บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาต้นแบบเครื่องอบข้าวเปลือกแบบเคลื่อนที่สำหรับเกษตรกร ได้รวบรวม และศึกษา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาสู่การบูรณาการในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้แก่ การอบแห้งข้าวเปลือก วิธีการลดความชื้น องค์ประกอบของเมล็ดข้าวเปลือก ชนิดของข้าว และเศรษฐกิจพอเพียง ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การอบแห้ง

ภิญโญ ชุมมณี วีระชาติ จริตงาม ธนารัตน์ ศรรุ่งเรือง และวัชระ ชัยสงคราม (2554 : บทคัดย่อ) กล่าวว่า ทฤษฎีการอบแห้ง คือ กระบวนการให้ความร้อนกับของแข็งที่มีของเหลวประกอบอยู่หรือการให้ความร้อนกับสารละลาย เพื่อให้ของเหลวหรือตัวละลายนั้นระเหยออกไป กระบวนการอบแห้งสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามวิธีการให้ความร้อนหรือลักษณะของก๊าซร้อน โดยใช้กลไกการอบแห้งและความเร็วเชิงมวลในการอบแห้งที่แตกต่างกันไปตามลักษณะทำงานกายภาพของวัสดุที่จะอบแห้ง ในกรณีสารละลายหรือวัสดุจำพวกเจลน้ำจะกลายเป็นไอ หลังจากการเคลื่อนย้ายมาที่พื้นผิววัสดุ โดยการแพร่แต่ในกรณีของแข็งที่มีรูพรุนมาก น้ำอาจเคลื่อนย้ายมาที่ผิวของวัสดุโดยการแพร่ของไอน้ำ หรือการไหลที่หนืดอย่างอิสระ ซึ่งความร้อนทั้งหมดที่ป้อนเข้าสู่วัสดุในช่วงนี้ จะใช้ในการทำให้น้ำกลายเป็นไอ ในช่วงนี้อุณหภูมิของวัสดุจะคงที่ ถ้าวัสดุได้รับความร้อนจากการป้อนลมร้อนเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิของวัสดุจะคงที่ ถ้าวัสดุได้รับความร้อนจากการป้อนลมร้อนเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิของวัสดุจะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของความร้อน เมื่อเวลาผ่านไปการถ่ายเทน้ำในเนื้อของวัสดุจะค่อยๆช้าลง และน้ำก็จะเริ่มถ่ายเทไปยังพื้นผิวของวัสดุไม่ทัน ช่วงการอบแห้งอัตราคงที่จะสิ้นสุดลง อัตราการอบแห้งก็จะเริ่มช้าลง อัตราส่วนความชื้นในวัสดุ ณ จุดนี้เรียกว่าอัตราส่วนความชื้นวิกฤต เลยจุดนี้ไปเรียกอีกช่วงอัตราการอบแห้งช้าลง จนในที่สุดอัตราส่วนความชื้นในวัสดุจะเข้าสู่อัตราส่วนความชื้นสมดุลนี้ไปก็จะไม่มีที่สิ้นสุด

1. การอบแห้งช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลระหว่างวัสดุกับอากาศเหมือนกับการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลร้อนที่กระเปราะเปียกของเทอร์โมมิเตอร์ การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลจะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น โดยประมาณความชื้นที่ผิวของวัสดุจะมีประมาณมากเมื่อเพิ่มความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุ จะทำให้ฟิล์มอากาศนิ่ง มีความหนาลดลงด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้ง จะทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัสดุและอากาศ

ร้อนที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น เป็นผลทำให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลดีขึ้น เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งได้ จะเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างอัตราความชื้นที่อิ่มตัวที่ผิววัสดุและอัตราส่วนความชื้นอากาศร้อนที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น เป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลดีขึ้น เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งได้ จะเป็นผลให้ความแตกต่างระหว่างความชื้นอิ่มตัวที่ผิววัสดุและอัตราความชื้นอากาศที่ไหลอย่างอิสระมีมากขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลดีขึ้น ดังนั้นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อช่วงอัตราการอบแห้งให้คงที่ คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมร้อน

2. การอบแห้งช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤต การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลมิได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิววัสดุเท่านั้น แต่เกิดภายในเนื้อวัสดุด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง อัตราการระเหยน้ำจะถูกควบคุมโดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในวัสดุ ในขณะนั้นอุณหภูมิของวัสดุมีค่าสูงขึ้น และสูงกว่าอุณหภูมิกระเปราะเปียก เมื่อลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้ง จะเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น และมีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแล้ว จะเป็นผลให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลดีขึ้น

3. การอบแห้งความชื้นสมดุล

ความชื้นสมดุลของวัสดุมีความสำคัญต่อกระบวนการอบแห้ง เพราะการอบแห้งวัสดุโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ ความชื้นของวัสดุจะลดต่ำลงจนถึงจุดๆหนึ่งซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะนั้นความชื้นในวัสดุมีความดันไอเท่ากับความดันไอของบรรยากาศที่อยู่รอบๆ และอุณหภูมิของวัสดุก็เท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบๆด้วย ซึ่งเรียกว่า ความชื้นสมดุล ค่าความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

4. ความชื้น

ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ เมื่อน้ำได้รับความร้อนน้ำจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอเรียกว่า การระเหย ซึ่งความร้อนที่ใช้ในกระบวนการทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอเรียกว่า ความร้อนแฝง เมื่ออากาศเย็นลงไอน้ำจะเริ่มกลั่นตัวเป็นละออง ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นตัวกำหนดปริมาณไอน้ำในอากาศ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ถ้าอากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว

5. ความชื้นในวัสดุ

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2537 อ้างถึงใน ปพน สมประสงค์ และ สมพงษ์ พิริยานยต์, 2558 : 15 กล่าวว่า ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับ

มวลของวัสดุที่ชื้นหรือวัสดุแห้ง การบอกความชื้นในวัสดุมี 2 แบบ คือ ความขึ้นมาตรฐานเปียก ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำหนักรวมของวัสดุ ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งของวัสดุ

1. ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$\text{สูตร } Mw = \frac{(w-d)}{w}$$

2. ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$\text{สูตร } Md = \frac{(w-d)}{d}$$

เมื่อMw คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก
Md คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง
w คือ น้ำหนักของวัสดุ (Kg)
d คือ น้ำหนักแห้งวัสดุ (Kg)

ความชื้นมาตรฐานนิยมใช่อยู่ในวงการค้า โดยทั่วไปจะอ้างถึงในรูปของเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง

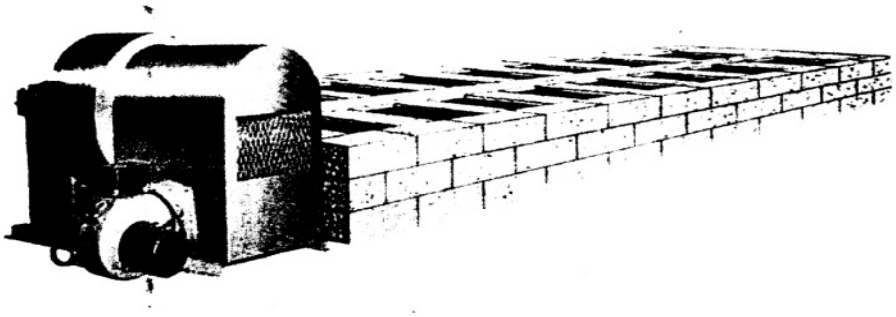
การลดความชื้นโดยเครื่องลดความชื้น

พิรสิทธิ์ ทวยนาค มณฑล ชูโชนาค มุสตาฟา ยะภา และประชา บุณยวานิชกุล (2557 : 70-73) กล่าวว่า การใช้เครื่องอบนั้นมีข้อดี คือ สามารถอบแห้ง ได้ทุกสภาวะอากาศแม้ขณะฝนตกหรือมีแสงแดดน้อย ไม่เปลืองพื้นที่ในการตาก สามารถควบคุมการลด ความชื้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นน้อยจึงทำให้มีข้อดีกว่าวิธีธรรมชาติ แต่อาจมีข้อเสีย คือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์สูง รวมถึงต้นทุนด้านพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งด้วย เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีใช้มาจนถึงปัจจุบันสามารถแบ่งได้หลายแบบ ดังนี้

1. เครื่องลดความชื้นแบบข้าวเปลือกบรรจุในกระสอบ

เครื่องอบแบบนี้ส่วนใหญ่ใช้กับเมล็ดพันธุ์ ตัวเครื่องประกอบด้วยห้องกำเนิดร้อนซึ่งมีช่องว่างทางด้านบนเพื่อใช้วางกระสอบของข้าวเปลือกซึ่งต้องการอบห้อง ซึ่งโดยปกติมีจำนวนหลายช่อง สามารถวางข้าวเปลือกได้ครั้งละหลายกระสอบตามจำนวนของช่องว่าง ลมร้อนจะถูกเป่าผ่านช่องว่างของข้าวเปลือกที่บรรจุในกระสอบ เครื่องอบแบบนี้จะใช้อุณหภูมิต่ำอบแห้งไม่เกิน 43 องศาเซลเซียส และในระหว่างการอบแห้งจะต้องพลิกกลับกระสอบเป็นระยะๆ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนและมวลสารทั่วถึงทั้งด้านบนและด้านล่างของกระสอบ

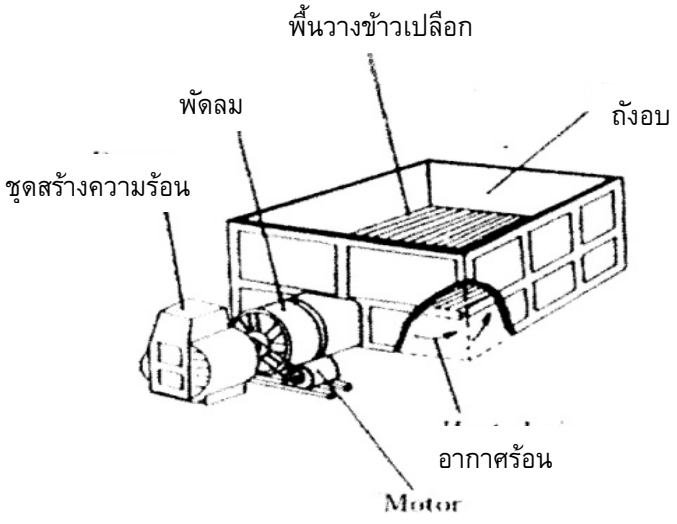
ดังภาพ 1



ภาพ 1 เครื่องลดความชื้นแบบเมล็ดพืชบรรจุในกระสอบ
ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

2. เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบกระบะ

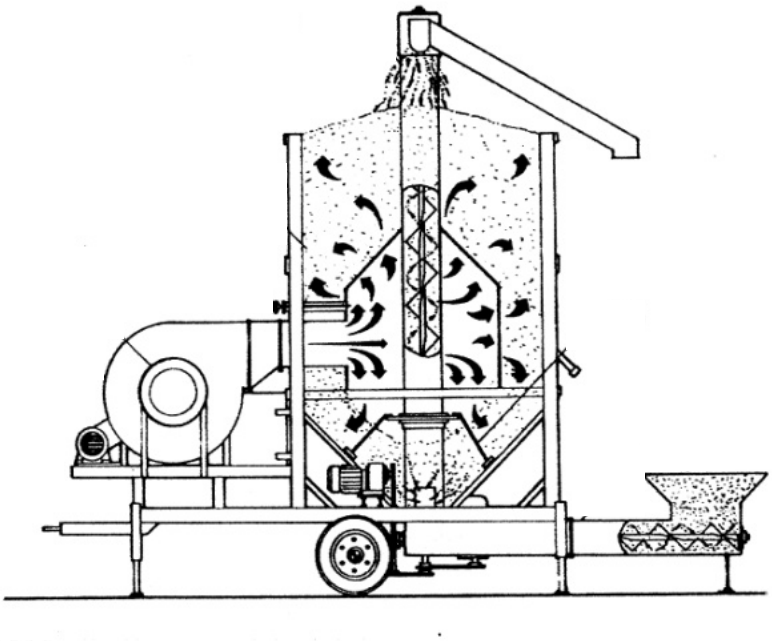
เครื่องลดความชื้นแบบกระบะประกอบด้วยกระบะที่บรรจุข้าวเปลือกอยู่บนตะแกรง โดยด้านล่างของตะแกรงเป็นห้องอากาศร้อนที่ต่อเข้ากับพัดลมและชุดกำเนิดอากาศร้อน อากาศร้อนจะพัดผ่านชั้นของข้าวเปลือก ที่อยู่นิ่งบนแผ่นตะแกรงจากด้านล่างสู่ด้านบน ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างเมล็ดข้าวเปลือกกับอากาศร้อน โดยความชื้นของข้าวเปลือกทางด้านล่างจะลดลงเร็วกว่าทางด้านบน เครื่องลดความชื้นแบบนี้ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส และที่ใช้อยู่ในประเทศส่วนใหญ่จะใช้กับเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดข้าวอยู่กับที่จึงไม่ส่งผลต่อการแตกร้าวของเมล็ดมากนัก เครื่องลดความชื้นแบบนี้จะสามารถในการลดความชื้นได้ร้อยละ 0.5 เวเบอร์ต่อชั่วโมง จากความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก ดังภาพ 2



ภาพ 2 เครื่องลดความชื้นแบบกระบะ
ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

3. เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบถังหมุนเวียน

เครื่องลดความชื้นแบบประกอบนี้ด้วยถังบรรจุข้าวเปลือกจะทำด้วยตะแกรงเป็นรูปทรงกระบอกแนวตั้งส่วนกลางของถังจะมีท่อลมทำด้วยตะแกรงรูปทรงกระบอกซ้อนอยู่ภายใน ลมร้อนถูกเป่าให้ไหลผ่านเมล็ดตามแนวรัศมีจากรูตะแกรงออกสู่ภายนอก ข้าวเปลือกที่อยู่ด้านล่างจะถูกลำเลียงขึ้นไปด้านบนใหม่หลายเที่ยวจนกว่าจะแห้ง เครื่องอบแบบนี้ได้มีการสร้างจำหน่ายในอดีต แต่ไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากปัญหาเรื่องฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายรบกวนผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่อยู่ใกล้เคียง รวมทั้งปัญหาเรื่องการสึกหรอของระบบลำเลียงในแนวตั้ง ดังภาพ 3



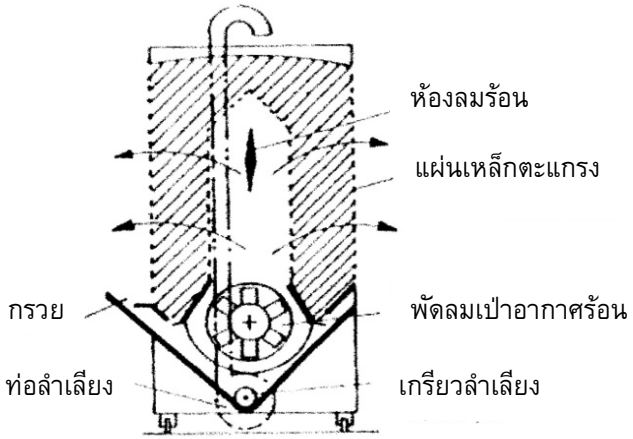
ภาพ 3 เครื่องลดความชื้นแบบถังหมุนเวียน
ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

4. เครื่องลดความชื้นแบบคอลัมน์

เครื่องลดความชื้นแบบนี้มองภายนอก จะเห็นถังบรรจุเมล็ดพืชเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมแนวตั้ง ส่วนใหญ่สูงมากกว่า 3 เมตร ถังบรรจุเมล็ดพืชจะต่อเข้ากับท่อลมร้อนทางด้านข้าง ซึ่งมีเตาลมร้อนและพัดลมเป็นส่วนประกอบ ส่วนล่างของถังบรรจุเมล็ดจะมีชุดควบคุมการไหลของเมล็ดพืช เครื่องลดความชื้นแบบคอลัมน์นี้สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

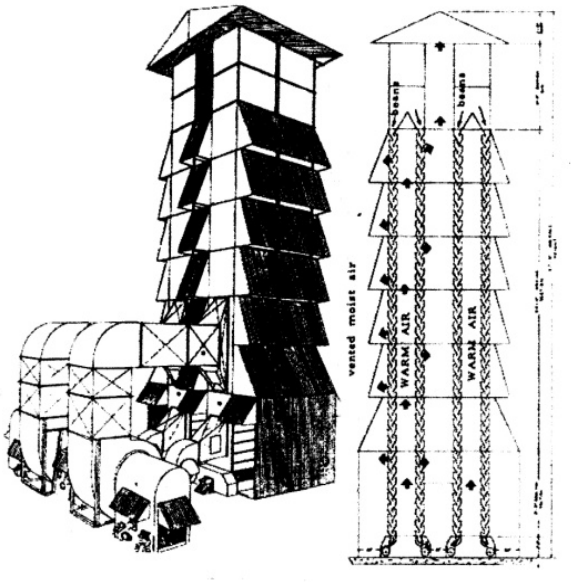
4.1 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบคอลัมน์ชนิดข้าวเปลือกไม่ไหลคลุกเคล้าภายในถังบรรจุข้าวเปลือกของเครื่องลดความชื้นแบบนี้จะประกอบด้วย ช่องบรรจุข้าวเปลือกที่ด้านข้างทั้ง 2 ด้านเป็นตะแกรงเพื่อให้ลมผ่านได้อย่างสะดวก โดยออกแบบให้มีช่องว่างอย่างน้อย 2 ช่อง ตรงกลางของเครื่องซึ่งใช้เป็นห้องลมร้อน ที่จะไหลผ่านข้าวเปลือกและไหลออกจาก

แนวข้างทั้ง 2 ช่อง เครื่องลดความชื้นแบบนี้มีข้อเสีย คือ ข้าวเปลือกที่อยู่ชิดห้องลมร้อนจะแห้งเร็วกว่าทางด้านท่อลมออกทำให้เครื่องลดความชื้นแบบนี้ใช้ปริมาณลมร้อนจำเพาะสูง เพื่อให้ความแตกต่างระหว่างความชื้นข้าวเปลือกส่วนที่ติดห้องลมร้อนกับด้านลมออกน้อย อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ต่ำคือประมาณ 54 องศาเซลเซียส ดังภาพ 4



ภาพ 4 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบคอลัมน์ชนิดข้าวเปลือกไม่ไหลคลุกเคล้า
ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

