A Research Report

Physical and mechanical properties of rice polishing wheel mixtures used in small rice mill plants

Researchers

Head of Project

Sukangkana Lee

Faculty of Engineering

Ubonratchathani University

Co-researchers

Meng Fuk Lee

Suriya Choksawaddee

This Research was Financially Supported from The National Research Council of Thailand

In Fiscal Year, 2004

Research Code :

ISBN

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุผสมที่ใช้ทำลูกหินขัดเมล็ดข้าวขาวสำหรับโรงสีขนาดเล็ก

หัวหน้าโครงการวิจัย นางสุขอังคณา ลี

ผู้ร่วมโครงการวิจัย นายหมิงฟุก ลี

นายสุริยา โชคสวัสดิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีงบประมาณ 2547

งบประมาณที่ได้รับ 188,750.- บาท

คำสำคัญ ลูกหินขัดข้าว, เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก, หินกากเพชร, คุณสมบัติทางกายภาพ, ความต้านทานแรงอัด

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางกลของวัสดุที่นำมาทำเป็นวัสดุหุ้มในการทำล้อหินขัดข้าว และวิธีการผลิตชิ้นทดสอบ จากการทดลองทำให้ทราบถึงสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ทำลูกหินขัดได้แก่ หินกากเพชรหินกากแก้ว ปูน และเกลือแมกนีเซียมคลอไรด์ ผลการทดลองพบว่าเม็ดหินกากเพชรอังกฤษเบอร์ 12, 14 และ 16 มีขนาด 1747.37, 1451.2 และ 848.44μm ตามลำดับ หินกากเพชรฮอลแลนด์เบอร์ 14, 16 และ 18 มีขนาด 2578.35, 1880.75, 1410.03 μm ตามลำดับ หินกากเพชรอังกฤษที่มีปริมาณเหล็กออกไซด์ปนมาน้อยกว่ามีความแข็งมากกว่าหินกากเพชรฮอลแลนด์ ชิ้นทดสอบหินข้าวเปลือกที่ใช้หินที่มีขนาดเม็ดหินใหญ่และขนาดเดียวจะมีความต้านทานแรงอัดต่ำกว่าชิ้นทดสอบหินข้าวขาว อัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณหิน(หินกากเพชรและหินกากแก้ว) กับปูน 5 ต่อ 1 เป็นสูตรที่ใช้ทั่วไปนั้นมีค่าความต้านทานแรงอัด ต่ำกว่า ชิ้นงานทดสอบส่วนผสม 4 ต่อ 1 เนื่องจากชิ้นงานทดสอบส่วนผสม 4 ต่อ 1 มีปริมาณของปูนมากกว่า ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดหินน้อยทำให้มีความหนาแน่นสูง แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านทานแรงอัดนี้ไม่ได้บ่งชี้ว่าวัสดุนั้น ๆจะมีประสิทธิภาพในการขัดสีที่ดี จำเป็นจะต้องมีการทดสอบนำมาขึ้นรูปเป็นหินขัดข้าวและทดลองใช้จริง เพื่อศึกษาถึง เปอร์เซนต์ข้าวหัก คุณภาพของข้าว เวลาในการขัดสี และอัตราการสึกหรอต่อไป แนวทางในการปรับปรุงลูกหินขัดให้มี ราคาถูกและมีอายุการใช้งานที่ดียิ่งขึ้น นั้นเราควรทดลองนำหินเกล็ดที่มีการผลิตในประเทศไทย และราคาถูก มาใช้พอกแกนด้านในที่ไม่ได้สัมผัสกับข้าวโดยตรงแล้วพอกทับด้วยหินกากเพชรอีกครั้งเพื่อเป็นการลดต้นทุน โดยข้อเสนอดังกล่าวเป็นเพียงการเสนอแนะในการวิจัยไปพัฒนาวัสดุที่ใช้ทำหินขัดข้าว และแนวทางในการยืดอายุการใช้งานของลูกหินขัดข้าว เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศและสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ประกอบการโรงสีข้าวเท่านั้น

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

Physical and mechanical properties of rice polishing wheel mixtures used in small rice mill plants

Head of Project Mrs.Sukangkana Lee

Co-researchers Mr.Meng Fuk Lee

Mr.Suriya Choksawaddee

Faculty of Engineering, Ubonratchathani University

In Finance Year 2004 for 188,750.- Bath

Keyword Abrasive roll, Rice milling, Emery, Physical properties, Compressive strength

