



การอบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ

DRYING OF NATURAL RUBBER USING HOTAIR COMBINED WITH MICROWAVE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

047576

การอบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ
DRYING OF NATURAL RUBBER USING HOT AIR COMBINED WITH MICROWAVE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การอบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ

Drying of natural rubber using hot air combined with microwave

ผู้จัดทำ

1. นาย กิตติศักดิ์ เกียรติชัยอิสระ 45515971
2. นาย ธนะภูมิ ถนอมศักดิ์ 45515980
3. นาย วรพจน์ ยินดี 45515989



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ

นาย กิตติศักดิ์ เกียรติชัยอิสระ 45515971
 นาย ธนะภูมิ ถนอมศักดิ์ 45515980
 นาย วรพจน์ ยินดี 45515989
 อ. ศิระ สายสร อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาอัตราการระเหยและคุณสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ การทดลองได้แบ่งออกเป็น 3 แบ่งคือ อบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ, อบแห้งโดยใช้ลมร้อนและอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน สำหรับการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟนั้นจะพบว่าอัตราการระเหยจะขึ้นกับลักษณะการเคลื่อนที่ของยางส่วนการอบแห้งอีกสองวิธีจะพบว่าอัตราการระเหยจะขึ้นกับลักษณะการเคลื่อนที่ของยางและอุณหภูมิของอากาศเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟนั้นจะทำให้ได้ยางที่มีคุณภาพดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ



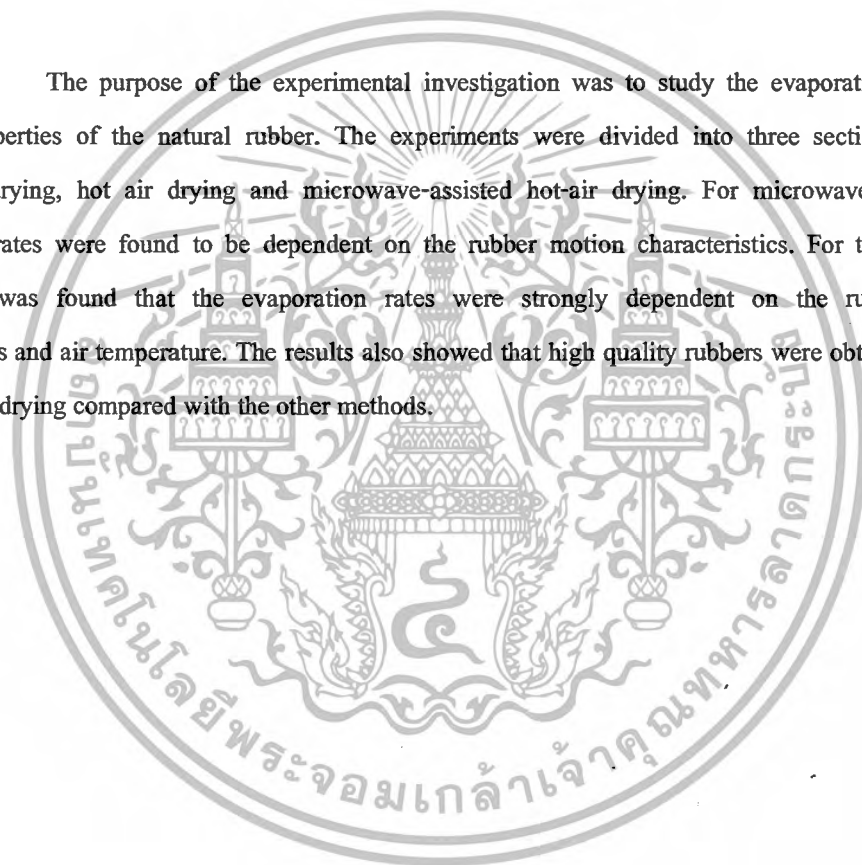
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRYING OF NATURAL RUBBER USING HOT AIR COMBINED WITH MICROWAVE

KITTISAK KIATCHAISARA
THANAPOON THANOMSAK
VORAPOT YINDEE
SIRA SIOSORD ADVISOR

ABSTRACT

The purpose of the experimental investigation was to study the evaporation rates and physical properties of the natural rubber. The experiments were divided into three sections that were microwave drying, hot air drying and microwave-assisted hot-air drying. For microwave drying, the evaporation rates were found to be dependent on the rubber motion characteristics. For the other two sections, it was found that the evaporation rates were strongly dependent on the rubber motion characteristics and air temperature. The results also showed that high quality rubbers were obtained utilizing a microwave drying compared with the other methods.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะอาจไม่อาจไม่สำเร็จได้ด้วยดี ถ้าหากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลายๆฝ่าย ซึ่งบุคคลที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ คือ อาจารย์ ศิระ สายสร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งและอีกท่านหนึ่งซึ่งให้ความช่วยเหลือ แนะนำ อาจารย์ วสันต์ ด้วงคำจันทร์และ คุณ จรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิชาการทางด้านยางพารา ซึ่งก็ต้องขอขอบพระคุณไว้ ณ. ที่นี้

และขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่รักและเคารพ ซึ่งได้เลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนคณะผู้เขียนเป็นอย่างดีพร้อมทั้งให้การศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมาในทุกด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ คณะผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันล้นประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ. ที่นี้



นาย กิตติศักดิ์ เกียรติชัยอิสระ

นาย ธนภูมิ ถนอมศักดิ์

นาย วรพจน์ ยินดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	V
รายการสัญลักษณ์	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการทดลอง	2
บทที่ 2 กระบวนการอบแห้ง	
2.1 การหาค่าความชื้นในผลผลิต	3
2.2 การแพร่กระจายของความชื้น	3
2.3 กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง	4
2.4 การประมาณเวลาของการอบแห้ง	5
2.5 การถ่ายเทความร้อนและมวลในช่วงการอบแห้ง	6
บทที่ 3 ทฤษฎีของไมโครเวฟ	
3.1 เตาไมโครเวฟคืออะไร	8
3.2 ทฤษฎีและหลักการไมโครเวฟ	9
3.3 ลักษณะของคลื่นไมโครเวฟ	10
3.4 แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ	11
3.5 แมกนีตรอน	12
3.6 ข้อควรระวังในการใช้เตาไมโครเวฟ	16
3.7 วิธีป้องกันโดยใช้ระบบ Child lock	17
บทที่ 4 ยางพารา	
4.1 ยางธรรมชาติอีพ็อกซีไดซ์ (ENR)	18
4.3 การทำยางพาราแผ่น	19
4.3 ยางแผ่นผึ่งแห้ง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 5 การคำนวณ	
5.1 การออกแบบหาขนาดของเสา (ชั้นวางยางพารา)	22
5.2 หากำลังที่ขั้วหูคชั้นวางยางพารา	22
5.3 หาอายุการใช้งานของแบร็ง	23
5.4 ปริมาณความร้อนของขดลวดหาจากสมการ	24
5.5 หาขนาดของ Blower	24
บทที่ 6 อุปกรณ์การทดลอง	
6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	26
6.2 ขั้นตอนในการใช้เครื่องและอุปกรณ์ต่างๆ	31
บทที่ 7 การทดลองและสรุปผลการทดลอง	
7.1 วิธีการทดลอง	34
7.2 ผลการทดลอง	35
บทที่ 8 สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ	
8.1 สรุปผลการทดลอง	52
8.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น	52
8.3 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	55
ก. ตารางที่ใช้ในการออกแบบ	57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
7.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg) กับ เวลา(นาที) ใช้ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว,ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที	32
7.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg) กับ เวลา(นาที) โดยใช้ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว,ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที	33
7.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg) กับ เวลา(นาที) ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที ,เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา	34
7.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg) กับ เวลา(นาที) ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที ,เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา	35
7.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg) กับ เวลา(นาที) โดยใช้ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว,ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที , เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา	36
7.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg) กับ เวลา(นาที) โดยใช้ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว ,ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที,เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา	37
7.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก (kg) กับ เวลา (นาที) ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที,เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 70 องศา	38
7.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก (kg) กับ เวลา(นาที) โดยใช้ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว,ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที,เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 70 องศา	39
7.9 แสดงลักษณะสีผิวของยางพาราที่สภาวะในการทดสอบต่างๆ	43
7.10 แสดงลักษณะสีผิวของยางพาราที่สภาวะในการทดสอบต่างๆ	44

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 กราฟการอบแห้งของผลผลิตขึ้นในอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิและความชื้นคงที่	4
รูปที่ 3.1 แสดงช่วงความถี่และความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ	9
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของ Dipole rotation	10
รูปที่ 3.3 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบของแม็กนีตรอน	12
รูปที่ 3.4 หัวลูกศรแสดงอิเล็กตรอนจากแคโทดไปยังแอโนด	13
รูปที่ 3.5 แสดงการว่างแม่เหล็กพร้อมแกนไดโอด	13
รูปที่ 3.6 แสดงการวิ่งของอิเล็กตรอนที่โดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เบี่ยงเบน	14
รูปที่ 3.7 แสดงการเหนี่ยวนำเอาประจุบวกของอิเล็กตรอน	14
รูปที่ 3.8 แสดงการเหนี่ยวนำของกระแสลับในระหว่าง Anode Cavities	15
รูปที่ 3.9 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นกลุ่ม	15
รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Depth, Heating degree, Frequency	16
รูปที่ 4.1 โครงสร้างยางพารา	18
รูปที่ 4.2 ยางแผ่นดิบนำมาจำหน่ายที่ตลาดกลาง	19
รูปที่ 4.3 สติ๊กเกอร์ยางแผ่นดิบคุณภาพแตกต่างกัน	19
รูปที่ 4.4 ยางแผ่นผึ่งแห้งสีก่อนข้างคล้ำ	21
รูปที่ 4.5 ยางแผ่นผึ่งแห้งสนิท มีสีสวย ก่อนข้างใส	21
รูปที่ 6.1 แสดง โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง	27
รูปที่ 6.2 Blower 2 hp	27
รูปที่ 6.3 Heater 15 KW 3 phase	27
รูปที่ 6.4 แสดงรายละเอียดภายใน	28
รูปที่ 6.5 กล้องกำลังขยายสูง	28
รูปที่ 6.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก	29
รูปที่ 6.7 เครื่องทดสอบแรงดึง	29
รูปที่ 6.8 อินเวอร์เตอร์	30
รูปที่ 6.9 ไมโครเวฟ	30
รูปที่ 6.10 ชุดแผงไฟฟ้าโรงงาน	31
รูปที่ 6.11 ตัวควบคุมการใช้ Inverter	31
รูปที่ 6.12 Temperature Controller (RTD)	32
รูปที่ 7.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาที)	45

โดยใช้ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ 2 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ 7.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาทิจ)	46
โดยเปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา	
รูปที่ 7.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวล(kg) กับเวลา(นาทิจ)	47
โดยใช้ไมโครเวฟ 800 วัตต์ 2 ชั่วโมง ร่วมกับ Heater อุณหภูมิ 60 องศา	
รูปที่ 7.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก (kg) กับเวลา(นาทิจ)โดยใช้ speed 31 rpm	48
รูปที่ 7.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg) กับ เวลา(นาทิจ)โดยใช้ ไมโครเวฟ	49
ร่วมกับ Heater speed 31 rpm	
รูปที่ 7.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน	50
รูปที่ 7.7 กราฟแสดงค่า stress-strain ของผลิตภัณฑ์ขงพาราแต่ละ condition	50
รูปที่ 7.8 กราฟแสดงค่า Force-Extension ของผลิตภัณฑ์ขงพาราแต่ละ condition	51



รายการสัญลักษณ์

L_e	=	ความยาวของเสาสมมูล
L	=	ความยาวของเสา
E	=	(stainless steel 304), N/mm^2
K	=	รัศมีไจเรชั่น
σ_y	=	Yield strength, MPa
F_d	=	แรงวิกฤต (critical load)
N	=	ค่าความปลอดภัย
ρ_s	=	Density of stainless 304, Mg/m^3
A_s	=	พื้นที่หน้าตัดของเสา, m^2
T	=	แรงบิดที่เกิดจากแรงต้าน, N.m
N	=	ความเร็วรอบ, rpm
P	=	แรงสมมูล, N
Fr	=	แรงในแนวรัศมี
Fa	=	แรงในแนวแกนหรือแรงรูน
V	=	ตัวประกอบการหมุน = 1(วงในหมุน), 1.2(วงนอกหมุน)
X	=	ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี
Y	=	ตัวประกอบแรงรูน
Co, C	=	แรงประมินตัวประกอบ X และ Y
N_s	=	ตัวประกอบการระเทก
K_b	=	สำหรับบอลเบริง
Q	=	ปริมาณความร้อนของขดลวด, kW
P_{atm}	=	ความดันบรรยากาศ, kPa
\dot{m}_a	=	อัตราการไหลของอากาศ, kg/s
ρ_a	=	Density of air, kg/m^3
V_{in}	=	ความเร็วทางเข้า Heater, m/s
v	=	ปริมาตรจำเพาะ, m^3/kg
$C_{p,air}$	=	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, kJ/kg.K
R	=	ค่าคงที่ของอากาศ, kJ/kg.K
T_2	=	อุณหภูมิทางออก Heater, K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์(ต่อ)

T_1	=	อุณหภูมิทางเข้า Heater, K
T	=	อุณหภูมิห้อง, K
ε	=	ความขรุขระสัมบูรณ์, mm
f	=	ตัวประกอบความเสียดทาน
$h_{loss,f}$	=	เฮดสูญเสียหลัก, m
$h_{loss,m}$	=	เฮดสูญเสียรอง, m
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลาง, m
μ	=	Dynamic Viscosity, N.s/m ²
g	=	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s ²
Power,P	=	กำลังไฟฟ้าของ Blower, watt
ΔP	=	ความดันสูญเสียทั้งหมด, N/m ²



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากประเทศไทยได้มีการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมากที่สำคัญยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่ส่งออกของประเทศไทย ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มผลผลิตในการส่งออกให้ได้มากที่สุดและใช้เวลาในการผลิตให้น้อยลงและให้ทันต่อความต้องการของตลาด

สถานการณ์ตลาดและราคาของยางที่คาดว่าสถานการณ์ของตลาดยางภายในประเทศจะคึกคักขึ้นเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้ยางในประเทศเพิ่มขึ้น จากความขยายตัวของอุตสาหกรรมยางยานพาหนะและถุงมือยาง ประกอบกับสต็อกยางในประเทศเหลือน้อย ส่งผลให้ผู้ส่งออกเร่งซื้อยางเก็บเข้าสต็อก ดังนั้นจึงคาดว่าราคาขายจะมีแนวโน้มสูงขึ้นจากปีที่ผ่านมาเล็กน้อย

ในปัจจุบันได้มีการอบยางพารา โดยการใช้ลมควันและการตากแดดซึ่งในการตากแดดนี้จะลดมาปริมาณความชื้น ซึ่งวิธีนี้มักจะก่อให้เกิดปัญหาต่อยางพาราคุณภาพของยางพาราเปลี่ยนไปเนื่องจากฝุ่นละอองจากสภาพแวดล้อมที่ทำการตากยางพาราทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่ค่อยดีนัก การอบแห้งส่วนใหญ่จะใช้หลักการถ่ายเทความร้อน โดยจะให้ความร้อนจากผิวผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำการอบแห้งถ่ายเทเข้าสู่ภายในของผลิตภัณฑ์ซึ่งจากหลักการนี้ทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งต่างไปจากเดิมและวิธีการลมควันนี้จะใช้เวลาในการอบยางพารายาวนานแต่ก็ยังเป็นที่นิยมที่ใช้วิธีการนี้ในการอบยางพารา

ทั้งหมดนี้ที่กล่าวมาจะเป็นผลเสียที่เกิดขึ้นกับผลผลิตเนื่องจากการอบแห้งโดยทั่วไป ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีการอบแห้งขึ้นมา โดยการอบแห้งนี้ยังสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในขณะเดียวกันก็ยังสามารถทำให้ปริมาณของน้ำในผลิตภัณฑ์ออกมาได้มากกว่าวิธีแบบเดิมซึ่งวิธีการนี้ก็คือ “การอบยางพาราด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ”

การอบยางพาราด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟจะอาศัยคุณสมบัติการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟของผลผลิตที่นำมาทำการอบแห้ง ดังนั้นผลผลิตจะเกิดความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณภายในก่อนจากนั้นแพร่ขยายออกสู่ภายนอกหลักการนี้เองจึงได้มีการใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนเพื่อที่จะให้ลดปริมาณความชื้นให้เร็วขึ้น

ที่ผ่านมาได้มีการนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ของคลื่นไมโครเวฟที่ 0.3-300 GHz หรือในช่วงความยาวคลื่น 30-0.3 cm มาใช้เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนเพื่อใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆในงานอุตสาหกรรม การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ด้วยไมโครเวฟเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ

การให้พลังงานความร้อนด้วยการใช้คลื่นไมโครเวฟนี้จะอาศัยคุณสมบัติของการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่นำมาผ่านกระบวนการนี้ศัพท์ทางวิศวกรรมเกี่ยวข้องกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเราเรียกว่า วัสดุไดอิเล็กตริก หมายถึง วัสดุที่ฉนวนที่มีสร้างพื้นฐานทางจุลภาคมีลักษณะเป็นขั้วทางไฟฟ้า (dipoles) ซึ่งอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างdipolesและแม่เหล็กไฟฟ้าส่งผลทำ

ให้เกิดความร้อนภายในชิ้น (internal heat generation) ดังนั้นความร้อนจะกระจายภายในออกสู่ผิวภายนอก ซึ่งหลักการนี้จะทำให้ผิวของผลิตภัณฑ์ไม่เสียหายหรือต่างไปจากเดิมมากนัก

งานวิจัยหัวข้อนี้นับว่าเป็นงานวิจัยชิ้นแรกในประเทศไทยที่ศึกษากระบวนการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟแบบชั้นตากยางหมุน การศึกษาจะเน้นวิธีการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อสังเกตพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในกระบวนการอบแห้งรวมถึงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุตัวอย่าง โดยใช้ระบบลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟชนิดชั้นตากยางหมุนความถี่ที่ใช้คือ 2.46 GHz กำลังสูงสุดของเครื่องที่ทำได้คือ 2×800 วัตต์ ซึ่งเป็นระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าไมโครเวฟทั่วไป โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา คือ ผลของความเร็วรอบของชั้นวางยางพารา, ไมโครเวฟและอุณหภูมิของลมร้อน

1.2 วัตถุประสงค์

1. สร้างเครื่องอบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ
2. ศึกษาความเร็วของชั้นวางยางพาราและศึกษาอุณหภูมิของลมร้อนและคลื่นไมโครเวฟที่มีผลกระทบต่อยางพารา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการอบยางพาราโดยใช้ลมร้อนจาก Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสกับ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็ว 19 m/s
2. ศึกษาความเร็วของชั้นวางยางพาราโดยควบคุมความเร็วด้วย Inverter ที่ความเร็ว 20 rpm และ 31 rpm และใช้คลื่นไมโครเวฟที่ย่านความถี่ 2460 MHz