4.2 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบคอลัมน์ชนิดข้าวเปลือกมีการไหลคลุกเคล้า เครื่องลดความชื้นแบบนี้ต่างจากแบบในข้อ 1. คือ ภายในห้องอบแห้งระหว่างห้องลมร้อนกับช่องบรรจุข้าวเปลือกจะถูกกั้นด้วยแผ่นทึบที่ทำเป็นแนวกลับทิศการไหลของข้าวเปลือกสลับกันไปมา ซึ่งในระหว่างแผ่นจะมีช่องว่างให้ลมไหลผ่านได้ ข้าวเปลือกที่ไหลจากด้านล่างมีโอกาสสัมผัสลมร้อนเท่าๆ กัน เนื่องจากข้าวเปลือกมีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา ดังภาพ 5



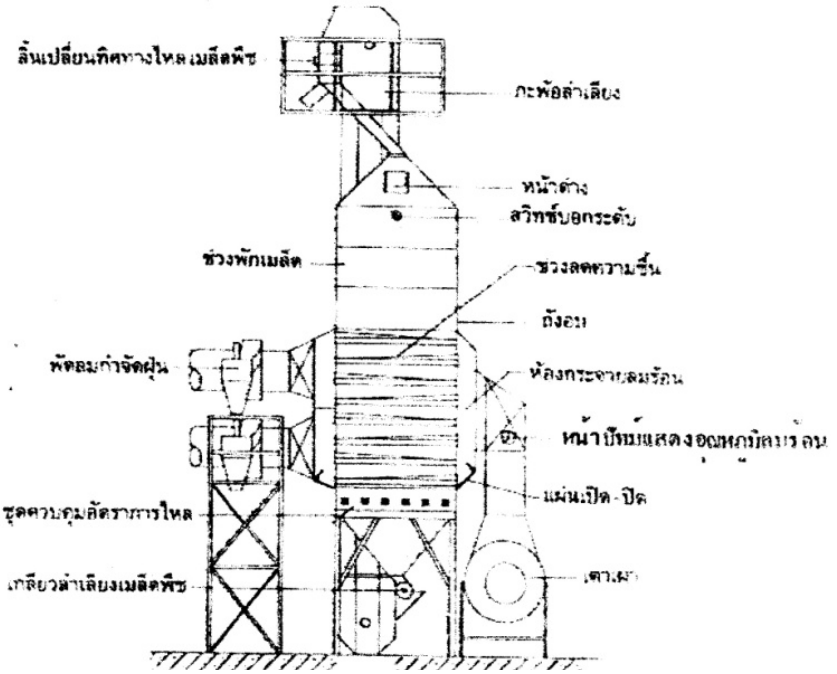
ภาพ 5 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบคอลัมน์ชนิดข้าวเปลือกมีการคลุกเคล้า
ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

เครื่องลดความชื้นแบบคอลัมน์ทั้ง 2 แบบนี้ สามารถใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ แบบแรกใช้อบแบบเป็นครั้งหรืองวด โดยในขั้นแรกจะบรรจุเมล็ดพืชจนเต็มถัง จากนั้นจึงใช้พัดลมเป่าลมร้อนเข้าไปในห้องอบแห้ง ในขณะเดียวกันก็หมุนเวียนข้าวเปลือกส่วนที่อยู่ด้านล่างของห้องอบแห้งขึ้นไปสู่ด้านบนของถังบรรจุข้าวเปลือกหลายๆ ครั้งจนกว่าเมล็ดข้าวเปลือกจะแห้งและได้ความชื้นสุดท้ายตามที่ต้องการ จึงถ่ายเมล็ดพืชออกจากถังเก็บ ส่วนการใช้งานในลักษณะที่สอง คือ แบบไหลต่อเนื่อง ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงจะไหลผ่านเข้าสู่ห้องแบบแห้งจากทางด้านบนลงล่างเพียงเที่ยวเดียว ความชื้นจะลดลงในระดับหนึ่ง จากนั้นนำไปเก็บในถังพักไว้ระยะหนึ่งเพื่อปรับสภาพความชื้นภายในข้าวเปลือกเองอย่างน้อย 4 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำกลับ มาผ่านเครื่องอบใหม่ ทำในลักษณะนี้จนกว่าข้าวเปลือกแห้งแล้วนำไปเก็บในถังเก็บ

5. เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้า

เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้า โดยทั่วไปเรียกว่า แบบ LSU (Lousiana State University) เครื่องลดความชื้นแบบนี้ดูภายนอกมีลักษณะเช่นเดียวกันกับแบบคอลัมน์ คือ ถังบรรจุเมล็ดพืชจะเป็นแบบถังทรงสี่เหลี่ยมแนวตั้ง ข้าวเปลือกไหลจากด้านบนลงล่างโดยมีอุปกรณ์ควบคุมการไหลของเมล็ด ภายในถังอบจะประกอบด้วยท่อลมเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นจะมีท่อลมหลายท่อ ท่อลมแต่ละชั้นจะเป็นท่อลมร้อนเข้าและท่อลมออกสลับกัน ท่อลมร้อนเข้านี้จะพัดผ่านข้าวเปลือกในถังอบและไหลออกทางท่อลมออกที่อยู่ชั้นด้านบนและด้านล่างท่อลมแต่ละท่อจะมีลักษณะเป็นรางคว่ำด้านบนแหลมด้านล่างเปิดว่างในแนวขนานกับ

พื้นยาวตลอดถัง ที่ปลายรางด้านหนึ่งจะเจาะช่องต่อเข้ากับห้องรวบรวมลม ส่วนอีกปลายด้านหนึ่งจะปิดท่อลมแต่ละชั้นโดยมีช่องที่เจาะเข้ากับห้องรวบรวมลมสลับกัน โดยชั้นหนึ่งจะต่อเข้าทางด้านห้องลมร้อนเข้า และอีกชั้นหนึ่งจะต่อเข้ากับห้องลมออก เครื่องลดความชื้นแบบนี้จะทำให้ข้าวเปลือกมีโอกาสสัมผัสกับลมร้อนที่ไหลเข้าและเกิดการถ่ายเทความชื้นกับลมที่ไหลออก ทำให้เกิดการลดความชื้นสม่ำเสมอเท่ากันตลอดทั้งถังบรรจุ อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้จะได้สูงกว่าแบบคอลัมน์คือ 66 องศาเซลเซียส สำหรับการใช้งานก็เช่นเดียวกันกับแบบ คอลัมน์ คือ ใช้อบแบบเป็นครั้งหรือเป็นงวดและใช้อบแบบไหลต่อเนื่อง ดังภาพ 6



ภาพ 6 เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบคอลัมน์ชนิดข้าวเปลือกมีการคลุกเคล้า
ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

6. เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบโรตารี่

เครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกแบบโรตารี่นี้นิยมใช้ในการลดความชื้นข้าวนึ่งในช่วงแรกหลังจากที่ข้าวผ่านการนึ่งมาแล้ว ตัวเครื่องจะเป็นรูปถังทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 เมตร ความยาว 15-30 เมตร วางเอียงถัง 2-4 องศาจากแนวนอน ถังหมุนด้วยความเร็วรอบ 4-8 รอบต่อนาที โดยทั่วไปข้าวเปลือกจะอยู่ในถังประมาณ 10-20 นาที อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ 121-288 องศาเซลเซียส ดังภาพ 7

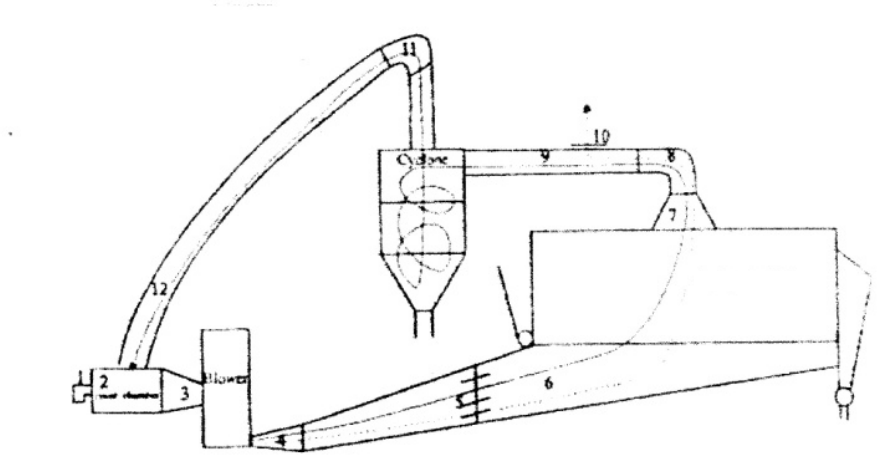
ภาพ 7 เครื่องลดความชื้นแบบโรตารี่
ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557 : 7

นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นยังมีการอบแห้งข้าวเปลือกในยุ้งเก็บ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ18เวเบอร์ หรือข้าวเปลือกที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบฟลูอิดไดซ์-เบด รูปแบบเครื่องเป็นการวางท่อลมไว้ที่พื้นของยุ้งหรือฉางเก็บข้าวเปลือกเป็นระยะๆ โดยท่อลมนี้จะติดเข้ากับพัดลม ลมที่เป่าก็คืออากาศแวดล้อมหรือลมธรรมชาตินั่นเอง โดยทำการเป่าจากด้านล่างขึ้นด้านบนของกองข้าวเปลือกซึ่งมีความสูงไม่เกิน 4 เมตร สำหรับข้าวเปลือกจะใช้เวลาประมาณ 1 เดือน เพื่อลดความชื้นจากร้อยละ18-20 เวเบอร์ เหลือร้อยละ14-15 เวเบอร์

7. เครื่องลดความชื้นแบบฟลูอิดไดซ์-เบด

เครื่องลดความชื้นแบบนี้ได้มีการพัฒนาและสร้างออกจำหน่ายภายในประ เทศเพื่อการใช้งานในลักษณะไหลต่อเนื่องและใช้ปริมาณลมสูง ห้องอบจะเป็นห้องปิดมีตะแกรงอยู่ด้านล่าง ที่ปลายทั้ง 2 ด้านมีอุปกรณ์สำหรับป้อนเมล็ดพืชเข้าและออกจากห้องอบ ลมร้อนจะเป่าผ่านชั้นเมล็ดพืชที่วางอยู่บนตะแกรงโดยความหนาไม่เกิน 10 เซ็นติเมตร ด้วยความเร็วของอากาศร้อนประมาณ 1.9 เมตรต่อวินาที เพื่อทำให้ข้าวเปลือกลอยตัว อุณหภูมิลมร้อนที่จะใช้มากกว่า 100 องศาเซลเซียส และช่วงระยะเวลาที่เมล็ดสัมผัสลมร้อนเป็นเวลาประมาณ 3-5 นาที เหมาะสมหรับใช้ลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงมากกว่าร้อยละ 20 เวเบอร์ เนื่องจากเครื่องลดความชื้นแบบนี้ใช้ปริมาณลมและความร้อนสูงเป่าผ่านข้าวเปลือกในระยะเวลา

อันสั้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานจึงมีการนำเอาความร้อนส่วนที่ผ่านข้าวเปลือกแล้วหมุนเวียนกลับมาประมาณร้อยละ 80 และเป่าทิ้งไปร้อยละ 20 ข้าวเปลือกเมื่อผ่านเครื่องลดความชื้นแบบนี้เพียงเที่ยวเดียวจะทำให้ความชื้นลดลงร้อยละ 5-10 เวเบอร์ ทำให้มีอัตราการทำงานสูงเหมาะกับตลาดกลางที่มีปริมาณข้าวเปลือกความชื้นสูงเข้ามาในปริมาณมาก ข้าวเปลือกที่ผ่านเครื่องลดความชื้นแบบนี้แล้ว สามารถนำไปอบแห้งในยุ้งเก็บที่มีการเป่าอากาศผ่านกองข้าวเปลือกได้ หรืออาจใช้ร่วมกับเครื่องลดความชื้นแบบอื่น ๆ ก็ได้ ดังภาพ 8



ภาพ 8 เครื่องลดความชื้นแบบฟลูอิดไดซ์-เบด
ที่มา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

องค์ประกอบของเมล็ดข้าวเปลือก

เมล็ดข้าวเป็นผลชนิด Caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (Pericarp) แบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ เปลือกหรือเปลือกของเมล็ดข้าวมีอยู่ 2 ส่วน คือ เปลือกใหญ่ (Lemma) และเปลือกเล็ก (Palea) ประกบติดกันแบบตะขอฟัน (Interlocking Fold) ทั้งสองข้างตลอดความยาวของเมล็ดข้าว ภายในเปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องนี้มีช่องว่างระหว่างเมล็ดและเปลือกที่ปลายทั้งสองด้านผิวของเปลือกข้าวทั้งสองส่วนจะมีหนามแข็งเล็กๆ (Trichomes) ติดอยู่โดยรอบ

เปลือกข้าวจะประกอบด้วยสารพวกซิลิก้าและเส้นใยเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้อยู่ระหว่าง 3,000 – 3,500 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม เนื่องจากเปลือกข้าวประกอบด้วยสารพวกซิลิก้าจึงมีความคมทำความสึกหรอแก่เครื่องมือลำเลียงและเครื่องมือแปรรูปได้อย่างรวดเร็ว

เมล็ดข้าวกล้อง (Caryopsis) แบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ ชั้นรำ (Bran Layers) ชั้นแป้ง (Starchy Endosperm) และต้นอ่อน (Embryo)

1. คุณสมบัติทำงานกายภาพของเมล็ดธัญพืช

คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดธัญพืชมีความสำคัญต่อการวางแผนการคัดเมล็ดให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูง

2. คุณสมบัติทำงานกายภาพของเมล็ด

คุณสมบัติทำงานกายภาพของเมล็ด หมายถึง คุณสมบัติต่างๆของเมล็ดที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา หรือชั่ง ตวง วัดได้ คุณสมบัติต่างๆเหล่านี้มีผลสำคัญต่อการอบแห้งของเมล็ด คุณสมบัติทำงานกายภาพของเมล็ดที่สำคัญได้แก่

2.1 โครงสร้างของเมล็ดทำงานกายวิภาคของเมล็ดธัญพืชส่วนใหญ่จะมีลักษณะพื้นฐานเหมือนกันแต่จะแตกต่างกันไปบ้างในรายละเอียดเมล็ดพืช เช่น ข้าว ข้าวโพดและข้าวฟ่างจะประกอบด้วย Pericarp และ Seed Les สำหรับ Seed จะประกอบไปด้วย Testa, Embryo และ Endosperm เมล็ดพืชจำพวกข้าวจะมีเปลือกห่อหุ้มเพิ่มอีก 2 ส่วน คือ Palea และ Lemma ซึ่งก็คือส่วนที่เรียกว่า แกลบนั่นเอง ในระหว่างการอบแห้งความชื้นจะไหลจากภายในมายังผิวของเมล็ดพืช การไหลของความชื่นผ่านส่วนต่างๆ ของเมล็ดพืชขึ้นอยู่กับลักษณะภายในของ endosperm ความสามารถซึมผ่านได้ของชั้น Aleurone ชั้น Testa และชั้น Pericarp รวมทั้งความเสียหายของชั้นต่างๆเหล่านี้

2.2 เมล็ดข้าวเปลือก ประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ เปลือกหรือแกลบ เมล็ดข้าวกล้อง

2.3 แกลบประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ เปลือกใหญ่และเปลือกเล็กประกบติดกันแบบตะขอฟันทั้งสองข้างตลอดความยาวของเมล็ดข้าว ผิวของเปลือกข้าวที่สองส่วนมีหนามแข็งเล็กๆติดอยู่โดยรอบทั่วไป เปลือกข้าวนี้จะประกอบด้วยสารพวกซิลิก้าและเส้นใยเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้อยู่ระหว่าง 3,000 – 3,500 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม เนื่องจากข้าวเปลือกประกอบด้วยสารพวกซิลิก้าจึงทำให้ข้าวเปลือกมีความคมสามารถทำให้เครื่องมือลำเลียงและเครื่องมือแปรรูปต่างๆสึกหรอได้อย่างรวดเร็ว

2.4 เมล็ดข้าวกล้องสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ชั้นรำ ชั้นแป้งและต้นอ่อน

2.4.1 ชั้นรำ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

2.4.1.1 เยื่อหุ้มผล อยู่ชั้นนอกสุด มีลักษณะเป็นเส้นใยบางๆ และฉีกขาดง่าย ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ Epicarp, Mesocarp และ Endocarp

2.4.1.2 เยื่อหุ้มเมล็ด เป็นที่อยู่ของสารประกอบไขมัน ช่วยป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน และน้ำ และป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อรา

2.4.1.3 เยื่ออาลูโรน ห่อหุ้มส่วนของ Starchy Endosperm และ Embryo มี Protein และยังประกอบด้าย Oil Cellulose และ Hemicelluloses

2.4.2 ชั้นแป้ง เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าว และเป็นส่วนที่ใช้บริโภค ชั้นแป้งนี้ประกอบด้วยเซลล์แป้ง เซลล์แป้งนี้เป็นรูปหกเหลี่ยมยาวรี มีขนาดใหญ่ไปหาเล็กจากผิวไปแนวแกนกลางของเมล็ดข้าว ภายในเซลล์แป้งนี้ยังมีเมล็ดโปรตีนขนาดต่างๆ กันบรรจุอยู่ระหว่างเมล็ดแป้งเมล็ดโปรตีนที่อยู่ในเซลล์แป้งนี้เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ และเป็นโปรตีนที่สำคัญ นอกจากนี้เมล็ดโปรตีนยังมีวิตามิน แร่ธาตุ และไขมันประกอบอยู่เล็กน้อยเมล็ดโปรตีนในข้าวกล้องมีอัตราความหนาแน่นที่ส่วนนอกใกล้กับชั้นอลูโรนมากกว่าบริเวณตรงกลางของเมล็ด ดังนั้นในการขัดสีข้าวกล้องเพื่อเอารำออกไม่ควรขัดมากเกิน ไป เพราะจะทำให้ปริมาณโปรตีนในข้าวสารลดลงเกินความจำเป็น เมล็ดแป้งนี้ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลเชื่อมต่อกันเป็นโมเลกุล 2 ชนิด คือ อามัยโลส และอามัยโลเปคติน อามัยโลส มีประมาณ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วแต่พันธุ์ข้าว มีลักษณะเป็นเส้นเกลียวยาว ภายในเส้นเกลียวยาว ซึ่งมีลักษณะเป็นช่องว่างนี้ยังมีกรดไขมันบรรจุอยู่ด้านปลายเส้นเกลียวบางเส้นอีกด้วย อามัยโลสนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะมีสีน้ำเงินส่วนอามัยโลเปคติน ซึ่งเป็นองค์ ประกอบส่วนใหญ่ของเมล็ดแป้ง 70 – 98 เปอร์เซ็นต์ แล้วแต่พันธุ์ข้าว ข้าวเหนียวจะมีประมาณอามัยโลเปคตินสูงมากระหว่าง 95 – 98 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นอามัยโลส ส่วนข้าวเจ้ามีอามัยโลเปคตินน้อยกว่า คือ ประมาณ 67 – 97 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักข้าวสาร อามัยโลเปคตินเป็นโมเลกุลน้ำตาลเชื่อมต่อกันเป็นเส้นเกลียวสั้นๆ แตกแยกกิ่งก้านออกไปในลักษณะคล้ายต้นไม้ที่ด้านปลาย ของเส้นเกลียวบางเส้นก็มีกรดไขมันบรรจุอยู่เช่นกัน