Abstract

This investigation of the raw materials used for shaping the abrasive cylinder used in a single-rice mill plant and shaping process. Physical and mechanical properties include size, shape hardness of emery grain, silicon carbide and calcined magnesite were investigated. The grain size of the England-emery no. 12, 14 and 16 are 1747.37, 1451.2 and 848.44μm respectively. The grain size of the Holland-emery no. 14, 16 and 18 are 2578.35, 1880.75, 1410.03 μm respectively. The England-emery grains containing smaller amount of iron have greater HV hardness compared to the Holland-emery grains. The abrasive cylinder formed by larger grains and one mixture has low compressive strength. The weight ratio of grain (Emery plus silicon carbide) to the amount of calcined magnesite of 5 to 1 showed lower compressive strength compared to 4 to 1 ratio. This is due to the greater amount of calcined magnesite in the 4 to 1 ratio specimen increase density and decrease amount of pores. However, the compressive strength values did not guaranty the good abrasive properties. The ability of abrasive of the cylinder abrasive should be considered further from broken rice percentage, rice quality, time in milling and wear rates. The substitution of emery grain by marble grains produced in Thailand in shaping the inner area of the milling cylinder would reduce cost. This investigation and comment provide the information and possibility in improving milling and it will be useful for further research in substitutional the expensive emery grain by the local made and cheap but good quality marble rock in producing the rice cylinder abrasive in order to reduce the cost and provide the options for farmers.

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานการวิจัยฉบับนี้ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์และจัดทำรูปเล่มสำเร็จ โดยความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน คณะวิจัยขอแสดงความขอบคุณผู้ให้ข้อมูลเกียวกับการใช้งานลูกหินขัดข้าวทุกท่านโดยเฉพาะ นายไข มัฐผา ชาวบ้านเกษตรพัฒนา อ.วารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ช่างทำล้อหินขัดที่มีประสบการณ์และยินดีถ่ายทอดความรู้ในการขึ้นรูปลูกหินขัดให้แก่คณะผู้วิจัย และ รศ.เรวัตน์ เหล่าไพบูลย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ช่วยเหลือในการวิเคราห์ส่วนผสมของวัตถุดิบด้วยวิธี XRF และการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2547

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ii
กิตติกรรมประกาศ iii
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 หลักการและเหตุผล 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 2
ขั้นตอนการดำเนินงาน 3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 โรงสีข้าว 5
2.1.1 จำแนกตามกำลังการผลิต (Processing Capacity) 5
2.1.2 จำแนกตามจำนวนคนงาน (Size of Employees) 5
2.1.3 เครื่องต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องสีข้าว 5
2.2 กรรมวิธีการสีข้าว การกะเทาะและการขัดข้าวของโรงสีขนาดเล็ก 6
2.2.1 นิยาม 6
2.2.2 การสีข้าว (Rice milling) 7
2.2.3 ขั้นตอนของการสีข้าว 8
2.2.4 ต้นกำลัง 11
2.2.5 การกะเทาะเปลือก 11
2.2.6 การขัดข้าวขาว 12
2.2.7 เครื่องอื่น ๆ ในเครื่องสีข้าว 15
2.2.8 เครื่องสีข้าวระดับหมู่บ้าน 18
2.3 ประสิทธิภาพการสีข้าว 19
2.3.1 อัตราการสีข้าว (Milling recovery) 19
2.3.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการสีข้าว 20
2.4 ชนิดของวัสดุหินขัดข้าว 21
2.4.1 หินกากเพชร 21
2.4.2 หินกากแก้ว 22
2.4.3 Calcined Magnesite 22

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.4 $MgCl_2.6H_2O$ 23
2.4.5 คุณสมบัติของวัสดุขัดสี 23
2.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกล 23
2.5.1 การทดสอบความแข็งของแร่ 23
2.5.2 การสึกหรอของวัสดุหินขัดข้าว 26
2.5.3 การทดสอบโดยการอัด (Compression Test) 26
2.5.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 28
2.6 การวิเคราะห์ธาตุ และโครงสร้างผลึกโดยใช้รังสี X 29
2.6.1 บทนำ 29
2.6.2 แหล่งกำเนิด X-rays 29
2.6.3 หลักการวิเคราะห์ 30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 32
3.1 การเก็บข้อมูล 32
3.2. การทดลอง 32
3.2.1 ศึกษาส่วนผสมของวัสดุผสมหินขัดข้าวที่ใช้ทั่วไปในปัจจุบัน 32
3.2.2 ศึกษาส่วนผสมทางเคมีของวัสดุผสมหินขัดข้าว 35
3.3.3 ศึกษาสมบัติทางกล 36
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล 42
4.1 ผลการสำรวจข้อมูล 42
4.1.1 ข้อมูลทั่วไปของหินขัดข้าวและวัตถุดิบ 42
4.1.2 การขึ้นรูปลูกหินขัดข้าวขาวแกนนอนที่ใช้ในเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 46
4.1.3 โครงสร้างทางกายภาพของหินขัดข้าวขาว 50
4.2 ปัญหาของผู้ประกอบการโรงสีข้าวขนาดเล็ก 52
4.3 ผลการสำรวจความต้องการของผู้ประกอบการโรงสีข้าว 55
4.3.1 ความสนใจของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการโรงสีข้าว 55
4.3.2 ปัญหาของผู้ประกอบการที่พบในการใช้หินขัดข้าว 56
4.3.3 ความต้องการของผู้ประกอบการที่ต้องการเกี่ยวกับหินขัดข้าว 57
4.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ โดยวิธี Image Analysis ของหินกากเพชรและกากแก้ว. 58
4.4.1 หินกากเพชร Holland เบอร์ 14, 16 และ 18 58
4.4.2 หินกากเพชรอังกฤษ เบอร์ 12, 14 และ 16 59
4.4.3 กากแก้ว (Silicon carbide) 60
4.5 ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง XRF 62

