าและเข้ากับเนื้อเยื่อไม้ที่เป็นวัตถุดิบหลักในการทำกระดาษได้ดีกว่าแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติ (GCC) เพราะมีการควบคุมอุณหภูมิ และความดันขณะตกผลึก

สำหรับประเทศไทยในการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตส่วนใหญ่จะนำแคลเซี่ยมคาร์บอเนตจากธรรมชาติมาบดโดยตรง เนื่องจากมีขั้นตอนการผลิตที่ง่ายและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงมาก

2.5 ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดบดจากธรรมชาติแบ่งออกได้ 4 ชนิด ดังนี้

2.5.1 ผลิตภัณฑ์แบบผง (Dry Product) เป็นผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดที่ได้จากการบดแคลเซี่ยมคาร์บอเนตจากธรรมชาติโดยตรงมีลักษณะเป็นผงสีขาวขนาด 1–147 ไมครอน ความขาว (Brightness) มากกว่า 94% และมีองค์ประกอบทางเคมีของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตมากกว่า 98% ใช้ในอุตสาหกรรมสี พลาสติก ยาง ผงซักฟอก ยาสีฟัน รวมทั้งใช้ในการผลิตปุ๋ยและอาหารสัตว์

2.5.2 ผลิตภัณฑ์แบบผงเคลือบผิว (Coated Product) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแคลเซี่ยมคาร์บอเนตแบบผง (Dry Product) อนุภาคขนาด 1-15 ไมครอน มาเคลือบผิวเพื่อปรับปรุงคุณภาพบางประการให้ดีขึ้น เช่น ช่วยให้ผิวอนุภาคเปียกได้ง่ายขึ้น (Facilitate Wetting Cut) ช่วยให้อนุภาคมีการกระจายดีขึ้น (Dispersion) ช่วยให้อนุภาคมีการดูดซึมน้ำมันน้อยลดลง (Oil Absorption) สารที่นำมาใช้ในการเคลือบผิวมี 3 ชนิด คือ Stearic Acid Waxes และ Chemical Agents ซึ่งผลิตภัณฑ์

แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดเคลือบผิว นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมท่อพีวีซี และอุตสาหกรรมยาง

2.5.3 ผลิตภัณฑ์แบบคอมพาวนด์ (Calcium Carbonate Compound) เป็นแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่ผสมอยู่ในรูปของแข็งระหว่างอนุภาคแคลเซี่ยมคาร์บอเนตจากธรรมชาติ (GCC) ขนาดประมาณ 20 -45 ไมครอน ประมาณ 75-80% ผสมกับเม็ดพลาสติก 20-25% โดยประมาณ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกลมขนาด 2-3 มิลลิเมตร โดยประมาณ ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.9-2.0 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกขึ้นรูปต่างๆ เช่น นำไปทำถุงปุ๋ย กระสอบพลาสติก สาน ถุงพลาสติกใส่ของฉนวนหุ้มสายไฟภาชนะ และท่อต่างๆ

2.5.4 ผลิตภัณฑ์แบบน้ำ (Slurry Product) เป็นการแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน เนื่องจากการบดแบบแห้งสามารถบดอนุภาคได้ขนาดเล็กสุดไม่เกิน 1 ไมครอน ซึ่งถ้าต้องการบดให้ได้ขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จะใช้พลังงานสูงมาก ไม่คุ้มค่าและไม่เหมาะสมต่อการลงทุน จึงใช้วิธีการบดแบบเปียก ซึ่งสามารถบดได้ละเอียดถึง 0.3 ไมครอน และได้ผลิตภัณฑ์แคล เซี่ยมคาร์บอเนตชนิดน้ำ (Slurry Product)

ในการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตแบบน้ำนี้จะนำแคลเซี่ยมคาร์บอเนตแบบผงมาผสมน้ำแล้วนำเข้าสู่ขบวนการลอยแร่ (Flotation) เพื่อลอยแยกสิ่งปลอมปนต่างๆ เช่น ซิลิกาและเหล็กออกไซด์ออกไป ซึ่งวิธีนี้สามารถลดสิ่งปลอมปนได้ถึง 50% เช่น ถ้าแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่เข้าสู่กรรมวิธีการลอยแร่มีสัดส่วนแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) 96% และสิ่งปลอมปน 4% ซึ่งเมื่อผ่านกรรมวิธีการลอยแร่จะสามารถกำจัดสิ่งปลอมปนออกได้ 2% ทำให้สัดส่วนแคลเซี่ยมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นเป็น 98% หลังจากนั้นจึงนำไปบดด้วยเครื่องบดแบบน้ำต่อไป

ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดน้ำ (Slurry Product) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เนื่องจากตอบสนองความต้องการของโรงงานผลิตกระดาษด้านความสะดวกในการใช้งาน เมื่อส่งไปถึงโรงงานกระดาษก็สามารถนำไปใช้งานได้ทันที ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แบบแห้งต้องเพิ่มขั้นตอนการทำให้เป็นแคลเซี่ยมคาร์บอเนตชนิดน้ำที่โรงงานกระดาษอีกครั้งก่อนนำไปใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษ ผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตแบบนี้ มีการใส่สารเคมีเพื่อป้องกันการตกตะกอน (Dispersing Agent) ของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตในระหว่างการลำเลียงขนส่งไปยังโรงงานกระดาษโดยชนิดของสารเคมีที่ใช้มักเป็นสารเคมีชนิดเดียวกับที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษ

2.6 การแต่งแร่หรือการแยกแร่

แร่ซึ่งเกิดจากธรรมชาติในแหล่งแร่ต่างๆ ตามปกติจะเกิดอยู่ร่วมกับดิน หิน กรวด ทราย หรือแร่ชนิดอื่นๆ ซึ่งอาจมีราคาหรือไม่มีราคาก็ได้ การผลิตแร่ออกจำหน่ายจึงมักต้องมีการแต่งแร่หรือแยกแร่ ก่อนซึ่งมีวัตถุประสงค์คือ

2.6.1 เพื่อทำให้แร่มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น หรือให้ได้ตามมาตรฐานตามที่ตลาดต้องการ หรือเหมาะแก่การนำไปถลุงแร่ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานที่ต้องใช้ในการถลุงแร่

2.6.2 เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เนื่องจากไม่ต้องขนส่งส่วนที่เป็นหิน ดิน ทราย ที่ไม่มีราคาไปด้วย

2.6.3 ลดการสูญเสียโลหะในขี้ตะกรันในการถลุงแร่

2.6.4 สามารถแยกแร่ชนิดอื่นที่มีราคาออกไปจำหน่าย หรือการนำไปใช้ต่อไป

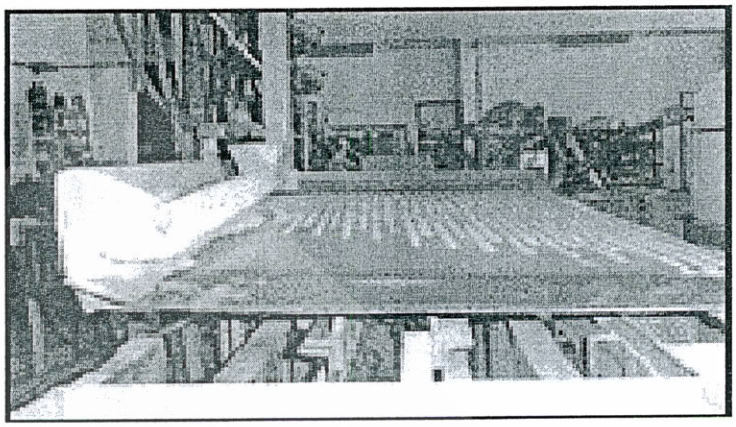
2.7 กรรมวิธีหลักการแต่งแร่ (Concentration or Separation)

2.7.1 การแยกแร่ด้วยมือ (Hand Picking or Hand Sorting) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดโดยใช้คนงานสังเกตแล้วใช้มือหยิบ หรือเลือกส่วนที่เป็นแร่ หรือหินต่างชนิดกันออกจากกัน แร่และหินต้องมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกัน สามารถมองเห็นได้ชัดด้วยตาเปล่า เช่น สีต่างกัน ความวาวต่างกัน หรือความถ่วงจำเพาะต่างกันมากๆ และต้องมีขนาดของแร่โตพอที่จะคัดแยกแร่ด้วยมือได้สะดวก

2.7.2 แยกแร่ด้วยน้ำหนักหรือความถ่วงจำเพาะ (Gravity Concentration) อาศัยหลักการของความแตกต่างกันระหว่างความถ่วงจำเพาะของแร่หรือหิน แร่และหินที่จะนำมาแยกไม่ควรจะมีขนาดละเอียดจนเกินไป เพราะจะทำให้การแยกแร่ไม่ได้ผล เครื่องแยกแร่ที่ใช้แยกแร่โดยอาศัยหลักการของความแตกต่างกันของความถ่วงจำเพาะได้แก่

2.7.2.1 รางกู้แร่ (Palong) เป็นอุปกรณ์แต่งแร่ลานแร่ เช่น แร่ดีบุก แร่ทองคำ มีลักษณะเป็นรางไม้หรือรางคอนกรีต ขนาดกว้างยาวต่างกัน วางอยู่ในแนวนอนมีความลาดชันเล็กน้อย ดิน ทรายและกรวดที่มีแร่ปนอยู่จะถูกนำมาล้างและปล่อยให้ไหลไปกับน้ำผ่านรางกู้แร่ ส่วนที่เป็นแร่หนักจะตกตะกอนอยู่บนราง ส่วนหิน ดิน ทราย ที่เบากว่าจะไหลผ่านรางแร่ไป

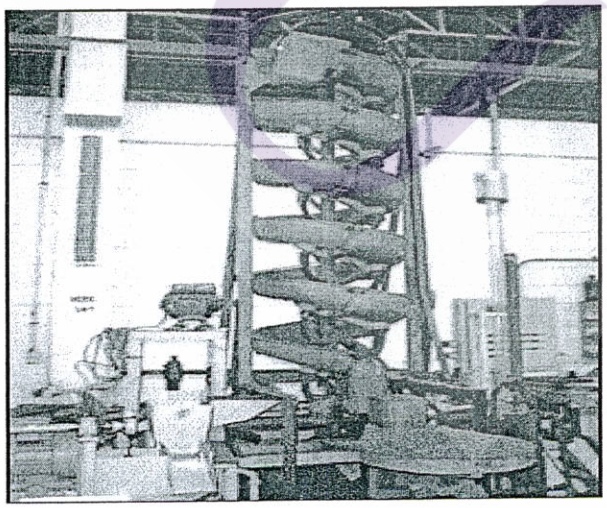
2.7.2.2 โต๊ะสั่นแยกแร่ (Shaking Table) โดยทั่วไป มีสองชนิด คือ ชนิดที่แยกแร่แบบหยาบใช้แยกแร่ขนาด 20 เมซ จนถึง 200 เมซ กับชนิดละเอียด ใช้แยกแร่ขนาดเล็กกว่า 200 เมซ การแยกแร่ใช้หลักการร่อนและการสั่นของโต๊ะเพื่อแยกแร่หนักออกจาแร่เบาทำนองเดียวกันกับการขัดข้าวสารเพื่อแยกแกลบและรำออกไป



ภาพที่ 2.7 โต๊ะสั่นแยกแร่

2.7.2.3 จิ๊ก (Jig) มักใช้แยกแร่ในแหล่งลานแร่เช่นเดียวกับรางกู้แร่ มีส่วนประกอบสำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่ทำให้เกิดการกระเพื่อมของน้ำ (Pulsating Water Stream) กับส่วนที่เป็นตัว ซึ่งพื้นบุด้วยตะแกรงที่มีตัวกลางเป็นตัวของลูกสูบขึ้นลงทำให้กระแสน้ำพวยพุ่งผ่านตะแกรงขึ้นด้านบนของส่วนที่บรรจุแร่ที่จะแยก แรงยกของน้ำทำให้แร่ที่หนักใกล้เคียงกันเรียงตัวในชั้นเดียวกัน แร่หนักจะตกตัวลงด้านล่าง ส่วนแร่ที่เบากว่าจะอยู่ด้านบนแล้วไหลไปตามน้ำผ่านตัวจิ๊กไป

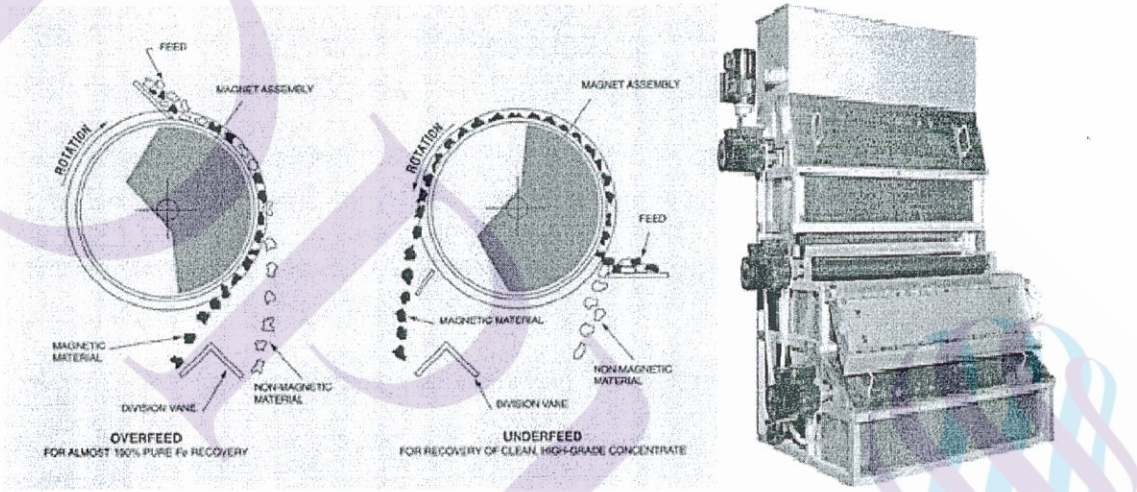
2.7.2.4 เครื่องแยกแร่ (Humphreys Spiral) ประกอบด้วยรางโค้งขดเป็นเกลียวสว่านรอบแกนในแนวดิ่ง การแยกแร่อาศัยหลักแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) เมื่อปล่อยแร่ปนทรายในน้ำลงไปแร่ส่วนที่เบากว่าจะถูกแรงเหวี่ยงให้อยู่ด้านนอก ส่วนแร่หนักจะอยู่ด้านในและตกลงตามช่องที่เจาะไว้เป็นช่วง ๆ