ชนิดของข้าว

ภิญโญ ชุมมณี วีระชาติ จริตงาม ธนารัตน์ ศรรุ่งเรือง และวัชระ ชัยสงคราม (2554 : 9-14) กล่าวว่า แบ่งชนิดข้าวทำได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ใช้ในการแบ่ง เช่น

1. แบ่งตามประเภทเนื้อแข็งในเมล็ดข้าวสาร

แบ่งได้เป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งมีต้นและลักษณะอย่างอื่นเหมือนกันทุกอย่าง แตกต่างกันที่ประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ด เมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้งอมิโลส (Amylose) ประมาณร้อยละ 15 – 30 ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งอมิโลเพคติน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่และมีแป้งอมิโลสเพียงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 5 – 7 เท่านั้น

2. แบ่งตามสภาพพื้นที่เพาะปลูก

2.1 ข้าวไร่ (Upland Rice) เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชันไม่ต้องทำคันนาเก็บกักน้ำ นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงตามไหล่เขาทำงานภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

2.2 ข้าวนาสวนหรือนาดำ (Lowland Rice) เป็นข้าวที่ปลูกในที่ลุ่มทั่วๆ ไปในสภาพที่มีน้ำหล่อเลี้ยงต้นข้าวตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว โดยที่สามารถรักษาระดับน้ำได้และระดับน้ำต้องไม่สูงเกิน 1 เมตร ข้าวนาสวนนิยมปลูกกันมากแทบทุกภาคของประเทศคิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 80 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

2.3 ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (Floating Rice) เป็นข้าวที่ปลูกในแหล่งที่ไม่สามารถรักษาระดับน้ำได้ บางครั้งระดับน้ำในบริเวณที่ปลูกอาจสูงกว่า 1 เมตร ต้องใช้ข้าวพันธุ์พิเศษที่เรียกว่า ข้าวลอย หรือข้าวฟางลอย ส่วนมากปลูกแถบจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี ลพบุรี พิจิตร อ่างทอง ชัยนาทและสิงห์บุรี คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

3. แบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยว

แบ่งเป็นข้าวเบา ข้าวกลางและข้าวหลัก ข้าวเบามีอายุการเก็บเกี่ยว 90 – 100 วัน ข้าวกลางมีอายุการเก็บเกี่ยว 100 – 120 วัน และข้าวหนักมีอายุการเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป อายุการเก็บเกี่ยวนับแต่วันเพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนเก็บเกี่ยว

4. แบ่งตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง

ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงจะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ไม่แน่นอน คือไม่เป็นไปตามอายุของต้นข้าว เพราะจะออกดอกในช่วงเดือนที่มีความยาวของกลางวันสั้นกว่ากลางคืน ในประเทศไทยช่วงดังกล่าวเริ่มเดือนตุลาคม ฉะนั้นข้าวพวกนี้ต้องปลูกในฤดูนาปี (ฤดูฝน) เท่านั้น ส่วนข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล ข้าวมะลิ 105 เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง ดังตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างพันธุ์ข้าว

พันธุ์ข้าว	คุณลักษณะที่สำคัญ
1 พันธุ์ข้าวไร่ไม่ไวต่อช่วงแสง อาร์ 258	- พันธุ์ข้าวเหนียวไม่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ทั่งนาปี - อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 106 – 134 วัน - เมล็ดข้าวเปลือกฟางลอย - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 3.3x7.1x2.1 มิลลิเมตร - คุณภาพข้าวสุก นุ่ม มีกลิ่นหอมเล็กน้อย
2 พันธุ์ข้าวไร่ไวต่อช่วงแสง เจ้าลีซอสันป่าตอง	- พันธุ์ข้าวเจ้า ไวต่อช่วงแสง - อายุเก็บเกี่ยวประมาณวันที่ 16 ตุลาคม - เมล็ดข้าวฟางลอย มีขนบนเปลือกเมล็ด กลีบรองดอกยาว - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 2.87x7.26x1.94 มิลลิเมตร - ปริมาณอมิโลส 16.07เปอร์เซ็นต์ คุณภาพการสีดี
3 พันธุ์ข้าวนาสวนไม่ไวต่อแสง ปทุมธานี 1	- พันธุ์เป็นข้าวเจ้า อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 104 – 126 วัน - เมล็ดข้าวเปลือกฟางลอย มีขึ้น มีหางเล็กน้อย - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 2.1x7.6x1.7 มิลลิเมตร - ปริมาณอมิโลส 15 – 19 เปอร์เซ็นต์ - คุณภาพข้าวสุก นุ่มเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน
ชัยนาท 1	- เป็นข้าวเจ้า อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 121 – 134 วัน - เมล็ดข้าวเปลือกสีฟ้าง ปริมาณอมิโลส 26 – 27 เปอร์เซ็นต์ มีท้องไข่น้อย - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 2.1x7.7x1.7 มิลลิเมตร - ปลูกได้ทุกภาคในเขตชลประทาน

ตาราง 1 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	คุณลักษณะที่สำคัญ
4 พันธุ์ข้าวนาสวนไวต่อแสง ข้าวดอกมะลิ 105	- พันธุ์ข้าวเจ้า อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 25 พฤศจิกายน - ข้าวเปลือกฟางลอย - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 2.1x7.5x1.8 มิลลิเมตร - ปริมาณอมิโลส 12 – 17 เปอร์เซ็นต์ - เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง คุณภาพการสีดี - คุณภาพข้าวสุก นุ่ม มีกลิ่นหอม
ข้าวเจ้าหอมพิษณุโลก 1	- พันธุ์ข้าวเจ้าอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 25พฤศจิกายน - เมล็ดข้าวเปลือกฟางลอย - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 2.1x7.4x1.7 มิลลิเมตร - ปริมาณอมิโลส 14.9 เปอร์เซ็นต์ - คุณภาพเมล็ดดี สามารถสีเป็นข้าวสาร 100%
กข.15	- พันธุ์ข้าวเจ้าอายุเก็บเกี่ยวประมาณ10พฤศจิกายน - เมล็ดข้าวเปลือกฟางลอยปลายบิดงอเล็กน้อย - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 2.1x7.5x1.7 มิลลิเมตร - ปริมาณอมิโลส 14 - 17 เปอร์เซ็นต์ - คุณภาพการสีดี เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง เรียวยาว
5 พันธุ์ข้าวขึ้นน้ำไวต่อแสง พลายงามปราจีนบุรี	- พันธุ์ขึ้นน้ำพันธุ์พื้นเมือง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 23 ธันวาคม - เมล็ดข้าวเปลือกฟางลอย - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 2.4x7.5x1.8 มิลลิเมตร - มีท้องไข่ปานกลาง ปริมาณอมิโลส 27 – 28% - คุณภาพข้าวสุก ร่วน แข็ง

ตาราง 1 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	คุณลักษณะที่สำคัญ
6 พันธ์ข้าวน้ำลึกไม่ไวต่อช่วงแสง กข.17	- พันธุ์ข้าวเจ้าไม่ไวต่อแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 140 วัน - เมล็ดข้าวเปลือกฟางลอย - ท้องไข่ปานกลาง ปริมาณอมิโลส 28 – 30% - เมล็ดข้าวกล้อง กว้างxยาวxหนา = 2.2x7.0x1.8 มิลลิเมตร - คุณภาพข้าวสุก ร่วน แข็ง

5. แบ่งตามรูปร่างของเมล็ดข้าว

วัดจากความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ด แต่ในการพิจารณาคุณภาพเมล็ดทั่วไปจะหมายถึงความยาวของเมล็ด มาตรฐานข้าวไทยกำหนดชั้นของเมล็ดเป็น 4 ขนาด เช่นเดียวกับมาตรฐานกำหนดชั้นของเมล็ดของสหรัฐอเมริกา แต่มีขนาดแตกต่างกัน ชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานข้าวไทยและสหรัฐอเมริกา

6. แบ่งตามฤดูปลูก

ในที่นี้เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจจะขอแบ่งข้าวออกเป็นข้าวนาปี และข้าวนาปรังนาปีหรือข้าวนาน้ำฝน

6.1 ข้าวนาปีหรือข้าวนาน้ำฝน คือ ข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นล่าสุดไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์

6.2 ข้าวนาปรัง คือ ข้าวที่ปลูกนอกฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ในบางพื้นที่จะเก็บเกี่ยวอย่างช้าที่สุดไม่เกินเดือนเมษายน นิยมปลูกในท้องที่ที่มีการชลประทานดี

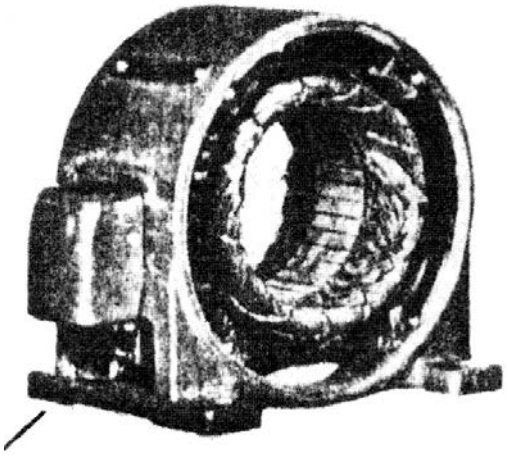
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

ณรงค์ ชอนตะวัน (2554 : 2-10) กล่าวว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีทั้งอินดักชั่นมอเตอร์และซิงโครนัสมอเตอร์ มีใช้งานอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จนถึงโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก แม้แต่ในบ้านพักอาศัยก็มีใช้กัน ซึ่งอาจจะอยู่ในลักษณะของเครื่องอำนวยความสะดวกทั้งที่จำเป็นและฟุ่มเฟือยในรูปแบบต่างๆ กันมากมายตั้งแต่ขนาดเล็กๆ ไปจนถึงขนาดใหญ่ๆ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ทำงานด้วยความรวดเร็ว(Speed) คงที่เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นบางชนิดซึ่งอาจจะออกแบบให้สามารถปรับความเร็วได้ก็มี แต่เป็นส่วนน้อย

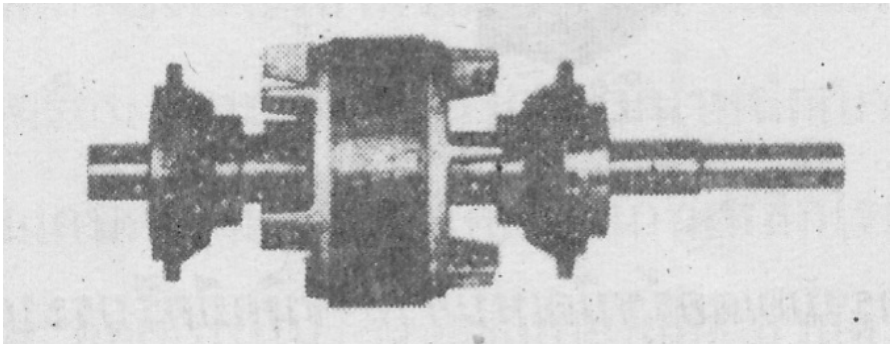
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ คือเครื่องไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่โรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง แต่ได้จากการเหนี่ยวนำหรือที่เรียกกันว่า อินดักชั่น (Induction) ดังนั้น จึงเรียกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับว่า อินดักชั่นมอเตอร์ (Iduction Mortor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับนี้บางทีเรียกชื่อสั้นๆว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หรือมอเตอร์กระแสสลับ แบ่งออกได้เป็น 2 แบบด้วยกันคือ แบบที่มีโรเตอร์ป็นสไควเรลเกจ (Squirrel Cage) หรือกรงกระรอก เรียกมอเตอร์แบบนี้ว่า สไครเรลเกจ (Squirrel Cage Motor) และแบบที่เตอร์มอเตอร์พันด้วยลวดเล็กๆ ที่เรียกว่า วาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor) เรียกมอเตอร์แบบนี้ว่า วาวด์โรเตอร์มอเตอร์ (Wound ro Tor Motor) หรือสลิปริงมอเตอร์ (Slip Ring Motor) รัยหชกแบบนี้ว่าวาวด์โรเตอร์มอเตอร์ (Wound Rotor Motor) หรือสปริงมอเตอร์ (Slip Ring Motor)

มอเตอร์ทั้งสองแบบนี้ จะมีส่วนประกอบคล้ายๆ กันดังนี้ คือ ส่วนอยู่กับที่ (Stator) เหมือนกัน ฝาครอบ (End Plate) เหมือนกัน จะแตกต่างกันก็เฉพาะส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) เท่านั้น และมอเตอร์ไฟฟ้าสลับหรืออินดักชั่นมอเตอร์นี้ ยังแบ่งออกได้ 2 ชนิดด้วยกันคือ ชนิดหนึ่งเฟส (Single-Phase) และชนิดที่สามเฟส (Three-Phase)

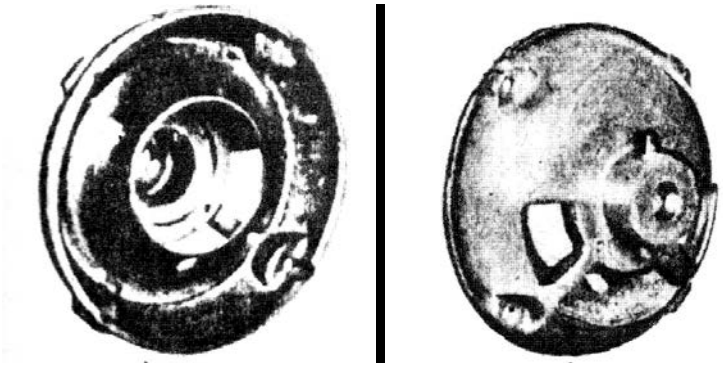
มอเตอร์ไฟฟ้าสลับทั้งชนิดหนึ่งและชนิดสามเฟสจะมีส่วนประกอบเบื้องต้นเหมือนกัน คือประกอบด้วยส่วนอยู่กับที่ ส่วนเคลื่อนที่ และฝาครอบ ดังภาพ 9, 10 และ 11



ภาพ 9 ส่วนอยู่กับที่
ที่มา : ณรงค์ ชอนตะวัน, 2554.



ภาพ 10 ส่วนเคลื่อนที่
ที่มา : ดุสิต สูรย์ราช, 2542.



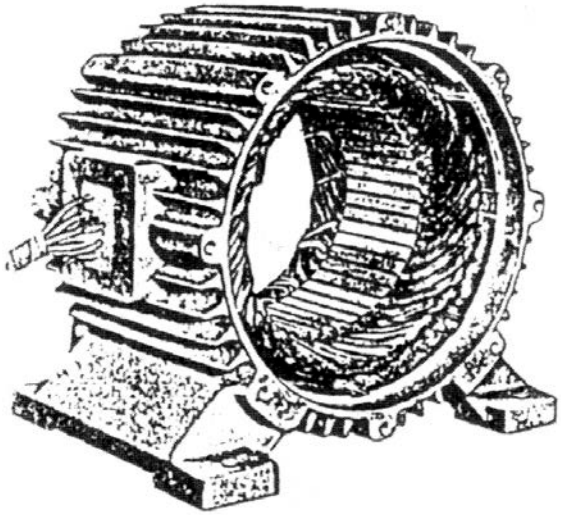
ภาพ 11 ฝาครอบ
ที่มา : ณรงค์ ชอนตะวัน, 2554.

ส่วนอยู่กับที่ (Stator)

ส่วนอยู่ที่นี้มักจะเรียกชื่อกันจนติดปากว่า สเตเตอร์ และในส่วนนี้ยังประกอบด้วยสิ่งสำคัญดังนี้ คือ โครงมอเตอร์ แกนขดลวดและขดลวด

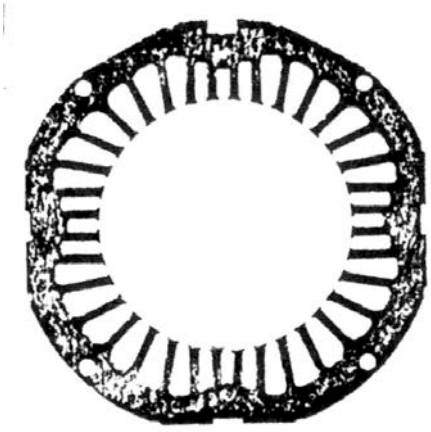
โครงสร้างมอเตอร์ (Frame หรือ Yoke) บางทีเรียกสั้นๆ ว่าโครง ทำด้วยเหล็กหล่อรูปทรงกระบอกกลวง ฐานส่วนกลาง มีลักษณะเป็นขาตั้ง มีกล่องสำหรับต่อสายไฟอยู่ด้านบนหรือด้านข้าง โครงทำหน้าที่จับยึดแกนขดลวดให้แน่นอยู่กับที่ ผิวด้านนอก โดยรอบของโครงมอเตอร์บางตัวจะออกแบบให้มีลักษณะเป็นครีบ เพื่อช่วยในการระบายความร้อน ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กๆ โครงสร้างจะทำด้วยเหล็กหล่อ (Cast Iron) แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ โครงสร้างจะทำด้วยเหล็กหล่อเหนียว (Cast Steel) ถ้าทำด้วยเหล็กหล่อจะต้องใช้เหล็กหล่อปริมาณมาก ขนาดของโครงเหล็กจะใหญ่มากจึงทำให้มอเตอร์มีขนาดใหญ่มาก

นอกจากนี้แล้วโครงเหล็กอาจจะทำด้วยเหล็กหล่อเหนียวแผ่นม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ออกแบบไว้แล้วเชื่อมติดกัน ดังภาพ 12

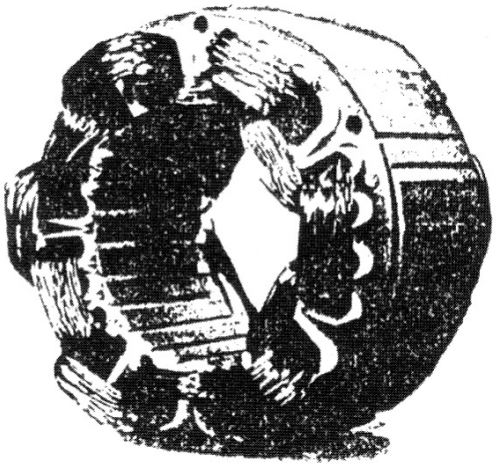


ภาพ 12 โครงมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำชนิดมีครีบระบายความร้อน
ที่มา : ดุสิต สูรย์ราช, 2542.