บทที่ 2

การอบแห้ง

2.1 การหาค่าความชื้นในผลผลิต

โดยทั่วไปแล้วปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำการอบแห้งนั้นจะถูกนิยามในรูปของอัตราส่วนของน้ำต่อมวลทั้งหมด กล่าวคือ ใช้มวลของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นเป็นมาตรฐานของการคำนวณความชื้น แต่ในกระบวนการอบแห้งนั้นมวลของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นจะเปลี่ยนแปลงค่าอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการใช้มวลของผลิตภัณฑ์ที่แห้งเป็นมาตรฐานจะสะดวกและมีความเหมาะสมกับการหาค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่นำ

มาผ่านกระบวนการอบแห้งมากกว่า

การบอกค่าความชื้นก็คือ การบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ภายในผลิตภัณฑ์สามารถบอกได้ 2 แบบดังต่อไปนี้ คือ

2.1.1 ความชื้นมาตรฐานเปียก

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในการค้ามักบอกในรูปของเปอร์เซ็นต์(%) ที่กำหนดได้โดยความสัมพัทธ์ดังนี้

$$M_w = \frac{w - d}{w}$$

2.1.2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะจะทำให้การคำนวณสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างหารอบแห้ง กำหนดได้โดยความสัมพัทธ์ดังนี้

$$M_d = \frac{w - d}{d}$$

โดยที่ M_w \equiv ความชื้นมาตรฐานเปียก

M_d \equiv ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w \equiv มวลของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้น

d \equiv มวลของผลิตภัณฑ์แห้ง

2.2 การแพร่กระจายของความชื้น

ปริมาณความชื้นที่กำจัดออกไปจากผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น เนื่องจากการแพร่กระจายของเหลวหรือไอน้ำผ่านโครงสร้างของผลิตภัณฑ์นั้น ขั้นตอนการเคลื่อนที่ของความชื้นจะเกิดขึ้นหลังจากการระเหยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงจะเรียกว่า “ ปริมาณความชื้นวิกฤต ” ซึ่งขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ อันเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำการอบแห้ง อัตราลดลงนี้จะประกอบด้วย 2 ช่วง คือ ช่วงแรก CD และช่วงสอง DE

2.3.1 การอบแห้งในช่วงอัตราคงที่

ช่วงที่อัตราคงที่ในรูปที่ 2.1 (ค) ปริมาณความชื้นจะลดลงอย่างมากด้วยอัตราคงที่ BC และที่อุณหภูมิคงที่ ขั้นตอนการอบแห้งนี้จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิระเหยเปียกของอากาศ อัตราการกำจัดความชื้นจากผลิตภัณฑ์จะถูกจำกัดด้วยอัตราการระเหยจากผิวน้ำบนผลิตภัณฑ์ หรือภายในผลิตภัณฑ์ อัตราการอบแห้งจะดำเนินการต่อไป ขณะที่การเคลื่อนที่ของความชื้นไปยังผิวที่การระเหยเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าการระเหยที่เกิดขึ้นที่ผิว

2.3.2 การอบแห้งในช่วงอัตราลดลง

หลังจากที่ความชื้นลดลงถึงปริมาณความชื้นวิกฤต กระบวนการอบแห้งจะดำเนินไปในอัตราลดลง เนื่องจากการระเหยเกิดขึ้นด้วยอัตราลดลง ดังนั้นหลังจากถึงจุดปริมาณความชื้นวิกฤต อัตราการอบแห้งจะลดลงด้วยความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับปริมาณความชื้นที่ลดลง ในบางผลิตภัณฑ์อาจมีช่วงอัตราลดลงมากกว่าหนึ่ง ซึ่งจะสังเกตเห็นอัตราการอบแห้งลดลงช่วงที่สองหรือสามในช่วงอัตราลดลง พื้นที่ผิวอิมตัวจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการระเหยที่ผิว ดังนั้นอัตราการอบแห้งจึงลดลง ขณะที่พื้นที่ผิวไม่อิมตัวเพิ่มขึ้น

2.4 การประมาณเวลาของการอบแห้ง

ในช่วงอัตราคงที่ผลิตภัณฑ์ขึ้นจำนวนหนึ่งจะถูกอบแห้งภายใต้สภาวะที่คาดว่าเหมือนกับ เครื่องอบแห้งที่ใช้ในทางการค้าทั่วไป สภาวะนี้คือ การใช้พื้นที่ผิว , อุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมเหมือนกันอย่างมีความสัมพันธ์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงจะถูกบันทึกตลอดอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลนี้จะนำไปสร้างกราฟการเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลา ดังในรูปที่ 2.4 ซึ่งจากกราฟนี้จะสามารถนำไปประมาณเวลาของการอบแห้งได้โดยตรงภายในช่วงอัตราคงที่ ดังนี้

$$R_c = \frac{dw}{dt} = \frac{w_o - w_c}{t_c}$$

หรือจะได้ว่า

$$t_c = \frac{w_o - w_c}{R_c}$$

โดยที่ $R_c \equiv$ อัตราอบแห้งคงที่

$w \equiv$ ปริมาณความชื้น

$w_o \equiv$ ปริมาณความชื้นเริ่มต้น

$w_c \equiv$ ปริมาณความชื้นวิกฤต

$T \equiv$ เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สร้างขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$t_c \equiv$ เวลาในช่วงการอบแห้ง

ในช่วงอัตราลดลง สามารถหาเวลาของการอบแห้งได้ดังนี้

$$t_F = \frac{w_c}{R_c} \ln\left(\frac{w_c}{w}\right)$$

ดังนั้นเวลาในการอบแห้งทั้งหมด คือ

$$t = t_c + t_F$$

2.5 การถ่ายเทความร้อนและมวลสารในช่วงการอบแห้ง

เมื่อนำผลผลิตเข้าไปทำการอบแห้งจะมีกระบวนการพื้นฐานเกิดขึ้นพร้อมกัน 2 กระบวนการ คือ การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสาร

2.5.1 การถ่ายเทความร้อน

1. การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อน โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งกับ โมเลกุลใกล้เคียง ค่าสภาพการนำความร้อนจะเป็นคุณสมบัติของสารที่ประกอบกันขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันไป ค่าสภาพการนำความร้อนของน้ำจะสูงกว่าของผลิตภัณฑ์แห้ง ในขณะที่มีการอบแห้งค่าสภาพการนำความร้อนจะลดลง การนำความร้อนมักเกิดกับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นสูง
2. การพาความร้อน เนื่องจากการพาความร้อนเกิดขึ้นกับตัวกลาง ของแข็งและของเหลวหรือไอ ดังนั้นสำหรับในผลิตภัณฑ์ที่มีความพรุน ซึ่งภายในช่องจะประกอบไปด้วยไอและของเหลว จะเกิดการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนเกิดขึ้น
3. การแผ่รังสีความร้อน ในกระบวนการอบแห้งการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีความร้อนจะมีค่าต่ำแต่ในกรณีของการอบแห้งแบบสุญญากาศจะมีค่าสูงขึ้น

2.5.2 การถ่ายเทมวลสาร

สำหรับกลไกที่ทำให้ความชื้นเคลื่อนที่ภายในผลิตภัณฑ์ คือ การเคลื่อนที่ของของเหลวที่เกิดจากแรงคาพิลารี , การแพร่ของเหลว , การแพร่ของไอน้ำ , การแพร่ของไอและการแพร่ที่บริเวณผิว

1. การเคลื่อนที่ของของเหลวด้วยแรงคาพิลารี พบว่ามีลักษณะที่ซับซ้อนมากยากต่อการคำนวณและแยกแยะ การเคลื่อนที่แบบนี้เกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นหรือจากแรงคาพิลารี จึงใช้ค่าสภาพนำความร้อนของเหลวมาอธิบาย

2. การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องมาจากการแพร่ของของเหลวและเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์ อาจเป็นการเคลื่อนที่ของของเหลวหรือไอ ถ้าเป็นของเหลวมีการเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นที่ต่างกัน ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อน้ำได้ระเหยไปจากผิวหน้า

3. การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากการแพร่ของไอ น้ำ เกิดจากความแตกต่างของความดันย่อยของ อากาศที่อยู่ในรูปปิดเล็ก ๆ มีลักษณะคงที่ แต่พอไอน้ำที่เกิดจากการระเหยของน้ำในระหว่างการอบแห้งแพร่ซึมผ่านเข้าไปยังรูปปิดเล็ก ๆ นี้ จะไปไล่อากาศจากบริเวณที่มีความดันไอน้ำสูงไปสู่ที่ความดันไอน้ำต่ำ จากการศึกษาของ Gording ได้แสดงให้เห็นว่าค่าความต้านทานต่อการแพร่เพิ่มขึ้นอย่างสูงชัน เมื่อปริมาณความชื้นต่ำกว่า 0.2

4. การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากการแพร่ของไอ เกิดจากความแตกต่างของความดันไอ ความชื้นอาจจะเคลื่อนที่โดยการแพร่ของไอน้ำผ่านผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง ทรายเท่าที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ นอกจากนี้การระเหยและการแพร่ของไออาจเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง โดยผลิตภัณฑ์นั้นได้รับความร้อนเพียงข้างหนึ่งแต่จะเกิดการระเหยและแพร่ไปอีกด้านหนึ่ง

5. การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากการแพร่ของของเหลวที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การแพร่ของน้ำที่ดูดซับไว้ที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำ ประมาณ 10% -15% อาจเรียกการแพร่แบบนี้ว่า “การแพร่โดยการกระตุ้น”



บทที่ 3

ไมโครเวฟ

3.1 เตาไมโครเวฟคืออะไร

เตาไมโครเวฟ (MICROWAVEOVEN) เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ให้ความร้อนแก่อาหารอีกชนิดหนึ่งซึ่งทำให้อาหารร้อนขึ้นด้วยวิธีการแพร่กระจายคลื่น เรียกว่า “ คลื่นไมโครเวฟ ” ความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) แทนที่จะใช้ตัวกำเนิดความร้อนชนิดอื่น ๆ เช่น ลวดความร้อน (HEATER) และถ่านไม้ (CHARCOAL) เป็นต้น

หลักการเบื้องต้นของการปรุงอาหารด้วยไมโครเวฟ คือ การทำให้โมเลกุลในอาหารเป็นล้านๆ โมเลกุลกลับขั้วไปมาอย่างรวดเร็วเป็นจำนวน 4900 ล้านครั้งต่อวินาที ทำให้โมเลกุลเสียดสีกันเองเกิดความฝืด ในที่สุดเกิดความร้อนขึ้นคล้ายๆกับการจอลวดบิดไปมาอย่างรวดเร็วก็เกิดความร้อนได้เช่นกัน

ในเตาอบไมโครเวฟ จะมีอุปกรณ์กำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้น เมื่อผ่านเข้าไปในน้ำจะทำให้โมเลกุลของน้ำหมุนและไปเสียดสีเข้ากับโมเลกุลของน้ำตัวอื่น เกิดแรงเสียดทานขึ้นและแรงเสียดทานนี้จะนำไปสู่ความร้อนในที่สุด



การค้นพบประโยชน์ของคลื่นไมโครเวฟในการให้ความร้อนถูกค้นพบ โดยบังเอิญภายในห้องทดลองของนักฟิสิกส์ชื่อ ดร.เปอร์ซี สเปนเซอร์ (ER. PERCY SPENCER) ในปี ค.ศ. 1945 (พ.ศ. 2488) โดย ดร.เปอร์ซี เผลอวางแซนวิชบนอุปกรณ์ที่ปล่อยคลื่นสั้นออกมาและเมื่อเขาเอาแซนวิชออกใน 2-3 นาที ต่อมาพบว่าตรงกลางไส้ของขนมปังร้อน ความร้อนที่ได้รับนี้แตกต่างจากวิธีรับความร้อนโดยทั่วไปซึ่งปกติจะส่งความร้อนจากผิวนอกเข้าไปหาด้านใน แต่วิธีที่รับคลื่นสั้นหรือไมโครเวฟนี้ อาหารจะร้อนจากข้างในออกสู่ด้านนอกจากความรู้ที่ค้นพบในปี ค.ศ. 1945 (พ.ศ. 2490) เตาไมโครเวฟเตาแรกได้ถือกำเนิดขึ้นโดยใช้ในกิจการครัวของโรงพยาบาลและโรงครัวของทหาร ต่อมาได้นำไปใช้ในโรงแรมภัตตาคารต่างตลอดจนในธุรกิจอาหารทั่วไปไมโครเวฟที่ใช้อยู่ภายในบ้านถูกแนะนำออกมาในปี ค.ศ. 1969 (พ.ศ. 2512) และรู้จักแพร่หลายในอีก 1 ปีถัดมา

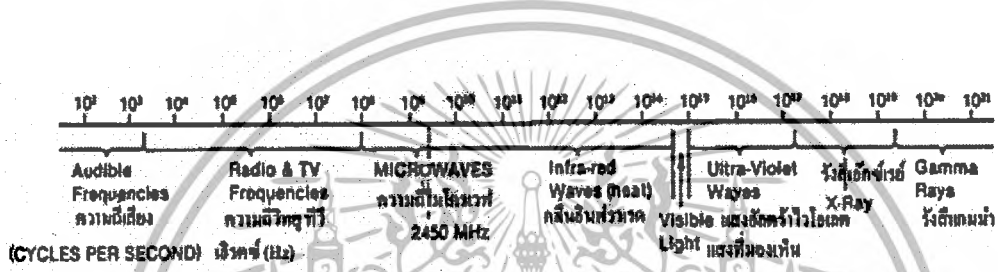
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 1972 (พ.ศ. 2515) บริษัทมัตซึชิตะเฮาส์ซิงโปรดักท์จำกัด (MATSUSHITA HOUSING PRODUCTS CO., LTD) ได้แนะนำหนังสือคู่มือเกี่ยวกับเทคโนโลยีของไมโครเวฟเป็นครั้งแรก ซึ่งมาถึงทุกวันนี้ หลักการพื้นฐานของการปรุงอาหารด้วยคลื่นไมโครเวฟยังคงเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

ในปี ค.ศ. 1979 (พ.ศ. 2522) บริษัท ซัมซุง อิเล็กทรอนิกส์ (SAMSUNG ELECTRONICS) เป็นบริษัทแรกของประเทศเกาหลีที่ผลิตเตาไมโครเวฟออกจำหน่ายทั้งในประเทศเกาหลีและทั่วโลก

3.2 ทฤษฎีและหลักการไมโครเวฟ

ไมโครเวฟ คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ $10^8 - 10^{10}$ MHz ซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไปคล้ายกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอื่นๆ เช่น สามารถเคลื่อนที่ภายใต้สภาวะสุญญากาศได้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงช่วงความถี่และความยาวคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ

การนำไมโครเวฟมาใช้ในการให้ความร้อนกับงานด้านการอบแห้ง จะอาศัยสมบัติของการเกิดความร้อน 2 แบบ ดังนี้

3.2.1 Ionic Polarization

โดยไอออนที่วิ่งในสนามไฟฟ้า จะวิ่งผ่านไปมาผลผลิตที่นำมาอบและเข้าชนเสียดสีกับโมเลกุลของน้ำเกิดเป็นพลังงานจลน์และเปลี่ยนไปเป็นความร้อนในที่สุด พลังงานที่ได้จากไมโครเวฟจะมีค่าความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$P = \mu E^2 qn \dots\dots\dots(3.1)$$

- โดยที่ P ≡ พลังงานที่เกิดต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร
- E ≡ สนามไฟฟ้า
- Q ≡ ประจุไฟฟ้าแต่ละไอออน
- n ≡ ความหนาแน่นของไอออน
- μ ≡ level of mobility ของไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Dipole Rotation

เนื่องจากไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงจากบวกเป็นลบอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่เดียวกันประจุในโมเลกุลของน้ำที่มีประจุต่างจากสนามไฟฟ้าจะถูกดูดเข้ามาส่วนประจุชนิดเดียวกันจะถูกผลักออกไป สลับกับอยู่ตลอดเวลาซึ่งจากการเคลื่อนที่ของประจุในโมเลกุลนี้ทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นสะเทือนและเกิดพลังงานความร้อนขึ้น ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของ Dipole rotation

พลังงานที่เกิดขึ้นจะเป็นความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$P = kE^2 f \epsilon'' \dots \dots \dots (3.2)$$

- โดยที่ $f \equiv$ ความถี่
- $\epsilon'' \equiv$ แพลกเคอร์สติวูเลียที่ขึ้นกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อุณหภูมิและความชื้น
- $k \equiv$ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับหน่วยของการวัดที่ใช้
- $E \equiv$ สนามไฟฟ้า

3.3 ลักษณะของคลื่นไมโครเวฟ (CHARACTERISTIC OF MICROWAVES)

คลื่นไมโครเวฟมีลักษณะประจำตัวอยู่ 3 อย่างคือ

3.3.1 การสะท้อนคลื่น (REFLECTION)

คลื่นไมโครเวฟ เมื่อส่งไปโดนโลหะจะสะท้อนคลื่นไม่สามารถทะลุผ่านโลหะไปได้ดังนั้น ถ้าใช้โลหะห่อหุ้มอาหารในเตาไมโครเวฟอาหารจะไม่ร้อน จึงควรหลีกเลี่ยง

3.3.2 การทะลุผ่านของคลื่น (PENETRATION)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านวัสดุบางชนิด คล้ายช่องกระจกหน้าต่างที่ยอมให้แสงธรรมดาส่องผ่านตัวมันได้ วัสดุที่เป็นรู้จักกันแพร่หลายของการทะลุผ่านของคลื่น คือ แก้ว ทั่วไป (ยกเว้น แก้วเจียรนัยที่มีส่วนผสมของตะกั่วซึ่งเป็นโลหะ) , แก้วทนความร้อน , เครื่องกระเบื้อง , เคลือบเครื่องถ้วยชามเคลือบ , กระดาษ , พลาสติก เป็นต้น ดังนั้นเมื่อนำวัสดุเหล่านี้มาทำเป็นวัสดุบรรจุอาหาร ตัววัสดุเองจะไม่ร้อนจะร้อนเฉพาะอาหารเท่านั้น

3.3.3 การดูดกลืนของคลื่น (ABSORPTION)