ภาพที่ 2.8 แสดงเครื่องแยกแร่

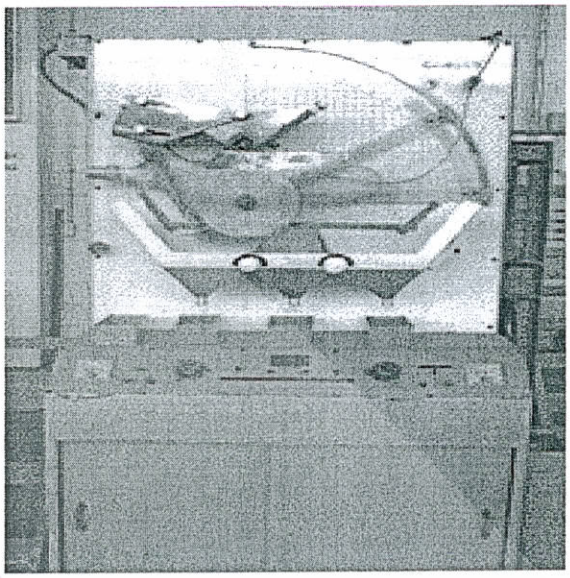
2.7.2.5 เครื่องแยกแร่ที่อาศัยตัวกลางของเหลวหนัก (Heavy Media Separation) อาศัยของผสมที่ทำด้วยโลหะหนัก เช่น เหล็กที่บดละเอียดเป็นตัวกลางในการแยกแร่ แร่ที่หนักกว่าตัวกลางจะตกผ่านตัวกลางลงสู่เบื้องล่างส่วนแร่ที่เบากว่าตัวกลางจะไหลผ่านตัวกลางไปตามน้ำ การแยกแร่แบบนี้จำเป็นต้องมีการลอยวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมของตัวกลางนำมาใช้แบบหมุนเวียนเนื่องจากวัสดุมีราคาแพง

2.7.3 การแยกแร่ด้วยอำนาจแม่เหล็ก (Magnetic Separation) อาศัยคุณสมบัติการติดแม่เหล็กของแร่บางชนิดออกจากแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็ก เครื่องมือที่ใช้แยกแร่มี 2 ชนิดคือ ชนิดที่ใช้แยกเศษเหล็กที่ปนอยู่ก่อนการป้อนแร่เข้าเครื่องย่อยหรือเครื่องแยกแร่ กับชนิดที่ใช้แยกแร่ที่ดูดติดแม่เหล็กออกจากแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็ก ซึ่งมักใช้แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงาน



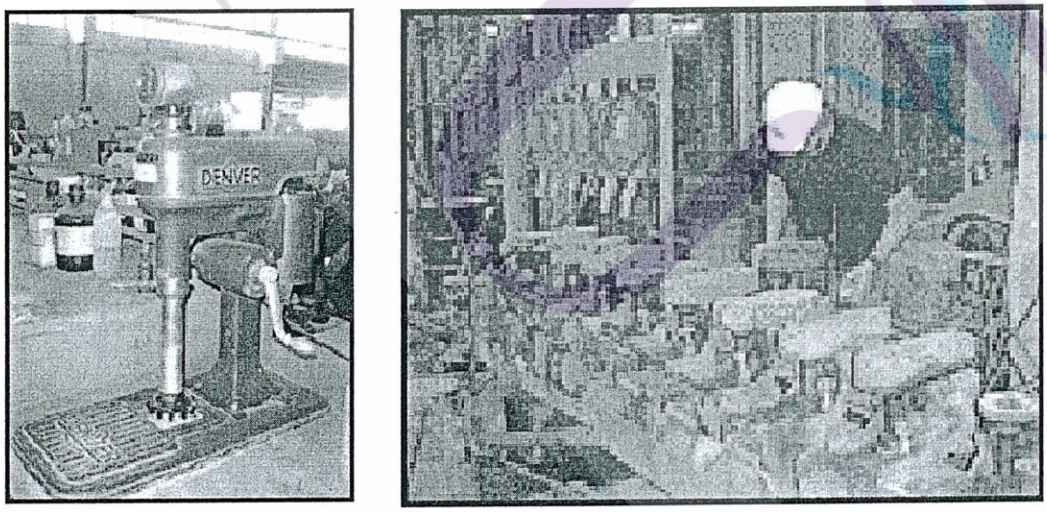
ภาพที่ 2.9 เครื่องแยกแร่ด้วยแม่เหล็ก

2.7.4 การแยกแร่ด้วยอำนาจไฟฟ้าสถิตย์หรือไฟฟ้าแรงสูง (Electrostatic or High Tension Separation) การแยกแร่ด้วยวิธีนี้อาศัยคุณสมบัติทางการนำไฟฟ้าของแร่แต่ละชนิดที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการนำไฟฟ้าที่ผิวนอกของแร่ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนตามผิวของเม็ดแร่ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการถ่ายเทของประจุไฟฟ้าต่างกัน แร่ที่นำไฟฟ้าได้ดีจะรับและถ่ายประจุได้เร็วกว่าแร่ที่เป็นฉนวน ทำให้เกิดการแยกแร่ที่เป็นตัวนำไฟฟ้าออกจากแร่ ที่เป็นฉนวนไฟฟ้าได้



ภาพที่ 2.10 เครื่องแยกแร่ด้วยอำนาจไฟฟ้าสถิตย์หรือไฟฟ้าแรงสูง

2.7.5 การลอยแร่ (Flotation) การแยกแร่วิธีนี้อาศัยคุณสมบัติความยากง่ายในการเปียกน้ำของผิวแร่ต่างชนิดกันมาทำการแยกแร่ แร่บางชนิดมีผิวเปียกน้ำได้ยาก เช่น ตระกูลซัลไฟด์ เมื่อบดให้ละเอียดมากพอ ผสมสารเคมีเพื่อเพิ่มคุณสมบัติความไม่เปียกน้ำของผิวแร่เข้าไป แล้วทำให้เกิดฟองอากาศ แร่เม็ดละเอียดที่พื้นผิว



ภาพที่ 2.11 เครื่องลอยแร่

2.8 แม่เหล็ก

แม่เหล็กเป็นของแข็งชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติพิเศษ สามารถดึงดูดสารบางชนิดได้ โดยทั่วไปแม่เหล็กมี 2 ขั้วคือ ขั้วเหนือกับขั้วใต้ เมื่อนำแม่เหล็กมาผูกห้อยในแนวดิ่ง แล้วปล่อยให้หมุนได้อย่างอิสระ จะพบว่าแม่เหล็กจะหยุดนิ่งและวางตัวในแนวทิศเหนือใต้เสมอ จึงเรียกด้านที่ชี้ไปทางทิศเหนือว่าขั้วเหนือ และด้านที่ชี้ไปทางทิศใต้ว่าขั้วใต้ คุณสมบัติของแม่เหล็กมีดังนี้

2.8.1 สามารถก่อให้เกิดแรงผลักกับสารแม่เหล็กได้

2.8.2 มีขั้วสองชนิด คือ ขั้วเหนือและขั้วใต้ ขั้วทั้งสองของแม่เหล็กแท่งเดียวกันจะมีกำลังเท่ากันเสมอ

2.8.3 เมื่ออยู่ในภาวะอิสระสามารถเคลื่อนที่ได้คล่องตัวในแนวราบ จะวางตัวในแนวเหนือใต้เสมอ

2.8.4 ขั้วชนิดเดียวกันจะผลักกัน และขั้วต่างกันจะดูดกัน

2.8.5 สามารถเหนี่ยวนำให้สารแม่เหล็กกลายเป็นแม่เหล็กได้

2.8.6 อำนาจแม่เหล็กมีคุณสมบัติทำให้ประจุไฟฟ้าเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ได้ ประจุไฟฟ้าบวกกับประจุไฟฟ้าลบจะเปลี่ยนทิศในสนามแม่เหล็กไปในทางตรงกันข้าม

2.8.7 อำนาจแม่เหล็กสามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้

2.8.8 แรงแม่เหล็กแต่ละส่วนของแท่งแม่เหล็กมีค่าไม่เท่ากัน อำนาจแม่เหล็กจะมีค่ามากที่สุดที่บริเวณปลายทั้งสองข้างของแท่ง ส่วนบริเวณที่ถัดเข้าไปอำนาจแม่เหล็กจะอ่อนลงตามลำดับ และตอนบริเวณกลางแท่งจะมีอำนาจแม่เหล็กน้อยที่สุด

2.8.9 แท่งแม่เหล็กบางชนิดสามารถบิดหรืองอได้โดยไม่ทำให้แม่เหล็กเสียสภาพความเป็นแม่เหล็ก แม่เหล็กชนิดนี้สามารถใช้กรรไกร หรือคัตเตอร์ตัดเป็นชิ้นๆ ได้

2.9 ชนิดของแม่เหล็ก

แม่เหล็กแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.9.1 แม่เหล็กธรรมชาติ หมายถึง แม่เหล็กที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะเป็นออกไซด์ของเหล็ก (Fe_3O_4) ลักษณะของแม่เหล็กธรรมชาติจะมีรูปร่างไม่แน่นอน

2.9.2 แม่เหล็กประดิษฐ์ เป็นแม่เหล็กที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) และแม่เหล็กชั่วคราวหรือแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnet) (ชนิดของแม่เหล็ก สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2555 จาก http://lpsci.nfe.go.th/lpsci/elearning/ open_ science/unit1.html)

2.10 แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet)

แม่เหล็กถาวร คือแม่เหล็กที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กตลอดไป เช่น แม่เหล็กที่ใช้ในลำโพง เป็นต้น ซึ่งได้มาจากการนำเอาลวดทองแดงอาบน้ำยาพันรอบแท่งเหล็กกล้าแล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กผลักโมเลกุลภายในแท่งเหล็กกล้า ให้มีการเรียงตัวของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบตลอดไป เหล็กกล้าดังกล่าวก็จะคงสภาพเป็นแม่เหล็กถาวรต่อไปหรือเป็นแม่เหล็กที่แสดงอำนาจการเป็นแม่เหล็กนาน รูปร่างลักษณะแล้วแต่ลักษณะการใช้งาน เช่น เป็นรูปเกือกม้า สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรืออื่นๆ เป็นต้น ซึ่งแม่เหล็กถาวรนั้นสามารถจำแนกออกเป็นประเภทหลักๆ ได้ดังนี้

2.10.1 แม่เหล็กนีโอดิเมี่ยม

2.10.2 แม่เหล็กเฟอร์ไรท์หรือแม่เหล็กเซรามิค

2.10.3 แม่เหล็กซัมมาโคบอลต์

2.10.4 แม่เหล็กอัลนิโค

(แม่เหล็กถาวร สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2555 จาก http://www.aeracingclub.net/forums/index. php?topic=54379.0)

2.11 แม่เหล็กชั่วคราว (Electro Magnetic)

แม่เหล็กชั่วคราวหรือแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnet) เป็นแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันกับแม่เหล็กถาวร แต่เหล็กที่นำมาใช้เป็นเพียงเหล็กอ่อนธรรมดา เมื่อมีการป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กอ่อนนั้น แท่งเหล็กอ่อนก็จะมีสภาพเป็นแม่เหล็กไปทันที แต่เมื่อหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป อำนาจแม่เหล็กก็จะหมดไปด้วย เช่น อุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) โซนินอยด์ (Solenoid) กระดิ่งไฟฟ้า เป็นต้น

อำนาจแม่เหล็กที่เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวัตถุตัวนำหมายความว่าถ้าปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลในวัตถุตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ ตัวนำนั้น เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ เส้นลวดตัวนำนั้น แต่อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีเพียงจำนวนเล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การจะเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็กทำได้โดยการนำเส้นลวดตัวนำมาพันเป็นขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดในแต่ละส่วนของเส้นลวดตัวนำจะเสริมอำนาจกัน ทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

2.11.1 จำนวนรอบของการพันเส้นลวดตัวนำ ถ้าพันจำนวนรอบของเส้นลวดตัวนำมากจะเกิดสนามแม่เหล็กมาก ในทางกลับกันถ้าพันจำนวนรอบน้อยการเกิดสนามแม่เหล็กก็จะน้อยตามไปด้วย

2.11.2 ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ ถ้ากระไฟฟ้าไหลผ่านมากสนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นมาก และถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยสนามแม่เหล็กจะเกิดน้อย

2.11.3 ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนของแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า วัสดุต่างชนิดกันจะให้ความเข็มของสนามแม่เหล็กต่างกัน เช่น แกนอากาศจะให้ความเข็มของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแกนที่ทำจากสารเฟอโรแมกเนติก (Ferro magnetic) หรือสารที่สามารถเกิดอำนาจแม่เหล็กได้ เช่น เหล็ก เฟอร์ไรท์ เป็นต้น สารเหล่านี้จะช่วยเสริมอำนาจแม่เหล็กในขดลวดทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากขึ้น