แกนขดลวด (Stator Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ มีลักษณะกลม เจาะตรงกลางและเซาะร่องภายในโดยรอบ แผ่นเหล็กนี้เรียกว่า แผ่นลามิเนท (Inminated Sheet) ดังภาพ 13 แต่ละแผ่นหนา 0.025 นิ้ว แล้วนำเอาแผ่นเหล็กบางเหล่านี้ที่อาบซิลิกอนแล้ว มาอัดเข้าด้วยกัน ดังภาพ 14 เรียกว่า แกนขดลวด หรือสเตเตอร์ คอร์

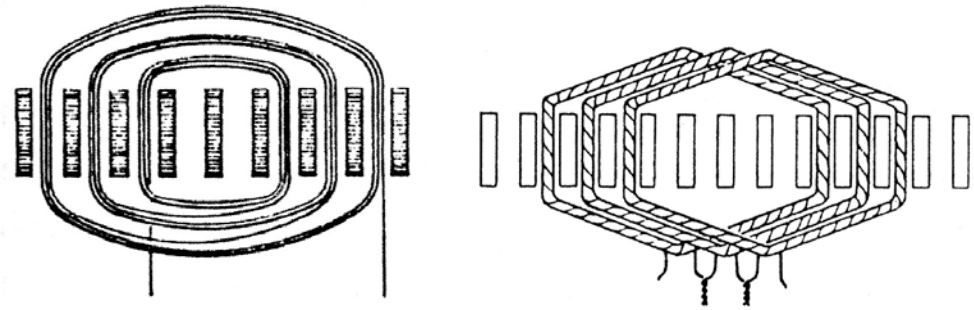


ภาพ 13 แผ่นเหล็กลามิเนท
ที่มา : ดุสิต สูรย์ราช, 2542.



ภาพ 14 แกนเหล็กสเตเตอร์
ที่มา : ดุสิต สูรย์ราช, 2542.

ขดลวด (Stated Winding) ขดลวดที่พันลงในสต๊อกของแกนขดลวดนั้นแตกต่างกันตามชนิดของมอเตอร์ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในตอนต่อไปเส้นลวดทองแดงที่ใช้พันเป็นขดลวดนี้จะเป็นชนิดที่เคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้าอย่างดี ลักษณะของขดลวด ดังภาพ 15



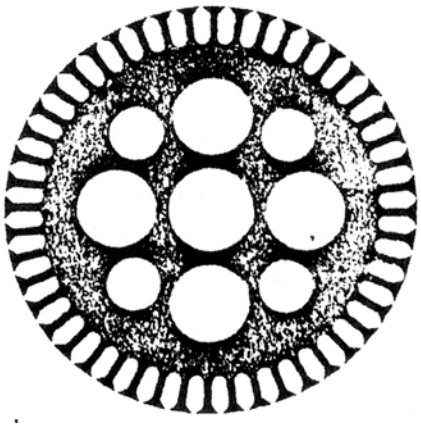
ขดลวดมอเตอร์หนึ่งเฟสแบบหนึ่ง ขดลวดมอเตอร์สามเฟส

ภาพ 15 ลักษณะของขดลวดมอเตอร์
ที่มา : ณรงค์ ชอนตะวัน, 2554.

ส่วนเคลื่อนที่ (Rotor)

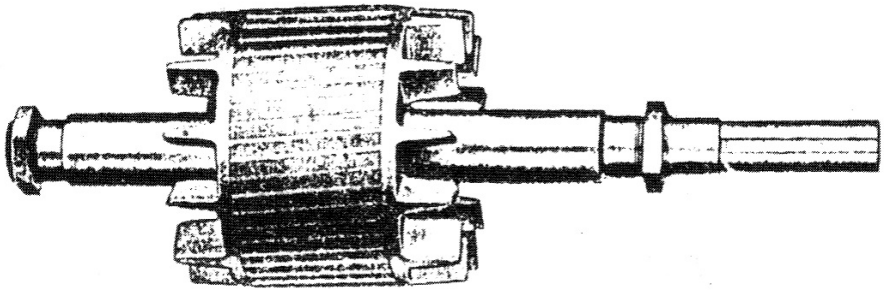
ส่วนนี้มักจะเรียกว่าโรเตอร์ (Rotor) มีสองแบบด้วยกันคือแบบสไควเรลเกจหรือกรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor) และแบบวาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor) แต่ละแบบยังประกอบด้วยสิ่งสำคัญต่อไปนี้คือ แกนโรเตอร์ ขดลวด ดังจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไปนี้

เรเตอร์แบบสไควเรลเกจ เป็นโรเตอร์ที่ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือมอเตอร์ที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เรียกว่า อินดักชั่นมอเตอร์ แกนโรเตอร์จะทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ ที่เรียกแผ่นเหล็กลามิเนท หรือแผ่นลามิเนท (Laminated Sheet) เช่นเดียวกับแกนขดลวดของสเตเตอร์แผ่นกลางผ่านจะเจาะรูสำหรับ สอดเพลา บริเวณระหว่างสล็อทรอบๆ ขอบกับรูกลางแผ่นจะเจาะเป็นรูไว้เพื่อใช้ช่วยในการระบายความร้อน ดังภาพ 16



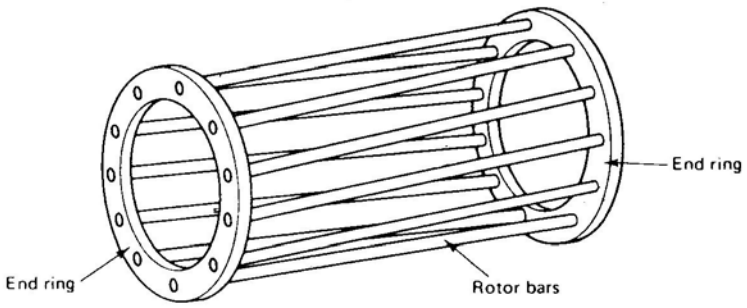
ภาพ 16 ลักษณะแผ่นลามิเนทของแกนโรเตอร์
ที่มา : ณรงค์ ชอนตะวัน, 2554.

ขดลวดที่อัดเข้าไปในสล็อทของแกนโรเตอร์นั่นแทนที่จะทำด้วยลวดทองแดงเส้นเล็ก ๆ ดังเช่น กรณีของขดลวดสเตเตอร์ แต่จะทำด้วยแท่งอะลูมิเนียมหล่ออัดเข้าไปในสล็อทให้แน่น แล้วยึดวงแหวนที่มีครีบยื่นออกมาเข้ากับปลายแต่ละข้างของแท่งอะลูมิเนียมที่โผล่ออกมาจากสล็อทเพื่อให้แท่งอะลูมิเนียมเหล่านั้นครบวงจรทางไฟฟ้า หรือไม่นำเอาแกนโรเตอร์เข้าไปวางไว้ในแบบพิมพ์ (Mold) แล้วฉีดอะลูมิเนียมเหลวเข้าไป จะได้อะลูมิเนียมอัดแน่นอยู่ในสล็อทจนเต็มและมีครีบยื่นออกไปทั้งสองข้างของแกนโรเตอร์ จะได้แกนโรเตอร์ ดังภาพ 17



ภาพ 17 โรเตอร์แบบกรงกระรอกที่ประกอบด้วยแกนโรเตอร์ขดลวด ครีบ และเพลา
ที่มา : ณรงค์ ชอนตะวัน, 2554.

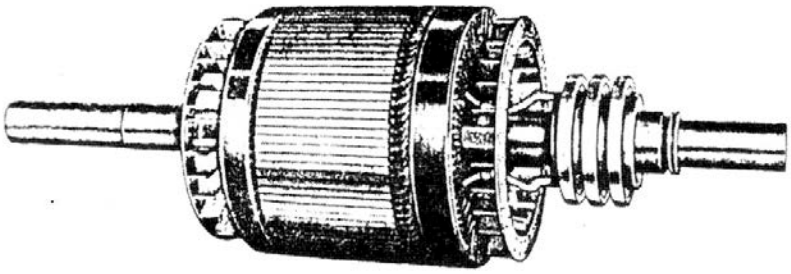
สาเหตุที่เรียกแกนโรเตอร์แบบนี้ว่า แกนแบบกรงกระรอกเพราะว่า ถ้านำเอาแท่งอะลูมิเนียมที่อัดอยู่ในสล็อทของแกนโรเตอร์ออกมาประกอบร่วมกับแผ่นวงแหวนที่ยึดติดหัวท้าย ดังภาพ 18



ภาพ 18 ตัวนำของโรเตอร์ที่ต่อกันเหมือนกับกรงกระรอก
ที่มา : มงคล ทองสงคราม, 2535.

โรเตอร์แบบวาวด์ หรือวาวด์โรเตอร์

โรเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบคล้ายๆ กับโรเตอร์แบบกรงกระรอก คือมีแกนโรเตอร์ที่ทำด้วยแผ่นเหล็กลามิเนทอัดติดกัน มีขวดลวดซึ่งพันด้วยเส้นลวดทองแท่งอะลูมิเนียม ใบพัดสำหรับระบายความร้อนยึดติดกันอยู่ท้ายของแกนโรเตอร์และเพลา นอกจากนี้โรเตอร์แบบวาวด์ยังมีแหวนทองแดงที่เรียกว่า สลิปริง (Slipring) ต่อร่วมกับปลายสายของลวดอีกหนึ่งชุด จำนวน 3 ตัว ดังภาพ 19

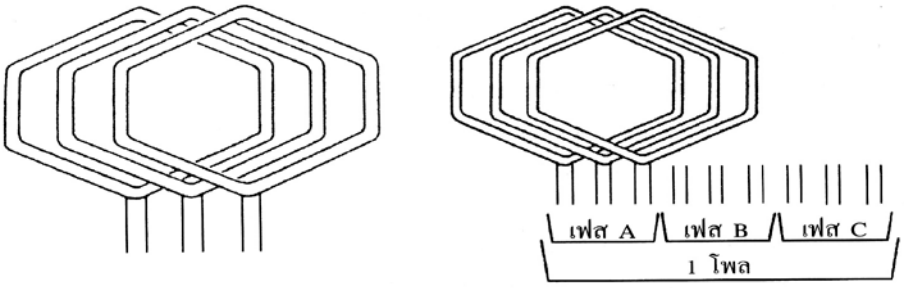


ภาพ 19 ลักษณะของโรเตอร์แบบวาวด์ที่มีขดลวดโรเตอร์ ใบพัด สลิปริง และเพลา
ที่มา : ณรงค์ ชอนตะวัน, 2554.

ฝาครอบ (End Plate)

ทำด้วยเหล็กหล่อ เจาะรูตรงกลางเพื่ออัดแบริ่งรองรับของเพลาโรเตอร์ ที่ฝาครอบนี้บางทีจะเจาะรูไว้ด้วยเพื่อช่วยในการถ่ายเทอากาศ ลักษณะของฝาครอบมอเตอร์

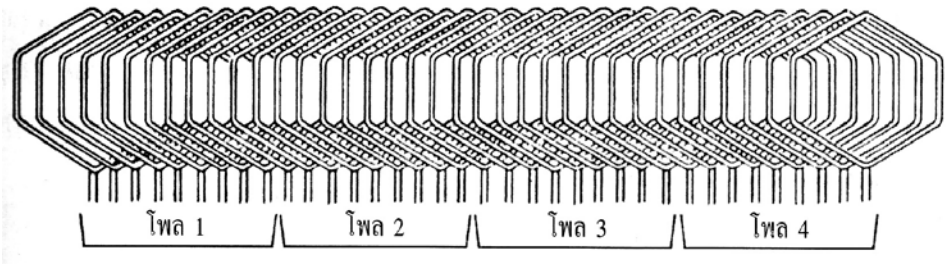
ขดลวดสเตเตอร์ (Stator Winding) หมายถึง ขดลวดที่พันอยู่ในสล็อทของแกนขดลวดที่เตเตอร์หรือสเตเตอร์คอร์เท่านั้น ไม่รวมไปถึงขดลวดหรือแท่งอะลูมิ เนียมที่พันหรืออัดอยู่ในสล็อทของโรเตอร์ ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟสลับสามเฟสเป็นแบบ Whole Coil Lap Winding ซึ่งเหมือนกันกับขดลวดอาเมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ กล่าวคือ ขดลวดภายใต้ขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้วนั้นจะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุดด้วยกัน ซึ่งแต่ละชุดเรียกว่าเฟส หรือยก คือ เฟส 1 เฟส 2 และเฟส 3 เป็นต้น และขดลวดแต่ละเฟส ก็จะมีกลุ่มของคอยล์ (Coil Group) อีก เช่น มอเตอร์ที่มี 36 สล็อท 4 โพล (ขั้วแม่เหล็ก) สามเฟส จำนวนสล็อท ต่อหนึ่งโพลจะมีค่า 9 สล็อท ดังนั้น จำนวนกลุ่มคอยล์ในหนึ่งโพลนี้ ก็คือ 9 คอยล์ และจำนวนกลุ่มคอยล์ต่อหนึ่งเฟส จะมีค่า 3 คอยล์ ในการพันขดลวดทั้งสามคอยล์ในหนึ่งเฟสนี้ จะพันลงสล็อทเรียงกันไปได้ 3 สล็อท และการพันขดลวดทั้ง 9 คอยล์ในหนึ่งโพลนี้ก็จะพันลงสล็อทเรียงกันไป 9 สล็อทด้วย ดังภาพ 20



ก. กลุ่มคอยล์ต่อเฟสของมอเตอร์สามเฟส ข. กลุ่มคอยล์ของมอเตอร์สามเฟสหนึ่งโพล แสดงเฉพาะเฟส A

ภาพ 20 ลักษณะการพันขดลวดแบบแล็บ (Lap Winding)
ที่มา : ณรงค์ ชอนตะวัน, 2554.

เมื่อพันขดลวดจนครบทั้ง 36 คอยล์แล้ว จะสังเกตเห็นว่าในหนึ่งสล็อทจะมีคอยล์ไซด์อยู่สองคอยล์ไซด์ ซึ่งเป็นคอยล์ไซด์ของคอยล์ที่ต่างกัน ดังภาพ 21

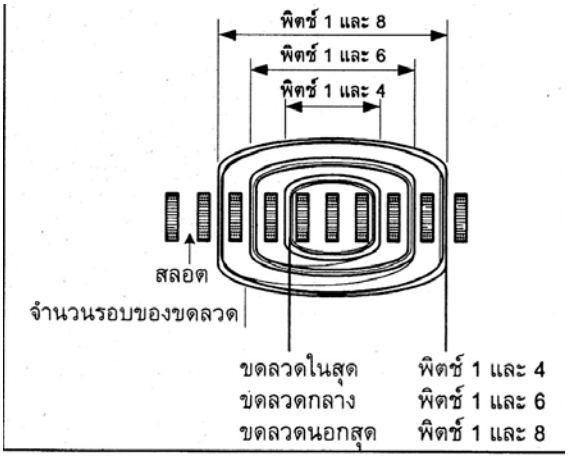


ภาพ 21 ไดอะแกรมของขดลวดในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 4 ขั้วแม่เหล็ก
ที่มา : ไพฑูรย์ แสงจำรัส, 2546.

เนื่องจากลักษณะขอขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์จะเหมือนกับขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นระยะพิชของคอยล์จึงแบ่งออกได้ 2 แบบด้วยกันคือ คอยล์ที่มีระยะพิชเต็ม (Full Pitch) และคอยล์ที่มีระยะพิชเศษส่วน (Fractional Pitch) คอยล์ที่มีระยะพิชเต็มก็หมายความว่า เมื่อคอยล์ไซด์ ต้นของคอยล์ๆ หนึ่งอยู่กึ่งกลางขั้วเหนือแล้ว อีกคอยล์ไซด์หนึ่งของคอยล์เดียวกันนี้ก็จะต้องอยู่กึ่งกลางขั้วใต้ที่อยู่ถัดไป นั่นก็คือคอยล์ไซด์ทั้งสองของคอยล์เดียวกันจะอยู่ห่าง180 องศาไฟฟ้า แต่ถ้าคอยล์มีระยะพิชเศษส่วน คอยล์ไซด์ทั้งสองของคอยล์เดียงกันจะอยู่ห่างกันไม่ถึง 180 องศาไฟฟ้า หมายความว่า เมื่อคอยล์ไซด์ต้นของคอยล์

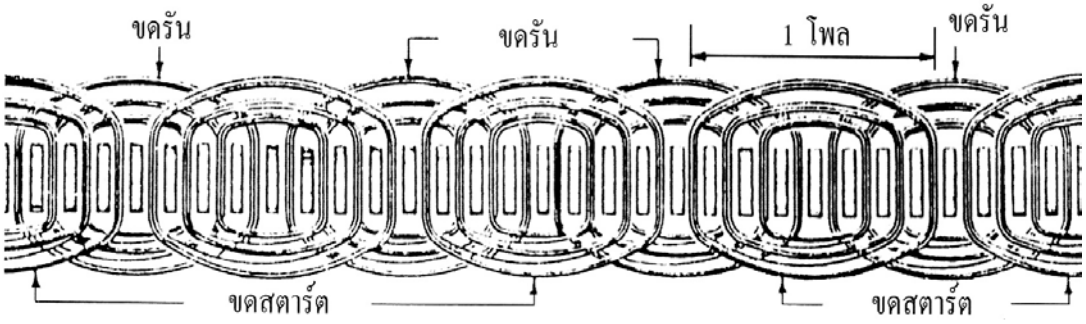
ไซด์ต้นของคอยล์หนึ่งอยู่กึ่งกลางขั้วเหนือแล้ว อีกคอยล์ไซด์หนึ่งคอยล์เดียวกันจะอยู่ก่อนถึงจุดกึ่งกลางของขั้วใต้ที่ถัดไป และระยะพิชของคอยล์ของมอเตอร์สามเฟสส่วนใหญ่จะมีระยะพิชเศษส่วน ดังนี้ 1. ลดลีกเกจรีแอ๊คแตนซ์ลง ทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์สูงขึ้น 2. ความกว้างของคอยล์แคบลง ทำให้คอยล์แข็งแรงขึ้น 3. ลดทองแดงที่ใช้พันขดลวดน้อยลง จึงทำให้ความสูญเสียเนื่องจากทองแดง (Copper Loss) ลดลง 4. ทำให้ความยาวของแกนขดลวดลดลง ระยะห่างของแบริ่งทั้งสองข้างจึงแคบลงทำให้แข็งแรงขึ้น

ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าหนึ่งเฟส มีลักษณะเป็นชุดๆ มองเห็นได้อย่างเด่นชัดที่เรียกว่า Concentrate Winding (คอนเซนเตรท ไวน์ดิ้ง) โดยทั่วๆ ไปจะมีสองชุดด้วยกัน คือ ขดรัน (Running Winding) และขดสตาร์ต (Starting Winding หรือ Auxiliary Winding) โดยปกติแล้วขดรันจะพันด้วยขดลวดทองแดงเส้นโตจำนวนรอบมาก และขดรันจะพันด้วยลวดทองแดงเส้นเล็กจำนวนรอบน้อย และโดยปกติทั่วไปแล้วจำนวนของขดลวดทั้งสองชุดนี้จะเท้ากัน เช่น ถ้าขดรันมี 4 ชุด ขดสตาร์ตก็จะต้องมี 4 ชุดด้วย ลักษณะการพันขดลวดมอเตอร์ไฟสลับหนึ่งเฟสแบบหนึ่งซึ่งขดรันจะพันอยู่ด้านในของสล็อท ส่วยขดสตาร์ตจะพันอยู่ด้านนอกของสล็อท ขดลวดหนึ่งชุดจะมี 3 คอยล์คือ คอยล์นอก (Outer Coil) คอยล์กลาง (Middle Coil) และคอยล์ใน (Iner Coil) เวลาพันจะพันที่คอยล์ในก่อน เมื่อได้จำนวนรอบครบแล้วจึงพันคอยล์กลาง เมื่อพันคอยล์กลางเสร็จแล้วจึงพันคอยล์นอก เช่น คอยล์ในมีระยะพิช 1-4 คอยล์กลางมีระยะพิช 1-6 และคอยล์นอกมีระยะพิช 1-8 ดังภาพ 22



ภาพ 22 ระยะพิตช์ของขดลวด
ที่มา : มงคล พรหมเทศ, 2547.