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์.....62
4.7 ผลการทดลองความต้านทานแรงอัด(Compressive strength).....63
4.7.1 อิทธิพลของอัตราส่วนผสม ต่อ ความต้านทานแรงอัด.....63
4.7.2 ลักษณะของรอยแตกร้าวของชิ้นทดสอบแรงอัด.....64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....67
5.1 เปรียบเทียบลักษณะกายภาพ ขนาดของหินกากเพชร.....67
5.2 คุณสมบัติทางเคมี และความแข็ง.....68
5.3 ผลของลักษณะทางกายภาพและความแข็งต่อการขัดสี.....68
5.4 ความเป็นไปได้ในการนำหินในประเทศไทยมาใช้.....69
5.5 ความต้านทานแรงอัดระหว่างหินฮอลแลนด์กับหินอังกฤษ.....71
5.5.1 เปรียบเทียบอัตราส่วนผสม 5:1 และ 4:1.....71
5.5.2 ลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบ.....72
5.5.3 ข้อผิดพลาด และข้อเสนอแนะ.....72
5.6 สรุป.....73
ภาคผนวก ก แบบฟอร์มการสำรวจข้อมูล.....78
ภาคผนวก ข รายงานการทดสอบความแข็ง.....84
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบธาตุในวัตถุดิบ.....85
ภาคผนวก ง ประมวลภาพการเก็บข้อมูล.....89
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์รูปร่างและขนาดเม็ดหินด้วย Image analysis.....92
ประวัตินักวิจัย.....94

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 อัตราการสีข้าวเปลือก 1,000 กก. เป็นข้าวสาร 5% เฉลี่ยจากสำนักงานสถิติสมาคม โรงสีข้าวและกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (กิโลกรัม) [ฉัตรชาย ศุภจารีรักษ์. 2535] 21
ตารางที่ 2.2 ปริมาณการนำเข้าแร่เอเมอรีของประเทศไทย (ปริมาณ:เมตริกตัน, มูลค่า:ล้านบาท) [กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.2546] 22
ตารางที่ 2.3 ตารางความแข็งของแร่ตามสเกลโมห์ส 24
ตารางที่ 2.4 การเลือก Target สำหรับการวิเคราะห์ธาตุ 31
ตารางที่ 3.1 แสดงค่า Shape Factor ของวัตถุรูปทรงต่าง ๆ 34
ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนผสมหินขัดข้าวเปลือก 38
ตารางที่ 3.3 แสดงส่วนผสมหินขัดข้าวขาว 39
ตารางที่ 4.1 แสดงราคาซื้อขายของวัตถุดิบ 44
ตารางที่ 4.2 สูตรที่ใช้ผสมหินขัดข้าวขาว 47
ตารางที่ 4.3 ขนาดรูปร่างของหินกากเพชรฮอลแลนด์ 61
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของวัตถุดิบ 62
ตารางที่ 4.5 ความแข็งไมโครวิกเกอร์ของวัตถุดิบ 62
ตารางที่ 4.6 ความต้านทานแรงอัดของปูน 63
ตารางที่ 4.7 ความต้านทานแรงอัดของหินขัดข้าวเปลือก 63
ตารางที่ 4.8 ความต้านทานแรงอัดของหินขัดข้าวขาว 64
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของหินกากเพชร 67
ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบความต้านทานแรงอัด 72