คลื่นไมโครเวฟสามารถดูดกลืนได้โดย อาหาร น้ำ หรือ วัตถุที่มีส่วนประกอบของน้ำอยู่ ทำให้กำลังงานของคลื่นลดลงไป ซึ่งกำลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้จะเปลี่ยนสภาพทำให้วัตถุร้อนขึ้นวัตถุที่ดูดกลืน นอกจากจะเป็นอาหารและน้ำแล้วยังจะประกอบด้วยพวกเครื่องปั้นดินเผาที่ไม่ได้เคลือบทั้งหมด เนื่องจากเหตุที่ว่าเครื่องปั้นดินเผาที่ไม่ได้เคลือบจะมีรูพรุนมาก ทำให้มีความชื้นหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ มีละอองน้ำแทรกเข้าไปอยู่ในรูพรุนเหล่านั้น เมื่อนำมาใช้ในเตาไมโครเวฟตัวละอองน้ำจะร้อนส่งผลให้ตัววัสดุร้อนไปด้วย

3.4 แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ (MICROWAVE SOURCES)

ในธรรมชาติแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟมาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานขนาดใหญ่ แต่มนุษย์เรายังไม่สามารถควบคุม กำลังงานไมโครเวฟที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์ อันนำไปสูการนำเอาพลังงานไมโครเวฟทางธรรมชาตินี้ไปใช้ประโยชน์ได้มนุษย์จึงต้องสร้างไมโครเวฟขึ้นมาใช้เอง ตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟถูกสร้างมาจากอุปกรณ์ 3 แบบคือ

3.4.1 แบบหลอดสูญญากาศ (MICROWAVE TUBES)

3.4.2 แบบโซลิดสเตท (SOLID STATE MICROWAVE SOURCES)

3.4.1แบบหลอดสูญญากาศ (MICROWAVE TUBES)

แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟแบบหลอดสูญญากาศนี้ ให้กำลังงานคลื่นไมโครเวฟออกมาสูงกว่าแบบโซลิดสเตท แม้ว่าจะใช้ในวงจรความถี่สูงๆมากๆ เป็น 10 GHz กำลังที่ได้จะตกลงไปไม่มาก เช่น นำหลอดไมโครเวฟไปใช้ขยายคลื่นไมโครเวฟภาคสุดท้ายของเครื่องส่งวิทยุในย่านไมโครเวฟ เช่น ใช้ในเรดาร์ (RADAR) และใช้ในเตาไมโครเวฟ (MICROWAVE OVEN) เป็นต้น แบ่งหลอดกำเนิดคลื่นไมโครเวฟออกเป็น 3 แบบคือ

3.4.1.1 หลอดไครสตรอน (Klystron) เป็นหลอดแบบแรกที่เกิดขึ้นเพื่อใช้งานในย่านความถี่ไมโครเวฟที่มีการใช้งานอยู่ 2 แบบ ใช้เป็นตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟและเป็นตัวขยายคลื่นในย่านความถี่ 300 เมกะเฮิรตซ์ถึงความถี่ 30 กิกะเฮิรตซ์ จะใช้หลอดนี้ในภาคขยายสุดท้ายก่อนส่งออกอากาศของสถานีภาคพื้นดินของดาวเทียม

3.4.1.2 หลอดแตรเวลลิง (Travelling Wave tube) เป็นหลอดที่พัฒนาขึ้นมาจากหลอดไครสตรอน อันเนื่องจากว่าในหลอดไครสตรอนมีแบนด์วิธของคลื่นแคบประมาณ 1-8 % เท่านั้น เมื่อพัฒนาเป็นหลอดแตรเวลลิงมีแบนด์วิธกว้างขึ้นคือ ตั้งแต่ความถี่ 500 เมกะเฮิรตซ์ - 16 กิกะเฮิรตซ์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

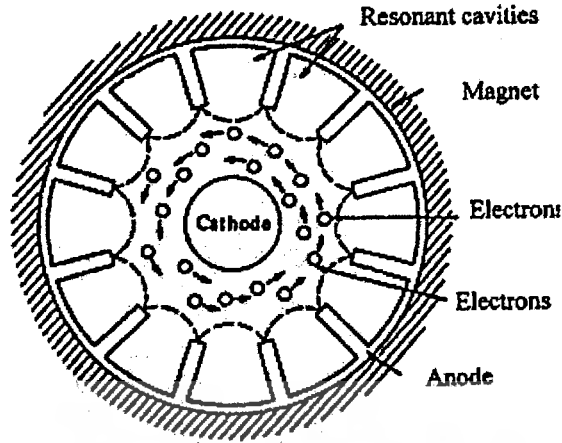
เครื่องไมโครเวฟในย่านเอ็กแบนด์ ใช้ขยายสัญญาณของระบบโทรคมนาคมประเภทเอ็กแบนด์ใช้ขยายกำลังภาคสุดท้ายในระบบสื่อสารดาวเทียมและเรดาร์

3.4.1.3 หลอดแม็กนีตรอน (Magnetron tubes) เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟอีกชนิดหนึ่งที่ทำให้กำลังงานออกมาสูงสุดปัจจุบันหลอดแม็กนีตรอนสามารถให้กำลังงานเอาต์พุตได้ออกมาสูงสุดถึง 40 เมกะวัตต์ ที่ระดับความต่างศักย์ 50 กิโลโวลต์ ฅ. ความถี่ 10 กิกะเฮิรตซ์ เนื่องจากหลอดแม็กนีตรอนมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่สูง เช่น ในเตาไมโครเวฟและเป็นตัวส่งคลื่นเรดาร์ออกไป

3.4.2 หลอดแบบถิลสเตรท (Solid state microwave sources) เนื่องจากสารกึ่งตัวนำมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเมื่อมีการพัฒนาจนสามารถใช้งานได้ถึงความถี่ไมโครเวฟแล้ว สารกึ่งตัวนำเหล่านี้จึงถูกนำไปแทนหลอดไมโครเวฟในส่วนที่ใช้กับกำลังงานต่ำจนถึงกำลังงานปานกลาง เช่น ใช้กับไดโอด (Gunn Diode) เป็นตัวกำเนิดความถี่ไมโครเวฟแทนหลอดหลอดหลอด แต่ให้กำลังออกมาต่ำประมาณ 10 mW – 1W ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกันไดโอดถูกนำไปประยุกต์ใช้เป็นวงจรกำเนิดความถี่ไมโครเวฟในการรับส่งคลื่นไมโครเวฟกำลังงานต่ำ เช่น เรดาร์ของตำรวจเนื่องจากกันไดโอดมีประสิทธิภาพต่ำในการใช้งานที่ต้องการเอาต์พุตสูงไม่ได้จึงมีการพัฒนาขึ้นมาเป็น “อิมแพทไดโอด (Impatt Diode)” ทำให้ได้เอาต์พุตสูงสุดถึง 4-5 เท้า ในย่านความถี่เอ็กแบนด์หลังจากการพัฒนาไดโอดก็มาสู่การพัฒนาทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานในย่านไมโครเวฟทำให้มีการขยายกำลังงานด้านเอาต์พุตออกไปสูงขึ้นอีกนำไปใช้ในวงจรอื่นๆในย่านความถี่ไมโครเวฟได้มากขึ้น เช่น นำไปใช้ในวงจรมอดูเลเตอร์ (Modulator), วงจรมอดูเลเตอร์ (Demodulator), วงจรมิเซอร์ (mixer), วงจรดีเทคเตอร์ (Detector)

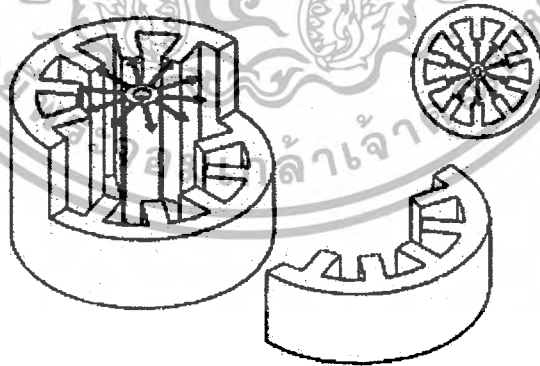
3.5 แม็กนีตรอน (Magnetron)

แม็กนีตรอนเป็นตัวกำเนิดไมโครเวฟชนิดหนึ่ง นิยมใช้กันอยู่ในเตาไมโครเวฟและเรดาร์ การที่ผู้ผลิตเตาไมโครเวฟทุกยี่ห้อเลือกใช้ แม็กนีตรอนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ มีขนาดเล็กแต่ให้ประสิทธิภาพกำลังงานสูง มีเสถียรภาพในการทำงานที่ความถี่ที่ต้องการได้ดี ในปัจจุบันเตาไมโครเวฟทุกยี่ห้อตัวแม็กนีตรอนจะสร้างควมถี่ 2460 ± 50 MHz เมื่อโหลดมากการคั้งกระแสสูงหรือคั้งกระแสต่ำมากตัวแม็กนีตรอนยังสร้างควมถี่ค่อนข้างคงที่ จะเห็นได้ว่าการเกิดคลื่นผิดพลาดน้อยมาก เมื่อเทียบกับส่วนควมถี่หลักที่สร้างขึ้นผิดพลาดเพียง ± 50 MHz เท่านั้น ซึ่งการผิดพลาดของควมถี่นี้มีผลน้อยมากต่อการปรุงอาหาร ข้อดีของแม็กนีตรอนคือ สร้างง่ายราคาถูกอันเนื่องจากอุปกรณ์ภายในน้อยมาก



รูปที่ 3.3 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบของ แม็กนีตรอน

3.5.1 หลักการทำงานของแม็กนีตรอน การทำงานของแม็กนีตรอนเริ่มต้นจากไส้หลอด (Filament) ซึ่งอยู่ตรงกลางของแม็กนีตรอนได้รับแรงไฟฟ้าประมาณ 3.3 โวลต์เอซี ทำให้ไส้หลอดหรือแคโทด (Cathode) นั้นร้อนขึ้นส่งผลให้อิเล็กตรอนอิสระหลุดออกจากแคโทด เนื่องจากขั้วแคโทดต่อกับขั้วลบของแรงดันประมาณ 4000V และขั้วบวกของแรงดัน 4000 V ต่อไว้กับแอโนด (Anode) แม็กนีตรอนตัวอิเล็กตรอนเองมีประจุเป็นลบ ดังนั้นเมื่อต่อขั้วลบเข้ากับแคโทดจะเกิดการผลักขั้วเหมือนกันออกไป อิเล็กตรอนที่ถูกผลักออกมานี้จะถูกดูดเข้าหาขั้วบวกที่แอโนด ดังรูปที่ 3.4,3.5,3.6

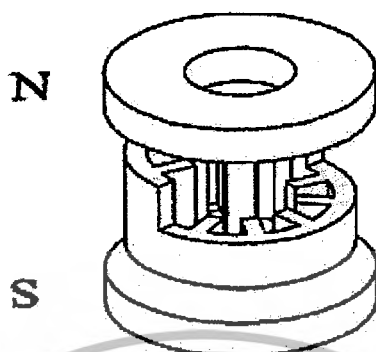


รูปที่ 3.4 หัวลูกศรแสดงอิเล็กตรอนจากแคโทดไปยังแอโนด

จากรูปที่ 3.4 หัวลูกศรแสดงอิเล็กตรอนซึ่งปกติจะวิ่งออกจากแคโทดเป็นเส้นตรงไปหาแอโนด เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 5600 V ก่อให้เกิดความต่างศักย์ไว้ แต่ในหลอดโคโอดของแม็กนีตรอนยังมี

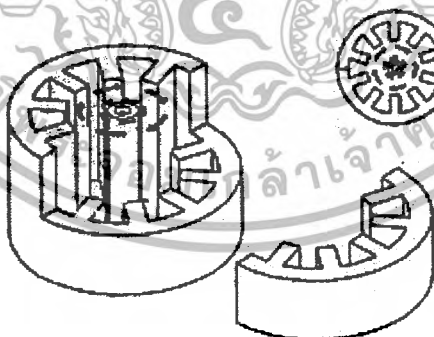
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามแม่เหล็กมาเกี่ยวข้อง โดยโรงงานจะใส่แม่เหล็กเป็นรูปวงกลมแบนวางที่ด้านบนและล่างร่วมแกน กับหลอดไดโอดดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการวาง แม่เหล็กร่วมแกนไดโอด

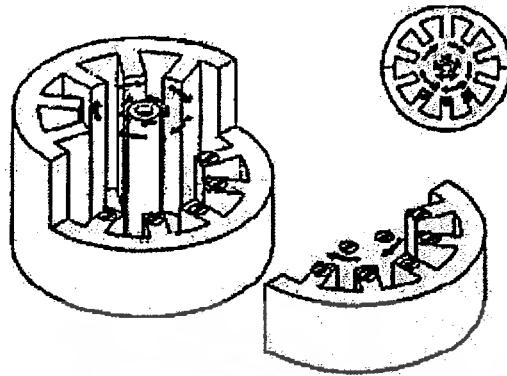
โดยมีขั้วแม่เหล็กระหว่างตัวบนและตัวล่างตรงข้ามกัน เพราะมีสนามแม่เหล็กมาเกี่ยวข้อง อิเล็กตรอนที่หลุดออกจากแคโทดแทนที่จะวิ่งตรงไปหาแอโนดกลับ โดยสนามแม่เหล็กเบี่ยงเบนไปในทิศทางตามกฎของเฟลมมิ่งคือ กำมือขวาแล้วยกหัวแม่มือขึ้น ถ้าทิศทางของนิ้วชี้, นิ้วกลาง, นิ้วนาง, นิ้วก้อย ที่ชี้ไปในทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่ออิเล็กตรอนวิ่งผ่านจะถูกเบี่ยงเบนไปในทิศทางที่นิ้วหัวแม่มือชี้ไป ดังนั้นอิเล็กตรอนในเม็กรีดรอนจึงวิ่งวนไปทางขวา ดังรูปที่ 3.3 ในที่สุดอิเล็กตรอนก็จะวิ่งไปถึงแอโนด



รูปที่ 3.6 แสดงการวิ่งของอิเล็กตรอนที่โดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เบี่ยงเบน

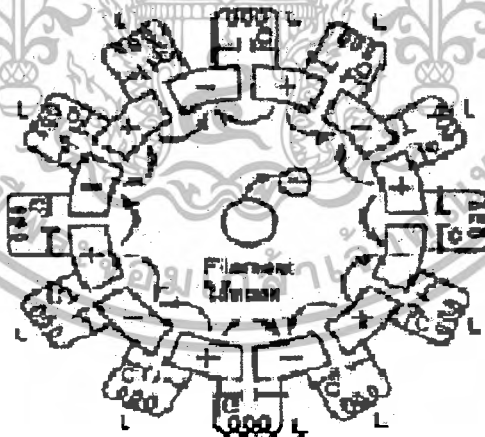
การหมุนวนที่เป็นวงกลมของอิเล็กตรอนก่อให้เกิดกระแสสลับเกิดในโพรง Cavity ของแอโนด เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนตัวเข้าใกล้ส่วนใดส่วนหนึ่งระหว่าง 2 Cavity อิเล็กตรอนจะเหนี่ยวนำเอาประจุบวกจากแอโนดเวน (Anode vane) ดังแสดงในรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการเหนี่ยวนำเอาประจุบวกของอิเล็กตรอน

เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ห่างออกไปประจุบวกบนแอโนดเวนอันถัดไป ทำให้เกิดขั้วบวกและขั้วลบสลับกันไปเกิดเป็นกระแสสลับขึ้น การเหนี่ยวนำของกระแสสลับในระหว่างแอโนดเควิตี้สามารถอธิบายด้วยการแสดงในรูปของวงจรเท็งก์ (Tank circuit) หรือเรียกวงจรเรโซแนนท์ (Resonant circuit) ที่ความถี่ 2460 MHz ตามรูปที่ 3.7

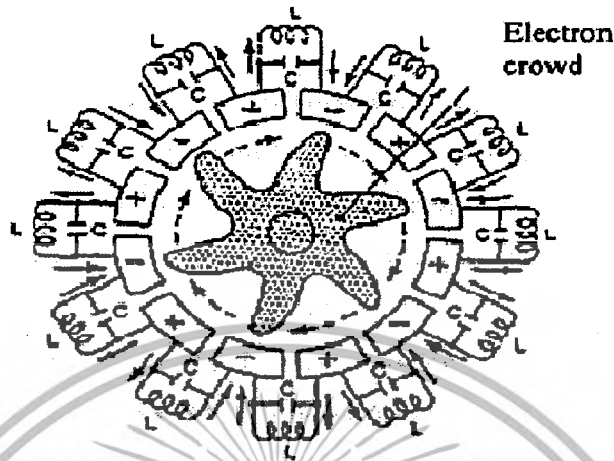


รูปที่ 3.8 แสดงการเหนี่ยวนำของกระแสสลับในระหว่าง Anode Cavities

ในการทำงานจริงๆของแม็กนีตรอน อิเล็กตรอนไม่ได้เคลื่อนที่เพียงตัวเดียวแต่จะเคลื่อนที่เป็นกลุ่มเป็นรูปลักษณะการหมุนเป็นวงคล้ายวงจักรดังรูปที่ 3.8 ด้วยอิทธิพลจากความต่างศักย์สูงระหว่างแคโทดและแอโนดและสนามแม่เหล็กกำลังสูง เมื่อกลุ่มอิเล็กตรอนเคลื่อนที่หมุนวนรอบๆแอโนดเวน

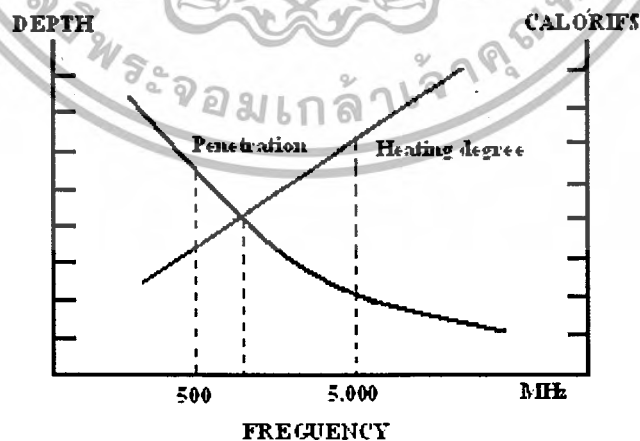
เอกสารนี้เป็นและในที่สุดก็ถึงตัวเควิตี้ส่งผลให้เกิดความถี่ตามวงจรเรโซแนนท์ ซึ่งความถี่ที่ได้มีกำลังงานสูงถูกนำส่งไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไปจากเควิตี้ภายในแม็กนีตรอน โดยสายอากาศส่งออกสู่ภายนอกแล้วส่งต่อให้เวฟไกด์ (Wave Guide) หรือท่อนำคลื่นไปสู่ห้องปรุงอาหารหรือภายในตู้