แสดงวิธีพันขดลวดรันและขดสตาร์ตของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับหนึ่งเฟสแบบหนึ่งมีจำนวนสล็อท 32 สล็อท ชนิด 4 โพล จะมีขดรัน 4 ชุด ขดสตาร์ต 4 ชุด ซึ่งมีระยะพิชของคอยล์ต่างๆ ของขดลวดทั้งสองชุดเท่ากัน ดังภาพ 23



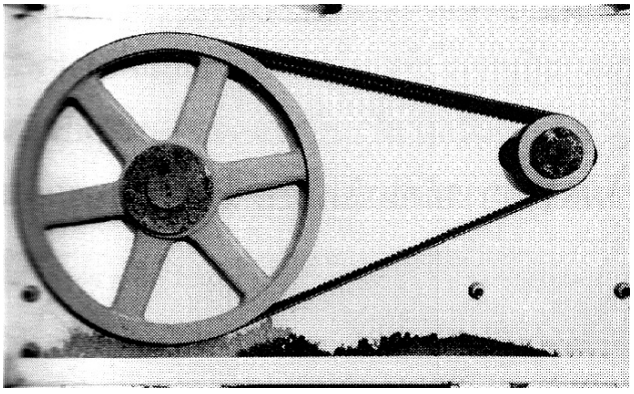
ภาพ 23 ลักษณะการพันขดรันและขดสตาร์ตของมอเตอร์ไฟสลับหนึ่งเฟส
แบบหนึ่งที่มี 32 สล็อท
ที่มา : ณรงค์ ชอนตะวัน, 2554.

สายพาน

บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2555 : 66-71) สายพานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน ได้แก่ สายพานแบน (Flat Belts) สายพานกลม (Ropes) สายพานลิ่ม (V-belts) และสายพานไทมิ่ง (Timming Belts)

1. สายพานแบน (Flat Blts)

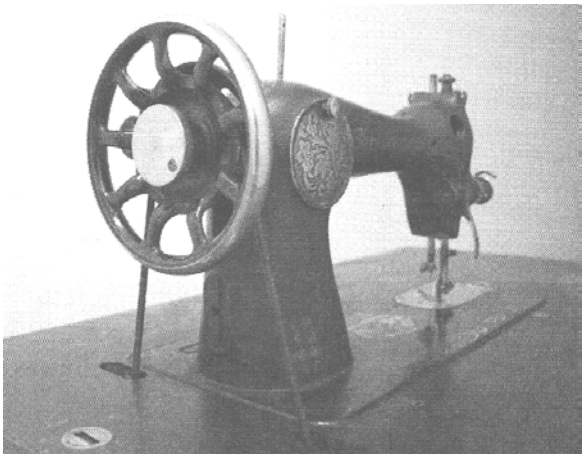
สายพานแบนมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ใช้ในการส่งกำลังงานระหว่างพูลเลย์ผิวเกลี้ยง นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ ปูนซีเมนต์ โรงสีข้าว ไม้ และระบบลำเลียงต่าง ๆ ดังภาพ 24



ภาพ 24 สายพานแบนแบบตรง
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

2. สายพานกลม (Ropes)

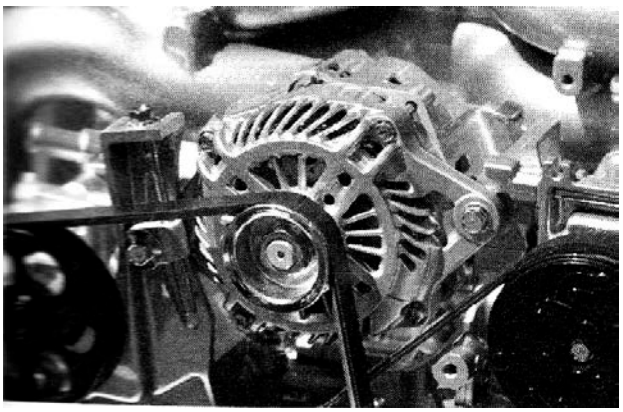
สายพานกลมมีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม การส่งกำลังงานด้วยสายพานกลมจะให้ความยืดหยุ่นตัวสูงมาก และสามารถปรับตั้งทิศทางการหมุนได้หลายทิศทางตามต้องการ สายพานกลมที่ทำจากพลาสิกโพลียูริเทนจะต้านทานน้ำ น้ำมัน จาระบี และน้ำมันเบนซิน และขณะทำงานจะไม่เกิดเสียงดัง ดังภาพ 25



ภาพ 25 สายพานกลมทำจากหนังในการขับจักรเย็บผ้า
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

3. สายพานลิ่ม ลิ่ม (V-belts)

สายพานลิ่มมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ใช้ส่งกำลังงานได้มากโดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานต่ำ ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานกับร่องรูปลิ่มของพูลเลย์ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งทำให้สายพานทำงานได้อย่างมีสิทธิภาพ แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขั้นต้นค่อนข้างต่ำ เหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของพูลเลย์น้อย และในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉินก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกด้วย ดูภาพ 26



ภาพ 26 สายพานลิ่มแบบมาตรฐาน
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

การขับด้วยสายพานลิ่ม มีข้อดีคือ เงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนี้ยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพสูง และแบริ่งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการส่งกำลังทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7 : 1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10 : 1

โครงสร้างของสายพานลิ่ม

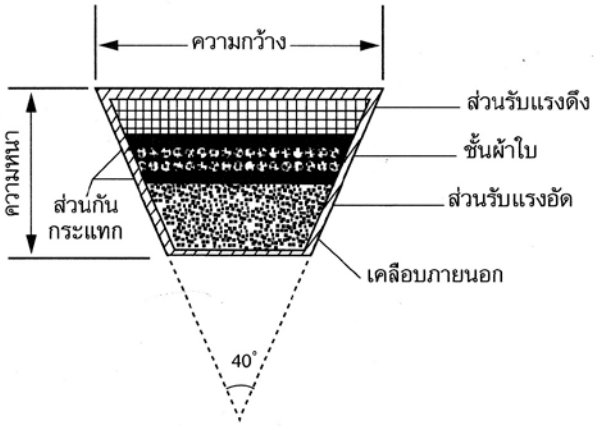
1. สายพานลิ่มมีหลายชนิด แต่ทุกๆ ชนิดจะมีองค์ประกอบ 4 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่

1.1 ส่วนบนของสายพาน เป็นส่วนที่รับแรงดึง ทำด้วยยาง และขึงตึงเป็นรูปสายพาน

1.2 ส่วนล่างของสายพาน เรียกว่า ส่วนรับแรงอัด เพราะ ว่าสายพานจะถูกอัดเหมือนลิ่มเข้าไปในร่องของพูลเลย์

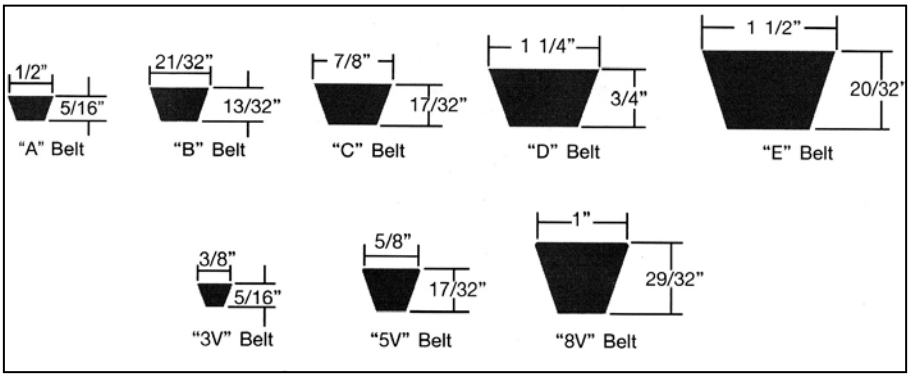
1.3 ส่วนศูนย์กลางของสายพาน เป็นส่วนที่แข็งแรง ซึ่งจะถูกอัดหรือขึงตึงด้วยเส้นเชือกที่ติดตั้งในพื้นที่ ทำให้สายพานเกิดความแข็งแรงต่อแรงดึง

1.4 สายพานที่สมบูรณ์ จะถูกเคลือบโดยโครงสร้างที่เหนียวและใช้ยางป้องกันชิ้นส่วนภายในสายพาน ดังภาพ 27



ภาพ 27 ส่วนต่างๆของสายพานลิ่ม
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

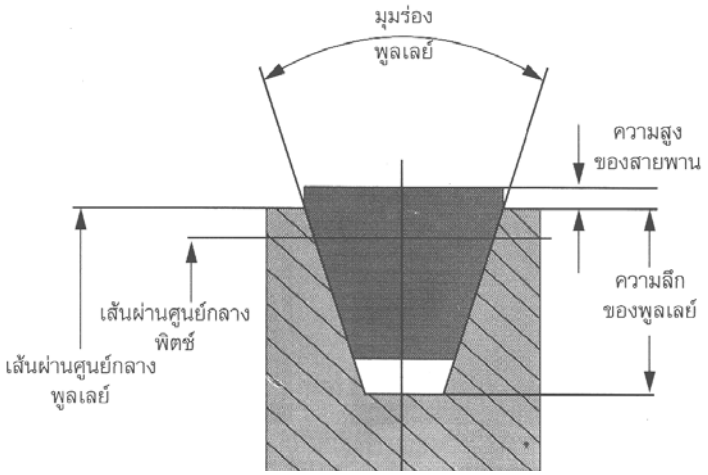
ขนาดของสายพานลิ่ม สายพานลิ่มมีหลายชนิดและหลายขนาด รหัสเรียกสายพานลิ่มในทางอุตสาหกรรมจะบอกภาคตัดของสายพานเป็นความกว้างและความลึกสายพานแบบธรรมดาการบอกขนาดจะใช้ตัวอักษรซึ่งมีขนาด A B C D และ E เป็นต้น
ดังภาพ 28



ภาพ 28 ขนาดของสายพานลิ่มตามมาตรฐาน
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

หลักการส่งกำลังงานของสายพานลิ่ม จะต้องให้ร่องในพูลเลย์ถูกต้องแน่นอนอย่างสมบูรณ์ ถ้าร่องในพลูเลย์ลึกเป็นแอ่งเว้า การกระทำเป็นแบบลิ่มของสายพานจะลดลง ทำให้แรงดันในการยึดแน่นลดลง จะเกิดการลื่นไถลขึ้น และสายพานจะมีอายุการใช้งานสั้นลง ตำแหน่งที่ถูกต้องของสายพานลิ่มเส้นใหม่ในร่องของพูลเลย์คือ ขณะที่ยังไม่ได้รับภาระสายพาน

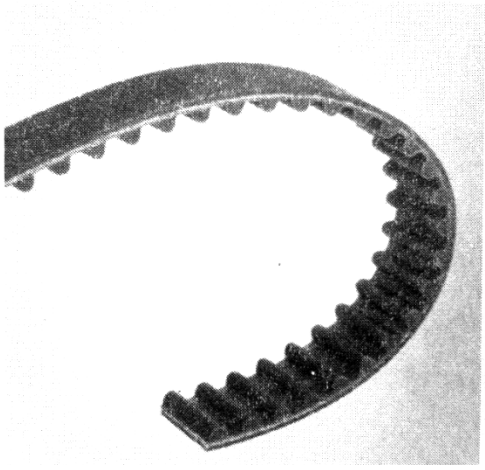
จะสูงจากพูลเลย์ประมาณ 1/16 นิ้ว (1.6 มิลลิเมตร) และเมื่อได้รับภาระสายพานลิ่มจะอยู่ต่ำลงมาจากขอบบนของพูลเลย์ประมาณ 1/16 นิ้ว (1.6 มิลลิเมตร) ดังภาพ 29



ภาพ 29 การตัดสายพานลิ่มและตำแหน่งที่ถูกต้องของสายพานลิ่มในร่องพูลเลย์
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

2. สายพานไทมิ่ง (Timming Belts)

สายพานไทมิ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน เป็นสายพานที่แกนรับแรงทำด้วยลวดเหล็กกล้า หรือทำด้วยลวดไฟเบอร์ฝังอยู่ในยางเทียม ซี่ฟันของสายพานทำด้วยยางเทียม แต่มีสูตรผสมพิเศษเพื่อให้คงรูปพอดีกับล้อของพูลเลย์ ซึ่งฟันจะหุ้มด้วยเส้นใยไนลอนเพื่อลดการสึกหรอ สายพานชนิดนี้สามารถงอตัวได้ดี ใช้กับพูลเลย์ล้อเล็กๆ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรได้ ความเร็วแล่นของเพลาชิดมากได้ ต้องการผิวส่งกำลังได้ถึง 40 กิโลวัตต์ แรงดึงของสายพานชนิดนี้ไม่ต้องการแรงดึงขั้นต้นเหมือนสายพานลิ่ม เนื่องจากร่องของสายพานจะมีขนาดเดียวกับร่องพูลเลย์ ทำให้เกิดการขบกันเหมือนฟันเฟือง จึงไม่เกิดการลื่นไถลขณะส่งกำลังงาน ใช้เป็นตัวส่งกำลังงานในเครื่องยนต์ โดยเป็นตัวขับเฟืองเพลาข้อเหวี่ยงและเพลาราวลิ้น และจะไม่มีเสียงดังขณะทำงาน ดังภาพ 30



ภาพ 30 สายพานฟันเฟือง
ที่มา : วิชัย โรมไธสง, 2554.

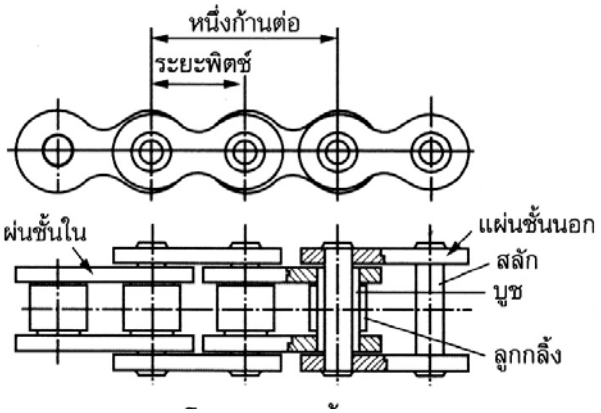
โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket)

บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2555 : 146-149) กล่าวว่า การส่งกำลังที่มีการลื่นไถลสามารถป้องกันได้โดยการใช้โซ่ โดยโซ่มี 2 ชนิดได้แก่ โซ่แบบลูกกลิ้ง (Roller Chain) และโซ่แบบบูช (Bush Chian) โซ่นิยมใช้งานมากที่สุดสำหรับการส่งกำลังงานกลในอุสาหกรรมหลากหลายประเภท และเครื่องจักรกลทางการเกษตรร่วมกับสายพาน ลวดสลิง เครื่องพิมพ์ รถยนต์ รถจักรยานยนต์ และจักรยาน โซ่จะประกอบด้วยชุดของลูกกลิ้งทรงกระบอกสั้นที่ยึดเชื่อมโยงต่อเข้าด้วยกัน โซ่จะถูกขับเคลื่อนด้วยล้อฟันที่เรียกว่าสเตอร์ (Sprocket) ที่มีขนาดของร่องฟันเท่ากับซี่ฟันบนสเตอร์ และจะล็อคเข้าไปในซี่ฟันของสเตอร์ โว่ขับจะมีจะมีอัตราทดเหมือนกับชุดเฟืองขับ และอาจจะมีเสียงดังในการทำงาน แต่สามารถใช้งานส่งกำลังสำหรับแรงบิดสูงๆได้ดี มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการส่งกำลังสูง โครงสร้างของโซ่ปกติสามารถจำแนกแยกโดยการวัดระยะต่างๆ ดังนี้

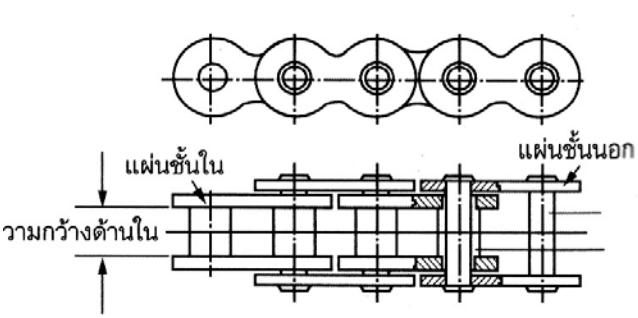
1. พิตช์ (Pitch) คือระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของสลัก
2. ความกว้างด้านใน (Inside Width) คือระยะระหว่างแผ่นในสองแผ่น
3. เส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง (Roller Diameter) คือเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง

โซ่ที่ใช้งานจะมีก้านต่อ 2 ชนิดในโซ่แบบลูกกลิ้ง ชนิดแรกคือ ก้านต่อชั้นใน โดยมีแผ่นเหล็กก้านต่อชั้นใน 2 แผ่นยึดยึดเข้าด้วยกันด้วยสลัก โดยบนสลักจะมีบูชหมุนเป็นลูกกลิ้งทำให้ได้ข้อต่อโซ่ที่มีลูกกลิ้ง 2 ลูก ก้านต่อชั้นในจะเชื่อมต่อกับก้านต่อชนิดที่สองคือก้านต่อชั้นนอก แผ่นต่อก้านต่อชั้นนอก 2 แผ่นยึดเข้ากับข้อต่อโซ่ชั้นในโดยสลักที่ยึดก้านต่อชั้นใน ซึ่งจะต่อไปเรื่อยๆ จนได้ความยาวโซ่ตามต้องการ โซ่แบบลูกกลิ้งจะช่วยลดแรงเสียทาน มีการสึกหรอต่ำ ส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โซ่ส่งกำลังงานที่ไม่มีลูกกลิ้งและบูชจะมีแต่แผ่นเหล็ก

ด้านในและแผ่นเหล็กด้านนอก ถูกยึดโดยสลักซึ่งจะมีสัมผัสโดยตรงกับฟันของสเตอร์ ทำให้เกิดการสึกหรออย่างรวดเร็วมากทั้งฟันสเตอร์ แผ่นเหล็ก และสลัก โซ่แบบบูชไม่มีลูกกลิ้งจะใช้สันวงรอบๆ รูสลักแทนลูกกลิ้ง โดยการยึดอัดท่อเข้าไปด้วยขณะผลิต ดังภาพ 31 และ 32



ภาพ 31 โซ่แบบลูกกลิ้ง
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.