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของข้าว [ประกาศกระทรวงพาณิชย์. 2540] 6
รูปที่ 2.2 แสดงส่วนข้าวหัก และ ขนาดข้าวหัก [ประกาศกระทรวงพาณิชย์. 2540] 7
รูปที่ 2.3 กรรมวิธีของการสีข้าว [จักร จักกะพาก. 2528] 10
รูปที่ 2.4 เครื่องขัดข้าวแบบแกนตั้ง [จักร จักกะพาก. 2528] 10
รูปที่ 2.5 เครื่องกะเทาะแบบลูกยางหมุน [จักร จักกะพาก. 2528] 11
รูปที่ 2.6 เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงเหวี่ยงกระทบ [จักร จักกะพาก. 2528] 12
รูปที่ 2.7 เครื่องกะเทาะ – ขัด แบบเองเกิ้ลเบอร์ค [จักร จักกะพาก. 2528] 13
รูปที่ 2.8 เครื่องสีข้าวแบบ Engleberg [IRRI, 2004] 13
รูปที่ 2.9 เครื่องกะเทาะแบบอพอลโล่ [จักร จักกะพาก. 2528] 14
รูปที่ 2.10 เครื่องขัดขาวแบบลมแรงดันสูง [จักร จักกะพาก. 2528] 15
รูปที่ 2.11 เครื่องทำความสะอาดข้าว [จักร จักกะพาก. 2528] 16
รูปที่ 2.12 เครื่องแยกข้าวเปลือกแบบตะแกรง [จักร จักกะพาก. 2528] 16
รูปที่ 2.13 การเอารำออกจากเครื่องขัดขาว [จักร จักกะพาก. 2528] 17
รูปที่ 2.14 กล่องรวมฝุ่นใช้แทนไซโคลน [จักร จักกะพาก. 2528] 17
รูปที่ 2.15 การสูญเสียในระหว่างกระบวนการสีข้าว [www.Beuler.com] 20
รูปที่ 2.16 แสดงลูกหินขัดข้าวขาวที่ผลิตในต่างประเทศ[www.ricemilling.com] 22
รูปที่ 2.17 ลักษณะรอยกดจากหัวเพชรของ Vickers Hardness Test 25
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะรอยแตกของวัสดุเปราะแบบต่าง ๆ[Davies. Et al. 1982] 27
รูปที่ 2.19 แสดงขนาดแท่งทดสอบ 28
รูปที่ 2.20 โครงสร้างอิเลคทรอนิกของอะตอม และการกระตุ้นของอะตอม 30
รูปที่ 2.21 หลักการวิเคราะห์ของ XRF โดยการกระตุ้นชิ้นงานแบบใช้ Target 31
รูปที่ 3.1 แสดงวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง 33
รูปที่ 3.2 แสดงชุดทดลอง Image Analysis: ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 35
รูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์ และเครื่องมือทดสอบ X-rays fluorescence ณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 35
รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความแข็ง Vickers Microhardness Tester 37
รูปที่ 3.5 แสดงเครื่อง P 10C/2A0 250 kN. Mortar Compression Automat คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 40
รูปที่ 3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ 41

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.1 แสดงโรงสีชุมชนขนาด 3 ลูกหิน 42
รูปที่ 4.2 แสดงโรงสีแกนนอนขนาด 2 ลูกหิน 43
รูปที่ 4.3 แสดงโรงสีขนาดแบบหินเดียว 43
รูปที่ 4.4 แสดงหินกระเทาะเปลือกแบบจานหมุน 45
รูปที่ 4.5 แสดง (ก) ล้อหินขัดแกนตั้งแบบกรวย และ (ข) ล้อหินขัดแกนนอน 46
รูปที่ 4.6 แสดงปรอทวัดความเค็มผลิตในประเทศจีน 49
รูปที่ 4.8 ลูกหินที่ผ่านการกลึงพร้อมใช้งานขนาดต่าง ๆ 50
รูปที่ 4.10 แสดงเปรียบเทียบลักษณะของวัสดุผสมลูกหินที่(ซ้าย) ยังไม่ใช้งาน และ (ขวา) ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 ปี 51
รูปที่ 4.11 ลูกหินขัดข้าวที่หมดประสิทธิภาพและถูกกระเทาะออกจากแกน 52
รูปที่ 4.12 แสดงกลไกการทำงานของเครื่องสีข้าว 52
รูปที่ 4.13 แสดงตำแหน่งของล้อหินขัดข้าว 2 ลูก ซึ่งอยู่ภายในฝาครอบ 53
รูปที่ 4.18 แสดงหินกากเพชรฮอลแลนด์ 58
รูปที่ 4.19 แสดงหินกากเพชรอังกฤษ 59
รูปที่ 4.20 แสดงเม็ดหินกากแก้ว (Silicon carbide) ขนาดและรูปร่างต่าง ๆ 60