2.11.4 ขนาดของแกนแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า แกนที่มีขนาดใหญ่จะให้สนามแม่เหล็กมาก ส่วนแกนที่มีขนาดเล็กจะให้สนามแม่เหล็กน้อย (แม่เหล็กชั่วคราว สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2555 จาก http://www.horhook.com/wbi/ec/5magnet-03.htm)

2.12 ประโยชน์ของแม่เหล็กถาวร

จากการศึกษาสมบัติของแม่เหล็ก ทำให้นักวิทยาศาสตร์และนักประดิษฐ์ได้นำแม่เหล็กมาสร้างเป็นส่วนประกอบของสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น

2.12.1 ใช้ติดที่ประตูตู้เย็น โดยแม่เหล็กจะถูกใส่ไว้ที่ประตูโดยมีแผ่นยางหุ้มเพื่อทำให้ประตูตู้เย็นปิดสนิท ป้องกันไม่ให้ความเย็นออกมาจากตู้

2.12.2 ใช้ติดที่ฝากล่องดินสอและฝากระเป๋าเพื่อให้ฝากล่องดินสอ และฝากระป๋องสามารถดูดติดกับตัวกล่องดินสอและตัวกระเป๋าได้

2.12.3 ใช้ติดป้องกันประตูกระแทก แม่เหล็กจะถูกติดไว้กับผนังและที่ประตูจะติดสารแม่เหล็ก เมื่อเปิดประตู แม่เหล็กที่ผนังจะดูดสารแม่เหล็กที่บานประตูไว้ จึงทำให้บานประตูไม่ปิดกระแทกเมื่อมีลมพัด

2.12.4 ใช้คัดแยกวัตถุที่เป็นสารแม่เหล็กออกจากวัตถุอื่นๆ ปัจจุบันเราทิ้งสิ่งต่างๆ ที่ไม่ใช้แล้วปะปนกันเป็นขยะ จึงได้มีการนำแม่เหล็กมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ในการคัดแยกสิ่งของที่ทำจากเหล็กหรือทำจากวัสดุที่เป็นสารแม่เหล็กเพื่อนำกลับไปใช้งานอีก

2.12.5 ใช้หาทิศ แม่เหล็กจะหันขั้วเหนือไปทางทิศเหนือ และจะหันขั้วใต้ไปทางทิศใต้เสมอ ดังนั้นเราจึงใช้แม่เหล็กทำเข็มทิศ

2.12.6 ใช้ทำเครื่องกำจัดเศษเหล็ก โดยดูดเศษเหล็กจากที่หนึ่งไปกองไว้อีกที่หนึ่ง

2.12.7 ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายชนิดมีแม่เหล็กเป็นส่วนประกอบอยู่ภายในตัวเครื่อง เช่น โทรศัพท์ เครื่องดูดฝุ่น โทรทัศน์ วิทยุ เครื่องซักผ้า เป็นต้น และถ้าไม่มีแม่เหล็กเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ก็ไม่สามารถทำงานได้

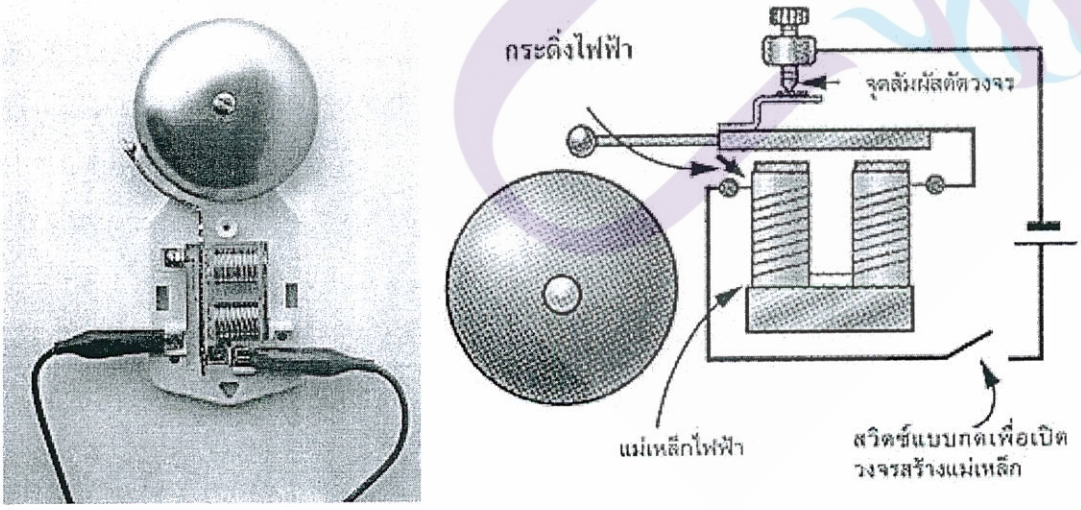
2.12.8 ใช้ประดิษฐ์เป็นของเล่น ของเล่นหลายชนิดจะมีแม่เหล็กเป็นส่วนประกอบ เพื่อให้ของเล่นนั้นเล่นได้

2.12.9 ช่วยในการทำงาน เช่น ปลายไขควงบางชนิดเป็นแม่เหล็ก เพื่อช่วยดึงดูดตะปูเกลียวตัวเล็ก ที่เราจับไม่ถนัดมือ ช่วยทำให้ขันตะปูเกลียวได้สะดวกขึ้น (ประโยชน์ของแม่เหล็กถาวร สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555 จาก http://www.trueplookpanya.com/true/knowledge_ detail. php? mul_content_id=2487)

2.13 ประโยชน์ของแม่เหล็กไฟฟ้า

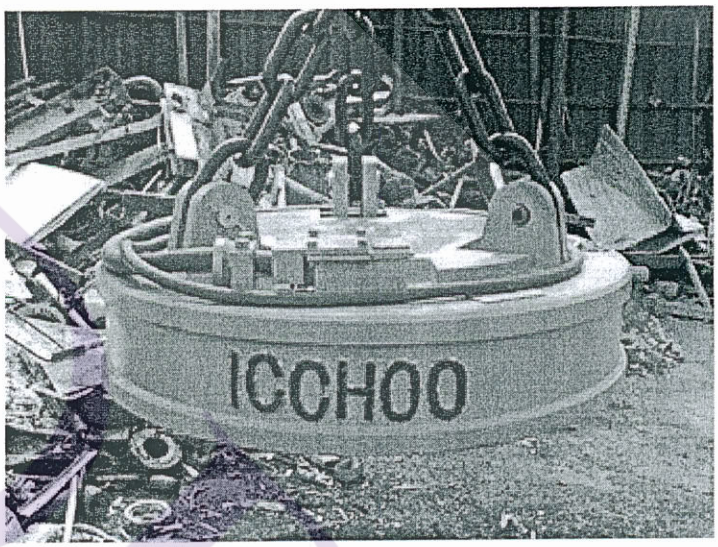
แม่เหล็กไฟฟ้ามีประโยชน์มากมาย ใช้หลักการที่แม่เหล็กดูดแผ่นโลหะเมื่อวงจรไฟฟ้าปิดซึ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เช่น

2.13.1 ออดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดเสียงจากกระแสตรง แผ่นโลหะจะถูกดูดโดยแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้จุดสัมผัสแยกออก มีผลให้กระแสที่เข้ามายังแม่เหล็กไฟฟ้าหยุดไหล ดังนั้นแผ่นโลหะจึงดีดกลับ เกิดขึ้นเช่นนี้เรื่อยๆ มีผลให้แผ่นโลหะสั่นเกิดเสียงออดขึ้น ในกระดิ่งไฟฟ้ามีค้อนติดกับแผ่นโลหะใกล้กับกระดิ่งเมื่อแผ่นโลหะสั่นค้อนก็จะเคาะกระดิ่ง



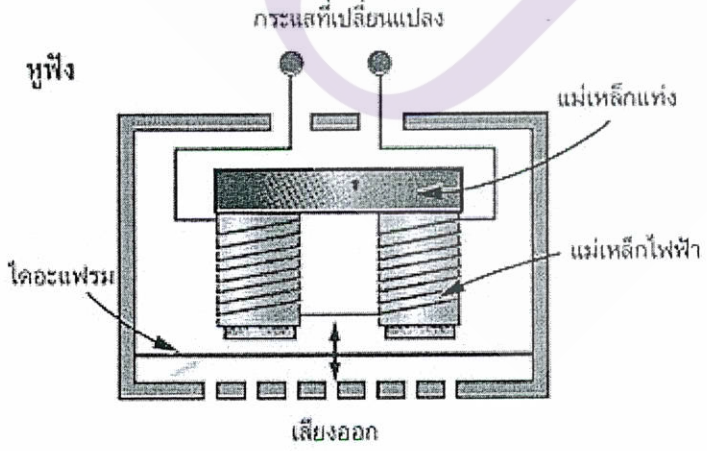
ภาพที่ 2.12 กระดิ่งไฟฟ้า

2.13.2 ปั้นจั่น เป็นการประยุกต์ใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับยกของจำพวกโลหะ ใช้สำหรับดูดเศษเหล็กจากเศษโลหะอื่นๆ เมื่อต้องการใช้ก็เปิดสวิทช์ ทำให้เหล็กที่เป็นแกนของขดลวดเป็นแม่เหล็กดูดเศษเหล็กได้ และเมื่อใช้เสร็จก็ปิดสวิทช์ แกนเหล็กก็จะไม่เป็นแม่เหล็ก ปล่อยเศษเหล็กให้หลุดลงมา



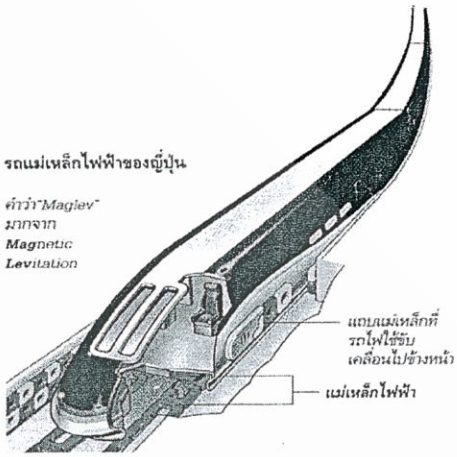
ภาพที่ 2.13 ปั้นจั่น

2.13.3 หูฟัง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นคลื่นเสียง ใช้แม่เหล็กถาวรดูดแผ่นไดอะแฟรม ความแรงของแรงดึงดูดเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าในขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า แผ่นไดอะแฟรมจะสั่นทำให้เกิดเสียง



ภาพที่ 2.14 หูฟัง

2.13.4 รถไฟความเร็วสูง เป็นรถไฟที่มีแม่เหล็กไฟฟ้าติดอยู่ข้างใต้ซึ่งเคลื่อนที่ ไปบนรางที่มีแม่เหล็กไฟฟ้า แม่เหล็กผลักซึ่งกันและกันทำให้รถไฟลอยเหนือราง เป็นการลดแรงเสียดทานระหว่างรถไฟและราง ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น



ภาพที่ 2.15 รถไฟความเร็วสูง

ที่มา: ประโยชน์ของแม่เหล็กไฟฟ้าสืบค้นเมื่อ17 พฤษภาคม 2555 จาก http://www.Trueplookpanya.com/true/knowledge_detail.php?mul_content_id=2487

2.14 ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิต (cost of production) หมายถึงค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในปัจจัยการผลิตที่ใช้ในกระบวนการผลิต เนื่องจากปัจจัยการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยคงที่ กับปัจจัยผันแปร ดังนั้นต้นทุนการผลิตซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในปัจจัยการผลิตจึงแบ่งตามประเภทของปัจจัยการผลิต ออกเป็น 2 ประเภทเช่นเดียวกัน คือ

2.14.1 ต้นทุนคงที่ (fixed cost) หมายถึงค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยคงที่ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าต้นทุนคงที่เป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของ ผลผลิต กล่าวคือ ไม่ว่าจะผลิตปริมาณมาก ปริมาณน้อย หรือไม่ผลิตเลย ก็จะเสียค่าใช้จ่ายในจำนวนที่ คงที่ ตัวอย่างของต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อที่ดิน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารสำนักงานโรงงาน ฯลฯ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ตายตัวไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต

2.14.2 ต้นทุนผันแปร (variable cost) หมายถึงค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยผันแปร หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าต้นทุนผันแปรเป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต กล่าวคือ ถ้าผลิตปริมาณมากก็จะเสียต้นทุนมาก ถ้าผลิตปริมาณน้อยก็จะเสียต้นทุน น้อย และจะไม่ต้องจ่ายเลยถ้าไม่มีการผลิต ตัวอย่างของต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบ ค่าขนส่ง ค่าน้ำประปา ค่าไฟฟ้า ฯลฯ

นอกจากนี้ เรายังสามารถแบ่งต้นทุนการผลิตออกเป็นต้นทุนทางบัญชีกับต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันดังนี้

2.14.3 ต้นทุนทางบัญชี (business cost) หมายถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการผลิตซึ่งคิดเฉพาะรายจ่ายที่เห็นชัดเจน มีการจ่ายเกิดขึ้นจริงๆ (explicit cost)

2.14.4 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (economic cost) หมายถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการผลิต ทั้งรายจ่ายที่เห็นชัดเจนว่ามีการจ่ายจริงและรายจ่ายที่มองไม่เห็นชัดเจนหรือไม่ต้องจ่ายจริง (implicit cost)

รายจ่ายที่เห็นชัดเจนว่ามีการจ่ายจริง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่จ่ายออกไปเป็นตัวเงิน เช่น เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าเช่า ดอกเบี้ย ค่าวัตถุดิบ ค่าขนส่ง และอื่นๆ