ภาพ 32 โซ่แบบบูช
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

ชนิดของโซ่จะมีกรแยกขนาดโดยระบุด้วยตัวเลข เช่น โซ่เบอร์ 40 หลักขวาสุดคือเลข 0 หมายถึงขนาดมาตรฐาน หมายเลข 1 สำหรับโซ่มีน้ำหนักเบา และหายเลข 5 สำหรับโซ่แบบบูช หลักไปทางซ้ายแสดงระยะพิชช์ของโซ่ใน 8 ส่วนของนิ้ว ตัวอย่างเช่น โซ่เบอร์ 40 จะมีระยะพิตช์ 4/8 ของนิ้วหรือ 1/2 นิ้ว และจะมีขนาดมาตรฐานในด้านความกว้าง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง และอื่นๆ ดังนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งคือ 1/32 – 5/8 นิ้วของระยะพิตช์

2. เส้นผ่านศูนย์กลางของสลักคือ ครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง

3. ความกว้างของโซ่สำหรับขนาดมาตรฐาน (โซ่หมายเลข 0) คือขนาด 1/32 – 5/8 นิ้วของระยะพิตช์

4. สำหรับโซ่หน้าแคบ (หมายเลข 1) มีความกว้างเป็น 41% ของระยะพิตช์

5. ความหนาของสเตอร์ประมาณ 85 – 90% ของความกว้างลูกกลิ้ง

6. ความหนาของแผ่นเหล็กคือ 1/8 เท่าของระยะพิตช์

7. ยกเว้นงานหนักพิเศษ ซึ่งจะมีตัวอักษร H ต่อท้าย และมีความหนามากกว่า 1/32 นิ้ว

สเตอร์ (Sprocket)

สเตอร์ควรจะมีขนาดใหญ่เท่าที่เป็นไปได้ในการใช้งาน สเตอร์ขนาดใหญ่จะใช้ภาระงานน้อยในการส่งกำลังงาน และใช้โซ่ที่มีระยะพิตช์ขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามความเร็วโซ่จะต่ำกว่า 1,200 ฟุตต่อนาที สเตอร์มี 4 แบบได้แก่

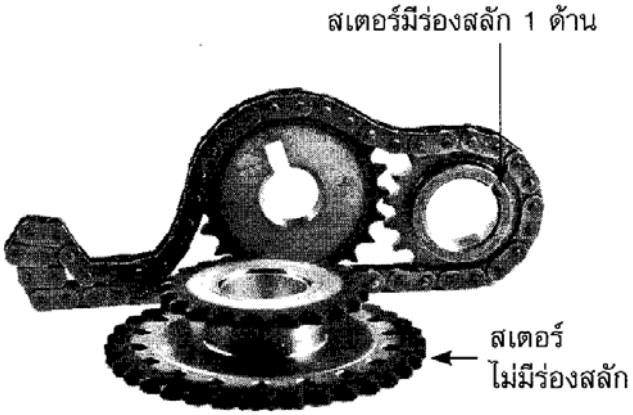
1. แบบ A สเตอร์ไม่มีร่องสลัก

2. แบบ B สเตอร์มีร่องสลักหนึ่งด้าน

3. แบบ C สเตอร์มีร่องสลักสองด้าน

4. แบบ D สแตอร์ถอดแยกได้

ดังภาพ 33



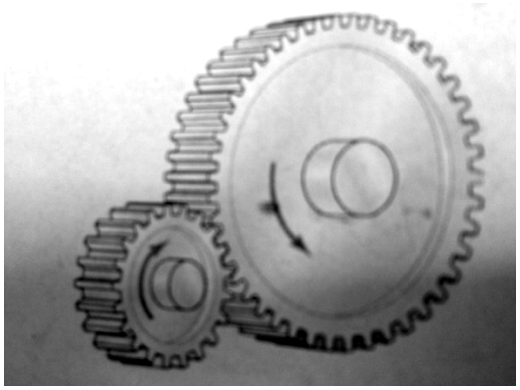
ภาพ 33 สเตอร์แบบต่างๆ

ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

เฟือง (Gears)

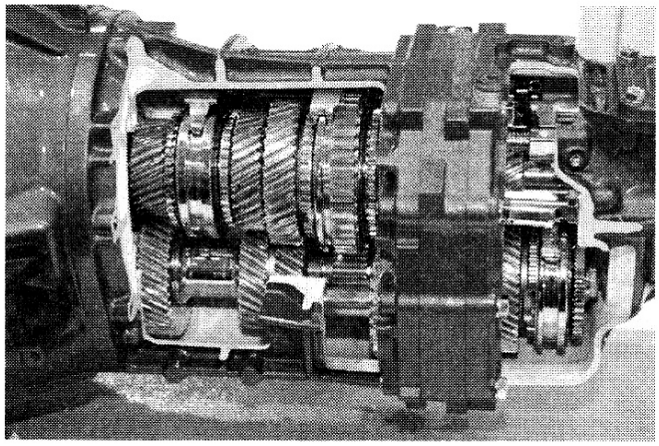
บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2555 : 16-19) กล่าวว่า เฟือง (Gears)เป็นอุปกรณ์ ชนิดหนึ่งภายในระบบส่งกำลังเครื่องจักร เช่น เครื่องกลึง กระปุกพวงมาลัย กระปุกเกียร์ หรือชุดเฟืองท้าย ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ส่งถ่ายกำลังโดยการหมุนเฟืองผ่านตัวอื่น ๆ เฟืองจะแตกต่างกับพูลเล่ย์ (Pulley) คือเฟืองจะมีฟันเฟืองอยู่รอบๆ และจะมีขนาดของฟันเฟืองเท่ากับฟันของเฟืองตัวอื่นๆ ที่ขบกันอยู่ เฟืองจะมีการมีการส่งกำลังหรือแรงขับอย่างสมบูรณ์โดยไม่การลื่นไถล ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับโครงสร้างและการจัดวางเฟือง เฟืองสามารถส่งถ่ายกำลังที่มีความเร็วและแรงบิดที่ต่างกันได้ หรือมีการได้เปรียบเชิงกล หรือในทิศทางที่แตกต่างจากต้นกำลังได้ โดยปกติจะใช้ลดความเร็วแต่เพิ่มแรงบิด เฟืองแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เฟืองฟันนอกและเฟืองฟันใน โดยเฟืองฟันนอกจะมีฟันเฟืองอยู่บนผิวด้านนอกของทรงกระบอกกลมหรือกรวยกลม ในทางกลับกันเฟืองฟันในจะมีฟันเฟืองอยู่ด้านในของผิวทรงกระบอกกลมหรือกรวยกลม เฟืองที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปมีดังนี้

1. เฟืองฟันตรง (Spur Gears) เป็นเฟืองที่มีฟันเฟืองตัดตรงขนานกับแนวแกน สร้างง่ายและแข็งแรง ใช้ส่งกำลังงานระหว่างเพลา 2 เพลาที่ขนานเท่ากัน เฟืองฟันตรงมีประสิทธิภาพสูง และมีความแม่ยำสูง ดังนั้นเฟืองฟันตรงจึงถูกใช้งานที่ความเร็วสูงและภาระสูง ในการส่งกำลังฟันเฟืองจะขบกันได้เพียงหนึ่งฟันเฟือง จึงอาจจะทำให้ฟันเฟืองแตกหักได้ถ้ามีการส่งกำลังงานมากเกินไป ข้อเสียของฟันเฟืองแบบนี้คือ จะมีเสียงดังขณะส่งกำลังงาน ดังภาพ 34



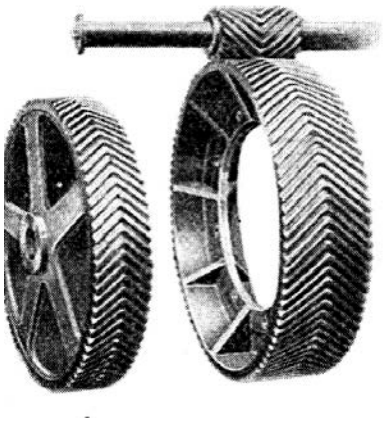
ภาพ 34 เฟืองตรง
ที่มา : วิชัย โรมไธสง, 2554.

2. ฟันเฟืองเฉียง (Helcal Gears) ใช้ส่งกำลังเพลาที่วางขนานกัน จะมีฟันเฟืองตัดขวางกับแกนหรือการหมุน ฟันเฟืองจะมีความยาวกว่าเฟืองตรงและรับภาระได้สูงมาก อัตราการสัมผัสของฟันเฟืองจะสูงกว่าฟันเฟืองตรง ขณะส่งกำลังงานฟันเฟืองจะขบกันได้มากกว่า 2 ฟันเฟืองขึ้นไป มีความราบเรียบและไม่มีเสียงดังขณะส่งกำลังงาน ดังภาพ 35



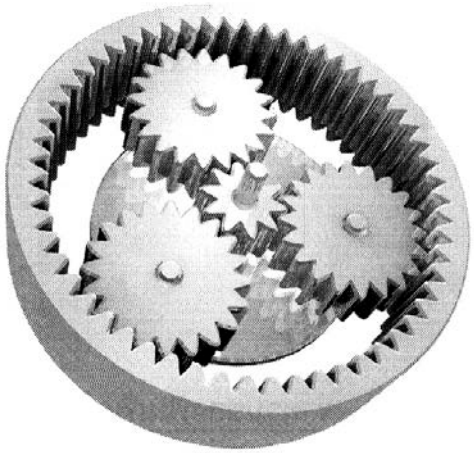
ภาพ 35 เฟืองฟันเฉียง
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

3. เฟืองฟันเฉียงคู่ (Herringbone or Double Helical Gears) หรือเรียกกันว่าเฟืองก้างปลา เฟืองชนิดนี้จะมีฟันเฟืองเฉียง 2 ชุดวางติดกันเฉียงเป็นรูปตัววี (V) ใช้ส่งกำลังงานระหว่างเพลา 2 เพลาที่วางขนานกัน เฟืองชนิดนี้จะไม่สามารถเลื่อนหลุดออกจากกันได้ขณะขบส่งกำลัง และผลิตยากทำให้ราคาสูงมาก ดังภาพ 36



ภาพ 36 เฟืองฟันเฉียงคู่
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

4. เฟืองเพลนนิทารี (Planetary Gear) จะประกอบด้วย เฟืองวงแหวนแบบฟันเฟืองใน (Sun Gear) เฟืองตัวเล็ก 3 หรือ 4 ตัว (Planetary Gear) และเฟืองตัวกลาง (Sun Gear) โดยเฟืองเล็กจะสวมอยู่ในสลักของตัวเรือน โดยจะหมุนรอบสลักและหมุนไปพร้อมกับเรือนของมัน ใช้เป็นชุดเฟืองทดในเกียร์อัตโนมัติ มอเตอร์สตาร์ท และชุดเฟืองทดในโรงงานอุตสาหกรรม ดังภาพ 37



ภาพ 37 เฟืองเพลนนิทารี
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

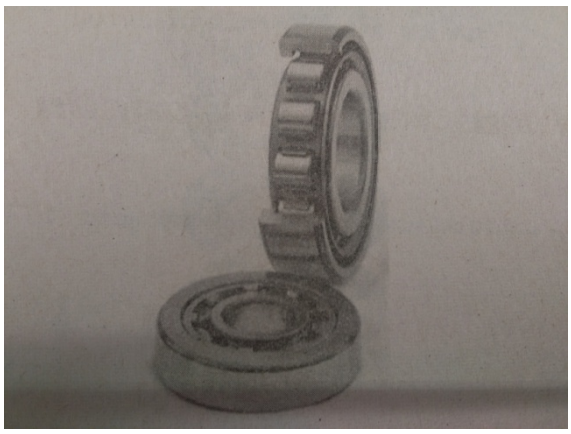
ตลับลูกปืน (Bearing)

บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2555 : 112-115) ตลับลูกปืนหรือแบริ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด ได้แก่ แบริ่งลูกปืนกลม และแบริ่งลูกปืนทรงกระบอก

1. แบริ่ลูกปืนกลม (Balls Bearing)

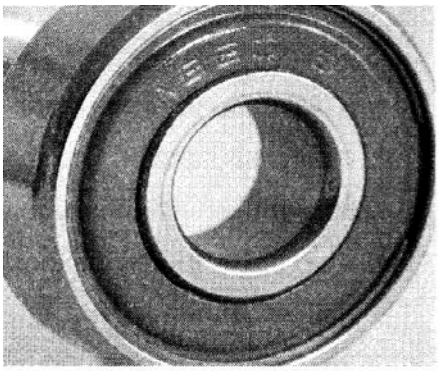
แบริ่งลูกปืนกลมสามารถทำงานที่ความเร็วสูง แต่รับภาระได้ต่ำ มี 5 ชนิด ได้แก่

1.1 แบริ่งลูกปืนกลมรับแรงแนวรัศมี (Radial Balls Bearing) รับภาระในแนวรัศมีเป็นหลักเท่านั้น ดังภาพ 38



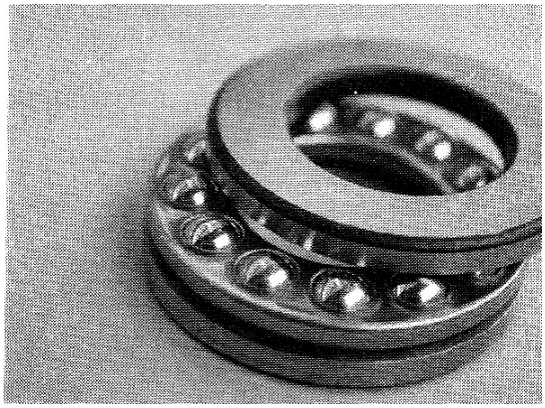
ภาพ 38 แบริ่งลูกปืนกลมรับแรงแนวรัศมี
ที่มา : วิชัย โรมไธสง, 2554.

แบริ่งลูกปืนกลมรับแรงแนวรัศมียังมีชนิดที่บรรจุจาระบีมาจากโรงงานผลิตและมีฝาปิดป้องกันจาระบีไหลออก ดังภาพ 39



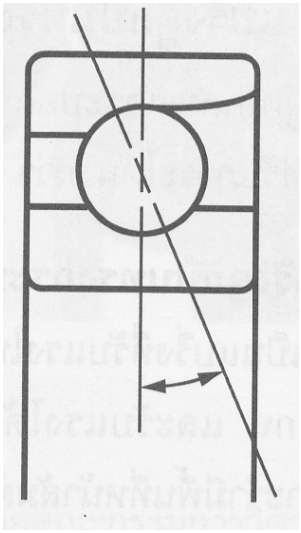
ภาพ 39 แบริ่งลูกปืนกลมบรรจุจาระบีจากโรงงานผลิต
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

1.2 แบริ่งลูกปืนกลมรับแรงแนวแกน (Thrust Balls Bearing) รับภาระในแนวแกนเป็นหลัก ไม่สามารถรับแรงในรัศมีได้ ดูภาพ 40



ภาพ 40 แบริ่งลูกปืนกลมรับแรงแนวแกน
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

1.3 แบริ่งลูกปืนกลมรับแรงเชิงมุม (Angular-Contact Balls Bearing) รับภาระทั้งในแนวรัศมีและแนวแกนได้ดี ดังภาพ 41

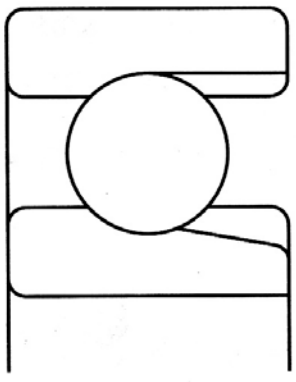


ภาพ 41 แบริ่งลูกปืนกลมรับแรงเชิงมุม
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

1.4 แบริ่งลูกปืนกลมปรับแนวแกนได้เอง (Ball Bearing Self Aligning) เป็นแบริ่งที่มีลูกลูกปืนกลม 2 แถว สามารถปรับแกนเพลาให้อยู่ในแนวเดียวกันได้เอง และรับแรงในแนวรัศมีได้ดี ยกเว้นแนวแกน ดังภาพ 42

ภาพ 42 แบริ่งลูกปืนกลมปรับแนวแกนได้เอง
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

1.5 แบริ่งลูกปืนทรงกลมแบบมีร่องน้ำมัน (Filling Slot Ball Bearing) แบริ่งชนิดนี้ที่เสื้อตัวนอกและเสื้อตัวในจะมีการบากเป็นร่องที่จุดจุดหนึ่งของทรงกลม ทำให้น้ำมันหล่อลื่นสามารถไหลเข้าไปหล่อลื่นได้มากขึ้น รับแรงในแนวรัศมีได้ดีมาก ดังภาพ 43