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เครื่องสีข้าวเป็นเครื่องจักรกลเกษตรพื้นฐานที่มีความสำคัญใกล้ชิดกับชาวนาและข้าว ซึ่งเป็นผลผลิตหลักของประเทศ เครื่องสีข้าวเป็นเครื่องจักรที่ใช้สำหรับการแปรรูปข้าวเปลือก ให้เป็นข้าวสารหรือข้าวกล้อง โดยทำการกะเทาะเอาเปลือกข้าวออกจากเมล็ดข้าวเปลือก และขัดสีเอารำออกเพื่อให้เป็นข้าวสาร เครื่องสีข้าวที่ใช้แพร่หลายในชนบทในปัจจุบันคือแบบการขัดสี (Abrasive type) โดยมีลูกหินขัดทำหน้าที่ในการขัดสีรำ ลูกหินของเครื่องสีข้าวนั้นมีทั้งแบบแกนตั้งและแกนนอน ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวชนิดแกนตั้งนั้นจะดีกว่า กล่าวคือ จะให้เปอร์เซนต์ข้าวหักที่น้อยกว่า

ปัจจุบันเกษตรกรได้นำเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 1-2 ตันต่อวัน และเครื่องสีข้าวขนาดย่อมที่ใช้ในครัวเรือนแบบลูกหินนอน ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ามาใช้กันมากขึ้น เพราะราคาถูกและสามารถหาซื้อได้ในท้องถิ่น โดยปกติแล้วคุณภาพของข้าวสาร และความเร็วในการสีข้าวนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุ์ข้าว ความชื้นของข้าว และกลไกการกระเทาะเปลือกและขัดขาว ถ้าความเร็วรอบ และระยะห่างระหว่างหินขัดมากเกินไปก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดลง และหากเปอร์เซนต์ความชื้นของข้าวมาก หรือน้อยเกินไป (ปกติความชื้นที่เหมาะสม คือ 14%) ก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงเช่นกัน รวมทั้งพันธ์ข้าว เนื่องจาก ข้าวเหนียวจะมีเปลือกที่หนากว่า และเม็ดข้าวจะสั้นกว่าข้าวจ้าว ดังนั้นการขัดข้าวเหนียว จะใช้เวลามากกว่าการขัดข้าวจ้าว แต่คุณภาพของข้าวขาวที่ผ่านการขัดสีแล้ว จะมีเปอร์เซนต์การหักมากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของหินขัดที่ใช้เป็นสำคัญ [กุศล ประกอบการ. 2544] และถ้าหากหินขัดมีอัตราการสึกหรอมาก จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก

ปัญหาสำคัญของเกษตรกร และผู้ประกอบการประสบและต้องการการแก้ไข คือ

1. การชำรุดสึกหรอของชิ้นส่วนโรงสีข้าว ได้แก่ สายพาน เพลา ชุดตลับลูกปืน โดยเฉพาะชุดล้อหินขัดที่ทำด้วยวัสดุพอกหุ้มแกนเพลาทำจากเหล็กหล่อ ในเครื่องสีข้าวขนาดเล็กแต่ละเครื่องจะมีลูกหินขัดอยู่ด้วยกัน 1-3 ชุด คือ หินขัดข้าวดำ หินขัดข้าวกล้อง และหินขัดข้าวขาว (บางเครื่องมีเพียงสองลูกหิน คือขัดข้าวกล้องและข้าวขาว และใช้ลูกยางสำหรับการกระเทาะเปลือก) และจะต้องเปลี่ยนลูกหินแต่ละตัวเฉลี่ยปีละ 1 ครั้ง เกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 1,500-2,500 บาทต่อลูกหิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด และคุณภาพของลูกหิน การที่วัสดุที่ใช้ประกอบทำหินขัดข้าวเกิดการแตกหักและปนมากับข้าวสาร ทำให้ข้าวที่ได้จากการขัดไม่มีคุณภาพ ซึ่งเป็นผลเสียต่อผู้บริโภคในการบริโภคข้าวและเป็นผลเสียต่อผู้ประกอบการโรงสีข้าวขนาดเล็กในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมล้อหินขัด ส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการโรงสีข้าวขนาดเล็กเพิ่มสูงขึ้น