รายจ่ายที่มองไม่เห็นชัดเจนว่ามีการจ่ายจริง เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้จ่ายออกไปเป็นตัวเงิน แต่ผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการจะต้องประเมินขึ้นมาและถือเป็นต้นทุนการผลิตส่วนหนึ่ง ได้แก่ ราคาหรือผลตอบแทนของปัจจัยการผลิตในส่วนที่ผู้ผลิตเป็นเจ้าของเองและได้นำปัจจัยนั้นมาใช้ร่วมในการผลิต ด้วย เช่น นายมนูญเปิดร้านขายของชำที่บ้านของตนเองหรือใช้บ้านเป็นสถานที่ทำงาน ซึ่งในกรณีนี้ นายมนูญไม่ได้คิดค่าเช่าบ้านของตนเองที่นำมาใช้ในการประกอบกิจการดังกล่าว ซึ่งถ้านายมนูญนำบ้านไปให้ผู้อื่นเช่าเพื่อดำเนินกิจการเขาจะต้องได้รับค่าเช่า ดังนั้นค่าเช่าบ้านส่วนที่ควรจะได้แต่กลับไม่ได้ดังกล่าว ถือว่าเป็นต้นทุนค่าเสียโอกาสของนายมนูญ (opportunity cost) ซึ่งต้นทุนดังกล่าวจะนำมารวมอยู่ในต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ นอกจากนี้ ค่าจ้างของนายมนูญที่ควรจะได้รับหากนายมนูญไปรับจ้างทำงานให้ผู้อื่น แต่กลับไม่ได้รับเพราะต้องมาดำเนินกิจการเอง เงินค่าจ้างส่วนนี้ก็ต้องนำมารวมในต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยเช่นกัน

ต้นทุนที่มองไม่เห็นเหล่านี้จะถูกนับรวมเข้าไปด้วยทำให้ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าต้นทุนทางบัญชี ดังนั้นกำไรในทางเศรษฐศาสตร์จึงน้อยกว่ากำไรในทางบัญชีเสมอ (ต้นทุนการผลิต สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2555 จาก http://knowledge.eduzones.com/knowledge-2-10-29471. html)

2.15 ความหมายของการเพิ่มผลผลิต

การเพิ่มผลผลิต (Productivity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลผลิตที่ได้ (Output) กับปัจจัยนำเข้า (Input) ซึ่งเกิดจากประสิทธิภาพจากการทำงานของแต่ละบุคคลและองค์การ

ประสิทธิผล (Efficiency) หมายถึง ความสามารถการบรรลุจุดมุ่งหมายโดยใช้ทรัพยากรต่ำสุดคือ ใช้วิธีการให้เกิดการจัดสรรทรัพยากรที่สิ้นเปลืองน้อยที่สุด โดยมีเป้าหมายคือประสิทธิผล

การเพิ่มผลผลิต = ผลผลิตที่ได้ (Output) /ปัจจัยนำเข้า (Input)

การผลิตนั้น ไม่ใช่เฉพาะปัจจัยนำเข้าทั้งหมดเท่านั้นที่จะออกมาเป็นผลผลิต จากการศึกษาพบว่าร้อยละ 95 เท่านั้นมีส่วนในการผลิตสินค้าหรือบริการ เช่น ชั่วโมงการทำงานของพนักงาน การทำงานของเครื่องจักร วัตถุดิบ และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในการผลิต เป็นปัจจัยนำเข้าที่แท้จริง ส่วนที่เหลือถูกใช้ไปในทางที่ไม่ก่อให้เกิดผลผลิตนั่น คือ การสูญเปล่า ซึ่งแตกเป็นสมการได้ดังนี้

การเพิ่มผลผลิต = (ผลผลิตที่ได้) / (ปัจจัยนำเข้าแท้จริง + การสูญเปล่า)

จะเห็นได้ว่าการผลิตกับการสูญเปล่ามีความสัมพันธ์กันไม่อาจแยกออกจากกันได้ การสูญเปล่ายิ่งมากก็ยิ่งจะต้องนำปัจจัยนำเข้าเพิ่มขึ้น เพื่อก่อให้เกิดการเพิ่มผลผลิต มิฉะนั้นก็ไม่อาจจะทำให้เกิดผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นในการเพิ่มผลผลิตก็ไม่จำเป็นจะต้องเพิ่มปริมาณการผลิต

2.16 ความสำคัญของการเพิ่มผลผลิต

เนื่องจากทรัพยากรซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตมีอยู่อย่างจำกัด และนับวันมีแต่จะขาดแคลนลง การเพิ่มผลผลิตจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่จะทำให้องค์การผู้ผลิตใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด เพื่อตอบสนองหรือให้บริการแก่กลุ่มบุคคลจำนวนมากที่สุด การเพิ่มผลผลิตเป็นเรื่องของความร่วมมือโดยให้ทุกคนมีส่วนร่วมและตระหนักถึงความสำคัญของการเพิ่มผลผลิต กำหนดการวางแผนและพยากรณ์ในอนาคต เช่น การกำหนดผลิตสูงขึ้นโดยทำให้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำลง องค์การผู้ผลิตสามารถสู้กับคู่แข่งขันทั้งในและต่างประเทศได้

การปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตไม่ใช่เป้าหมายในตัวเอง การปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตเป็นวิถีทางที่จะนำไปสู่เป้าหมาย นั่นคือ การยกระดับมาตรฐานการครองชีพ คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและปรับปรุงสวัสดิการของพนักงาน การเพิ่มผลผลิตจึงเป็นวิธีการที่จะทำให้พนักงานทุกคนได้

ผลตอบแทนหรือค่าจ้างเพิ่มขึ้นในสภาวะเศรษฐกิจปกติ และยามเศรษฐกิจตกต่ำ การเพิ่มผลผลิตถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้องค์การต่อสู้กับคู่แข่งขันได้ด้วยการลดต้นทุนและรักษาการจ้างงานไว้โดยไม่ต้องปลดคนงานออก การเพิ่มผงลผลิตมิอาจประสบความสำเร็จได้ถ้ายังไม่มีการแก้ไขลดความสูญเปล่าซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการเพิ่มต้นทุน (ค่าใช้จ่าย) แก่ผลิตผลสุดท้ายความสูญเปล่าแบ่งออกเป็น 7 ประเภท คือ

2.16.1 ความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป (Over Production) เป็นความสูญเปล่าที่นำความเสียหายมาสู่การผลิต การผลิตมากเกินไปทำให้ต้องใช้วัตถุดิบและแรงงานมากขึ้น วัตถุดิบที่อยู่ในกระบวนการผลิต จำเป็นต้องใช้เนื้อที่เป็นคลังจัดเก็บสิ้นค้า สิ่งเหล่านี้ล้วนบวกเข้าไปกับต้นทุนของผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น และกว่าที่องค์การจะจำหน่ายออกจากสต๊อกให้หมด ก็อาจมีสินค้าแบบใหม่เกิดขึ้นในตลาด การนำเอาสินค้าที่ค้างสต๊อกมาขายจึงต้องขายในราคาต่ำลง ฉะนั้น การผลิตสินค้าจะต้องผลิตให้เหมาะกับความต้องการของลูกค้าในปริมาณที่เหมาะสม ต้นทุนต่ำและตรงตามเวลาที่ต้องการ

2.16.2 ความสูญเปล่าจากสิ่งบกพร่อง (Direct Rework) ข้อบกพร่องต่างๆ ที่เป็นความผิดพลาด ไม่ว่าจะในกระบวนการผลิตหรือในสำนักงานก็อาจนำมาซึ่งความเสียหายได้ ส่วนใหญ่แล้วเมื่อเกิดปัญหาเรื่องคุณภาพจะลงมือแก้ไขข้อบกพร่องนั้น การปรับปรุงคุณภาพโดยการตรวจหาสิ่งบกพร่อง และขจัดสิ่งบกพร่องของกระบวนการผลิตเพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่ด้อยคุณภาพไปสู่ลูกค้า ซึ่งไม่เพียงแต่จะทำให้ต้นทุนการส่งมอบและรับประกันจะสูงเท่านั้น ยังมีผลกระทบต่อธุรกิจและส่วนแบ่งตลาดในอนาคตอีกด้วยสาเหตุของการเกิดสิ่งบกพร่องที่สำคัญได้แก่ เครื่องจักรอุปกรณ์อยู่ในสภาพที่บกพร่อง วัตถุดิบขาดคุณภาพ สภาพแวดล้อมในการทำงานไม่ดี ข้อมูลแบบแปลนขาดความชัดเจน และ พนักงานขาดทักษะหรือขาดความรับผิดชอบ

การผลิตที่ดีต้องยึดสุภาษิตที่ว่า “กันไว้ดีกว่าแก้” ไม่ใช่จะต้องมาแก้ตามหลัง การปรับปรุงคุณภาพโดยการป้องกันทำได้โดยการตรวจสอบข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ก่อนส่งมอบลูกค้าตรวจสอบส่วนที่บกพร่องที่อาจเกิดขึ้นเป็นประจำ ค้นหาสาเหตุของข้อบกพร่อง กำจัดต้นเหตุข้อบกพร่องออกจากระบบ

การตรวจสอบสินค้าจะทำให้อัตราการส่งคืนกลับและแก้งานใหม่ลดลงต้นทุนการผลิตจะลดตามไปด้วย การปรับปรุงคุณภาพด้วยการป้องกันมีผลดังนี้

1. การปรับปรุงรูปแบบของผลิตภัณฑ์
2. การพัฒนากระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น
3. เกิดขั้นตอนการตรวจสอบผลผลิตทั้งระบบ
4. มีการบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์อย่างถูกต้องตลอดเวลา

2.16.3 ความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอย/ความล่าช้า (Delay/Idle Time) การรอคอย/ความล่าช้า เกิดจากการที่เครื่องจักรต้องรอวัสดุ รอซ่อมหรือพนักงานรอวัสดุ อุปกรณ์ คำสั่งการผลิต ซึ่งก่อให้เกิดปัญหา ถ้าเครื่องจักรไม่ได้ทำอะไร หรือรองาน สิ่งที่สูญเสียคือ ค่าเสียโอกาส ควรใช้เวลาที่ต้องรอคอยนั้นทำอะไรที่ก่อให้เกิดผลผลิตมากขึ้น ความล่าช้าอาจเกิดจากการขาดความสมดุลในการขนส่ง หรือการส่งชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ล่าช้า ซึ่งจะทำให้เกิดความสูญเปล่าในจังหวะที่รอคอยการผลิต การลดความสูญเปล่าจากการรอทำได้ดังนี้

2.16.3.1 ลดการรอคอยของวัสดุ เนื่องจากการที่วัสดุสำหรับการผลิตมาไม่ทันตามกำหนด เวลา เพื่อไม่ให้เกิดการขาดของวัสดุที่ป้อนเข้าบริเวณทำงานสามารถทำได้โดยใช้การ JIT

2.16.3.2 ลดการหยุดของเครื่องจักร โดยการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้คงไว้ในสภาพที่ดีตามแผนการบำรุงรักษา ซึ่งจะทำให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

2.16.3.3 ฝึกพนักงานให้มีทักษะการทำงานหลายด้าน (Multi skill)

2.16.4 ความสูญเปล่าที่เกิดจากการสะสมงานระหว่างการผลิต (Unnecessary Stock) การที่สะสมวัตถุดิบไว้มากเกินไป จะทำเกิดการสิ้นเปลืองในการดูแลรักษา เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยเปล่าประโยชน์ อาจกล่าวได้ว่าการลดความสูญเปล่าขั้นตอนนี้ก็ คือ การลดระดับสินค้าคงคลัง ลดสินค้าคงคลังที่ดีทำได้ดังนี้

2.16.4.1 กำจัดวัสดุที่หมดอายุเพื่อจะได้ไม่ต้องเปลืองเนื้อที่ และไม่ทำให้ก่อเกิดความสับสน

2.16.4.2 ไม่ผลิตสิ่งที่เกินความต้องการของกระบวนการต่อไป

2.16.4.3 ไม่จัดหาวัตถุดิบเพียงเพื่อต้องการส่วนลดจากการซื้อมาก ส่วนลดนี้มักถูกความสูญเปล่าอันเกิดจากการสะสมสินค้าคงคลังหักจ่ายไปหมด

2.16.4.4 ผลิตสินค้าตามที่ลูกค้าต้องการ

2.16.5 ความสูญเปล่าจากการขนส่ง (Transportation) การขนส่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแต่กลับเป็นต้นทุนขึ้น การขนย้ายผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตมีมากมาย เช่น งานขนย้ายวัตถุดิบหรือชิ้นงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งการขนส่งของไปวางไว้ชั่วคราวเพื่อรอการใช้ครั้งต่อไป เกิดเป็นสต็อกงานระหว่างการผลิต เป็นเรื่องที่องค์การจะต้องพิจารณาตั้งแต่การออกแบบผังโรงงาน องค์การจำเป็นต้องวางแผนการทำงานที่สัมพันธ์กัน เพื่อการขนส่งหรือส่งต่อระหว่างแผนก การเชื่อมงานจะได้ดำเนินไปอย่างสะดวก และพิจารณาคลังสินค้าให้อยู่ใกล้โรงงาน ใกล้แผนกส่งของ วิธีการนี้ไม่เพียงแต่ทำงานได้สะดวกเท่านั้น แต่ยังสะดวกต่อการส่งมอบและเวลาลูกค้ามารับสินค้าอีกด้วย

2.16.6 ความสูญเปล่าจากกระบวนการ (Non Effective Process) หลายขั้นตอนในกระบวนการผลิตมีการทำงานซ้ำซ้อนไม่จำเป็น มีการจัดลำดับงานที่ไม่ถูกต้องและไม่ได้เพิ่มมูลค่าให้กับตัววัสดุ กระบวนการผลิตถ้าพนักงานมีเจตคติว่า "ช่วยไม่ได้" นั้นหมายถึง กำลังพลาดความสูญเปล่าที่อาจควบคุมได้ ความสูญเปล่าอันเกิดจากกระบวนการผลิตแตกต่างกัน ซึ่งอาจมาจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนกระบวนการผลิต วิธีการปรับปรุงออกแบบให้ผลิตภัณฑ์ได้ง่าย โดยคำนึงถึงประสิทธิผลและลดการสูญเปล่าให้น้อยที่สุด