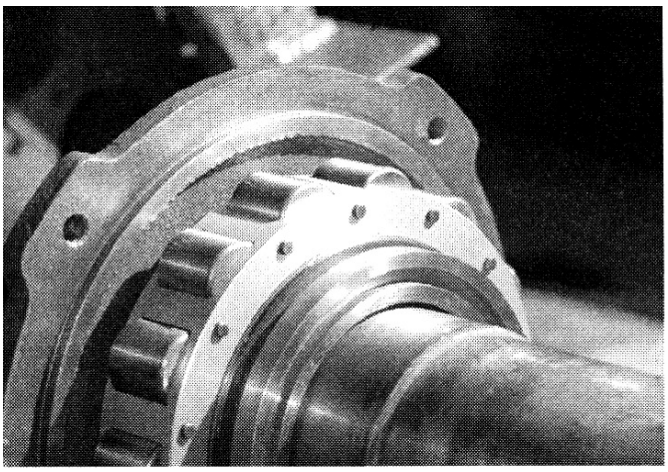


ภาพ 43 แบริ่งลูกปืนกลมแบบมีร่องน้ำมัน
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

2. แบริ่งลูกปืนทรงกระบอก (Roller Bearings)

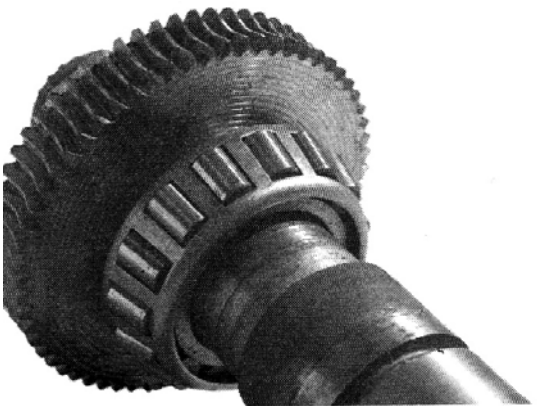
แบริ่งลูกปืนทรงกระบอกทำงานที่ความเร็วรอบต่ำกว่าแบริ่งลูกปืนกลม แต่รับภาระได้สูงกว่า มี 3 ชนิด ได้แก่

2.1 แบริ่งลูกปืนทรงกระบอกกลม (Cylindrical Roller Bearings) เป็นแบริ่งที่รับแรงในแนวรัศมีได้ดี แต่ไม่เหมาะสำหรับรับแรงแนวแกน และรับแรงได้มากกว่าแบริ่งลูกปืนกลมในขนาดเดียวกัน เพราะว่ามีพื้นที่หน้าสัมผัสมากกว่า ดังภาพ 44



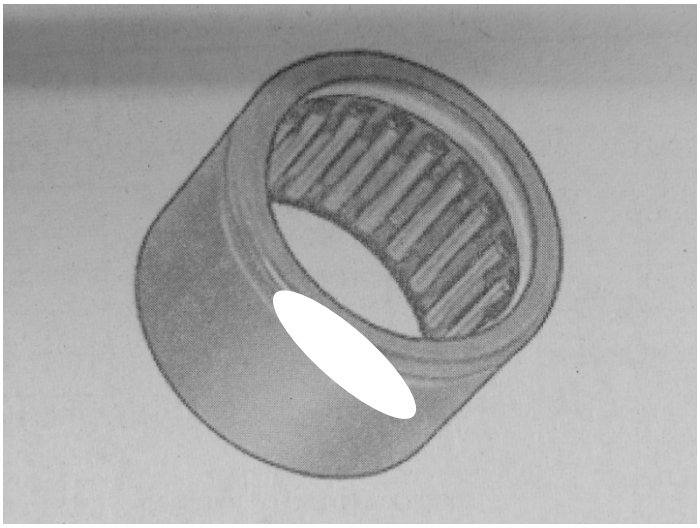
ภาพ 44 แบริ่งลูกปืนทรงกระบอกกลม
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

2.2 แบริ่งลูกปืนทรงกระบอกเรียว (Tapered Roller Bearings) แบริ่งชนิดนี้เหมาะสำหรับรับแรงในแนวรัศมี แต่ก็รับแรงในแนวแกนใน 1 ทิศทาง ดังภาพ 45



ภาพ 45 แบริ่งลูกปืนทรงกระบอกเรียว
ที่มา : บุญธรรม ภัราจารุกุล, 2557.

2.3 แบริ่งลูกปืนเข็ม (Needle Roller Bearings) แบริ่งชนิดนี้จะเป็นลูกปืนทรงกระบอกที่มีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางสูง ใช้กับงานเฉพาะที่ ดังภาพ 46



ภาพ 46 แบริ่งลูกปืนเข็ม
ที่มา : วิชัย โรมไธสง, 2554.

ความละเอียดเที่ยงตรงของแบริ่ง แบ่งออกเป็น 2 เกรด โดยคณะกรรมการวิศวกรรมวงแหวนแบริ่ง (Annular Bearing Engineers Committee; ABEC) ของสมาคมผู้ผลิตแบริ่งต้านแรงเสียดทาน (Aniti-Friction Bearing Manufacturers Assocication; AFBMA) ดังนี้

ABEC 1 เป็นเกรดมาตรฐานสำหรับประยุกต์ใช้งานทั่วไป

ABEC 5
ABEC 7
ABEC 9
} เป็นเกรดละเอียดยิ่งขึ้นๆไป

แนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง

มูลนิธิชัยพัฒนา (2558 : ออนไลน์) เศรษฐกิจพอเพียง เป็นปรัชญาชี้ถึงแนวการดำรงอยู่และปฏิบัติตนของประชาชนในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับครอบครัว ระดับชุมชน จนถึงระดับรัฐ ทั้งในการพัฒนาและบริหารประเทศให้ดำเนินไปในทางสายกลาง โดยเฉพาะการพัฒนาเศรษฐกิจ เพื่อให้ก้าวทันต่อโลกยุคโลกาภิวัตน์ ความพอเพียง หมายถึง ความพอประมาณ ความมีเหตุผล รวมถึงความจำเป็นที่จะต้องมีระบบภูมิคุ้มกันในตัวที่ดีพอสมควร ต่อการกระทบใดๆ อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งภายในภายนอก ทั้งนี้ จะต้องอาศัยความรอบรู้ ความรอบคอบ และความระมัดระวังอย่างยิ่งในการนำวิชาการต่างๆ มาใช้ในการวางแผนและการ

ดำเนินการ ทุกขั้นตอน และขณะเดียวกัน จะต้องเสริมสร้างพื้นฐานจิตใจของคนในชาติ โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ของรัฐ นักทฤษฎี และนักธุรกิจในทุกระดับ ให้มีสำนึกในคุณธรรม ความซื่อสัตย์สุจริต และให้มีความรอบรู้ที่เหมาะสม ดำเนินชีวิตด้วยความอดทน ความเพียร มีสติปัญญา และความรอบคอบ เพื่อให้สมดุลและพร้อมต่อการรองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง ทั้งด้านวัตถุ สังคม สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรมจากโลกภายนอกได้เป็นอย่างดี ความหมายของเศรษฐกิจพอเพียง จึงประกอบด้วยคุณสมบัติ ดังนี้ 1 ความพอประมาณ หมายถึง ความพอดีที่ไม่น้อยเกินไปและไม่มากเกินไป โดยไม่เบียดเบียนตนเองและผู้อื่น เช่น การผลิตและการบริโภคที่อยู่ในระดับพอประมาณ 2 ความมีเหตุผล หมายถึง การตัดสินใจเกี่ยวกับระดับความพอเพียงนั้น จะต้องเป็นไปอย่างมีเหตุผล โดยพิจารณาจากเหตุปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนคำนึงถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกระทำนั้นๆ อย่างรอบคอบ 3 ภูมิคุ้มกัน หมายถึง การเตรียมตัวให้พร้อมรับผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ของสถานการณ์ต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมี เงื่อนไข ของการตัดสินใจและดำเนินกิจกรรมต่างๆ ให้อยู่ในระดับพอเพียง ๒ ประการ ดังนี้ 1 เงื่อนไข ความรู้ ประกอบด้วย ความรอบรู้เกี่ยวกับวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องรอบด้าน ความรอบคอบที่จะนำความรู้เหล่านั้นมาพิจารณาให้เชื่อมโยงกัน เพื่อประกอบการวางแผนและความระมัดระวังในการปฏิบัติ 2 เงื่อนไขคุณธรรม ที่จะต้องเสริมสร้าง ประกอบด้วย มีความตระหนักในคุณธรรม มีความซื่อสัตย์สุจริตและมีความอดทน มีความเพียร ใช้สติปัญญาในการดำเนินชีวิต

พระราชดำรัสที่เกี่ยวกับเศรษฐกิจพอเพียง

“...เศรษฐศาสตร์เป็นวิชาของเศรษฐกิจ การที่ต้องใช้รถไถต้องไปซื้อ เราต้องใช้ต้องหาเงินมาสำหรับซื้อน้ำมันสำหรับรถไถ เวลารถไถเก่าเราต้องยิ่งซ่อมแซม แต่เวลาใช้นั้นเราก็ต้องป้อนน้ำมันให้เป็นอาหาร เสร็จแล้วมันคายควัน ควันเราสูดเข้าไปแล้วก็ปวดหัว ส่วนควายเวลาเราใช้เราก็ต้องป้อนอาหาร ต้องให้หญ้าให้อาหารมันกิน แต่ว่ามันคายออกมา ที่มันคายออกมาก็เป็นปุ๋ย แล้วก็ใช้ได้สำหรับให้ที่ดินของเราไม่เสีย...” (พระราชดำรัส เนื่องในพระราชพิธีพืชมงคลจรดพระนังคัลแรกนาขวัญ ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 9 พฤษภาคม 2529)

“...เราไม่เป็นประเทศร่ำรวย เรามีพอสมควร พออยู่ได้ แต่ไม่เป็นประเทศที่ก้าวหน้าอย่างมาก เราไม่อยากจะเป็นประเทศก้าวหน้าอย่างมาก เพราะถ้าเราเป็นประเทศก้าวหน้าอย่างมากก็จะมีแต่ถอยกลับ ประเทศเหล่านั้นที่เป็นประเทศอุตสาหกรรมก้าวหน้า จะมีแต่ถอยหลังและถอยหลังอย่างน่ากลัว แต่ถ้าเรามีการบริหารแบบเรียกว่าแบบคนจน แบบที่ไม่ติดกับตำรามากเกินไป ทำอย่างมีสามัคคีนี่แหละคือเมตตากัน จะอยู่ได้ตลอดไป...” (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 4 ธันวาคม 2534)

“...ตามปกติคนเราชอบดูสถานการณ์ในทางดี ที่เขาเรียกว่าเล็งผลเลิศ ก็เห็นว่าประเทศไทย เรานี่ก้าวหน้าดี การเงินการอุตสาหกรรมการค้าดี มีกำไร อีกทางหนึ่งก็ต้องบอกว่าเรากำลังเสื่อมลงไปส่วนใหญ่ ทฤษฎีว่า ถ้ามีเงินเท่านั้นๆ มีการกู้เท่านั้นๆ หมายความว่า

เศรษฐกิจก้าวหน้า แล้วก็ประเทศก็เจริญมีหวังว่าจะเป็นมหาอำนาจ ขอโทษเลยต้องเตือนเขาว่าจริงตัวเลขดี แต่ว่าถ้าเราไม่ระมัดระวังในความต้องการพื้นฐานของประชาชนนั้นไม่มีทาง..." (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 4 ธันวาคม 2536)

"...เดี๋ยวนี้ประเทศไทยก็ยังอยู่ดีพอสมควร ใช้คำว่า พอสมควร เพราะเดี๋ยวมีคนเห็นว่ามีคนจน คนเดือดร้อน จำนวนมากพอสมควร แต่ใช้คำว่า พอสมควรนี้ หมายความว่าตามอัตตภาพ..." (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 4 ธันวาคม 2539)

"...ที่เป็นห่วงนั้น เพราะแม้ในเวลา 2 ปี ที่เป็นปีกาญจนาภิเษกก็ได้เห็นสิ่งที่ทำให้เห็นได้ว่า ประชาชนยังมีความเดือดร้อนมาก และมีสิ่งที่ควรจะแก้ไขและดำเนินการต่อไปทุกด้าน มีภัยจากธรรมชาติกระหน่ำ ภัยธรรมชาตินี้เราคงสามารถที่จะบรรเทาได้หรือแก้ไขได้เพียงแต่ว่าต้องใช้เวลาพอใช้ มีภัยที่มาจากจิตใจของคน ซึ่งก็แก้ไขได้เหมือนกัน แต่ว่ายากกว่าภัยธรรมชาติ ธรรมชาตินั้นเป็นสิ่งนอกกายเรา แต่นิสัยใจคอของคนเป็นสิ่งที่อยู่ข้างใน อันนี้ก็เป็นข้อหนึ่งที่อยากให้จัดการให้มีความเรียบร้อย แต่ก็ไม่หมดหวัง..." (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 4 ธันวาคม 2539)

"...การจะเป็นเสือนั้นไม่สำคัญ สำคัญอยู่ที่เรามีเศรษฐกิจแบบพอมีพอกิน แบบพอมีพอกินนั้น หมายความว่า อุ้มชูตัวเองได้ ให้มีพอเพียงกับตนเอง ความพอเพียงนี้ไม่ได้หมายความว่าทุกครอบครัวจะต้องผลิตอาหารของตัวเอง จะต้องทอผ้าใส่เอง อย่างนั้นมันเกินไป แต่ว่าในหมู่บ้านหรือในอำเภอ จะต้องมีความพอเพียงพอสมควร บางสิ่งบางอย่างผลิตได้มากกว่าความต้องการก็ขายได้ แต่ขายในที่ไม่ห่างไกลเท่าไร ไม่ต้องเสียค่าขนส่งมากนัก..." (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 4 ธันวาคม 2539)

"...เมื่อปี 2517 วันนั้นได้พูดถึงว่า เราควรปฏิบัติให้พอมีพอกิน พอมีพอกินนี้ก็แปลว่า เศรษฐกิจพอเพียงนั่นเอง ถ้าแต่ละคนมีพอมีพอกิน ก็ใช้ได้ ยิ่งถ้าทั้งประเทศพอมีพอกินก็ยิ่งดี และประเทศไทยเวลานั้นก็เริ่มจะเป็นไม่พอมีพอกิน บางคนก็มีมาก บางคนก็ไม่มีเลย..." (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 4 ธันวาคม 2541)

"...พอเพียง มีความหมายกว้างขวางยิ่งกว่านี้อีก คือคำว่าพอ ก็พอเพียงนี้ก็พอแค่นั้นเอง คนเราถ้าพอในความต้องการก็มีความโลภน้อย เมื่อมีความโลภน้อยก็เบียดเบียนคนอื่นน้อย ถ้าประเทศใดมีความคิดอันนี้ มีความคิดว่าทำอะไรต้องพอเพียง หมายความว่าพอประมาณ ซื่อตรง ไม่โลภอย่างมาก คนเราก็อยู่เป็นสุข พอเพียงนี้อาจจะมี มีมากอาจจะมีของหรูหราก็ได้ แต่ว่าต้องไม่ไปเบียดเบียนคนอื่น..." (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 4 ธันวาคม 2541)

"...ไฟดับถ้ามีความจำเป็น หากมีเศรษฐกิจพอเพียงแบบไม่เต็มที่ เรามีเครื่องปั่นไฟก็ใช้ปั่นไฟ หรือถ้าขั้นโบราณกว่า มืดก็จุดเทียน คือมีทางที่จะแก้ปัญหาเสมอ ฉะนั้นเศรษฐกิจพอเพียงก็มีเป็นขั้นๆ แต่จะบอกว่าเศรษฐกิจพอเพียงนี้ ให้พอเพียงเฉพาะตัวเองร้อยเปอร์เซ็นต์นี่เป็นสิ่งทำไม่ได้ จะต้องมีการแลกเปลี่ยน ต้องมีการช่วยกัน ถ้ามีการช่วยกัน แลกเปลี่ยนกัน ก็ไม่ใช่พอเพียงแล้ว แต่ว่าพอเพียงในทฤษฎีในหลวงนี้ คือให้สามารถที่จะดำเนินงานได้..." (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 23 ธันวาคม 2542)

"...โครงการต่างๆ หรือเศรษฐกิจที่ใหญ่ ต้องมีความสอดคล้องกันดีที่ไม่ใช่เหมือนทฤษฎีใหม่ ที่ใช้ที่ดินเพียง 15 ไร่ และสามารถที่จะปลูกข้าวพอกิน กิจการนี้ใหญ่กว่า แต่ก็เป็นเศรษฐกิจพอเพียงเหมือนกัน คนไม่เข้าใจว่ากิจการใหญ่ๆ เหมือนสร้างเขื่อนป่าสักก็เป็นเศรษฐกิจพอเพียงเหมือนกัน เขานึกว่าเป็นเศรษฐกิจสมัยใหม่ เป็นเศรษฐกิจที่ห่างไกลจากเศรษฐกิจพอเพียง แต่ที่จริงแล้ว เป็นเศรษฐกิจพอเพียงเหมือนกัน..." (พระราชดำรัส เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย วันที่ 23 ธันวาคม 2542)

"...ฉันพูดเศรษฐกิจพอเพียงความหมายคือ ทำอะไรให้เหมาะสมกับฐานะของตัวเอง คือทำจากรายได้ 200-300 บาท ขึ้นไปเป็นสองหมื่น สามหมื่นบาท คนชอบเอาคำพูดของฉันเศรษฐกิจพอเพียงไปพูดกันเลอะเทอะ เศรษฐกิจพอเพียง คือทำเป็น Self-Sufficiency มันไม่ใช่ความหมายไม่ใช่แบบที่ฉันคิด ที่ฉันคิดคือเป็น Self-Sufficiency of Economy เช่น ถ้าเขาต้องการดูทีวี ก็ควรให้เขามีดู ไม่ใช่ไปจำกัดเขาไม่ให้ซื้อทีวีดู เขาต้องการดูเพื่อความสนุกสนานในหมู่บ้านไกลๆ ที่ฉันไป เขามีทีวีดูแต่ใช้แบตเตอรี่ เขาไม่มีไฟฟ้า แต่ถ้า Sufficiency นั้น มีทีวีเขาฟุ่มเฟือย เปรียบเสมือนคนไม่มีสตางค์ไปตัดสูทใส่ และยังใส่เนคไทเวอร์ซาเช่ อันนี้ก็เกินไป..." (พระตำหนักเปี่ยมสุข วังไกลกังวล 17 มกราคม 2544)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรอนงค์ ศรีพวาทกุล, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2537 : บทคัดย่อ) ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าว เปลือกที่ช่วงความชื้นสูงของเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องโดยใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับผลจากการทดลอง ซึ่งจะพิจารณาที่อัตรา การผลิตสูง ความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ และข้าวที่ได้มีคุณภาพอยู่ในเกรดดี ผลจาก การจำลองแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่อุณหภูมิของอากาศ 115 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกร้อยละ 30 มาตรฐานแห้ง ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 24 มาตรฐาน แห้ง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม 30 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่าที่ความสูงของ weir 10 เซนติเมตร อัตราการไหลของ อากาศจำเพาะ 0.043 kg/s-kg dry matte อัตราการหมุนเวียนของอากาศร้อยละ 80 มีอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ระเหยน้ำต่ออัตราการผลิตต่ำสุด โดยจะสิ้น เปลืองพลังงานปฐมภูมิ 7.9 MJ/kg-water มีค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง 2.05 บาทต่อกิโลรัมน้ำที่ระเหย