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2. วัตถุดิบที่นำมาผสมทำหินขัด ได้แก่ หินกากเพชร หินกากแก้ว และปูนชนิดพิเศษเป็นวัสดุที่นำเข้าจากต่างประเทศเช่น อังกฤษ และเนเธอร์แลนด์ มีราคาค่อนข้างแพง มูลค่าการนำเข้ามีปริมาณไม่ต่ำกว่า 60% ที่ใช้อยู่ทั่วประเทศ มีมูลค่ารวม ประมาณ 20-30 ล้านบาท/ปี (ข้อมูลจากผู้ผลิตจำหน่ายในจังหวัดสุรินทร์) การผสมและขึ้นรูปในปัจจุบัน จะทำโดยช่างผู้ชำนาญงาน ซึ่งจะมีสูตรที่แตกต่างกันไปตามท้องถิ่น และชนิดลูกหิน และราคา

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

จากปัญหาดังกล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจุงมุ่งที่จะศึกษาคุณสมบัติของวัสดุหลักที่นำมาประกอบเป็นหินขัดข้าว ซึ่งได้แก่ หินกากเพชร และหินกากแก้ว เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาลูกหินขัดข้าวที่มีคุณภาพต่อไป วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาคือ

1. เพื่อศึกษา ลักษณะรูปร่าง, ขนาดของเมล็ดเกรน และขนาดพื้นที่ของวัสดุทำล้อหินขัดข้าว
2. เพื่อศึกษา ชนิด และประเภท ของวัสดุหินขัดข้าวที่นำมาทำเป็น วัสดุหุ้มในการทำล้อหินขัดสำหรับโรงสีข้าวขนาดเล็ก
3. เพื่อศึกษาโครงสร้างและเปรียบเทียบคุณสมบัติของหินขัดข้าวที่ผลิตขึ้นที่ส่วนผสมต่าง ๆโดยวัสดุที่นำเข้าและผลิตในประเทศ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของโครงงาน ซึ่งมีรายละเอียดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ดังนี้

1. ศึกษาอัตราส่วนผสมที่ใช้ สำหรับโรงสีข้าวขนาดเล็กแบบแกนนอนที่นิยมใช้ในระดับหมู่บ้าน หรือชุมชน
2. ศึกษา ชนิด และประเภทของวัสดุหินขัดข้าวที่นำมาทำเป็นวัสดุหุ้มในการทำล้อหินขัดข้าว
3. ศึกษาลักษณะของรูปร่าง ขนาดของวัสดุหินขัดข้าว และส่วนผสมของลูกหินขัดข้าวและการสึกหรอและอายุการทำงาน
4. กลุ่มเป้าหมาย คือ โรงสีขนาดเล็กในเขตจังหวัดอุบลราชธานีที่ใช้ลูกหินขัดเมล็ดข้าวขาว

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลของส่วนผสมหินขัดข้าว ศึกษากระบวนการขึ้นรูปของหินขัดข้าว และวัสดุที่มีคุณสมบัติเท่าเทียมหรือใกล้เคียงกัน และตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เช่น รูปร่าง และขนาด ของหินกากเพชร และหินกากแก้ว โดยวิธี Image analyser

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

3. วิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของธาตุที่อยู่ในส่วนผสมของหินกากเพชร

4. ศึกษาสมบัติทางกล ได้แก่ความแข็งของ หินกากเพชร และหินกากแก้ว และความต้านทานแรงอัดส่วนผสมหินขัดข้าว โดยการทดลองผลิตชิ้นงานทดลอง ที่ขึ้นรูปด้วยส่วนผสมอัตราส่วนต่าง ๆ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

กำหนดการดำเนินงานที่เกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลอง จะทำภายในห้องปฏิบัติการโลหะวิทยาและวัสดุศาสตร์ (EN 5) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ส่วนการเก็บและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการสึกหรอ และปัญหาการสึกหรอสำหรับโรงสีข้าวขนาดเล็กแบบแกนนอน และศึกษาส่วนประกอบและการผลิตเครื่องสีข้าวขนาดเล็กแบบแกนนอน ที่นิยมใช้ในระดับหมู่บ้าน หรือ ชุมชน และเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลูกหินขัดข้าว จะเป็นการออกแบบสอบถาม สำรวจภาคสนาม ระยะเวลาการดำเนินงาน

กิจกรรม	2546			2547								
	ต.ค	พ.ย	ธ.ค.	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1) รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของการใช้ล้อหินขัด ปริมาณการใช้/การซ่อม/อายุการใช้งาน/ปัญหาของผู้ใช้งาน ลักษณะของการชำรุดสึกหรอ ชนิดของวัสดุผสม/สูตรผสม/ปัญหาในกระบวนการหล่อขึ้นรูป แหล่งที่มาของวัถุดิบในและต่างประเทศ/ราคา												
2) วิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุ และส่วนผสมทางเคมี โดยใช้วิธี XRF ของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมของหินขัด												
3)ทดสอบคุณสมบัติทางกลของวัสดุ วัดถุดิบก่อนการผสม วัดถุดิบที่ผสมตามสูตรในอัตราส่วนต่าง ๆ ประมาณ 5 สูตร												
4)วิเคราะห์ผลที่ได้ ตาม ข้อ 2,3												
6)รวบรวมผล- และวิเคราะห์ผลการทดลอง												
7)สรุปและรายงานผล												