2.16.7 ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว (Motion) ลักษณะของการเคลื่อนไหวและระยะทางการเคลื่อนที่ของร่างกายในการทำงานที่มีผลผลลัพธ์ของงาน ยิ่งเคลื่อนไหวไม่จำเป็นเท่าไร การสูญเสียเวลาก็มีมากเท่านั้น ดังนั้นการปรับปรุงการปฏิบัติงานโดยการขจัด หรือลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นออกจะได้สร้างความต่อเนื่องทางการเคลื่อนไหวที่เกิดประโยชน์ที่สุด

การลดการสูญเปล่าไม่ใช่เพียงลด เวลาหรือทรัพยากรเท่านั้น จึงต้องมีการทบทวนกระบวนการทำงาน และขยายผลไปยังทุกกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่การผลิตให้มีการสูญเปล่าน้อยที่สุด การลดความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวทำได้ดังนี้

2.16.7.1 จัดวางเครื่องมือและวัสดุตามความถี่การใช้งาน ให้วางไว้ใกล้ๆ เพื่อใช้งานได้สะดวก

2.16.7.2 จัดเครื่องมือที่ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยให้รวมเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานนั้นไว้ในภาชนะหรือจุดเก็บเพื่อให้หยิบใช้ได้ง่าย

2.16.7.3 จัดชุดเครื่องมือหรือวัสดุตามลำดับการใช้งานโดยจัดเครื่องมือหรือวัสดุตามลำดับการใช้งาน โดยให้ทิศทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน

2.17 การลดต้นทุนการผลิต

การลดต้นทุนการผลิต สามารถทำได้โดยทุกฝ่ายในองค์กร แต่ที่มักให้ความสำคัญคือด้านการผลิต โดยเฉพาะเรื่องของประสิทธิภาพการผลิตซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่เกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างผลผลิต (Output) กับปัจจัยการผลิต (Input) ทุกองค์กรจะต้องเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของตนเองกับองค์กรอื่น หรือเปรียบเทียบภายในองค์กรเองแต่เปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆ เช่นประสิทธิภาพการผลิตของเดือนนี้กับเดือนที่แล้ว หรือ Lot นี้กับ Lot ที่แล้ว เป็นต้น เปรียบเทียบระหว่างเครื่องจักร เปรียบเทียบระหว่างโรงงาน หรือระหว่างแผนก เป็นต้น การเปรียบเทียบช่วยให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงหรือระดับประสิทธิภาพระหว่างองค์กร ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพสามารถทำได้ 5 วิธี ได้แก่

2.17.1 เพิ่มผลผลิตโดยใช้ปัจจัยการผลิตเท่าเดิม

2.17.2 ผลผลิตเพิ่มและปัจจัยการผลิตลดลง

2.17.3 ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าปัจจัยการผลิตที่เพิ่มขึ้น

2.17.4 ผลผลิตเท่าเดิมแต่ปัจจัยการผลิตลดลง

2.17.5 ผลผลิตลงลงน้อยกว่าปัจจัยการผลิตที่ลดลง

(ณัฐพล ลีลาวัฒนานันท์. ลดต้นทุนการผลิต สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2555 จาก http://boc.dip.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=340&Itemid=14)

การเพิ่มผลผลิตโดยเพิ่มคุณค่าด้วยการลดปัจจัยการผลิต หรือต้นทุน หรือปัจจัยการผลิตคงที่ สามารถกระทำได้ดังนี้

ลดการสูญเปล่าของวัตถุดิบ

ลดความเสียหายของชิ้นงานให้น้อยลง

ลดการเสียเวลาของพนักงานลง

ลดจำนวนของสต็อกคงคลัง

ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรหรือเวลาปรับเปลี่ยนงานผลิต

ลดอุบัติเหตุด้วยการป้องกันอุบัติเหตุ

ตัดทอนเวลาเดิน

เพิ่มคุณภาพของงานหรือผลิตภัณฑ์

ปรับปรุงพื้นที่ทำงานหรือวางผังการทำงานในโรงงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ปรับปรุงการบำรุงรักษารักษาและลดการซ่อมแซมเครื่องจักร

ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่หรือนำวิธีการทำงานที่ดีกว่ามาใช้

ปรับองค์การด้วยการจัดองค์การให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

(การเพิ่มผลผลิตในองค์กร สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2555 จาก http://www.kmitnbxmie8.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=388020&Ntype=3

2.18 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุเมธ กาฬภักดี (2547) ได้ทำการศึกษาการลดของเสียประเภทผ้าเหี่ยวเป็นลอนในกระบวนการรีดพลาสติกแผ่นด้วยการวิเคราะห์ถึงปัจจัย ที่มีผลต่อการเหี่ยวเป็นลอนของของผ้าพลาสติกโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมเพื่อหาสภาวะการควบคุมการผลิตที่

เหมาะสมโดยใช้หลักการ Why-Why-Analysis โดยอาศัยการเปรียบเทียบสิ่งที่เป็นอยู่ในปัจจุบันกับสิ่งที่ควรจะเป็นตามหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีแล้ว จึงนำปัจจัยที่ได้มาทำการออกแบบทดลอง เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยเหล่านั้นจากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเหี่ยวเป็นลอนของผ้าพลาสติกและสภาวะควบคุมการผลิตที่เหมาะสมคือ อัตราการดึงยืดในแนวยาวของชุดลูกรีด Take off อยู่ที่ 2.50 อุณหภูมิของชุดลูกรีดคาเลนเตอร์ อยู่ที่ 175, 177, 175, และ 173 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของชุดลูกรีด Take off & Emboss (C) อยู่ที่ 175 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนผลจากการควบคุมนำค่าผลิตแบบใหม่ที่ได้จากการทดลอง ไปประยุกต์ใช้ ในสายการผลิตจริง มีผลทำให้อัตราการเหี่ยวเป็นลอน จากการผลิตโดยรวมต่อเดือน มีค่าลดลงร้อยละ 2.17 จากเดิมร้อยละ 3.01 เป็นร้อยละ 0.8

ศิริรัตน์ เซียวประยูร (2547) ได้ทำการศึกษาการลดของเสียในกระบวนการหล่อฝาสูบอะลูมิเนียมโดยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของแบบหล่อ ซึ่งปัญหารอยรั่ว (Leak) ในงานหล่ออะลูมิเนียมนี้พนักงานไม่สามารถตรวจสอบด้วยสายตาได้ เนื่องจากภายในเป็นท่อผ่านน้ำหล่อเย็นและน้ำมันของเครื่องยนต์ ซึ่งปัญหาด้าน (Leak) เป็นปัญหาอันดับหนึ่งของกระบวนการผลิตฝาสูบอะลูมิเนียมนี้เป็นเป้าหมายคือลดจากเปอร์เซ็นต์ของเสีย 90.1% ของอาการเสียทั้งหมดนี้ให้ลดลงได้น้อยที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้เริ่มจากการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักโดยการระดมสมอง โดยใช้ผู้มีความรู้เฉพาะทางซึ่งได้ปัจจัยมาทั้งหมด 17 ปัจจัยจากนั้น ได้นำมาประเมินผลให้คะแนนค่าความรุนแรงของผลกระทบ, โอกาสการเกิดและผลการตรวจจับระดับควบคุม เพื่อแสดงลำดับความสำคัญของการเสี่ยงที่จะทำให้เกิดปัญหาโพรงหดตัว ซึ่งจากค่า RPN งานวิจัยนี้ได้นำคะแนน RPN มาทำการวิเคราะห์ผ่านพาเรโต เพื่อดูความมีเสถียรภาพของข้อมูลซึ่งจากพาเรโต พบว่าปัจจัยที่นำมาออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่ให้ค่าอัตราการแข็งตัวของงานหล่อฝาสูบอะลูมิเนียมมากที่สุด มีทั้งหมด 3 ปัจจัยได้แก่ อัตราน้ำหล่อเย็นด้านล่าง, อุณหภูมิอุ่นแบบหล่อด้าน Front และการถ่ายเทความร้อนของแบบหล่อ โดยนำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการออกแบบการทดลองแบบ 1 เรพลิเคต โดยที่งานวิจัยนี้ได้กำหนดตัวแปรตองสนอง โดยใช้ค่าอัตราการแข็งตัวของอะลูมิเนียม ในตำแหน่งด้าน Front โดยวัดครั้งละ 3 ระดับ คือด้านล่าง, ตรงกลาง และด้านบน ซึ่งจากผลการทดลองแบบ 1 เรพลิเคต นั้นได้ค่าปัจจัยที่เหมาะสมดังต่อไปนี้คือ อัตราน้ำหล่อเย็นด้านล่างปรับตั้งค่าไว้ที่ 60 Liter/min, อุณหภูมิแบบด้าน Front ปรับตั้งค่าไว้ที่ 190-210 องศาเซ็ลเซียส และการถ่ายเทความร้อนของแบบหล่อ ต้องใช้แบบหล่อที่ปรับปรุงใหม่

พงษ์พันธุ์ โครตประทุม (2548) ศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการหล่อชิ้นงานขึ้นรูปอะลูมิเนียม ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยประเภทของการหล่อไม่เต็มแบบ (Misrun) โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมเพื่อหาสภาวะระดับปัจจัยที่เหมาะสม

โดยเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีงานหล่อขึ้นรูปอะลูมิเนียมแล้วจึงศึกษาข้อมูลการผลิตและสภาพการผลิตจริงเพื่อรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลังจากนั้นวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง ของผลกระทบพบว่า ปัจจัยที่ได้มาทำการออกแบบการทดลองจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) แล้วจึงนำปัจจัยที่ได้มาทำการออกแบบการทดลองจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบพบว่า ปัจจัยที่น่าจะมีอิทธิพลต่อชิ้นงานไม่เต็มมี 3 ปัจจัยคือ อุณหภูมิเตาหลอม,อุณหภูมิแม่พิมพ์ และเวลาในการฉีดน้ำยาเคลือบแม่พิมพ์ จากนั้นได้นำทั้ง 3 ปัจจัยนี้ มาผ่านการทดลอง โดยวิเคราะห์ที่ละปัจจัยซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการไม่เต็มอย่างมีนัยสำคัญคือ อุณหภูมิเตาหลอม และอุณหภูมิแม่พิมพ์ จากนั้นได้ทำการทดลองเพิ่มเติมว่า ณ อุณหภูมิแม่พิมพ์ ที่ 750 องศาเซลเซียส และ 220 องศาเซลเซียส ตามมลำดับ ให้ผลการเกิดอาการไม่เต็มน้อยที่สุด และเมื่อทำการติดตามผลเดือน เมษายน 49 พบว่าของเสียทั้งหมดของชิ้นงานในการศึกษานี้ (Casing Cap รุ่น CTC-11) นั้นลดลงจาก 20% เหลือ 3% ซึ่งส่งผลให้ข้อเสียรวมทั้งหมดของบริษัทลดลงจาก 12.5% เหลือเพียง 8.5%ของยอดการผลิตทั้งหมด

พินิจ อุทัยเนตร (2549) ได้ศึกษาโครงการปัญหาพิเศษโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการวิเคราะห์การกำหนดมาตรฐานในการเพิ่มความขาวของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตซึ่งได้นำกระบวนการลอยแร่แบบ Column flotation เข้ามาใช้ในการขจัดสิ่งปลอมปน โดยในการศึกษาจะศึกษาโดยการเติมสารเคมี (Flotation agent) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาในระบบตั้งแต่ 80-160 PPM ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาปริมาณน้ำยากับความขาวของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ผลการศึกษาพบว่าการลอยแร่แบบ Column flotation สามารถที่จะขจัดสิ่งปลอมปนในแคลเซี่ยมคาร์บอเนต แต่ ความขาวของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตไม่ได้เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของน้ำยา เพราะฉะนั้นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดคือ 80 PPM ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้ 1.9 ล้านบาทต่อปี ผลที่ได้จากการศึกษานี้เป็นผลที่ได้จากการทดลองตามข้อกำหนดเท่านั้น แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนด ก็ควรจะทำการทดลองใหม่

จิระเดช ดิสสัน (2551) ได้ศึกษาการลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยหลักการทางสถิติ ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนลำโพง (Speaker Unit) ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดพลาสติก พบว่ามีผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะบกพร่องหรือมีคุณภาพไม่ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า ปัญหาสำคัญของข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ตรวจพบมี 3 ลักษณะ ได้แก่ ชิ้นงานมีรอยขีดข่วน มีจุดดำในชิ้นงาน และชิ้นงานไม่เต็มรูป ซึ่งจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมีแนวโน้มของปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของบริษัทฯ สูงขึ้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการควบคุมกระบวนการผลิต โดยนำเอาเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control) มาใช้ในกระบวนการ

0223920

ผลิต และนำเอาเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่างมาช่วยทำการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อค้นหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ผลจากงานวิจัยนี้สามารถลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตจากเดิมรวม 56.64 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถลดปัญหาผลิตภัณฑ์บกพร่อง เป็นจุดดำ จากเดิม 63.50 เปอร์เซ็นต์ ข้อบกพร่องจากการฉีดชิ้นงาน ไม่เต็มรูปมีจำนวนลดลงจากเดิม 52.50 เปอร์เซ็นต์ และชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องจากการฉีดชิ้นงานมีจำนวนลดลงจากเดิม 46.98 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งสามารถลดการสูญเสียค่าของสินค้าได้ลดลงเป็นจำนวน 63,338 ชิ้น ซึ่งมีมูลค่าการขายทางตลาดเป็นจำนวน 22,168,300 บาท และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของบริษัทฯ สร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าในการจัดส่งของที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้าได้อย่างครบถ้วน ซึ่งส่งผลให้บริษัทฯ มีความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจได้สูงขึ้น รวมถึงสามารถเพิ่มผลประกอบการของบริษัทฯ ให้สูงขึ้นได้อีกด้วย