รูปที่ 3.9 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นกลุ่ม

คลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นที่มีความถี่ตั้งแต่ 300-10000 MHz ซึ่งเป็นย่านที่กว้างมาก จากการวิจัยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ตั้งแต่ 500-5000 MHz มีประสิทธิภาพเหมาะสมในการนำมาใช้กำเนิดความร้อน แต่ในเครื่องไมโครเวฟใช้ความถี่ 2460 MHz เนื่องมาจากการวิจัยความถี่นี้สามารถทำให้อาหารส่วนใหญ่สุกได้รวดเร็วและลึกเข้าไปถึงภายในระดับความลึกพอดี (Penetration Depth) ดังนั้นในเครื่องไมโครเวฟทั่วไปจึงสร้างให้มีความถี่ 2460 MHz



รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Depth, Heating degree, Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของการทะลุผ่านระดับของอุณหภูมิของความร้อนและความถี่ จะพบว่าที่ความถี่ต่ำกว่าจะมีการทะลุผ่านของคลื่น ได้ลึกกว่าแต่เวลาปรุงอาหารจะเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากความร้อนที่ได้ต่ำที่ความสูงกว่าเวลาที่ในการปรุงอาหารจะเร็วกว่า เนื่องจากได้รับความร้อนมากกว่าแต่การทะลุผ่านจะตื้น

3.6 ข้อควรระวังในการใช้เตาไมโครเวฟ

- อย่างนำสิ่งของที่ติดไฟได้ง่ายวางไว้ใกล้ ๆ หรือข้างในเตาไมโครเวฟโดยเด็ดขาดเพราะอาจจะทำให้ติดไฟหรือเกิดการระเบิดได้ง่าย
- ควรใช้ประโยชน์จากเตาไมโครเวฟภายในขอบเขตที่ได้ระบุไว้ในคู่มือเท่านั้น ห้ามนำวัตถุที่มีที่สามารถเผาผลาญได้มาใช้กับเตาไมโครเวฟ , ห้ามนำเตาไมโครเวฟไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและห้องแล็บโดยเด็ดขาด
- อย่างนำกระดาษ, ดอกไม้แห้ง, ฝ้าย, หรือวัสดุติดไฟอบด้วยเตาไมโครเวฟ โดยเด็ดขาดไม่ควรปล่อยให้เครื่องทำงานตามลำพัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีกระดาษพลาสติกหรือวัสดุติดไฟง่ายเป็นส่วนประกอบในการทำอาหาร
- ผู้ปกครองไม่ควรปล่อยให้เด็กใช้เตาไมโครเวฟโดยลำพัง ทั้งนี้คุณควรคอยให้คำแนะนำและดูแลอย่างใกล้ชิด
- ไม่ควรนำวัตถุที่เป็นโลหะทุกชนิดเข้าไปในเตาไมโครเวฟ
- ถ้าวัตถุที่อยู่ภายในเตาไมโครเวฟติดไฟขึ้นแรกควรรีบปิดสวิทช์เครื่องและห้ามเปิดฝาเครื่อง จากนั้นให้ดับสะพานไฟเพื่อไม่ให้กระแสไฟวิ่งไปที่เตาไมโครเวฟ
- ข้อควรระวังในการปรุงของเหลวคือของเหลวนั้น ๆ จะไม่เดือดให้เห็นถึงแม้ว่าของเหลวนั้นจะเดือดเกินจุดเดือดแล้วก็ตาม ซึ่งคุณควรปฏิบัติข้อแนะนำดังต่อไปนี้
 - หลีกเลี่ยงการใช้ภาชนะปากแคบ
 - คนของเหลวก่อนนำเข้าเตาไมโครเวฟและไม่ควรทิ้งซ้อนไว้ในเตาไมโครเวฟ
 - หลังจากการปรุงอาหารควรทิ้งไว้พักหนึ่งแล้วคนอีกครั้งก่อนนำภาชนะออกจากเตา
- ไม่ควรนำเอาไขดิบทั้งฟองปรุงในเตาไมโครเวฟ
- อย่างนำอาหารที่ถูกบรรจุในภาชนะสุญญากาศเข้าไปในเตาไมโครเวฟซึ่งอาจจะเกิดการระเบิดได้
- ไม่ควรปรุงอาหารที่มีความหนาแน่นของน้ำน้อย อาทิเช่น น้ำมัน ซ็อกโกแลต และขนมพายต่าง ๆ
- ไม่ควรตั้งเวลาปรุงอาหารเกินเวลาที่ระบุไว้ในคู่มือ
- ควรอ่านคู่มือเตาไมโครเวฟก่อนการใช้งาน
- หลังจากการอุ่นอาหารสำหรับเด็กแล้วคุณควรคนและทิ้งไว้ให้หายร้อนก่อนแล้วจึงให้เด็กรับประทาน
- อย่างนำฝานมเข้าไปในเตาไมโครเวฟด้วยเพราะอาจจะละลายได้
- ควรใส่ถุงมือทุกครั้งที่จะนำภาชนะออกจากเตาไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7. วิธีป้องกันโดยใช้ระบบ Child lock

- ระบบ Child lock จะทำงานเมื่อเตาไมโครเวฟอยู่ในระบบ Standby เกิน 1 นาที ซึ่งเมื่อระบบ Child lock ทำงานเตาไมโครเวฟจะไม่สามารถทำงานได้โดยวิธีการยกเลิกคำสั่งนี้คุณจะต้องเปิดฝาแล้วปิดฝาอีกครั้งเพื่อยกเลิกคำสั่ง
- ในกรณีที่คุณพยายามจะเปิดเครื่องในขณะที่ระบบ Child lock ยังทำงานอยู่ เครื่องจะทำการเตือนโดยส่งเสียงฮือดและมีคำว่า Door ปราภฏที่หน้าจอขึ้นประมาณ 2 วินาที



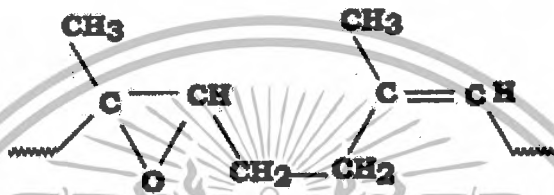
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ยางพารา

4.1 ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (ENR)

ENR ย่อมาจาก Epoxidized Natural Rubber



รูปที่ 4.1 โครงสร้าง ยางพารา

มีการผลิตในทางการค้าเช่น ENR-25 และ ENR-50

ENR-25 หมายถึง ยางธรรมชาติที่มีจำนวน โมล 25 เปอร์เซนต์เกิดการอีพอกไซด์

ENR-50 หมายถึง ยางธรรมชาติที่มีจำนวน โมล 50 เปอร์เซนต์เกิดการอีพอกไซด์

ยางชนิดนี้มีลักษณะสีน้ำตาลเป็นยางธรรมชาติที่ปรับสภาพโครงสร้าง โดยใช้สารเคมีประเภทกรดเปอร์ออกไซด์ (Peroxy acid)

4.1.1 สมบัติและการใช้งาน

สมบัติที่สำคัญของยางชนิดนี้ คือ

1. ยางธรรมชาติอีพอกไซด์มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้างโมเลกุล ทำให้ยางมีความเป็นขี้ผึ้งขึ้นสามารถทนทานต่อน้ำมัน ได้เช่นเดียวกับยางไนไตรล์

2. สามารถทนทานต่อโอโซนและการซึมของอากาศดีใกล้เคียงกับยางบิวไทล์ เพราะพันธะคู่ในโครงสร้างยางธรรมชาติมีปริมาณลดน้อยลงและมีกลุ่มของอีพอกไซด์เกิดขึ้นแทนที่พันธะคู่ทำให้โมเลกุลของยางเคลื่อนที่ยากขึ้น

3. ผลัดกันซ์ยางที่วัลคาไนซ์ด้วยกำมะถันที่มีความต้านทานต่อความร้อนไม่ดียางจะมีความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลยางตรงตำแหน่งที่มีออกซิเจนมารวมต่อกันเป็นวงแหวนไม่แข็งแรง วงแหวนจะเปิดออกและเกิดการเชื่อมโยงแบบอีเทอร์พันธะขึ้น

การใช้งาน

1. ใช้ในอุตสาหกรรมรองเท้า โดยทำหน้าที่เป็นกาวหรือสารยึดติด

2. ใช้ในอุตสาหกรรมการทาสีทำให้เกิดการยึดติดดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3. ใช้ในอุตสาหกรรมยางรถยนต์ทำให้ทนทานต่อการซึมของอากาศ

4.2 การทำยางพาราแผ่น

ชาวสวนยางขนาดเล็กนิยมนำน้ำยางที่กรี๊ดได้ในแต่ละวันซึ่งมีปริมาณไม่มากนัก มาทำเป็นยางพาราแผ่นโดยวิธีง่ายๆ แบบชาวบ้าน เมื่อได้ยางแผ่นดิบซึ่งมีลักษณะเป็นสีขาวและมีความชื้นสูงจะนำไปผึ่งแห้งช่วงหนึ่ง เพื่อให้ความชื้นบนแผ่นยางลดลง เมื่อรวบรวมได้ปริมาณพอสมควร จะลำเลียงยางพาราแผ่นขึ้นรถเพื่อนำไปจำหน่ายที่ตลาดกลางยาง (รูปที่ 4.1 - 4.2) ยางเหล่านี้จะถูกนำมาทำให้แห้งโดยการรมควันต่อไป



รูปที่ 4.2 ยาง แผ่นดิบนำมาจำหน่ายที่ตลาดกลาง

รูปที่ 4.3 สต็อกยาง แผ่นดิบคุณภาพ แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยางแผ่นดิบที่จำหน่าย ณ.ตลาดกลางยางพาราสงขลา โดยการประมูลราคาเป็นยางแผ่นคุณภาพดี, ขนาดพอเหมาะ, ยางแผ่นบางและไม่มีสิ่งสกปรกในเนื้อยาง จึงมีการกำหนดคุณภาพชั้นยางโดยดูจากความชื้น คือ

ยางแผ่นดิบคุณภาพชั้น 1 ความชื้น ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์

ยางแผ่นดิบคุณภาพชั้น 2 ความชื้น ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

ยางแผ่นดิบคุณภาพชั้น 3 ความชื้น ไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

4.2.1คุณภาพของยางแผ่น

โดยทั่วไปจะพบว่าความประณีตในการทำยางพาราแผ่นของชาวสวนยางแต่ละแห่งแตกต่างกันทำให้ได้คุณภาพของยางแผ่น, ขนาดความกว้าง, ความหนา, น้ำหนักและความสะอาดบนแผ่นยางค่อนข้างแตกต่างกัน ทำให้มีเกิดปัญหาต่อคุณภาพของยางพาราได้พอสมควร

ยางแผ่นที่มีคุณภาพดี ควรมีลักษณะดังนี้

1. เป็นยางแผ่นที่สะอาด เมื่อส่องดูบนผิวของยางแผ่นด้วยสายตาจะไม่ปรากฏสิ่งสกปรก เช่น เศษหิน, ดิน, ทราย, เปลือกไม้, ฟองอากาศ, ไร้และรอยตำหนิอื่นๆ
2. ยางแผ่นมีขนาดความหนาสม่ำเสมอ คือ เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด ความกว้างเฉลี่ย 38 -46 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 80-90 เซนติเมตร ความหนาเฉลี่ย 2.8-3.2 มิลลิเมตร น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 800 -1200 กรัม ต่อแผ่น
3. ลักษณะผิวดอกยางและสีของยางแผ่นมีความสม่ำเสมอ อาจเป็นสีเหลืองอ่อนหรือค่อนข้างเข้ม แต่ต้องไม่คล้ำจนเกินไปไม่มีสีสลับเป็นทางๆ ฝ้าแห้วหรือขาดเป็นริ้ว
4. ยางมีความยืดหยุ่นดี เวลาออกแรงดึงด้วยมือไม่ขาดหรือไม่เกิดรูพรุนไม่แข็งกระด้างจนเกินไปและไม่เหนียวติดมือ

4.3 ยางแผ่นผึ่งแห้ง

ยางแผ่นผึ่งแห้ง หรือยางแผ่นไม่รมควันมีการควบคุมการผลิตแต่ละขั้นตอนอย่างพิถีพิถัน ทำให้แห้งโดยไม่ต้องรมควันจะใช้อากาศร้อนหรืออากาศธรรมชาติแทน

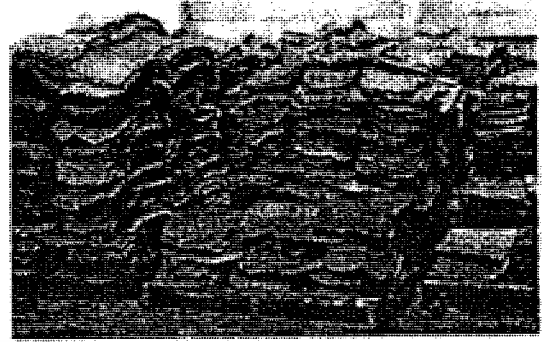
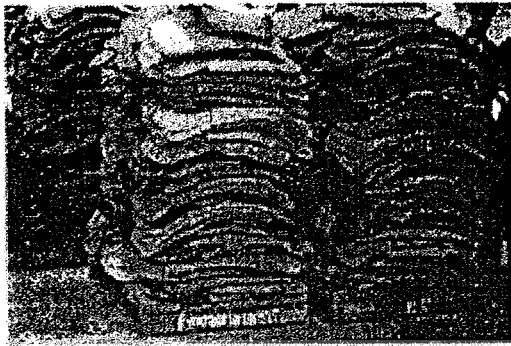
ตามหนังสือมาตรฐานสากลว่าด้วยการจัดชั้นคุณภาพและการบรรจุหีบห่อของยางธรรมชาติ กล่าวว่ายางแผ่นผึ่งแห้ง หมายถึง ยางที่มีสีใสมีขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับยางแผ่นรมควันทุกประการแต่ต้องมีการควบคุมแต่ละขั้นตอนในการทำอย่างเข้มงวด ไม่มีการเติมสารเคมีอื่น ๆ นอกจากสารที่ได้รับการยอมรับเช่น สารฟอสฟอริกโซเดียมไบซัลไฟต์และสารป้องกันการขึ้นราประเภทพาราโนโดรฟินอลมีการทำให้แห้งโดยการผึ่งลมบริเวณที่ร่มหรืออบให้แห้งในโรงอบความร้อนที่ปราศจากควัน

4.3.1ประเภทของยางแผ่นผึ่งแห้ง

ยางแผ่นผึ่งแห้ง สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

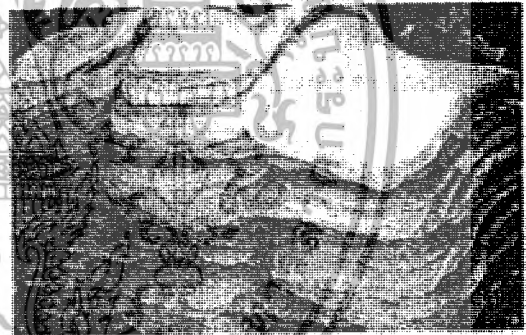
- 1.1 ยางแผ่นผึ่งแห้งที่ทำให้แห้งโดยวิธีการผึ่งลม (Air Dried Sheet) ยางชนิดนี้ สามารถผลิตขึ้นได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความใสของสี เพียงแต่เป็นยางที่ทำให้แห้งโดยการไม่รมควันเท่านั้น

โดยทั่วไปอาจไม่แห้งสนิทและสีค่อนข้างคล้ำ



รูปที่ 4.4 ยาง แผ่นผึ่ง แห้งสีก่อนข้างคล้ำ

1.2 ยางแผ่นไม่รมควันที่มีชื่อการค้าว่า “Pale Amber Unsmoked Sheet (PAUS)” ยางแผ่นชนิดนี้จำเป็นต้องควบคุมการผลิตทุกขั้นตอนอย่างพิถีพิถันและอบให้แห้งด้วยอากาศร้อน เพื่อให้ได้ยางที่แห้งสนิทและมีสีสวย



รูปที่ 4.5 ยาง แผ่นผึ่ง แห้งสนิทมีสีสวยและค่อนข้างใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การคำนวณ

ในการออกแบบสร้างตู้อบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องทำการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ ของตู้อบ เช่น การออกแบบหาขนาดของเสา, มอเตอร์, แบริ่ง, ปริมาณความร้อน, ขนาดของ Blower และขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

5.1 การออกแบบหาขนาดของเสา (ชั้นวางยางพารา)

$$\begin{aligned}\text{เสารับแรงในแนวแกน} &= \text{มวลคาน} + \text{มวลยางพารา} \\ &= 518.55 \text{ N}\end{aligned}$$

$$E (\text{stainless steel 304}) = 193000 \text{ N/mm}^2$$

- เลือกขนาดของเสา $d_o = 4.2 \text{ cm}$, $d_i = 3.6 \text{ cm}$

$$\text{ค่าความเพรีช } \frac{Le}{K}$$

$$Le = \text{ความยาวของเสาสมมูล}$$

$$K = \sqrt{\frac{d_o^2 + d_i^2}{16}} = 13.829$$

ออกแบบปลายยึดแน่น 2 ข้าง (cc: clamped)

$$Le = L/2 = 615 \text{ mm}$$

$$\frac{Le}{K} \leq 115 \text{ ใช้สูตร Johnson}$$

$$\text{จากสูตร } F_d = \frac{\sigma_y A}{N} \left[1 - \frac{\sigma_y \left(\frac{Le}{K} \right)^2}{4\pi^2 E} \right] = 23999.05 \text{ N}$$

$$F_d \geq F (\text{ที่ใช้งาน}) \text{ ดังนั้นสามารถรับโหลดได้}$$

5.2 หากำลังที่ขั้วชุดชั้นวางยางพารา

$$\text{น้ำหนักของชุดชั้นวางยางพารา} = \text{น้ำหนักคาน} + \text{น้ำหนักเสา} + \text{น้ำหนักยางพารา}$$

$$\text{น้ำหนักคาน} = \rho_s A_s L = 4.86 \text{ kg}$$

$$\text{น้ำหนักเสา} = \rho A L = 3.511 \text{ kg}$$

$$\text{น้ำหนักยาง} = 40 \times 1.2 = 48 \text{ kg}$$

$$\text{น้ำหนักรวมทั้งหมด} = 4.86 + 3.511 + 48 = 56.371 \text{ kg}$$

$$\text{แรงต้านรวมทั้งหมด} = mg = 56.371 \times 9.81 = 553 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่พิจารณาแรงบิดที่เกิดจากแรงต้านเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = F \times r$$

$$= 553 \times 0.5 = 276.309 \text{ N.m}$$

หาขนาดของมอเตอร์ $W = 2\pi NT$

กำหนดให้ $N = 30 \text{ rpm}$

$$\therefore W = 578.12 \text{ วัตต์}$$

$$\equiv 0.77 \text{ hp}$$

เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1 hp

5.3 หาอายุการใช้งานของแบร์ริง

แรงสมมูลหมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งทำให้แรงกระทำต่อโรลลิงแบร์ริง โดยที่วงแหวนในหมุน และวงนอกอยู่นิ่งแล้วจะทำให้แบร์ริงมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุใช้งานของแบร์ริงที่รับแรงจริง

$$P = XVFr + YFa$$

P = แรงสมมูล

Fr = แรงในแนวรัศมี

Fa = แรงในแนวแกนหรือแรงรูน

V = ตัวประกอบการหมุน = 1 (วงในหมุน), 1.2 (วงนอก หมุน)

X = ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี

Y = ตัวประกอบแรงรูน

ทำการเลือกแบร์ริง (Single-row deep-groove) สามารถรับแรงในแนวแกนและรับแรงในแนวรัศมีได้

$$Fa = \text{น้ำหนักยางพารา} + \text{น้ำหนักเสา} + \text{น้ำหนักคาน}$$

$$= 553 \text{ N}$$

$$Fr = \text{แรงที่มอเตอร์กระทำกับเพลา} = 470.88 \text{ N}$$

เลือกขนาดรูสวม 45 mm และความเร็ว 30 rpm

จากตารางที่ จะได้ $Co = 9.61 \text{ kN}$, $C = 16.82 \text{ kN}$

$$V = 1, i = 1$$

$$\frac{iFa}{Co} = 0.0575 \text{ จากตารางที่.....}$$

$$\therefore \frac{Fa}{VFr} \geq e$$

จากตารางที่.....จะได้ $X = 0.56$, $Y = 1.7$

แทนค่า $P = 1110.176 \text{ N}$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{N_s P} \right)^K$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารจากตารางที่.....ซึ่งมีแรงเรียบสม่ำเสมอ $N_s = 1$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ สำหรับบอลเบริง $K_b = 3$

$$L_{10} = 3479.43 \text{ } m r$$

$$= 6.958 \times 10^9 \text{ } hr$$

5.4 ปริมาณความร้อนของขดลวดหาจากสมการ

$$Q = \dot{m} C_{p,air} (T_2 - T_1)$$

จากสมการ $P_{atm} v = RT$, $\rho_a = \frac{1}{v}$

$$v = (0.287 \times 300) / 101.3 = 0.849 \text{ } m^3 / kg$$

$$\rho_a = 1 / 0.849 = 1.1765 \text{ } kg / m^3$$

$$\dot{m} = \rho_a A V_{in}$$

$$\therefore Q = 12.4 \text{ } KW$$

5.5 หาขนาดของ Blower

1. การหาเสดสูญเสียนท่อตรงคำนวณจากสมการ Darcy-Weisbach

$$h_{loss,f} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

f = ตัวประกอบความเสียดทาน

พิจารณา $Re = \frac{\rho_a V_m D}{\mu} = 189416.5$

สำหรับท่อรีด $\varepsilon = 0.0015 \text{ } mm$ ($\frac{\varepsilon}{D} = 0.000015$)

หาค่า f จาก Moody diagram = 0.027

แทนค่า $h_{loss,f} = 8.561 \text{ } m$

2. การหาเสดสูญเสียนท่อตรง (เหล็กกล้า)

พิจารณา $Re = \frac{\rho V D}{\mu} = 189416.5$

สำหรับท่อเหล็กกล้า $\varepsilon = 0.046$ ($\frac{\varepsilon}{D} = 0.00046$)

หาค่า f จาก Moody diagram = 0.0275

แทนค่า $h_{loss,f} = 2.906 \text{ } m$

3. การหาเสดสูญเสียนท่อตรง (PVC)

พิจารณา $Re = \frac{\rho V D}{\mu} = 78237.25$

สำหรับท่อเหล็กกล้า $\varepsilon = 0$ สำหรับท่อ ($\frac{\varepsilon}{D} = 0$) และพิจารณาช่วงของ $3000 < Re <$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
10⁵ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่า f จาก $f = \frac{0.316}{\text{Re}^{1/4}} = 0.0188$

แทนค่า $h_{\text{loss},f} = 0.56 \times 2 = 1.135 \text{ m}$

4. การหาเสดสูญเสี่ย่อยต่างๆ เช่น ข้องอ, วาล์ว

$$h_{\text{loss},m} = K \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

- เสดสูญเสี่ยจากข้องอ 90° , $K = 0.3$

แทนค่า $h_{\text{loss},m} = 15.85 \times 2 = 31.7 \text{ m}$

- เสดสูญเสี่ยจากท่อสามทาง, $K = 1$

แทนค่า $h_{\text{loss},m} = 52.84 \text{ m}$

- เสดสูญเสี่ยจากข้อลด ค่า K ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดของการไหล

$$A_2/A_1$$

$A_2/A_1 = 0.7$ จะได้ค่า $K = 0.12$

แทนค่า $h_{\text{loss},m} = 6.34 \text{ m}$

- เสดสูญเสี่ยจากวาล์วปีกผีเสื้อ (Butterfly valve) ค่า $K = 5.1$

แทนค่า $h_{\text{loss},m} = 269.514 \text{ m}$

∴ เสดสูญเสี่ยรวมของระบบท่อทั้งหมด

$$h_{\text{total}} = 269.514 + 6.34 + 52.84 + 31.7 + 1.135 + 2.906 + 8.561 = 372.99 \text{ m}$$

คิดเป็นความดันสูญเสี่ย $\Delta P = \rho_a g h_{\text{total}} = 4304.3 \text{ N/m}^2$

คิดเป็นกำลังไฟฟ้าของ Blower ที่ใช้ในงานวิจัย

Power, $P = Q \times \Delta P = 1088.7 \text{ watt}$

เลือกใช้ขนาดของ Blower 2 hp

บทที่ 6

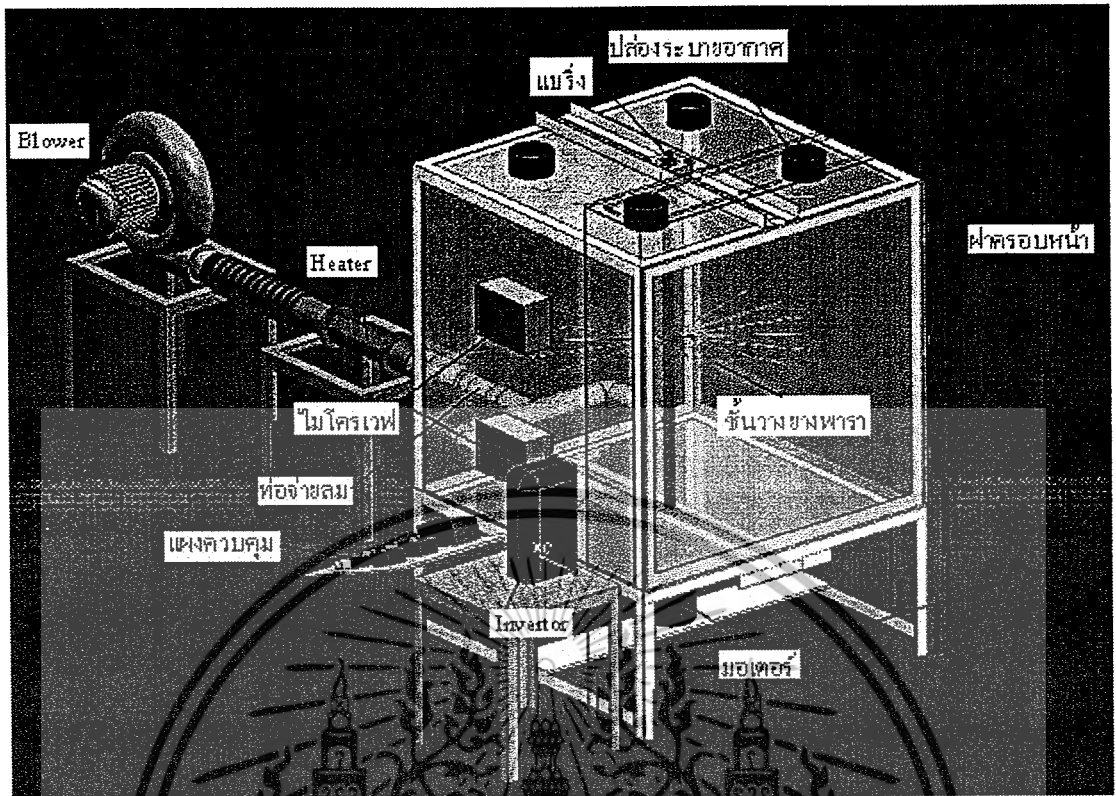
อุปกรณ์การทดลองและวิธีการใช้เครื่องอบยาง

6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

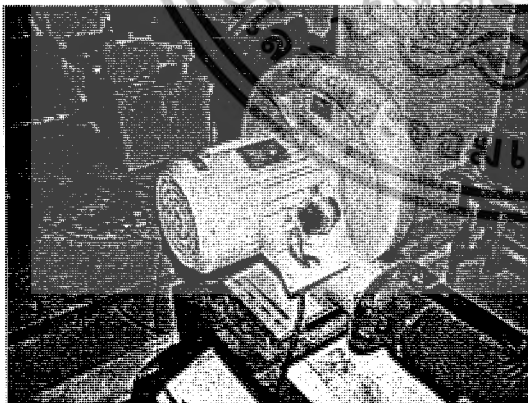
- 1). มอเตอร์ ขนาด 1 hp
- 2). Blower 2 hp
- 3). Heater 15 KW 3 phase
- 4). Thermocouple RTD type J
- 5). Inverter รุ่น ACS 550-01 Drives (0.75 – 90kW)
- 6). ไมโครเวฟ 2450 MHz 2 เครื่อง
- 7). Watt hour meter 2450 MHz
- 8). เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 9). ชุดควบคุมอุณหภูมิ
- 10). เครื่องวัดคลื่นไมโครเวฟ
- 11). กล้องกำลังขยายสูง
- 12). เครื่องทดสอบแรงดึง
- 13). นาฬิกาจับเวลา



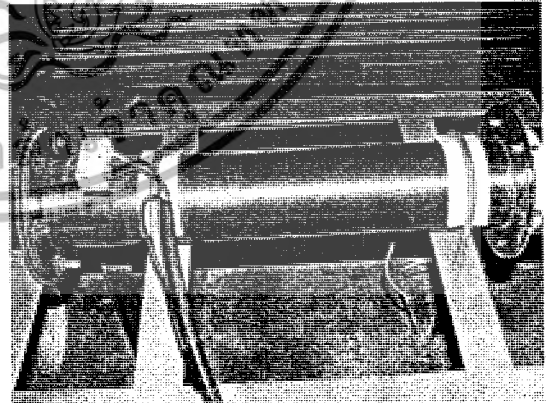
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดงโครงสร้าง และส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง

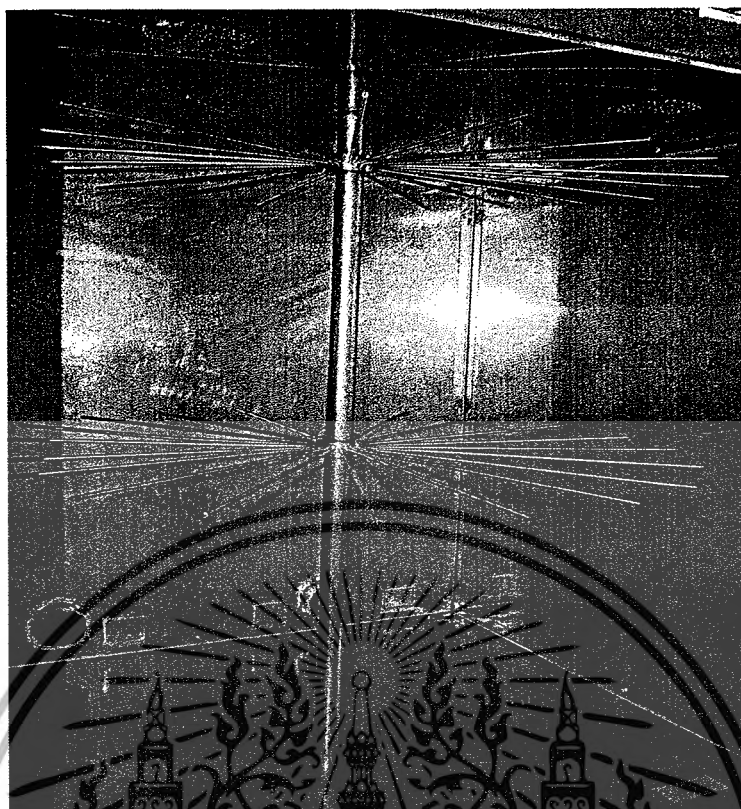


รูปที่ 6.2 Blower 2 hp



รูปที่ 6.3 Heater 15 KW 3 phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

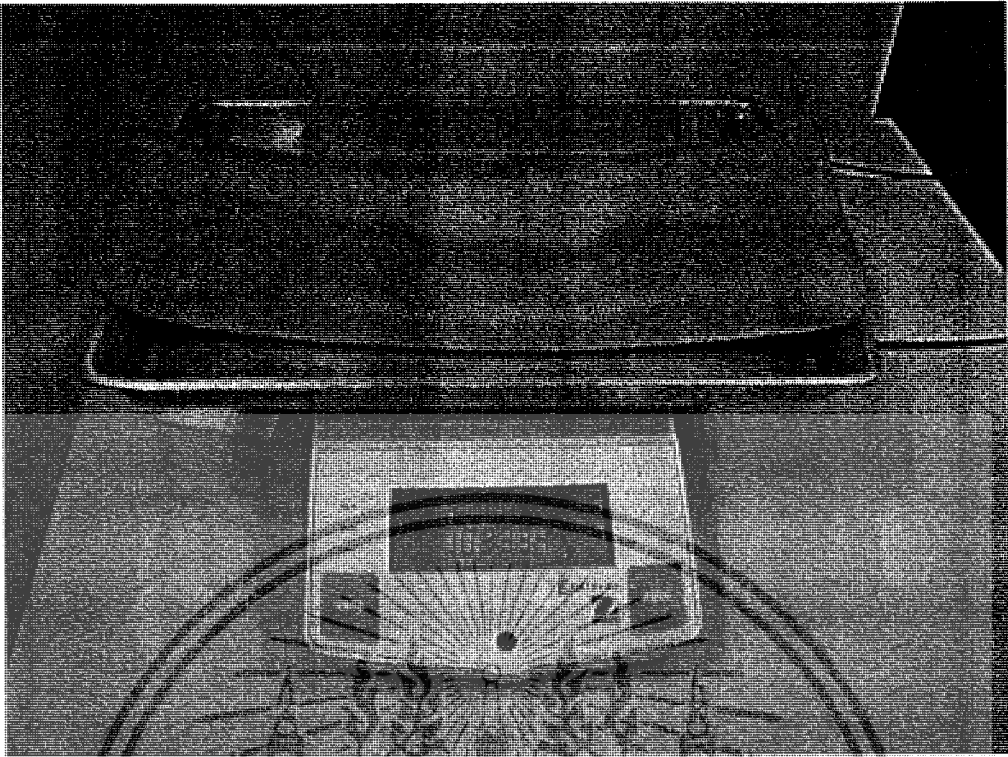


รูปที่ 6.4 แสดงรายละเอียดภายใน



รูปที่ 6.5 กล้องกำลังขยายสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

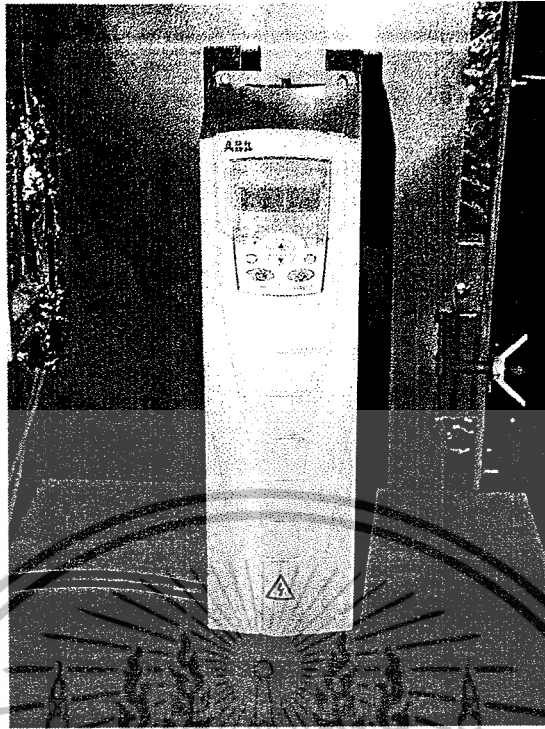


รูปที่ 6.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 6.7 เครื่องทดสอบแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 อินเวอร์เตอร์



รูปที่ 6.9 ไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เปิดสวิตช์เมนใหญ่ที่อยู่แผงควบคุม
2. เปิดสวิตช์ Inverter ที่อยู่ใกล้กับสวิตช์เมนใหญ่
3. กดปุ่ม Menu & Enter หน้าจอจะแสดงผลออกมาเป็น COP, FFE
4. กดปุ่ม Up และ Down เพื่อเลือกฟังก์ชัน FFE แล้วกดปุ่ม Menu & Enter
5. จากนั้นหน้าจอจะแสดงผลออกมาเป็น 0.0 Hz แล้วด้านล่างจะเขียนว่า Set
6. ทำการปรับความเร็วโดยกด Up และ Down ตามที่เราต้องการ
7. จากนั้นทำการกดปุ่ม Start

การอ่านความเร็วรอบเป็น rpm

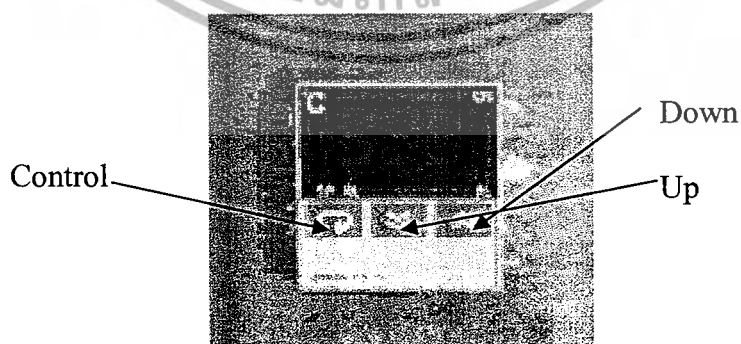
1. กดปุ่มเลือก Menu & Enter
2. เลือกฟังก์ชัน FFE แล้วกดปุ่ม Up และ Down
3. จากนั้นกดปุ่ม Menu & Enter จำนวน 2 ครั้งหน้าจอจะแสดงผลออกมาเป็น rpm

การปิด Inverter

1. กดปุ่ม Stop
2. รอจนกว่าพัดลมที่ Inverter จะหยุดทำงาน
3. ปิดสวิตช์ Inverter
4. ปิดสวิตช์เมนใหญ่ที่อยู่แผงควบคุม