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึง ชนิด และประเภทของวัสดุหินขัดข้าวที่นำมาทำเป็นวัสดุหุ้มในการทำล้อหินขัดข้าว
2. ทำให้ทราบถึง ขั้นตอนการผลิตและเทคนิคการทำหินขัดข้าว
3. ทำให้ทราบถึง อิทธิพลของอัตราส่วนผสมที่มีผลต่อการต้านทานแรงอัด(Compressive strength) ของวัสดุหินขัดข้าว สำหรับล้อหินขัดข้าวสำหรับโรงสีข้าวขนาดเล็กแบบแกนนอน
4. ทำให้ทราบถึง ลักษณะทางกายภาพ ที่มีผล ต่อ การรับแรงอัด(Compressive strength) ของวัสดุหินขัดข้าว
5. ทำให้ทราบถึง แนวทางในการปรับปรุง อัตราส่วนผสมให้สามารถรับแรงกดอัดให้ดียิ่งขึ้น
6. สามารถนำผลการวิจัยไปศึกษาต่อยอดเพื่อพัฒนาวัสดุที่ใช้ทำหินขัดข้าวเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ และสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ประกอบการโรงสีข้าว
7. ได้ทำการทดลองจริงและเห็นภาพการทำงานที่มีลำดับขั้นตอนของกระบวนการขึ้นรูปและมองเห็นปัญหาในหารทำงานได้นำความรู้ที่มีไปประยุกต์ใช้กับงานจริงให้เกิดประโยชน์ต่อเจ้าของโรงสีข้าวและเกษตรกรตลอดเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ด้านปฏิบัติและทฤษฎีกับผู้ประกอบการ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรงสีข้าว

โรงสีข้าว เป็นอุตสาหกรรมที่มีมานานแล้วในประเทศไทย และเป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ เพราะมีจำนวนโรงสีมากมาย โรงสีข้าวที่ทำการสีข้าวในปัจจุบันมีขนาดแตกต่างกัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขนาด คือ โรงสีข้าวขนาดเล็ก โรงสีข้าวขนาดกลาง และโรงสีข้าวขนาดใหญ่ การแบ่งขนาดของโรงสีนี้ ขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ใช้จำแนกซึ่งมีอยู่ 2 มาตรฐาน คือ [ฉัตรชาย ศุภจารีรักษ์, 2535]

2.1.1 จำแนกตามกำลังการผลิต (Processing Capacity)

1. โรงสีข้าวขนาดเล็ก หมายถึง โรงสีข้าวที่มีกำลังการผลิตไม่เกินวันละ 5 ตัน ข้าวเปลือก (1-5 ตันต่อวัน) หรือวันละ 5 เกวียน การสีข้าวส่วนใหญ่จะเป็นการสีเพื่อการนำไปใช้บริโภคในท้องถิ่นเท่านั้น

2. โรงสีขนาดกลาง หมายถึงโรงสีข้าวที่มีกำลังการผลิตระหว่างวันละ 6-20 ตันข้าวเปลือก หรือ 6-20 เกวียนต่อวัน การสีข้าวจะทำการสีเพื่อบริโภคและการจำหน่ายในท้องถิ่น

3. โรงสีข้าวขนาดใหญ่ หมายถึง โรงสีข้าวที่มีกำลังการผลิตเกินวันละ 20 ตันข้าวเปลือก หรือเกิน 20 เกวียนต่อวัน การสีข้าวจะเป็นการสีเพื่อการจำหน่ายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

2.1.2 จำแนกตามจำนวนคนงาน (Size of Employees)

1. โรงสีข้าวขนาดเล็ก หมายถึง โรงสีที่ใช้คนงานไม่เกิน 5 คน

2. โรงสีขนาดกลาง หมายถึง โรงสีที่ใช้คนงานไม่เกิน 10 คน

3. โรงสีขนาดใหญ่ หมายถึง โรงสีที่มีคนงานเกิน 10 คน

2.1.3 เครื่องต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องสีข้าว

1. เครื่องจักรกลไอน้ำ จะใช้แกลบจากการสีข้าวเป็นเชื้อเพลิงการลงทุนติดตั้งในระยะเริ่มต้นค่อนข้างสูง แต่ค่าใช้จ่ายภายหลังการติดตั้งแล้วจะถูกที่สุด เครื่องต้นกำลังแบบนี้ เหมาะสำหรับโรงสีข้าวขนาดกลางและใหญ่