ศูนย์สนเทศและหอสมุด
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 3
วิธีการศึกษา

จากข้อมูลในเบื้องต้นการใช้ประโยชน์ของแคลเซี่ยมในอุตสาหกรรมต่างๆ รวมทั้งความต้องการในคุณภาพของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตของลูกค้าที่แตกต่างกัน ทำให้มีผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนตหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. ขนาดของอนุภาคของผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนต ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดอนุภาคขนาดเล็กจะมีคุณภาพที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ โดยทั่วไปขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์จะอยู่ระหว่าง 0.3-147 ไมครอน

2. ความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนต ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูงจะมีคุณภาพสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูงจะต้องมีองค์ประกอบของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่า 98%

3. ความขาวของผลิตภัณฑ์แคลเซี่ยมคาร์บอเนต ผลิตภัณฑ์ที่มีความขาวสูง จะมีคุณภาพสูงกว่า โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงจะมีความขาว (Brightness) ไม่ต่ำกว่า 94%

ในการศึกษาการลดต้นทุนในการขจัดผงเหล็กในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตด้วยแม่เหล็กของบริษัทกรณีศึกษามีวัสดุอุปกรณ์เป็นกระบวนการเพิ่มความขาวของผลิตภัณฑ์โดยไม่ใช้ Floating Agent ต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์ มีขั้นตอนในการผลิตและตรวจสอบกระบวนการดังนี้

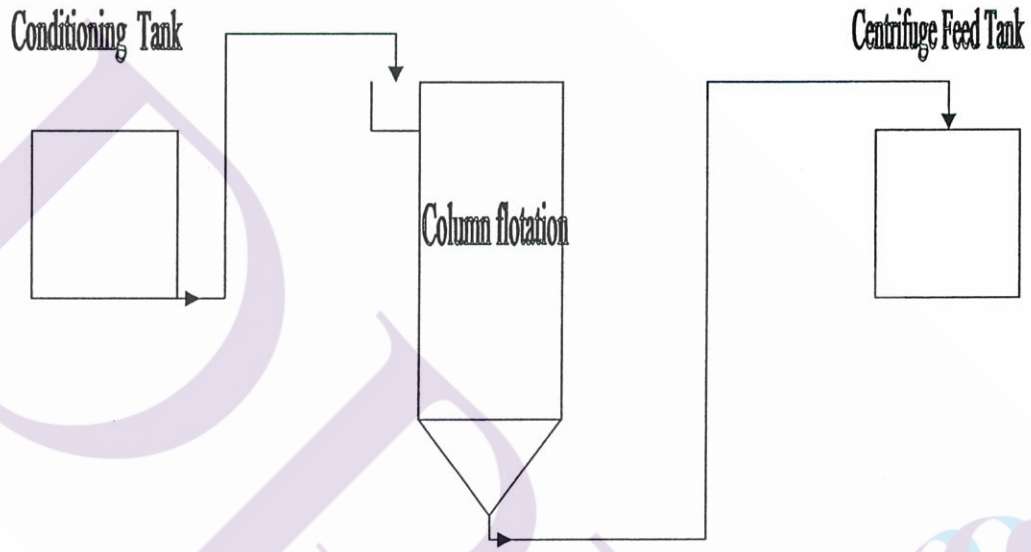
3.1 ขั้นตอนในการขจัดผงเหล็กและสิ่งปลอมปนอื่นๆ (เดิม)

ในการขจัดผงเหล็กในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตโดยวิธีการลอยแร่ (Column Flotation) ของบริษัทกรณีศึกษามีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 Px Feed Process เป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนต โดยรับวัตถุดิบหรือแร่แคลไซต์จากเหมืองของบริษัทกรณีศึกษามาบดย่อยให้เป็นผงแห้งมีขนาด 15-50 ไมครอน ด้วยเครื่อง Roller Mill เก็บไว้ในไซโลวัตถุดิบที่เรียกว่า Px Feed Silo

3.1.2 Slurry Makedown Process เป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบให้เป็นน้ำโดยการ Feed วัตถุดิบจาก Px Feed Silo เข้า Slurry Makedown Tank ใส่น้ำลงไปในอัตราส่วนแร่แคลไซต์ 32% และน้ำ 68% (Solid Content 32%) หลังจากนั้นใส่ Floating Agent ลงไปกวนให้เข้ากัน ปั๊มไปที่ Conditioning Tank เพื่อทำปฏิกริยาเคมี

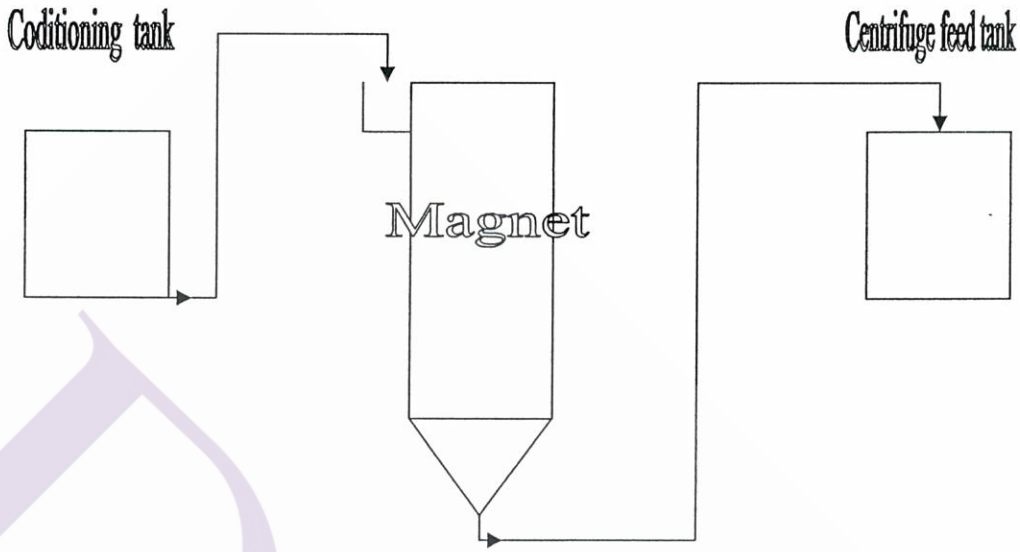
3.1.3 Flotation Process เป็นขั้นตอนแยกผงเหล็กและสิ่งปลอมปนอื่นๆ ออกจากแคลเซี่ยมคาร์บอเนตโดยการ Feed วัตถุดิบจาก Conditioning Tank ไปยังเครื่อง Column Flotation เพื่อก่อให้เกิดฟองน้ำลอยตัวขึ้นมา ไล่ฟองน้ำออกไปยังบ่อน้ำทิ้ง ส่วนแคลเซี่ยมคาร์บอเนตจะส่งไปยังเครื่อง Centrifuge Feed Tank เพื่อผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตในขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอน Flotation Process นี้จะสูญเสียแคลเซี่ยมคาร์บอเนตไปกับฟองน้ำประมาณ 3%



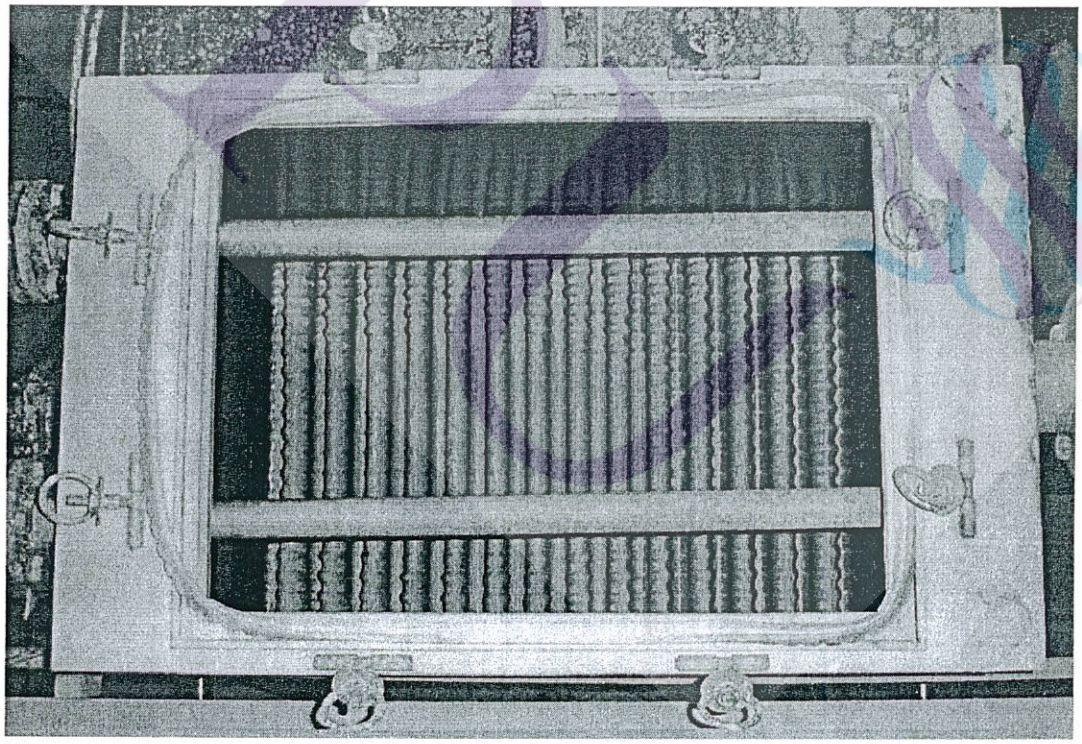
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการขจัดผงเหล็กและสิ่งปลอมปนอื่นๆ (เดิม)

3.2 ออกแบบระบบการติดตั้งแม่เหล็ก

บริษัทกรณีศึกษาได้ออกแบบเลือกใช้แม่เหล็กนีโอดิเมี่ยม (Neodymium Magnets) ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรที่มีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กต่อหน่วยพื้นที่ (Flux Density) สูงมากที่สุดในปัจจุบัน คือประมาณ 10,000 Gauss แม่เหล็กประเภทนี้จะมีแรงดึงดูดสูงมาก มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพสูงที่สุดในบรรดาประเภทของแม่เหล็กถาวรทั้งหมด โดยนำมาติดตั้งระหว่าง Conditioning Tank กับเครื่อง Centrifuge Feed Tank ดังภาพที่ 3.1 และแม่เหล็กที่ติดตั้งมีหน้าตาดังภาพ 3.2 และ 3.3



ภาพที่ 3.2 ออกแบบระบบการติดตั้งแม่เหล็ก



ภาพที่ 3.3 แม่เหล็กที่ติดตั้ง

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในศึกษาการขจัดผงเหล็กในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตด้วยแม่เหล็กของบริษัทกรณีศึกษาประกอบไปด้วย

3.3.1 ตู้อบซึ่งใช้ในการอบแห้งแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