****หมายเหตุ**** 1. ถ้ากดขึ้นตอนใดผิดพลาดให้กด Reset & Exit ออกไป
2. ถ้ามีปัญหาใดๆ ควรอ่านคู่มือการใช้

6.2.3 ขั้นตอนการใช้ Temperature Controller (RTD)



รูปที่ 6.12 Temperature Controller (RTD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กดปุ่ม Control จำนวน 1 ครั้งจะพบว่าหน้าจอจะแสดงผลออกมาเป็นรูปสามเหลี่ยมเล็กๆด้านล่างขวามือสีเขียว เขียนว่า St
2. กดปุ่ม Up หรือ Down เพื่อปรับอุณหภูมิตามที่เรต้องการ
3. จากนั้นกดปุ่ม Control อีก 2 ครั้ง แล้วรอนกว่าอุณหภูมิคงที่

****หมายเหตุ**** ในการเปิด Heater จำเป็นต้องเปิด Blower ก่อนประมาณ 2-3 นาที จากนั้นค่อยทำการเปิด Heater ตามที่เราตั้งอุณหภูมิไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

7.1 วิธีการทดลอง

7.1.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์

1. นำยางพาราที่ต้องการอบมาผึ่งลมให้น้ำออกจากแผ่นยางหมดประมาณ 5 นาที
2. นำแผ่นยางไปตัดให้ได้ขนาดกว้าง 45 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร
3. นำยางพาราไปชั่งบนเครื่องชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักยางประมาณ 1,270 กรัม ต่อ 1 แผ่น

7.1.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. นำยางพาราแผ่นดิบที่มีขนาดกว้าง 45 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และน้ำหนักเริ่มต้น 1,270 กรัม ต่อ 1 แผ่น มาวางบนชั้นวางยางพารา
2. เปิดสวิทช์ชุดยิงไมโครเวฟทั้ง 2 ชุด ที่ความถี่ 2460 เมกะเฮิร์ตซ์(MHz)
3. เปิด Heater ให้มีความร้อนเป็น 60, 70 องศา
4. ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางให้อยู่ในช่วง 20 , 31 รอบต่อนาที
5. จากนั้นทำการบันทึกค่าน้ำหนักของยางพาราเริ่มต้นและน้ำหนักหลังการอบแห้ง
6. ทำการบันทึกค่าน้ำหนักทุกๆ 10 นาที

7.2 ผลการทดลอง

ในตอนเริ่มต้นนำยางพาราที่มีขนาดกว้าง 45 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และน้ำหนักประมาณ 1,270 กรัม ต่อ 1 แผ่น นำไปเข้าตู้อบ

7.2.1 ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที

เปิดสวิตช์ชุดยิงไมโครเวฟทั้ง 2 ชุด ที่ความถี่ 2460 เมกะเฮิร์ตซ์(MHz)

เวลา (นาที)	น้ำหนักยางพารา (kg)
0	1.2700
10	1.2301
20	1.2020
30	1.1830
40	1.1685
50	1.1547
60	1.1444
70	1.1354
80	1.1292
90	1.1236
100	1.1207
110	1.1178
120	1.1130
130	1.1081
140	1.1041
150	1.1001

ตารางที่ 7.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาที)ใช้ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว, ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2 ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที
เปิดสวิตช์ชุดยิงไมโครเวฟทั้ง 2 ชุด ที่ความถี่ 2460 เมกะเฮิรตซ์(MHz)

เวลา (นาที)	น้ำหนักยางพารา (kg)
0	1.2700
10	1.2326
20	1.2081
30	1.1877
40	1.17316
50	1.15934
60	1.15045
70	1.14531
80	1.14024
90	1.13516
100	1.13148
110	1.12781
120	1.12407
130	1.12033
140	1.11732
150	1.11431

ตารางที่ 7.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg)กับ เวลา(นาที)โดยใช้ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว, ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.3 ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที
เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา

เวลา (นาที)	น้ำหนักยางพารา (kg)
0	1.2700
10	1.21901
20	1.1687
30	1.15088
40	1.13803
50	1.12844
60	1.12112
70	1.11537
80	1.11067
90	1.10704
100	1.10198
110	1.10198
120	1.09978
130	1.09758
140	1.0957
150	1.09382

ตารางที่ 7.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาที) , ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที , เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.4 ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที
เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา

เวลา (นาที)	น้ำหนักยางพารา (kg)
0	1.2700
10	1.2182
20	1.17526
30	1.14438
40	1.11725
50	1.09788
60	1.0923
70	1.08039
80	1.06821
90	1.06378
100	1.059385
110	1.05499
120	1.05171
130	1.04843
140	1.04582
150	1.04321

ตารางที่ 7.4 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาที) , ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที , เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.5 ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที
เปิดสวิตช์ชุดยิงไมโครเวฟทั้ง 2 ชุด ที่ความถี่ 2460 เมกะเฮิรตซ์(MHz)
เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา

เวลา (นาที)	น้ำหนักยางพารา (kg)
0	1.2700
10	1.1517
20	1.11814
30	1.1001
40	1.08943
50	1.07347
60	1.06714
70	1.06143
80	1.05641
90	1.05232
100	1.048845
110	1.04537
120	1.04243
130	1.03949
140	1.03644
150	1.03339

ตารางที่ 7.5 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับ เวลา(นาที)โดยใช้ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2
หัว, ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 20 รอบต่อนาที, เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.6 ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที

เปิดสวิทช์ชุดขึง ไมโครเวฟทั้ง 2 ชุด ที่ความถี่ 2460 เมกะเฮิร์ตซ์(MHz)

เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา

เวลา (นาที)	น้ำหนักยางพารา (kg)
0	1.2700
10	1.18002
20	1.12856
30	1.10092
40	1.08108
50	1.06884
60	1.05956
70	1.05118
80	1.04626
90	1.04216
100	1.03873
110	1.03531
120	1.032395
130	1.03048
140	1.027105
150	1.02473

ตารางที่ 7.6 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาที)โดยใช้ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว, ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที, เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.7 ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที
เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 70 องศา

เวลา (นาที)	น้ำหนักยางพารา (kg)
0	1.2700
10	1.131241
20	1.08756
30	1.07645
40	1.06876
50	1.05192
60	1.04522
70	1.03928
80	1.0351
90	1.03136
100	1.02528
110	1.01921
120	1.01588
130	1.01256
140	1.00962
150	1.00667

ตารางที่ 7.7 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาที) , ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที , เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 70 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.8 ปรับความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที

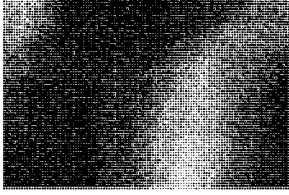
เปิดสวิตช์ชุดขึงไมโครเวฟทั้ง 2 ชุด ที่ความถี่ 2460 เมกะเฮิร์ตซ์(MHz)

เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 70 องศา

เวลา (นาที)	น้ำหนักยางพารา (kg)
0	1.2700
10	1.131241
20	1.08756
30	1.07645
40	1.06876
50	1.05192
60	1.04522
70	1.03928
80	1.0351
90	1.03136
100	1.02528
110	1.01921
120	1.01588
130	1.01256
140	1.00962
150	1.00667

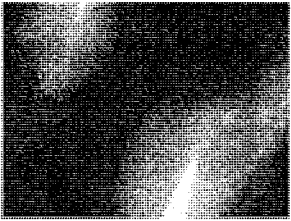

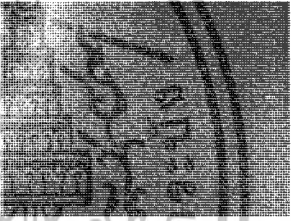

ตารางที่ 7.8 กราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาที)โดยใช้ไมโครเวฟ 800 วัตต์ × 2 หัว, ความเร็วรอบของชั้นวางยางพาราที่ 30 รอบต่อนาที, เปิด Heater ที่อุณหภูมิ 70 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>ยางพาราที่ผ่านกระบวนการอบด้วยไมโครเวฟ + ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที</p>	
<p>ยางพาราที่ผ่านกระบวนการอบด้วยไมโครเวฟ + ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที</p>	
<p>ยางพาราที่ผ่านกระบวนการอบด้วยขลมห้อนที่ อุณหภูมิที่ 60 องศา + ความเร็วรอบ 20 รอบต่อ นาที</p>	
<p>ยางพาราที่ผ่านกระบวนการอบด้วยขลมห้อนที่ อุณหภูมิที่ 60 องศา + ความเร็วรอบ 30 รอบต่อ นาที</p>	
<p>ยางที่ผ่านกระบวนการอบด้วยไมโครเวฟ + ที่ อุณหภูมิ 60 องศา + ความเร็วรอบ 20 รอบต่อ นาที</p>	

ตารางที่ 7.9 แสดงลักษณะสีผิวของยางพาราที่สภาวะในการทดสอบต่างๆ

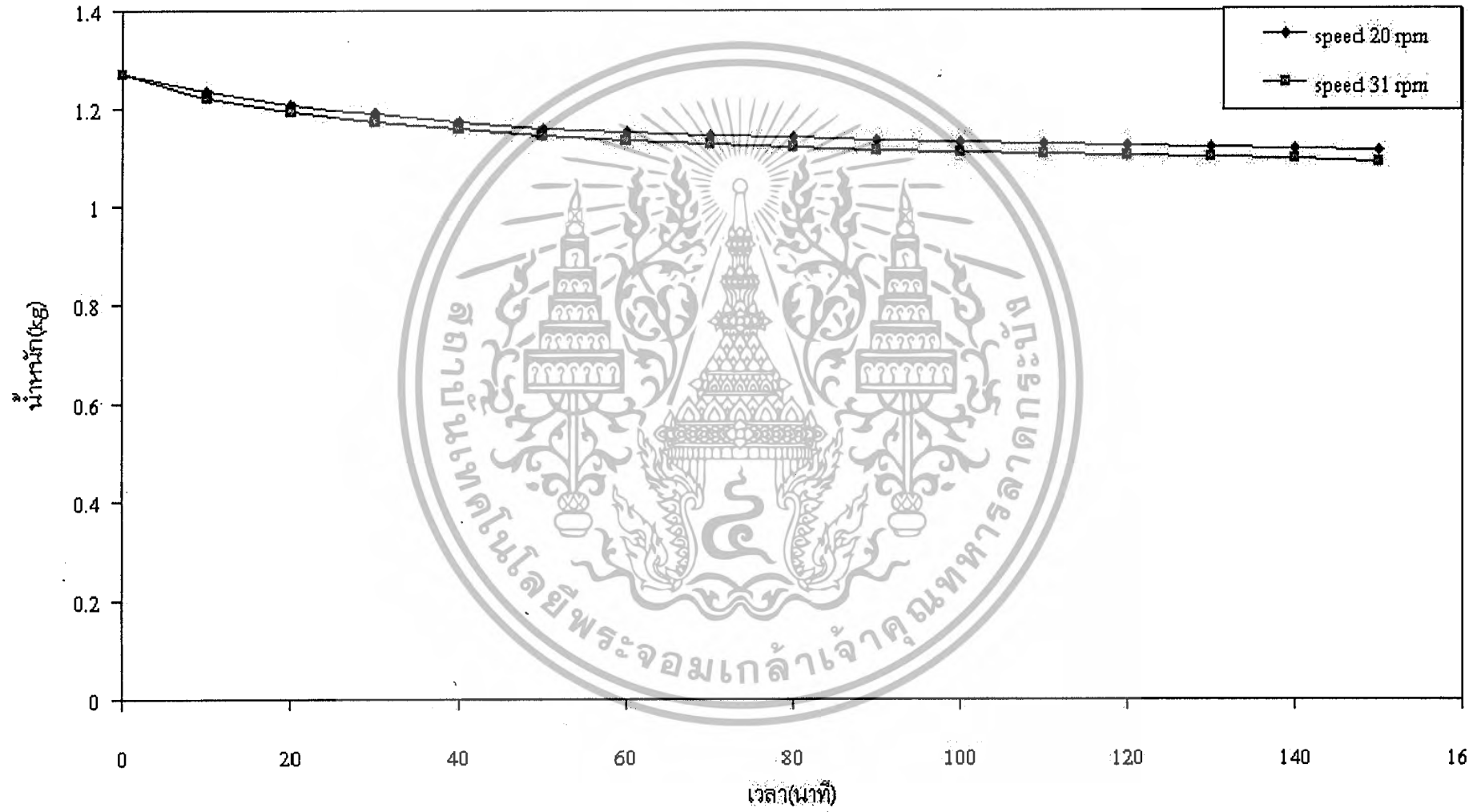
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>ยางที่ผ่านกระบวนการอบด้วยไมโครเวฟ + ที่อุณหภูมิ 60 องศา + ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที</p>	
<p>ยางพาราที่ผ่านกระบวนการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศา + ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที</p>	
<p>ยางที่ผ่านกระบวนการอบด้วยไมโครเวฟ + ที่อุณหภูมิ 70 องศา + ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที</p>	
<p>ยางธรรมชาติที่ผ่านการตากแดดมาแล้ว 3 วัน</p>	

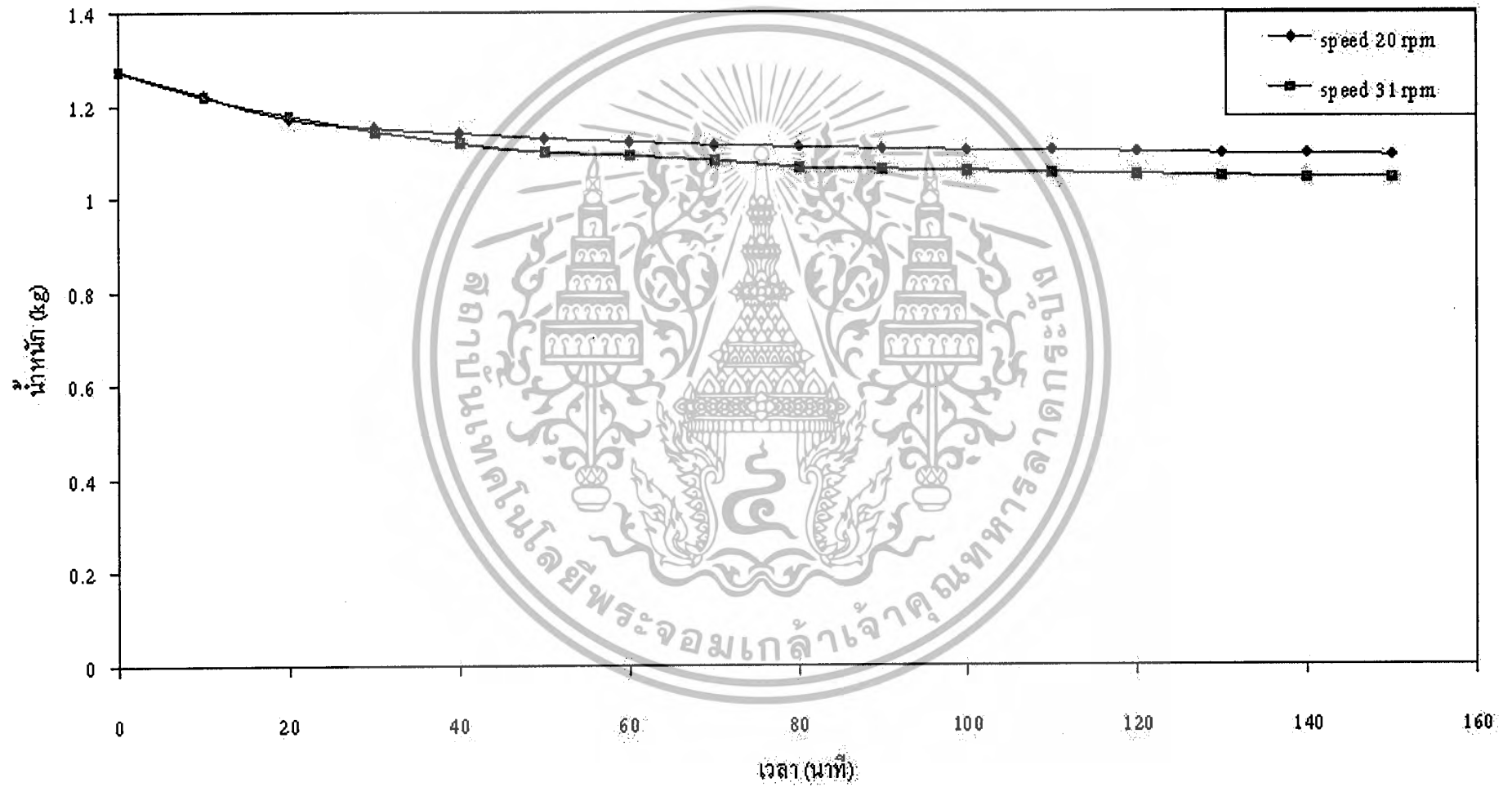
ตารางที่ 7.10 แสดงลักษณะสีผิวของยางพาราที่สภาวะในการทดสอบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