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ สมบูรณ์ เวชกามา วสุวัฒน์ ตรูทัศนวินท์ และ วุฒิกรณี จริตตัตติเวทย์ (2545 : บทคัดย่อ) ผลการทดสอบ พบว่า เมื่ออัตราการป้อนข้าวเปลือกเท่ากับ 4,821 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถลดความชื้น ข้าวเปลือกจากร้อยละ 28 เหลือร้อยละ 23 ของฐานแห้ง โดยสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าและน้ำมันดีเซล 9,646 วัตต์ และ 17.6 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ, สิ้นเปลืองพลังงานปฐมภูมิจำเพาะ 6.15 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย, กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับมอเตอร์พัดลมและมอเตอร์สั่นสะเทือน มีค่าประมาณร้อยละ 55 ของมอเตอร์พัดลม กรณีอบแห้งด้วยเทคนิคการทำไหลที่ไม่มีการสั่น กรณีที่มีการอบแห้ง 12 ชั่วโมงต่อวัน และ 90 วันต่อปีจะมีค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก 1.5 บาท ต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย แบ่งเป็น ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้ง 0.5 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย และค่าใช้จ่ายในการ ดำเนินการอบแห้ง 1 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น พบว่าสามารถทำนายการอบแห้งข้าวเปลือกในระดับพอยอมรับได้ สำหรับการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคการทำไหลที่ ขนาดกำลังผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 30 ของฐานแห้ง และความเร็วอากาศอบแห้ง 2.3 เมตรต่อวินาที สภาวะเงื่อนไขการอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคการทำไหลที่เหมาะที่สุดมีดังนี้ อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 149 องศาเซลเซียส, สัดส่วนอากาศเวียนกลับ 0.93 และความสูงชั้นข้าวเปลือก 11.9 เซนติเมตร, มีความสิ้นเปลืองพลังงานปฐมภูมิจำเพาะ 5.74 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย และความชื้นสุดท้ายร้อยละ 24.9 ของฐานแห้ง สำหรับการอบแห้งโดยเทคนิคการทำไหลบน ฐานสั่นที่กำลังการผลิตและความชื้นเริ่มต้นเท่ากัน แต่ใช้ความเร็วอากาศอบแห้ง 1.5 เมตรต่อวินาที สภาวะเงื่อนไขการอบแห้งที่เหมาะที่สุดมีดังนี้ : อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 143 องศาเซลเซียส, สัดส่วนอากาศเวียนกลับ 0.83, ความสูงชั้นข้าวเปลือก 9.9 เซนติเมตร, ความถี่การสั่นสะเทือน 5 เฮิรตซ์และความเข้มการสั่นสะเทือน 2.5, มีความสิ้นเปลืองพลังงาน ปฐมภูมิจำเพาะ 5.36 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย และความชื้นสุดท้ายร้อยละ 26.0 ของฐานแห้ง สรุป การอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคการทำไหลบนฐานสั่นมีความสิ้นเปลืองพลังงานปฐมภูมิจำเพาะน้อยกว่าเทคนิคการทำไหลที่ไม่สั่นประมาณร้อยละ 7 การอบแห้งโดยเทคนิคการทำไหลบนฐานสั่นใช้กำลังไฟฟ้ารวมและน้ำมันดีเซล เฉลี่ยเท่ากับ 5.9 กิโลวัตต์และ 21.1 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้ารวมประมาณร้อยละ 30 ของกำลังไฟฟ้ารวมกรณีอบแห้งโดยเทคนิคการทำไหลที่ไม่มีการสั่น

มานิต ส จำนง วัชรินทร์ ดงบง และ กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย (2548 : บทคัดย่อ) ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ กข. 10 ด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด โดยการใช้เครื่องอบแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ มีการเวียนลมร้อนที่ใช้แล้วกลับมาใช้ให้มีปริมาณร้อยละ 80 สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกในห้องอบแห้งประมาณ 25 กรัม ทุกๆ 30 วินาที ในการวิเคราะห์ค่าความชื้นของข้าวเปลือกต่ำมาตรฐาน ASAE (1989) และมีเงื่อนไขการอบแห้งคือ ความเร็วลมร้อยเฉลี่ย ณ หัวฉีดลม 5.25 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิลมร้อนในศึกษา 3 ระดับ คือ 70, 80

และ 90 องศาเซลเซียสความหนาของเบดประมาณ 8.5 เซนติเมตร ความชื้นเริ่มต้นข้าวเปลือกประมาณร้อยละ 25 ใช้เวลาการอบแห้ง 10 นาที ทำการทดลองซ้ำกรณีละ 3 ครั้ง จากการทดลองพบว่า การลดลงของความชื้นจะแปรผันตามอุณหภูมิของลมร้อน ที่อุณหภูมิลมร้อนสูงการลดลงของความชื้นจะมากกว่ากรณีที่อุณหภูมิต่ำ โดยมีลักษณะการลดลงเป็นไปในแนวทางทำงานเดียวกัน เมื่อพิจารณาที่ระดับความชื้นสุดท้ายไม่ต่ำกว่าร้อยละ 19 เพื่อหลีกเลี่ยงการแตกหักของข้าวเปลือก การอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 70-90 องศาเซลเซียส พบว่าระยะเวลาในการอบแห้งลดลงเป็น 3.7-1.9 นาทีอัตราการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 3.667-6.947 กิโลกรัม นาทีระเหยต่อชั่วโมง และค่าใช้จ่ายในการระเหยน้ำลดลงเป็น 1.51-0.84 บาทต่อกิโลกรัม นาทีระเหย

วทัญญู ชัยวัฒน์พงศกร (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาอิทธิพลของการระบายอากาศผ่านกองข้าวเปลือกชื้นต่อคุณภาพการเก็บรักษา ทำการทดลองโดยระบายอากาศอย่างต่อเนื่องใช้อัตราการไหลของอากาศ 0.65, 0.93 และ 1.20 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที-ลูกบาศก์เมตรของข้าวเปลือก ผ่านกองข้าวเปลือกสูง 1 เมตร ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 18.5, 20.1 และ 20.2 มาตรฐานเปียก ตามลำดับ จนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 14 มาตรฐานเปียก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการดังกล่าวสามารถลดความชื้นในกองข้าวเปลือกได้ ที่อัตราการไหลของอากาศ 0.93 และ 1.20 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที-ลูกบาศก์เมตรของข้าวเปลือก สามารถรักษาคุณภาพในด้านเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว, ความขาว และความเสียหายของเมล็ดให้อยู่ในเกณฑ์ดี อย่างไรก็ตามสำหรับอัตราการไหลของอากาศ 0.65 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที-ลูกบาศก์เมตรของข้าวเปลือก เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า เกิดเชื้อราขึ้นที่ชั้นบนสุดของกองข้าวเปลือกแต่คุณภาพของข้าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับการวิเคราะห์ด้านพลังงานพบว่า พลังงานที่ใช้สำหรับอัตราการไหล 0.65, 0.93 และ 1.20 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที-ลูกบาศก์เมตรของข้าวเปลือก คือ 0.09, 0.14 และ 0.19 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย และพลังงานที่ได้จากการหายใจของเมล็ดพืช คือ 3.59, 3.29 และ 3.54 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย ตามลำดับ สำหรับผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวเปลือกชื้น ในการทดลองใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด โดยใช้อุณหภูมิลมร้อน 40-150 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2.5 เมตรต่อวินาที เพื่อลดความชื้นของข้าวเปลือกจากร้อยละ 24.9 มาตรฐานเปียก จนถึง 18$\pm$0.5% มาตรฐานเปียก จากนั้นนำไปเก็บในที่อับอากาศ 30 นาที แล้วจึงนำไปผ่านการเป่าเย็นด้วยอากาศแวดล้อมด้วยความเร็วประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที (300ลูกบาศก์เมตรต่อนาที-ลูกบาศก์เมตรของข้าวเปลือก) เป็นเวลา 30 นาที ปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนที่ 150 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุด แต่ความขาวที่ได้จะน้อยกว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

อิศเรศ ธุชกัลยา (2543 : บทคัดย่อ) ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยพิจารณาถึงอิทธิพลของตัวแปร

ต่างๆ ต่อการอบแห้งและคุณภาพข้าวเปลือกสภาวะต่างๆ ของการทดลองศึกษามีดังนี้ ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 25-43 ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 16-28 ความสูงเบดข้าวเปลือก 10-15 เซ็นติเมตร อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 150-170 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำในระบบอบแห้ง 106.1 kPa พบว่า ความเร็วต่ำสุดของไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ทำให้ข้าวเปลือกเกิดฟลูอิไดซ์เบด มีค่าประมาณ 2.6 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งมากกว่า ความสูงเบดข้าวเปลือกที่ความสูงเบด 10 เซนติเมตร ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 1.3 เท่า ของความเร็วต่ำสุดที่เกิดฟลูอิไดซ์เบด อุณหภูมิอินเวอร์ชัน (Inversion Temperature) มีค่าต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส เล็กน้อย ในการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งสามารถลดความชื้นได้ต่ำถึงร้อยละ 18 โดยที่ เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าลดความชื้นต่ำกว่านี้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยอากาศร้อนโดยใช้เทคนิคเดียวกันของวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงกว่าข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนประมาณร้อยละ 30 และข้าวที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีสีคล้ำกว่าข้าวที่อบแห้งด้วยอากาศร้อน แต่สีอ่อนกว่าข้าวนึ่งที่ได้จากโรงสีข้าวนึ่ง จากการทดสอบความยอมรับในการบริโภคพบว่าข้าวที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีลักษณะเป็นข้าวนึ่ง

กริช เจียมจิโรจน์, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ สมบูรณ์ เวชกามา (2544 : บทคัดย่อ) นำเสนอแนวทางในการแปรรูปข้าวโดยใช้กระบวนการอบแห้งข้าวกล้อง ซึ่งทำการทดลองอบแห้งข้าวกล้องเปรียบเทียบกับการอบแห้งข้าวเปลือก สภาวะของอุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง 45, 55 และ 65 องศาเซลเซียส อัตราการไหลอากาศจำเพาะของอากาศ 12 $m^3/min\text{-}m^3$ ในการลดความชื้นข้าวเปลือกที่ร้อยละ 22 เทียบกับการลดความชื้นข้าวกล้องที่ได้จากการเตรียมข้าวเปลือกที่สภาวะเดียวกัน ให้เหลือร้อยละ 14 w.b. จากการทดลองพบว่าระยะเวลาการอบแห้งลดความชื้นของข้าวกล้องมีค่าน้อยกว่าระยะเวลาการอบแห้งข้าวเปลือกตามปกติประมาณร้อยละ 50-55 จากผลการทดสอบคุณภาพข้าวสารที่ได้จากการอบแห้งข้าวกล้องในรูปของปริมาณต้นข้าวและความขาวพบว่า ปริมาณต้นข้าวที่ได้มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น ความขาวของข้าวสารที่ได้จากกระบวนการอบแห้งข้าวกล้องมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ลือพงษ์ ลือนาม (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาวิธีชะลอการเสื่อมคุณภาพข้าวเปลือกความชื้นสูง โดยการดูดระบายอากาศออกจากกองข้าว ในระหว่างการรอขนย้ายและ/หรือไม่สามารถลดความชื้นได้ ซึ่งแบ่งการศึกษาวิจัยเป็น การศึกษาลักษณะพฤติกรรมของอุณหภูมิและการสะสมความร้อนภายในกองข้าว การศึกษารูปแบบการจัดวางท่อดูดระบายอากาศออกจากกองข้าว และการศึกษาอัตราการดูดระบายอากาศออกจากกองข้าว ซึ่งมีผลการศึกษาโดยสรุป ดังนี้ 1. การศึกษาลักษณะพฤติกรรมของอุณหภูมิและความร้อน สำหรับการกองข้าวอยู่กับที่ภายในและภายนอกอาคาร ความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 23 พบว่า พฤติกรรมของอุณหภูมิภายในกองข้าวบ่งชี้ถึงตำแหน่งเริ่มต้นการสะสมความร้อนบริเวณกลางกอง และการเคลื่อนที่

ของอากาศร้อนชื้นภายในกองข้าว ซึ่งมีลักษณะสมมาตรเชิงเรขาคณิตตามแกนกอง จากขอบฐานกรวยกองโดยรอบเคลื่อนที่เข้าหากลางกอง แล้วนำพาความร้อนและไอน้ำขึ้นสู่ยอดกรวยกอง จนอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึง 60 องศาเซลเซียส ทำให้คุณภาพข้าวลดลงโดยเฉพาะความขาวของข้าวสาร 2. การศึกษารูปแบบการจัดวางท่อดูดระบายอากาศออกจากกองข้าวความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 20.4 พบว่า การดูดระบายอากาศอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 2 ลบ.ม.ต่อนาที-ลบ.ม. ในการจัดวางท่อดูดรูปทางท่อเดี่ยวและท่อแยก ช่วยลดอุณหภูมิภายในกองข้าวให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายในเวลา 1 ชั่วโมง โดยยังรักษาคุณภาพข้าวไว้ได้ดี และยังช่วยลดความชื้นข้าวเปลือกให้ต่ำลง ซึ่งกรณีจัดวางท่อดูดรูปทรงท่อแยก ข้าวเปลือกที่ผิวท่อดูดเกิดการงอกเป็นต้นอ่อนและมีราสีขาวเล็กน้อย แต่ไม่เกิดขึ้นกับกรณีจัดวางท่อดูดรูปทรงท่อเดี่ยว เนื่องจากมีรูปแบบสอดคล้องกับรูปทรงกองข้าว ทำให้ระบายความร้อนและไอน้ำออกจากกองข้าวได้ดี ส่วนกรณีไม่มีการดูดระบายอากาศอุณหภูมิภายในกองข้าวเพิ่มสูงขึ้นถึง 60 องศาเซลเซียส 3. การศึกษาอัตราการดูดระบายอากาศออกจากกองข้าว สำหรับการจัดวางท่อเดี่ยว ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 29.3 พบว่า การดูดระบายอากาศด้วยอัตราการไหล 0.5, 1.0 และ 1.5 ลบ.ม.ต่อนาที-ลบ.ม. ข้าวเปลือก ช่วยลดอุณหภูมิภายในกองข้าวให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายในเวลา 10-20 ชั่วโมง เป็นการป้องกันการสะสมความร้อนภายในกองข้าว ถึงแม้ข้าวเปลือกบริเวณระหว่างปลายท่อและพื้นมีความชื้นค่อนข้างมาก มีราสีขาวเล็กน้อยก็ตาม แต่โดยรวมข้าวยังคงคุณภาพดีไม่เกิดความเสียหาย และอัตราการไหล 1.0 และ 1.5 ลบ.ม./นาที-ลบ.ม. ข้าวเปลือก ยังมีส่วนช่วยลดความชื้นข้าวเปลือกให้ต่ำลงด้วย ซึ่งการไม่ดูดระบายอากาศ เกิดความร้อนสูงภายในกองข้าว จนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วต่อเนื่องถึง 60 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 20 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นสูงถึง 80 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 40 ชั่วโมง ทำให้ความขาวของข้าวสารลดลงภายในเวลา 2-3 วัน เมื่อทดลองเป็นเวลา 7 วัน ลดลงต่ำกว่าทั้งสามกรณีถึง 20 หน่วย ดังนั้นอัตราการไหล 0.5 ลบ.ม.ต่อนาที-ลบ.ม. ข้าวเปลือก จึงเพียงพอสำหรับการดูดระบายความร้อนออกจากกองข้าว ในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของข้าวเปลือกความชื้นสูง โดยยังคงรักษาคุณภาพข้าวไว้ได้ดี

วิลสัน (Wilson, 2011 : Abstract) ได้พัฒนาและทดสอบเครื่องอบแห้งแบบเม็ดผสมแบบต่อเนื่องที่มีกำลังการผลิต 250 กิโลกรัมถึง 1 ตันราคาประหยัดต้นทุนต่ำ (ชนิด LSU) ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้น เครื่องเป่าประกอบด้วย 3 ส่วนหลักไดแก่ 1 การอบแห้งห้องที่ทำจากท่อรูปตัววีที่ห้อยลงมา 2 เครื่องเป่าลมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 750 วัตต์ (1 แรงม้า) และพัดลมแบบแรงเหวี่ยงอากาศแห้ง 3 เครื่องทำความร้อนไฟฟ้า 1 กิโลกรัม 4 ลูกกลิ้งบังคับข้าวที่ขับเคลื่อนด้วยเกียร์ไฟฟ้าขนาด 3kW ด้วยกระปุกเกียร์ลดขนาด 37.5: 1 การทดลองดำเนินการระหว่างเดือนเมษายนและมิถุนายน 2554 พบว่าข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้นที่ค่าความชื้นระหว่างร้อยละ19.7 - 26.6 ลดลงเหลือร้อยละ11.8 - 13.5 ตามลำดับ การอบแห้งด้วยแสงแดดยังเป็นตัวควบคุม ระยะเวลาในการอบแห้งของเครื่องอบแห้งของเครื่องอบอยู่ในช่วง 4.8-5.7

ชั่วโมงและสำหรับดวงอาทิตย์ การอบแห้ง 5 ชม. อัตราการลดความชื้นอยู่ที่ 1.16-2.41% / h สำหรับการอบแห้งด้วยเครื่องอบและ 2.18% สำหรับการอบแห้งด้วยแสงแดด การฟื้นสภาพและผลผลิตข้าวเปลือกจาก การอบแห้งด้วยเครื่องจักรกลดีกว่าการอบแห้งด้วยแสงแดด ประสิทธิภาพการทำความร้อนของการอบแห้งการส่งมอบสี่รายการมีตั้งแต่ 36.40% -62.70% แม้ว่าการใช้พลังงานจะไม่ได้ก็ตามวัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานจะลดลงหากใช้เตาเผาชีวมวล (แกลบ) แทน