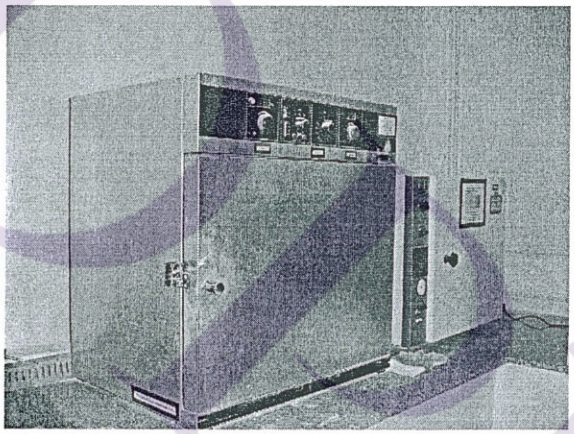
3.2.2 เครื่องมือบดละเอียด

3.2.3 เครื่องมือวัดความขาว

3.2.4 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง

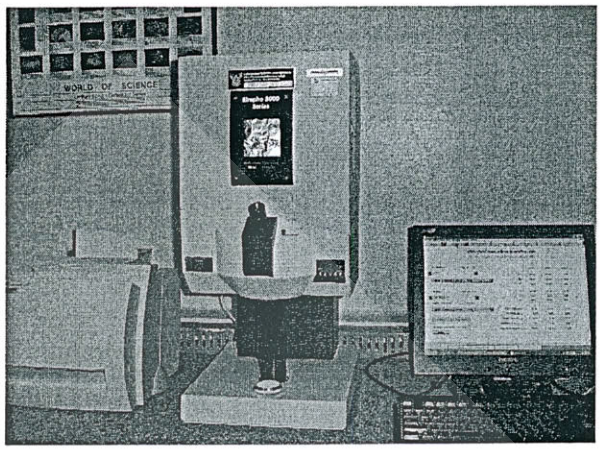
3.2.5 ตาชั่ง

ดังภาพที่ 3.4 ถึง 3.7



ภาพที่ 3.4 ตู้อบซึ่งใช้ในการอบแห้งแคลเซี่ยมคาร์บอเนต

ภาพที่ 3.5 เครื่องมือบดละเอียด



ภาพที่ 3.6 เครื่องมือวัดความขาว

ภาพที่ 3.7 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง

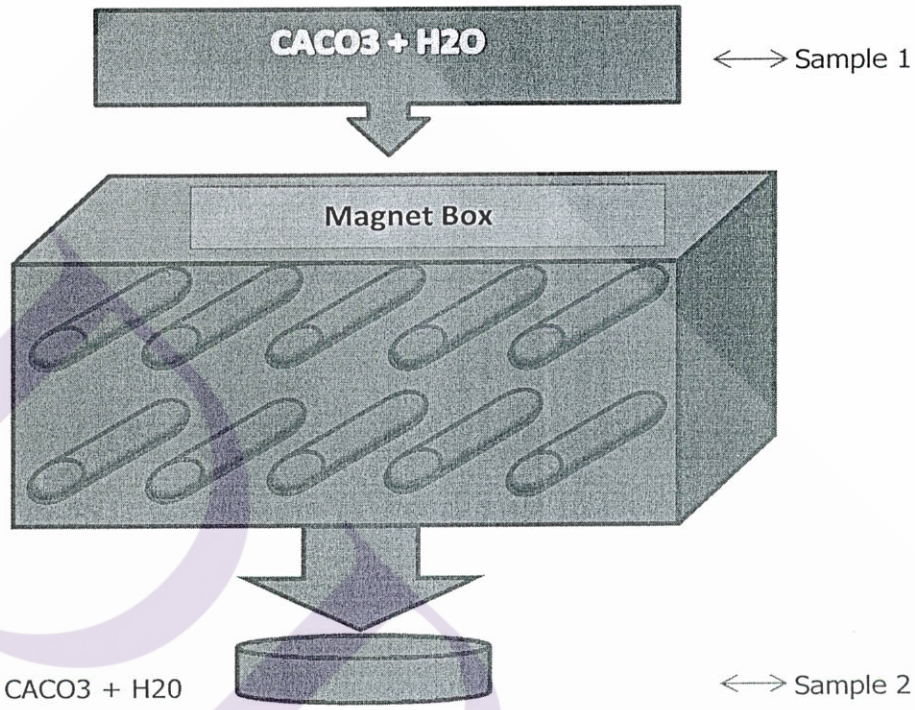
3.4 ขั้นตอนการศึกษา

ในการศึกษานี้ บริษัทกรณีศึกษาได้ติดตั้งแม่เหล็กแทนที่เครื่อง Column Floatation ดังภาพที่ 3.2 ข้างต้น โดยที่ขั้นตอนการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตของบริษัทกรณีศึกษายังเหมือนเดิม แต่ได้เพิ่มกระบวนการในการเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 ชั่วโมง วัดความขาวก่อนและหลังผ่านแม่เหล็ก ชั่งน้ำหนักผงเหล็กที่แม่เหล็กจับได้ดังนี้

3.4.1 เก็บตัวอย่างแคลเซี่ยมคาร์บอเนต (Sample 1)ก่อนFeed ผ่านแม่เหล็กที่ Condition Feed Tank เพื่อวัดความขาว ดังภาพที่ 3.8

3.4.2 Feed แคลเซี่ยมคาร์บอเนตผ่านแม่เหล็กเพื่อแยกผงเหล็กออกจากแคลเซี่ยมคาร์บอเนตเข้า Centrifuge Feed Tank

3.4.3 เก็บตัวอย่างแคลเซี่ยมคาร์บอเนต (Sample 2) หลัง Feed ผ่านแม่เหล็กและนำไปเก็บไว้ที่ Condition Feed Tank เพื่อวัดความขาวดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แสดงจุดเก็บตัวอย่าง

3.4.4 ชั่งน้ำหนักผงเหล็กที่ติดอยู่ที่แม่เหล็กทุก 2 ชั่วโมง บันทึกผล

3.4.5 วัดความขาวของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตด้วยเครื่องวัดความขาว

3.4.5.1 นำตัวอย่างที่เก็บจากจุดต่างๆไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้ง 5 ชั่วโมง

3.4.5.2 นำตัวอย่างดังกล่าวไปบดโดยเครื่องบดแคลเซี่ยมคาร์บอเนตโดยเวลาบดแต่ละตัวอย่าง 15 นาที

3.4.5.3 นำตัวอย่างทั้งหมดไปวัดความขาวโดยเครื่องมือวัดความขาว

3.4.5.4 บันทึกผลที่ได้จากการทดลอง

3.4.6 นำผลการทดลองที่ได้มาสรุปผลและวิเคราะห์เพื่อนำไปเสนอแนะปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ลดต้นทุนการผลิตและเพื่อการแข่งขันต่อไป

3.5 งบประมาณที่ใช้

ในการออกแบบและติดตั้งแม่เหล็กของบริษัทกรณีศึกษาครั้งนี้ใช้เงินไปประมาณ 595,000 บาท ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังนี้

3.5.1 ค่าแรงงาน	20,000	บาท
3.5.2 ค่าแม่เหล็กค่าดัดแปลงระบบท่อ	565,000	บาท
3.5.3 ค่าใช่จ่ายอื่นๆ	10,000	บาท

DPU

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา

การศึกษาการขจัดผงเหล็กในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตด้วยแม่เหล็กของบริษัทกรณีศึกษา ได้ทำการติดตั้งแม่เหล็กให้แคลเซี่ยมคาร์บอเนตไหลผ่านระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม 2555 ถึงวันที่ 21 มิถุนายน 2555 ได้ผลการศึกษาเพื่อนำมาวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ความขาวที่วัดได้ก่อนและหลังผ่านกระบวนการลอยแร่

วันที่	จำนวนที่ไหลผ่าน		ความขาวก่อนผ่านเครื่องลอยแร่	ความขาวหลังผ่านเครื่องลอยแร่	ความขาวเปลี่ยนแปลง
	ลิตร/นาที	ตัน/ชม.			
15-Feb-12	750	16.65	89.10	89.50	0.40
16-Feb-12	480	10.66	88.81	89.13	0.32
17-Feb-12	850	18.87	88.17	88.64	0.47
18-Feb-12	440	9.77	88.29	88.69	0.40
20-Feb-12	550	12.21	89.21	89.76	0.55
22-Feb-12	750	16.65	89.57	90.00	0.43
23-Feb-12	550	12.21	88.37	88.57	0.20
24-Feb-12	780	17.32	88.56	89.11	0.55
25-Feb-12	800	17.76	89.14	89.24	0.10
27-Feb-12	850	18.87	88.24	88.50	0.26
28-Feb-12	860	19.09	89.00	89.30	0.30
29-Feb-12	850	18.87	88.95	89.28	0.33
1-Mar-12	860	19.09	89.28	89.78	0.50
2-Mar-12	450	9.99	89.28	89.43	0.15
3-Mar-12	850	18.87	89.38	89.90	0.52
4-Mar-12	700	15.54	88.21	88.50	0.29
5-Mar-12	750	16.65	88.41	89.01	0.60
6-Mar-12	800	17.76	89.00	89.60	0.60
7-Mar-12	850	18.87	88.52	89.00	0.48
8-Mar-12	750	16.65	88.95	88.90	- 0.05
9-Mar-12	830	18.43	88.00	88.49	0.49
10-Mar-12	830	18.43	88.31	88.50	0.19
11-Mar-12	830	18.43	88.54	89.07	0.53
12-Mar-12	830	18.43	89.88	89.00	- 0.88
ค่าเฉลี่ย	743	16.50	88.80	89.12	0.32

ตารางที่ 4.2 ความขาวที่วัดได้ก่อนและหลังผ่านแม่เหล็ก

วันที่	จำนวนที่ไหลผ่าน		น้ำหนักผงเหล็กที่เก็บได้ (กก./ชม.)	ความขาว ก่อนผ่านแม่เหล็ก	ความขาว หลังผ่านแม่เหล็ก	ความขาว เปลี่ยนแปลง
	ลิตร/นาที	ตัน/ชม.				
25/5/2012	850	18.87	2.00	88.65	91.70	3.05
26/5/2012	880	19.54	2.25	88.35	91.51	3.16
27/5/2012	880	19.54	0.75	87.30	90.87	3.57
28/5/2012	850	18.87	1.10	88.10	90.99	2.89
29/5/2012	850	18.87	1.25	88.01	90.91	2.90
31/5/2012	850	18.87	1.25	87.58	90.56	2.98
1/6/2012	850	18.87	1.20	89.25	92.07	2.82
2/6/2012	850	18.87	1.15	89.48	92.26	2.78
3/6/2012	930	20.65	1.35	88.12	90.84	2.72
4/6/2012	850	18.87	1.50	89.16	91.94	2.78
5/6/2012	600	13.32	2.30	88.86	91.70	2.84
9/6/2012	830	18.43	1.65	88.94	91.65	2.71
10/6/2012	860	19.09	1.15	87.28	89.98	2.70
11/6/2012	450	9.99	1.05	87.24	89.98	2.74
12/6/2012	850	18.87	1.30	87.00	90.08	3.08
13/6/2012	750	16.65	1.10	86.21	88.91	2.70
14/6/2012	870	19.31	0.95	88.35	91.11	2.76
15/6/2012	850	18.87	1.15	87.16	90.46	3.30
16/6/2012	860	19.09	1.55	86.45	89.22	2.77
17/6/2012	830	18.43	1.25	86.90	89.65	2.75
18/6/2012	850	18.87	1.60	87.60	90.33	2.73
19/6/2012	850	18.87	1.70	86.12	89.01	2.89
20/6/2012	830	18.43	1.30	88.50	91.24	2.74
21/6/2012	750	16.65	1.75	87.78	90.58	2.80
ค่าเฉลี่ย	813	18.19	1.40	88.31	90.73	2.42

ที่มา: รายงานการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

4.2 ผลที่ได้รับ

4.2.1 จากตารางที่ 4.1 บริษัทกรณีศึกษาได้บันทึกข้อมูลความขาวของแคลเซี่ยนคาร์บอเนตจากกระบวนลอยแร่ระหว่างวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2555 ถึงวันที่ 12 มีนาคม 2555 พบว่าแคลเซี่ยมคาร์บอเนต 37% ไหลผ่านกระบวนการลอยแร่เฉลี่ยนาทีละ 743 ลิตร ซึ่งคิดน้ำหนักเป็นตันที่ไหลผ่านต่อชั่วโมงได้ดังนี้

1 นาที แคลเซี่ยมคาร์บอเนตไหลผ่านแม่เหล็กเฉลี่ย 743 ลิตร

ดังนั้น

1 ชั่วโมง แคลเซี่ยมคาร์บอเนตไหลผ่านแม่เหล็กเฉลี่ย 743 ลิตร x 60 นาที เท่ากับ 44,580 ลิตร แต่

แคลเซี่ยมคาร์บอเนต 1 ลิตร มี แคลเซี่ยมคาร์บอเนตผง 37%

ดังนั้น

แคลเซี่ยมคาร์บอเนต 44,580 ลิตร มี แคลเซี่ยมคาร์บอเนตผง เท่ากับ 37% x 44,580 ลิตร หรือ 16,494.60 ลิตร หรือ ประมาณ 16.50 ตันต่อชั่วโมง

ค่าความขาวที่วัดได้ก่อนผ่านกระบวนการลอยเท่ากับ 88.80% และหลังผ่านกระบวนการลอยแร่เท่ากับ 89.12% โดยประมาณ ซึ่งจะเห็นว่าค่าความขาวมีความแตกต่างกันเพียง 0.32% ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมากและสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการลอยแร่ไม่ได้ทำให้ความขาวของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น

4.2.2 จากตารางที่ 4.2 แคลเซี่ยมคาร์บอเนต 37% ไหลผ่านแม่เหล็กที่ติดตั้งเฉลี่ยนาทีละ 813 ลิตร ซึ่งคิดน้ำหนักเป็นตันที่ไหลผ่านต่อชั่วโมงได้ดังนี้

1 นาที แคลเซี่ยมคาร์บอเนตไหลผ่านแม่เหล็กเฉลี่ย 813 ลิตร

ดังนั้น

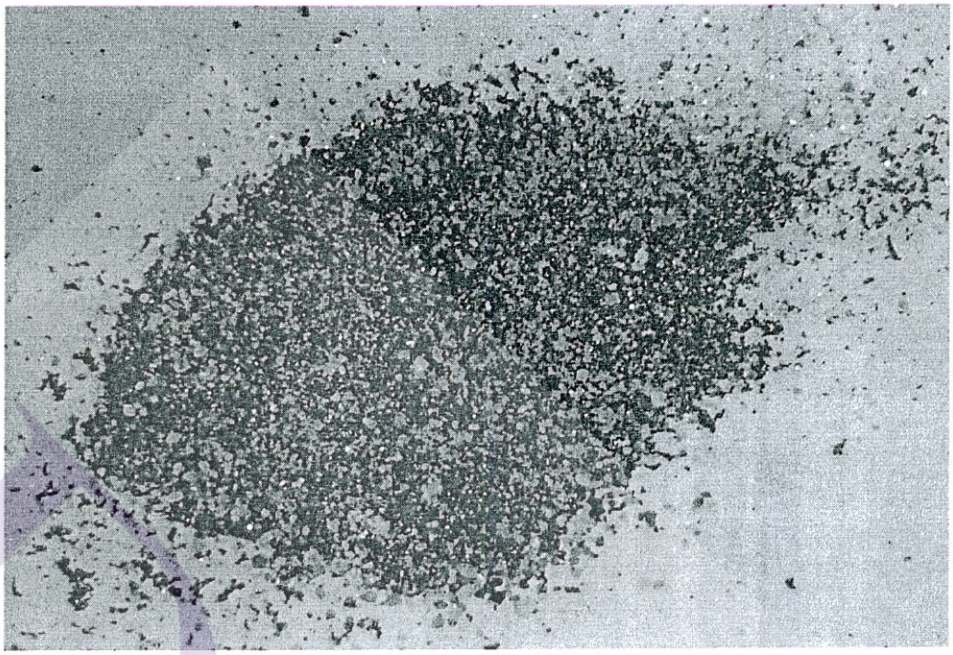
1 ชั่วโมง แคลเซี่ยมคาร์บอเนตไหลผ่านแม่เหล็กเฉลี่ย 813 ลิตร x 60 นาที เท่ากับ 48,780 ลิตร แต่