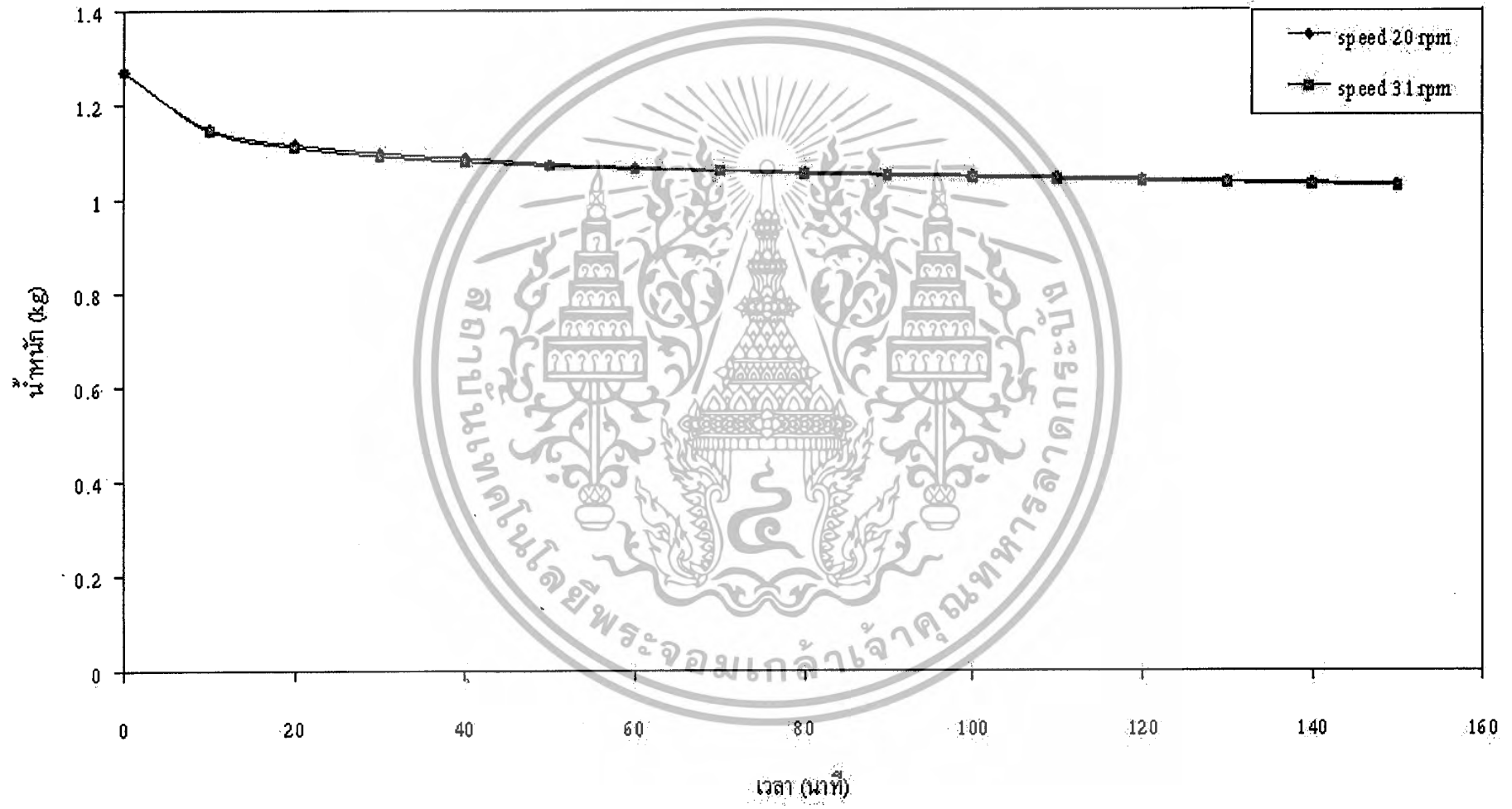
รูปที่ 7.1: กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก(kg)กับเวลา(นาที) โดยใช้ไม้ไคร้ 800 วัตต์ 2 หัว



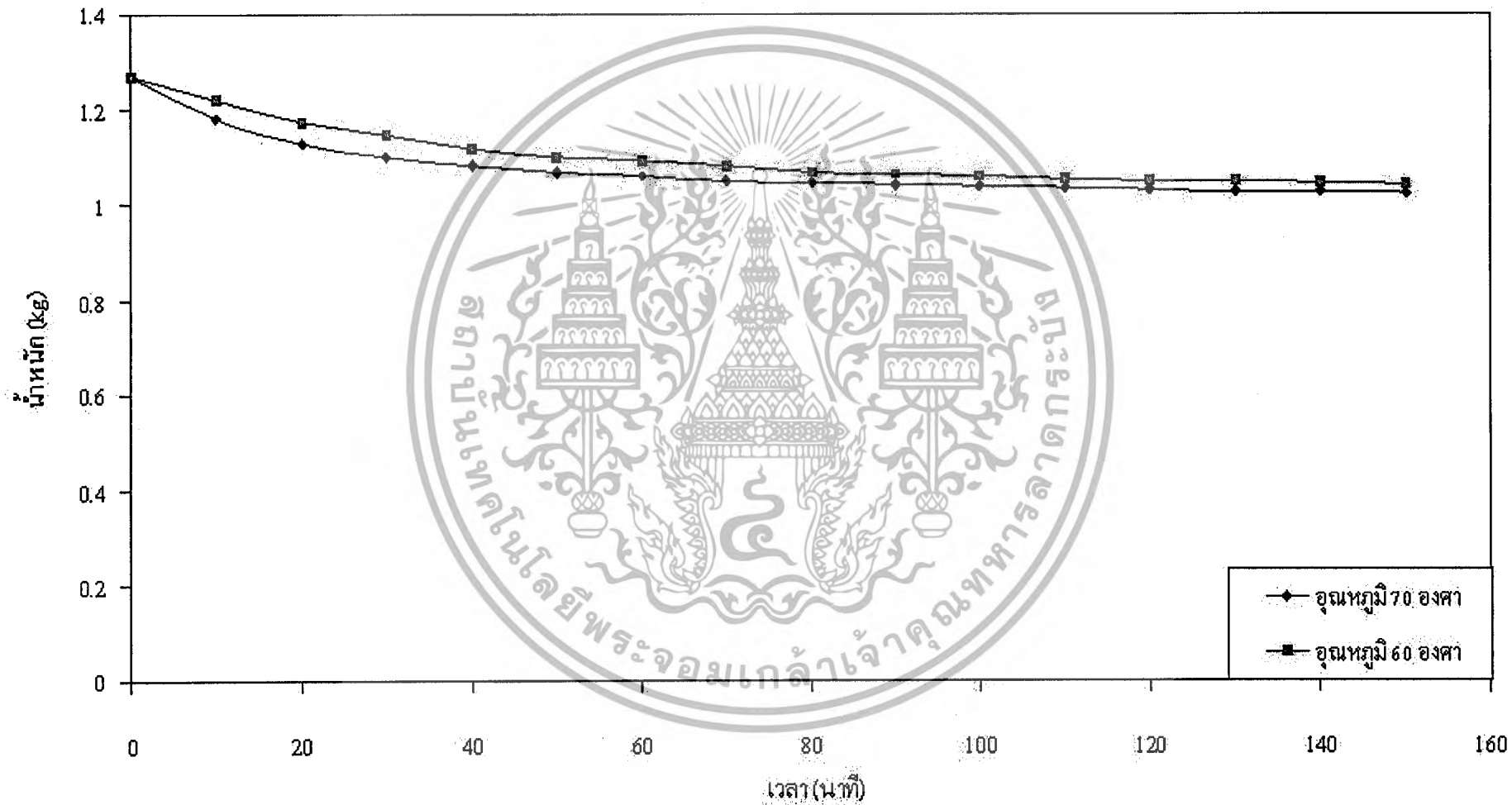
รูปที่ 7.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก (kg) กับเวลา (นาที) โดยเปิด Heater ที่อุณหภูมิ 60 องศา



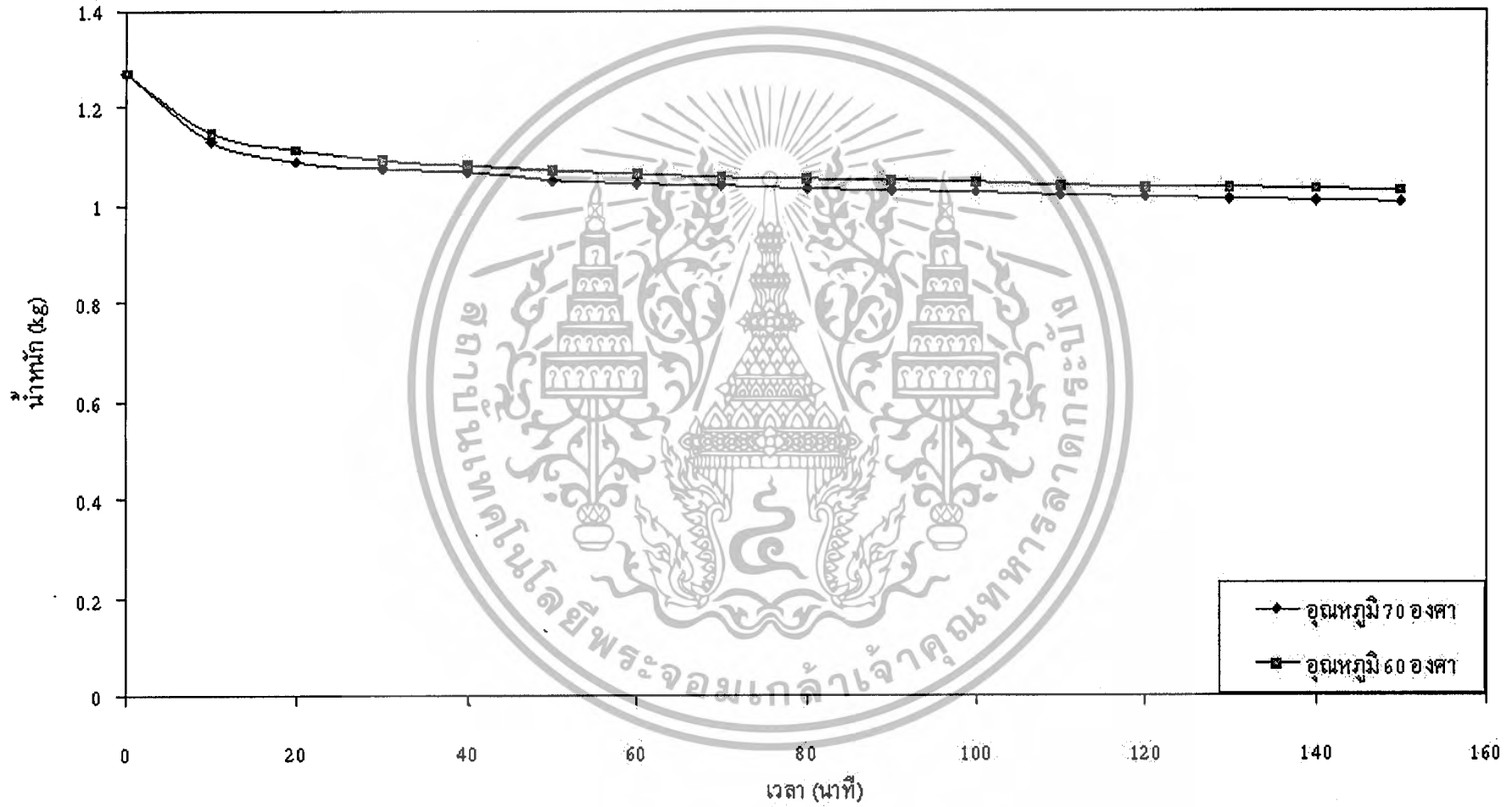
รูปที่ 7.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวล (g) กับเวลา (นาที) โดยใช้ไมโครเวฟ 800 วัตต์ 2 หัว ร่วมกับ Heater อุณหภูมิ 60 องศา



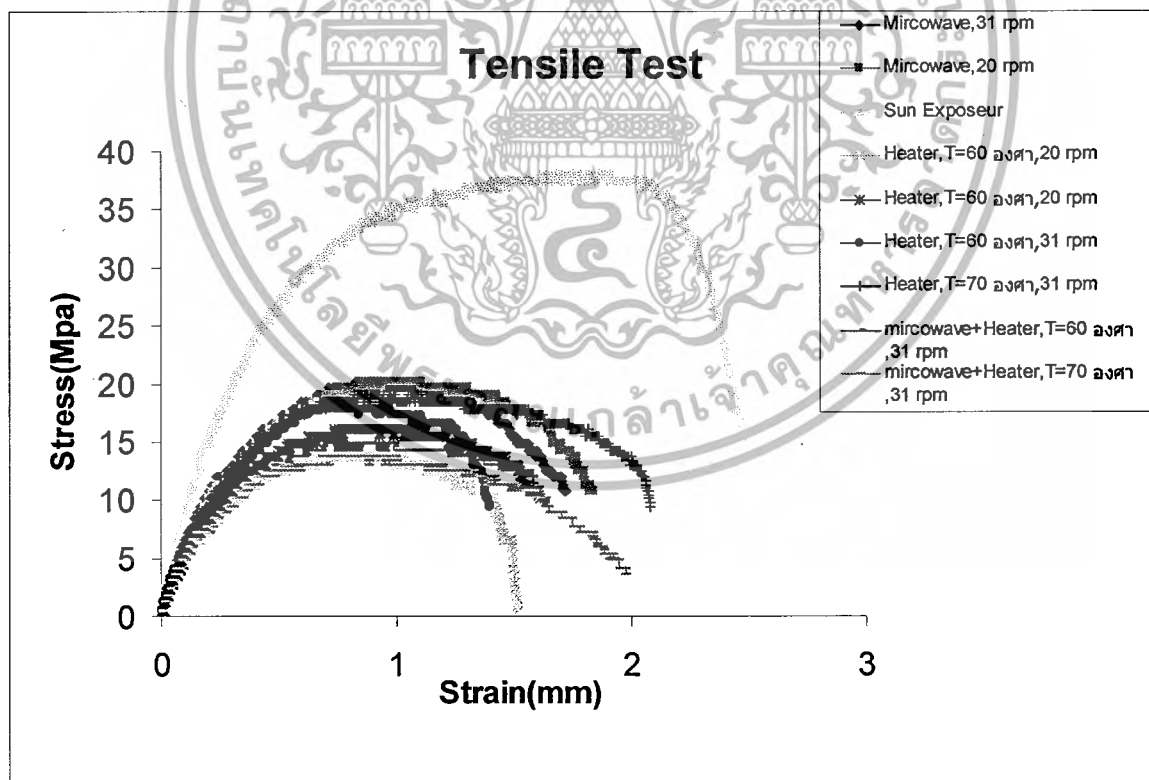
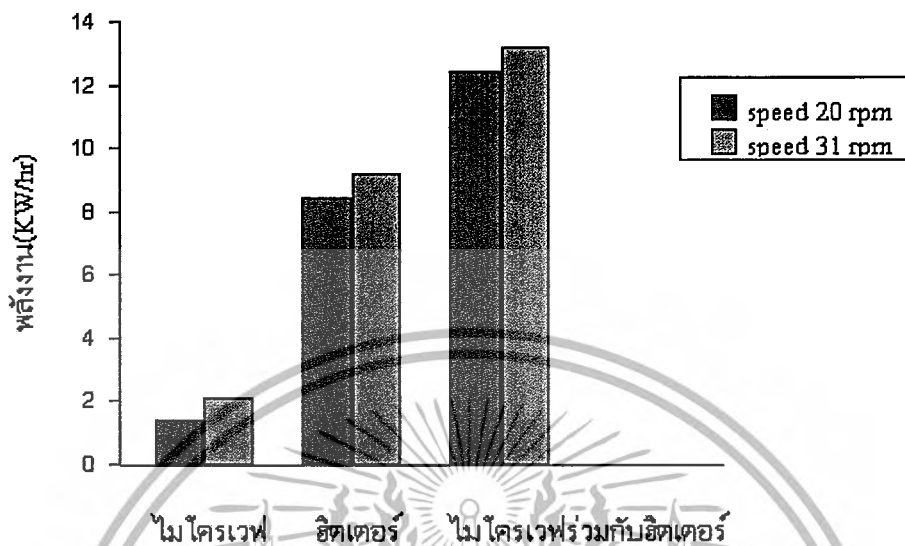
รูปที่ 7.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก (kg) กับเวลา(นาที) โดยใช้ speed 31 rpm



รูปที่ 7.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก(kg) กับ เวลา(นาที) โดยใช้ ไมโครเวฟร่วมกับ Heater speed 31 rpm.

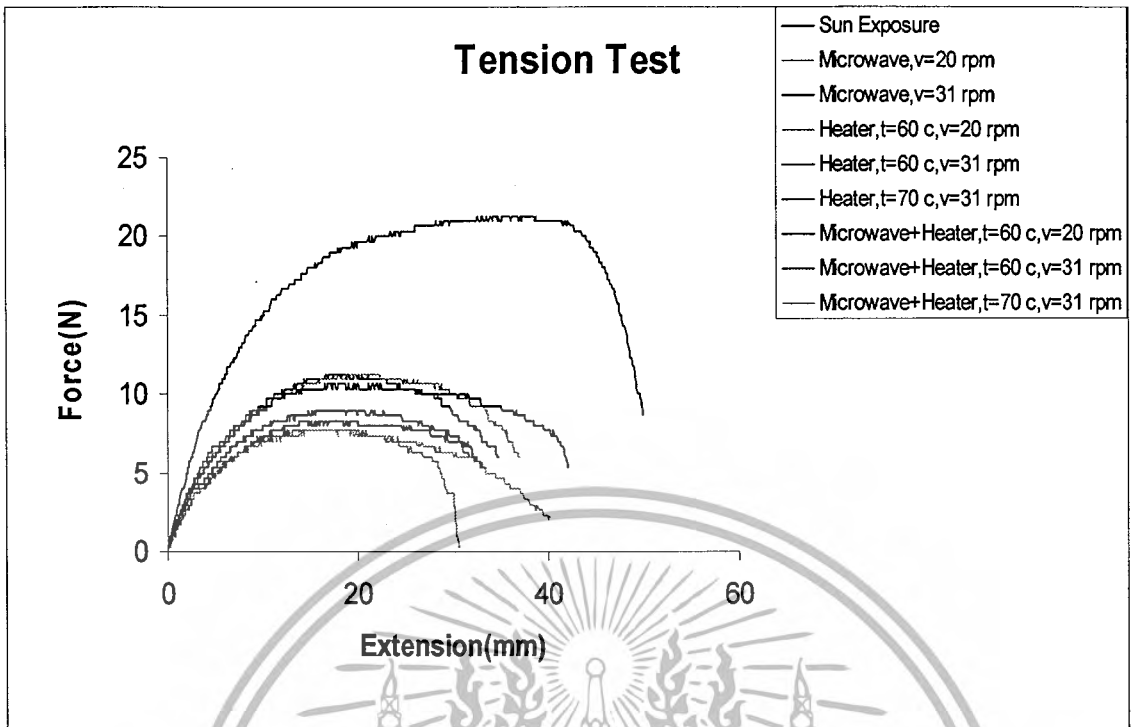


รูปที่ 7.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน



รูปที่ 7.7 กราฟ แสดงค่า Stress-strain ของผลิตภัณฑ์ยางพาราแต่ละ condition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.8 กราฟ แสดงค่า Force-Extension ของผลิตภัณฑ์ยางพาราแต่ละ condition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

สรุปผลปัญหาและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการทดลอง

8.1.1 ผลการออกแบบปรับความเร็วรอบที่ 20 , 31 รอบต่อนาทีมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ

1. ใช้ไมโครเวฟ

2. ใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 , 70 องศา

3. ใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 , 70 องศา

1. สำหรับในกรณีของการปรับความเร็วรอบเมื่อใช้ไมโครเวฟอย่างเดียวจาก กราฟที่ 7.1 ที่ความเร็วรอบต่ำจะมีความสามารถในการลดน้ำหนักหรือลดความชื้นได้มากกว่าความเร็วรอบสูง เพราะฉะนั้นเมื่อแผ่นยางพาราเคลื่อนที่ผ่านชุดยิงคลื่น ไมโครเวฟจะทำให้แผ่นยางพารามีเวลาในการรับพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟได้มากกว่า จึงทำให้แผ่นยางพาราสามารถลดปริมาณความชื้นได้มากกว่า และแผ่นยางจะมีลักษณะของสีคือ สีเหลืองแกมส้มอ่อน