แคลเซี่ยมคาร์บอเนต 1 ลิตร มี แคลเซี่ยมคาร์บอเนตผง 37%

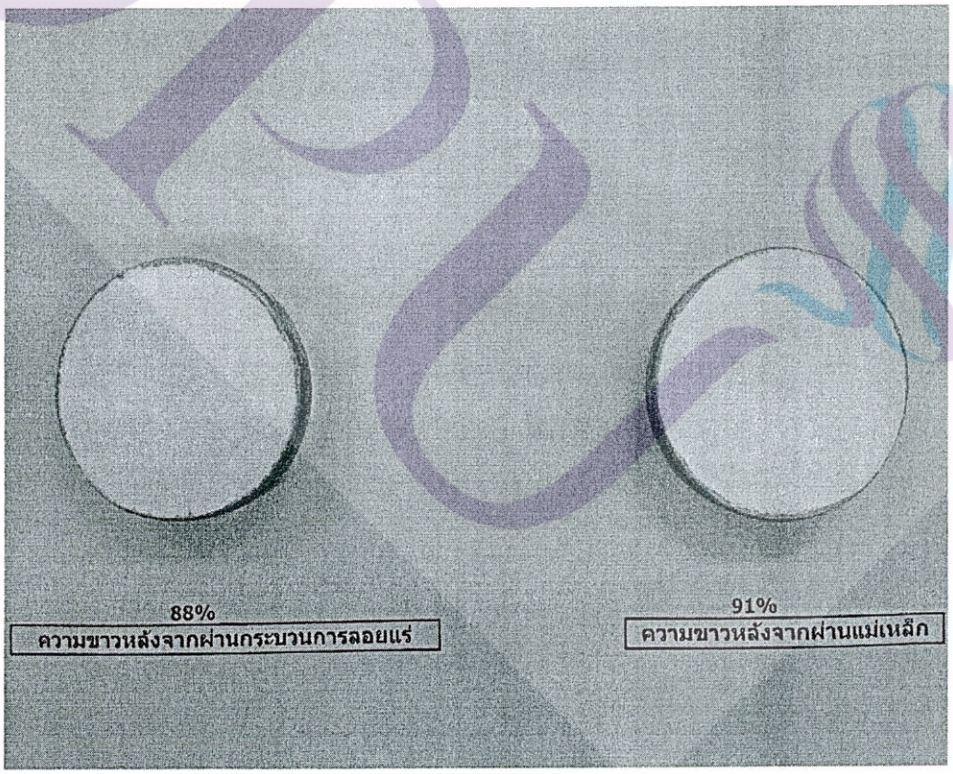
ดังนั้น

แคลเซี่ยมคาร์บอเนตน้ำ 48,780 ลิตร มี แคลเซี่ยมคาร์บอเนตผง เท่ากับ 37% x 48,780 ลิตร หรือ 18,048.20 ลิตร หรือ ประมาณ 18.05 ตันต่อชั่วโมง

น้ำหนักของผงเหล็กที่เก็บได้เท่ากับ 1.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และรูปร่างของผงเหล็กเป็นดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ผงเหล็กที่จับได้โดยแม่เหล็ก



ภาพที่ 4.2 ความขาวที่วัดได้

จากตารางที่ 4.1 ค่าความขาวที่วัดได้ก่อนผ่านแม่เหล็กเท่ากับ 88.31% และหลังผ่านแม่เหล็กเท่ากับ 90.73% โดยประมาณ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานสินค้าของบริษัทที่กำหนดไว้เท่ากับ 92±1%

4.3 วิเคราะห์ผลการศึกษา

จากค่าความขาวที่วัดได้จากการทดลองเก็บจะเห็นว่าความขาวหลังจากผ่านแม่เหล็กมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 88.31% เป็น 90.73% หรือมีค่าสูงขึ้นประมาณ 2.42% นอกจากนี้บริษัทกรณีศึกษายังสามารถวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ได้ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เป็นการหาว่าจะใช้เวลาเท่าไรจึงจะได้ผลตอบแทนจากการลงทุน (รายรับ หัก ด้วยรายจ่าย ระหว่างดำเนินการ) มีค่าเท่าจำนวนเงินที่ลงทุนไปครั้งแรก ซึ่งในการติดตั้งแม่เหล็กครั้งนี้บริษัทกรณีศึกษาครั้งนี้ใช้เงินลงทุนขั้นแรก 595,000 บาท และจากข้อมูลในตารางที่ 1.1 จะเห็นว่า ในระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน พฤษภาคม 2555 บริษัทกรณีศึกษาใช้ Floating Agent ในการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนต 4,410 กิโลกรัม ราคากิโลกรัมละ 242 บาท ซึ่งเป็นเงินทั้งสิ้น 1,067,220 บาท หรือเฉลี่ยเดือนละ 213,444 บาท ซึ่งคือต้นทุนที่ลดได้ และสามารถเขียนเป็น Cash Flow ได้ดังตาราง 4.3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนที่ลดได้

ระยเวเลา (เดือน)	0	1	2	3	4
เงินที่จ่าย (บาท)	595,000	-	-	-	-
ต้นทุนที่ลดได้ (บาท)	-	213,444	213,444	213,444	213,444
ต้นทุนที่ลดได้สะสม (บาท)	-	213,444	426,888	640,332	853,776

จากตารางที่ 4.3 ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 2 เดือน แต่ไม่ถึง 3 เดือน ซึ่งจำนวนเงินทุนระหว่างเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 ที่จะทำให้ต้นทุนที่ลดได้สะสมเท่ากับเงินลงทุนครั้งแรกในการติดตั้งแม่เหล็ก คือ 595,000-426,888 = 168,112 บาท ดังนั้นสามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้ดังนี้

ถ้าเงินลงทุน 213,444 บาท ใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 30 วัน

ถ้าเงินลงทุน 168,112 บาท ใช้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ

(30 x 168,122) / (213,444) = 23.63 วัน หรือ 24 วัน

เพราะฉนั้น ระยะเวลาคืนทุนของโครงการนี้ คือ 2 เดือน 24 วัน โดยประมาณ

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าบริษัทกรณีศึกษาสามารถขจัดผงเหล็กในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตด้วยแม่เหล็กแทนกระบวนการลอยแร่ (Column Flotation) ที่มีอยู่เดิมได้และมีผลทำให้บริษัทกรณีศึกษา

5.1.1 ไม่สูญเสียแคลเซี่ยมคาร์บอเนตไปกับกระบวนการลอยแร่ประมาณ 3% หรือประมาณ 5,000 ตันต่อปี ซึ่งสามารถคิดเป็นราคาขายประมาณ 20,000,000 บาทต่อปี

5.1.2 ไม่มีต้นทุนในการสั่งซื้อสารเคมีที่เรียกว่า Floating Agent ในกระบวนการลอยแร่ปีละประมาณ 2,400,000 บาท

5.1.3 ไม่มีปัญหาในการบำบัดน้ำเสียที่มี Floating Agent ผสมอยู่

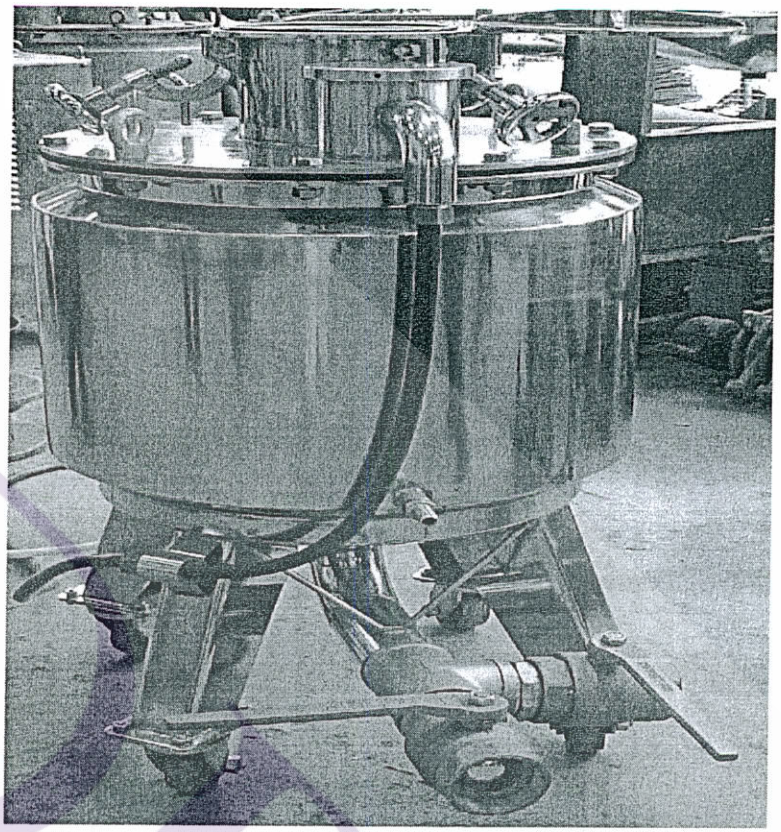
5.1.4 ไม่ต้องบริหารคลังสินค้าและสินค้าคงคลังของ Floating Agent อีกต่อไป

5.1.5 สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการเดินเครื่อง Column Flotation ซึ่งยังมีผลในการช่วยลดภาระโลกร้อนอีกด้วย

5.2 ปัญหาที่พบในการวิจัยและข้อเสนอแนะ

แม้ว่าบริษัทกรณีศึกษาสามารถใช้กระบวนขจัดผงเหล็กในแคลเซี่ยมคาร์บอเนตด้วยแม่เหล็กแทนกระบวนการลอยแร่ (Column Flotation) ที่มีอยู่เดิมได้ แต่ในการศึกษาพบว่ามีปัญหาดังนี้

5.2.1 ผงเหล็กไม่ได้มีอยู่ในวัตถุดิบแหล่งเดียว อาจจะมีเศษเหล็กที่มาจากเครื่องมือ เครื่องจักรในการผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ดังนั้นบริษัทกรณีศึกษา ควรจะพิจารณาติดตั้งแม่เหล็กตรงบริเวณที่คาดว่าจะมีผงเหล็กจากเครื่องมือหรือเครื่องจักรหลุดและปนมากับแคลเซี่ยมคาร์บอเนต โดยเฉพาะจุดลงสินค้าที่ลูกค้า ผู้ศึกษาแนะนำให้ติดตั้งแม่เหล็กไฟฟ้าแบบถังต่อท่อ ดังรูปที่ 5.1 เพื่อดักจับผงเหล็กขณะถ่ายสินค้าให้ลูกค้า



ภาพที่ 5.1 แม่เหล็กไฟฟ้าแบบถังต่อท่อ

5.2.2 เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแคลเซี่ยมคาร์บอเนตเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ในธรรมชาติ ดังนั้น อาจจะมีสิ่งปลอมปนที่มีผลต่อความขาวของแคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่ไม่ใช่ผงเหล็กก็ได้ ดังนั้น บริษัทกรณีศึกษาควรจะส่งแร่แคลไซต์ไปวิเคราะห์หาสิ่งปลอมปนเสมอ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2547). **แคลเซียมคาร์บอเนต** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัทประชาชน.

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2547). **การแต่งแร่หรือการแยกแร่** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัทประชาชน.

วิทยานิพนธ์

จิรเดช ดิสสัน. (2551). **การลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยหลักการทางสถิติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

พงษ์พันธุ์ โครตประทุม. (2548). **การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการหล่อชิ้นงานขึ้นรูปอลูมิเนียม.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคุณภาพ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พินิจ อุทัยเนตร. (2549). **การกำหนดมาตรฐานในการขจัดสิ่งปลอมปนในแคลเซียมคาร์บอเนตโดยวิธีการลอยแร่แบบ Column flotation.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ศิริรัตน์ เซียวประยูร. (2548). **การลดของเสียในกระบวนการหล่อฝาสูบอลูมิเนียมโดยการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของแบบหล่อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมระบบการผลิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุเมธ กาฬภักดี. (2547). **การลดของเสียผ้าเหี่ยวเป็นลอนในกระบวนการรีดพลาสติกแผ่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมระบบการผลิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สารสนเทศจากสื่ออิเลคทรอนิกส์

แม่เหล็กและชนิดของแม่เหล็ก. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2555, จาก

http://lpsci.nfe.go.th/lpsci/elearning/open_science/unit1.html

แม่เหล็กถาวร. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2555, จาก

http://www.aeracingclub.net/forums/index.php?topic=54379.0

แม่เหล็กชั่วคราว. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2555, จาก

http://www.horhook.com/wbi/ec/5magnet-03.htm

ประโยชน์ของแม่เหล็กถาวร. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555, จาก

http://www.trueplookpanya.com/true/knowledge_detail.php?mul_content_id=2487

ประโยชน์ของแม่เหล็กไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2555, จาก

http://www.trueplookpanya.com/true/knowledge_detail.php?mul_content_id=2487

ต้นทุนการผลิต. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2555, จาก

http://knowledge.eduzones.com/knowledge-2-10-29471.html

ลดต้นทุนการผลิต บทความโดย: ณัฐพล ลีลาวัฒนานันท์สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2555, จาก

http://boc.dip.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=340&Itemid=14

การเพิ่มผลผลิตในองค์กร. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2555, จาก

http://www.kmitnbxmie8.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=388020&Ntype=3

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายมนตรี ภู่สอง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต พ.ศ. 2525 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต พ.ศ. 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	Regional Manager
	Supply Chain Management & Purchasing
	Surint Omya Indochina Region

DPU