2. สำหรับในกรณีของการปรับความเร็วรอบเมื่อใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศา จากผลการทดลองที่ได้และจากกราฟ 7.2 สรุปได้ว่าที่ความเร็วรอบสูงจะมีความสามารถในการลดน้ำหนักหรือลดปริมาณความชื้นได้มากกว่าความเร็วรอบต่ำ เมื่อลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านแผ่นยางพาราบวกกับชั้นว่างยางพาราที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงกว่าจะทำให้ลมร้อนวิ่งผ่านผิวของแผ่นยางด้วยความเร็วสูงและลมร้อนจะเป็นตัวพาความชื้นออกจากแผ่นยางพารา ในการอบลักษณะนี้จะมีความสามารถในการลดน้ำหนักได้สูงกว่าการอบแบบไมโครเวฟและแผ่นยางจะมีลักษณะของสีคือ ขาวซีด

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไปเป็น 70 องศาจะทำให้ความชื้นในแผ่นยางลดลงได้เร็วขึ้นและผลการทดลองก็จะเหมือนข้างต้น

3. สำหรับในกรณีของการปรับความเร็วรอบเมื่อใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศา จากกราฟที่ 7.3 ที่ได้จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วทั้ง 2 ค่า จะมีความสามารถในการลดน้ำหนักหรือลดความชื้นได้พอๆ กัน สรุปได้ว่าไมโครเวฟต้องการความเร็วรอบของชั้นว่างยางที่ช้าแต่ลมร้อนต้องการความเร็วรอบสูงค่าที่ออกมาจึงมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อคิดในด้านพลังงานควรเลือกที่ความเร็วรอบที่ต่ำกว่าจะทำให้ประหยัดกว่า

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิไปเป็น 70 องศาจะทำให้ความชื้นในแผ่นยางลดลงได้เร็วขึ้นและเกิดฟองอากาศบริเวณข้างมากขึ้น ผลการทดลองที่ได้ก็จะเหมือนกับการใช้อุณหภูมิ 60 องศา

8.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

8.2.1 คณะผู้วิจัยมีความรู้ทางด้านไมโครเวฟน้อย ดังนั้นจึงต้องเสียเวลาเป็นอย่างมากในการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.2 ในการทำวิจัยโครงการนี้ คณะผู้วิจัยต้องเจอกับปัญหาสร้างเครื่องเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟเกิดรบกวนทางด้านประตูหน้า จึงได้มีการแก้ไขโดยการสร้างฝาคลุมทางด้านประตูหน้า

8.2.3 เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟที่ยิ่งเข้าไปภายในตู้มีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอทำให้แผ่นยางพาราบางส่วนไม่ได้รับคลื่นหรือได้รับคลื่นน้อยมาก ดังนั้นผลที่ได้ย่อมเกิดข้อผิดพลาดได้

8.2.4 ตู้อบยางพาราได้มีการนำระบบต่างๆ มาใช้ร่วมกันมาก ได้แก่ ไมโครเวฟ , Heater, Inverter, Temperature controller, ท่อจ่ายลม เป็นต้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงใช้เวลานานในการออกแบบเพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเมื่อเกิดปัญหาขึ้นจึงใช้เวลานานในการแก้ไขปัญหา

8.2.5 เนื่องจากตู้อบยางพาราใช้อุปกรณ์ต่างๆในการทำงานมาก คณะผู้วิจัยจึงต้องใช้เวลาในการสั่งซื้อของมาก

8.3 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะของโครงการตู้อบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ แบบชั้นวางยางหมุนนี้ คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ในส่วนของการสร้างตู้อบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ แบบชั้นวางยางหมุนสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างดี แต่เนื่องจากมอเตอร์ที่ถูกควบคุมด้วย Inverter ส่งกำลังไปขับเคลื่อนชั้นวางยางพาราสามารถหมุนด้วยความเร็วรอบต่ำที่สุด 20 รอบต่อนาที ดังนั้นคณะผู้วิจัยเสนอว่าควรทำให้รอบความเร็วของชั้นวางยางหมุนน้อยกว่านี้ โดยการทดรอบให้ต่ำประมาณ 7-15 รอบต่อนาที จะช่วยให้แผ่นยางพาราได้รับพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟมากกว่านี้

2. เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟที่ยิ่งเข้าไปภายในตู้อบมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจะต้องมีการเพิ่มพื้นที่ในการยิงคลื่นไมโครเวฟ เพื่อที่จะให้ยางได้รับคลื่นสม่ำเสมอและใช้เวลาน้อยลงด้วย

3. ตู้อบยางพาราโดยใช้ลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟแบบชั้นวางยางหมุน ควรที่จะมีการศึกษาและวิจัยต่อไป เพราะเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้ในงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามก่อนที่จะมีการศึกษาให้ดีกว่านี้ควมคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ เนื่องจากเครื่องอบแบบนี้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง

บรรณานุกรม

- [1] สุรพล สุธีระเวชช์ ,พ.ศ. 2537 ,คู่มือเข้าใจและซ่อมเตาไมโครเวฟ , พิมพ์ครั้งที่ 2 , สำนักพิมพ์ อาร์ตกราฟฟิค
- [2] รองศาสตราจารย์ มนตรี พิรุณเกษตร , พ.ศ. 2545 , กลศาสตร์ของไหล , พิมพ์ครั้งที่ 1 , ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [3] ศ.ดร. วิริทธิ์ อึ้งภากรณ์ , รศ. ชาญ อดังงาน , พ.ศ. 2545 , การออกแบบเครื่องจักรกล 1, 2 , พิมพ์ที่บริษัท เอช.เอน. กรุ๊ป จำกัด , ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [4] ดวงอาทิตย์ ศรีมูล , พ.ศ.2544 , วิทยานิพนธ์การศึกษาแก้วด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบต่อเนื่องโดยใช้วิธีผลต่างสี่บเนื่องเชิงเวลา, วิศวกรรมไฟฟ้า, วิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] มนต์ชัย เอื้อพัฒนพงศ์ , ปฎิวัติ สุขประเสริฐ , ศรีพงษ์ ลาคำ , พ.ศ. 2546 , ปริญญานิพนธ์เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทลายแบบตากจุง , วิศวกรรมเครื่องกล , วิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [6] R.C. Hibbeler, Mechanics of Materials , Fifth Edition , Published by Pearson Education , Inc., 2003
- [7] Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, Fundamentals of Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, Inc, 2002
- [8] S.Saison, Duangkhamchan w. and Dangwilailux.P” The study of drying kinetics of Corn. Seeds using A combined Microwave/Fluidized Bed technique



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Materials	Density ρ (Mg/m ³)	Modulus of Elasticity E (GPa)	Modulus of Rigidity G (GPa)	Yield Strength (MPa)			Ultimate Strength (MPa)			% Elongation in Tensile Specimens	Poisson's Ratio ν	Coef. of Therm. Expansion α (10 ⁻⁶ /°C)
				Tens.	Comp.	Shear	Tens.	Comp.	Shear			
Metallic												
Aluminum	2.79	73.1	27	414	414	172	469	469	290	10	0.35	23
Wrought Alloys	2.71	68.9	26	255	255	131	290	290	186	12	0.35	24
Cast Iron	7.19	67.0	27	-	-	-	179	669	-	6.8	0.29	12
Alloys	7.28	172	66	-	-	-	276	572	-	6.8	0.29	12
Copper	8.74	101	37	70.0	70.0	-	241	241	-	35	0.35	18
Alloys	8.83	103	38	345	345	-	655	655	-	20	0.34	17
Magnesium Alloy	1.83	44.7	18	132	132	-	276	276	152	1	0.30	26
Steel	7.85	200	75	250	250	-	400	490	-	30	0.32	12
Alloys	7.85	193	75	207	207	-	517	517	-	40	0.27	17
Alloys	8.16	200	75	703	703	-	800	800	-	22	0.32	12
Titanium Alloy	4.43	120	44	924	924	-	1,000	1,000	-	16	0.36	9.4
Nonmetallic												
Concrete	2.38	22.1	-	-	-	12	-	-	-	-	0.15	11
High Strength	2.38	29.0	-	-	-	38	-	-	-	-	0.15	11
Plastic	1.45	151	-	-	-	-	717	483	26.3	2.8	0.34	-
Reinforced	1.45	72.4	-	-	-	-	90	131	-	-	0.34	-
Wood	0.47	13.1	-	-	-	-	2.1 ^c	26 ^a	6.2 ^d	-	0.29 ^e	-
Select Structural Grade	3.60	9.65	-	-	-	-	2.5 ^c	36 ^a	6.7 ^d	-	0.31 ^e	-

ตารางที่ ก. 1 แสดงความสามารถของวัสดุ

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_B
แรงอยู่หนึ่ง	1-5-2	3-4	5-6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7-8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10-12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5-7	10-15	15-20

ตารางที่ ก. 2 ค่าตัวประกอบความล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด mm	D.D. D mm	ชนิดที่ 01												ชนิดที่ 22				ชนิดที่ 32		
		ขนาด mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		ขนาด mm	Spherical Roller Bearing		ขนาด mm	Double-Row Non-Filling Notch Ball Bearing			
			C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C		C ₀	C		C ₀	C		
4	13	5	-	-	0.57	1.19														
5	16	5	-	-	0.94	1.85														
6	19	6	0.53	1.94	0.94	1.85														
7	22	7	0.66	2.05	1.35	2.51														
8	-	-	0.66	2.05	1.35	2.51														
9	26	8	0.93	2.07	1.96	3.49														
10	30	9	1.34	4.23	1.96	3.58	-	-	-	-	-	-	-	-	14.3	3.56	5.52			
12	32	10	1.48	4.30	3.05	5.25	3.27	5.52	-	-	-	-	-	-	15.9	5.56	8.10			
15	35	11	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.54	-	-	-	-	-	-	15.9	6.36	9.03			
17	40	12	2.43	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19	-	-	-	-	-	-	17.5	8.19	11.30			
20	47	14	3.18	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00	-	-	-	-	-	-	20.6	11.30	15.17			
25	52	15	4.03	9.34	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26	-	-	20.6	12.73	16.46			
30	62	16	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.08	15.80	9.88	17.67	-	-	23.8	18.33	22.87			
35	72	17	6.68	12.19	13.66	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.25	-	-	27.0	24.92	30.57			
40	80	18	8.59	14.82	15.66	22.43	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	34.13	23	43.92	60.52	30.2	28.61	34.17		
45	85	19	9.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.79	21.23	27.72	22.29	35.91	23	50.28	63.19	30.2	32.57	38.36		
50	90	20	10.55	17.49	19.80	27.01	26.03	32.31	22.74	28.79	23.90	37.56	23	53.40	65.41	30.2	36.18	41.03		
55	100	21	13.40	20.60	25.05	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84	25	66.75	81.43	33.3	45.83	50.73		
60	110	22	15.53	23.14	30.94	40.36	40.72	48.50	35.55	43.16	37.65	56.07	28	83.21	99.23	36.5	56.51	61.41		
65	120	23	17.22	23.85	34.13	44.05	44.95	52.51	41.83	48.95	45.39	66.30	31	99.68	116.60	38.1	62.30	66.75		
70	125	24	18.78	26.65	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	53.40	45.39	74.76	31	105.91	121.00	39.7	68.53	72.53		
75	130	25	21.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.00	31	111.70	125.50	41.3	75.20	77.00		
80	140	26	23.54	30.35	44.50	56.07	62.74	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22	33	129.00	143.70	44.4	81.43	85.00		
85	150	28	28.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.75	99.68	36	149.50	166.50	49.2	86.77	87.66		
90	160	30	31.77	43.79	60.52	73.87	85.44	92.56	74.31	82.32	91.67	127.27	40	179.80	195.80	52.4	98.34	100.60		
95	170	32	36.85	48.95	69.42	83.66	91.67	100.00	77.87	87.66	101.46	139.73	43	221.10	235.80	55.6	127.30	127.30		

ตารางที่ ก.3 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของโรลลิ่ง (C₀, C เป็น kN)

ชนิดของแรง	N s		
	บอลแบริ่ง	โรลเลอร์แบริ่ง	ตัวอย่าง
แรงเรียบสม่ำเสมอ	1.0	1.0	มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องอัดอากาศ
แรงกระแทกเล็กน้อย	1.5	1.0	เครื่องตัดโลหะ ขึ้นจัน
แรงกระแทกอย่างหนัก	2.0-3.0	1.3-2.0	เครื่องบดแร่ เครื่องเขย่า

ตารางที่ ก.4 ตัวประกอบของการกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contact Angle α , deg	$\frac{1F^1}{C_0}$	Single-Row Bearing ² $F_a/VF_r > e$		Double-Row Bearing ³				e
		X	Y	$F_a/VF_r \leq e$		$F_a/VF_r > e$		
				X	Y	X	Y	
Deep groove ball bearing ⁴								
	0.014		2.30				2.30	0.19
	0.028		1.99				1.99	0.22
	0.056		1.71				1.71	0.26
	0.084		1.55				1.55	0.28
	0.11	0.56	1.45	1.0	0	0.56	1.45	0.30
	0.17		1.31				1.31	0.34
	0.28		1.15				1.15	0.38
	0.42		1.04				1.04	0.42
	0.56		1.00				1.00	0.44
Angular-Contact groove ball bearing ⁵								
	0.014		Use X, Y and e values applicable to sin- gle-row deep groove bear- ings		2.78		3.74	0.23
	0.028				2.40		3.23	0.26
	0.056				2.07		2.78	0.30
	0.085				1.87		2.52	0.34
5	0.11	0.56		1.0	1.75	0.78	2.36	0.36
	0.17				1.58		2.13	0.40
	0.28				1.39		1.87	0.45
	0.42				1.25		1.69	0.50
	0.56				1.21		1.63	0.52
	0.014		1.88		2.13		3.06	0.29
	0.029		1.71		1.98		2.78	0.32
	0.057		1.52		1.76		2.47	0.36
10	0.086	0.46	1.41	1.0	1.63	0.75	2.29	0.38
	0.11		1.34		1.55		2.18	0.40
	0.17		1.23		1.42		2.00	0.44
	0.29		1.10		1.27		1.79	0.49
	0.43		1.01		1.17		1.64	0.54
	0.57		1.00		1.16		1.63	0.54

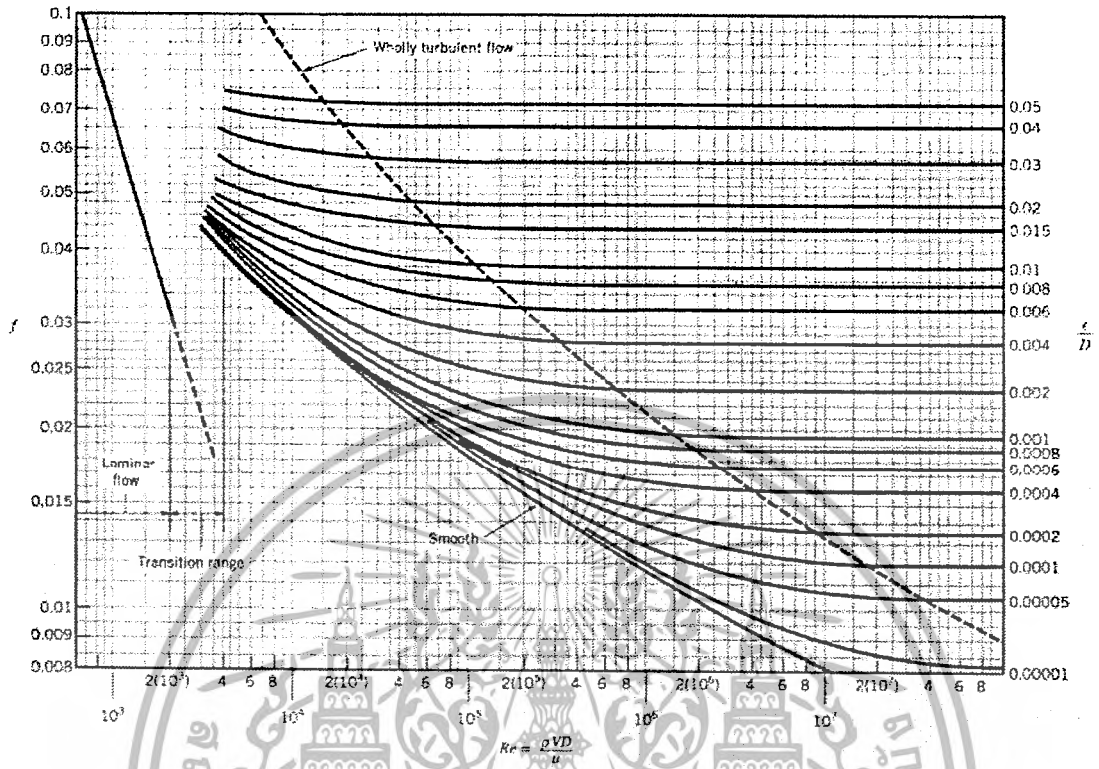
ตารางที่ ก.5 ตัวประกอบ X และ Y สำหรับบอลและโรลเลอร์เบริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component	K_L	
a. Elbows		
Regular 90°, flanged	0.3	
Regular 90°, threaded	1.5	
Long radius 90°, flanged	0.2	
Long radius 90°, threaded	0.7	
Long radius 45°, flanged	0.2	
Regular 45°, threaded	0.4	
b. 180° return bends		
180° return bend, flanged	0.2	
180° return bend, threaded	1.5	
c. Tees		
Line flow, flanged	0.2	
Line flow, threaded	0.9	
Branch flow, flanged	1.0	
Branch flow, threaded	2.0	
d. Union, threaded		
	0.08	
e. Valves		
Globe, fully open	10	
Angle, fully open	2	
Gate, fully open	0.15	
Gate, 1/4 closed	0.26	
Gate, 1/2 closed	2.1	
Gate, 3/4 closed	17	
Swing check, forward flow	2	
Swing check, backward flow	∞	
Ball valve, fully open	0.05	
Ball valve, 1/3 closed	5.5	
Ball valve, 2/3 closed	210	

ตารางที่ ก.6 แสดงค่า K สำหรับการใช้การไหลผ่านข้ออ ข้อโค้งกลับ ข้อต่อสามทาง ข้อต่อยูเนียน และวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ ก.7 แผนภูมิที่ใช้หาตัวประกอบความเสียดทานสำหรับการไหลเต็มท่อกลม

A_2/A_1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_c	0.617	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.755	0.813	0.892	1.0
K	0.50	0.46	0.41	0.36	0.30	0.24	0.18	0.12	0.06	0.02	0

ตารางที่ ก.8 แสดงค่าของ K สำหรับการไหลผ่านท่อที่มีขนาดลดขนาดตามอัตราส่วนของ A_2/A_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้