2. เครื่องยนต์ดีเซล ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เหมาะกับโรงสีข้าวขนาดกลางและขนาดเล็ก ค่าติดตั้งถูกกว่าเครื่องต้นกำลังชนิดอื่น ๆ แต่ค่าใช้จ่ายเพื่อเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงค่อนข้างสูง

3. มอเตอร์ไฟฟ้า จะใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ เมื่อเริ่มเดินเครื่องจะใช้กระแสไฟฟ้าสูงมาก แต่เมื่อมอเตอร์ทำงานและขับเคลื่อนเครื่องสีข้าวแล้วกระแสไฟฟ้าจะลดลง

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2.2 กรรมวิธีการสีข้าว การกะเทาะและการขัดข้าวของโรงสีขนาดเล็ก

2.2.1 นิยาม

ตาม "ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540" ได้อธิบายศัพท์ดังนี้

1) โครงสร้างของข้าว แสดงในรูป 2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว

2) ข้าวเปลือก (Paddy) คือ ข้าวที่ยังไม่ผ่านการกะเทาะเปลือกออก

3) ต้นข้าว (Head rice) คือ เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหัก แต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด

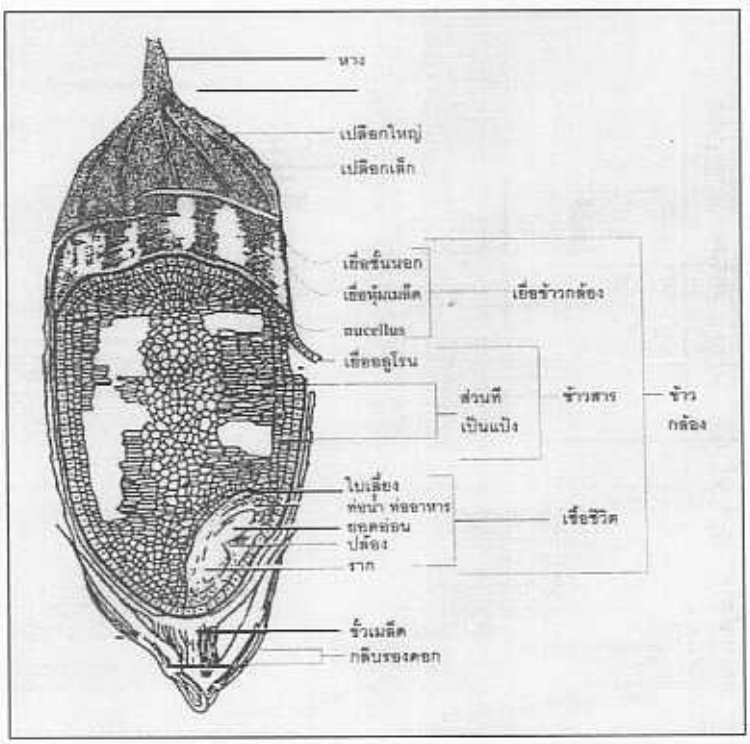
4) ข้าวหัก (broken rice) คือ ข้าวเมล็ดหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่มีอยู่ไม่ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ด

5) ข้าวกล้อง (Brown rice, Husked rice, Cargo rice) คือ ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกออกเท่านั้น

6) ข้าวขาว (white rice) คือ ข้าวที่ได้จากการนำข้าวกล้องไปขัดเอารำออกแล้ว

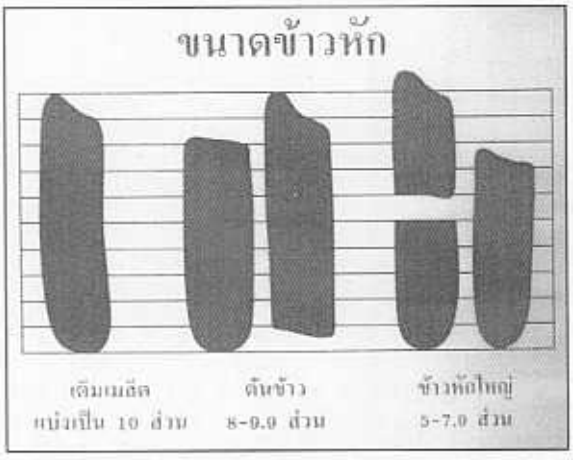
7) ระดับการสี (Milling degree) คือ ระดับของการขัดสีข้าว

8) ข้าวเต็มเมล็ด (Whole kernels) คือ เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดไม่มีส่วนใดหัก และให้รวมถึงเมล็ดข้าวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

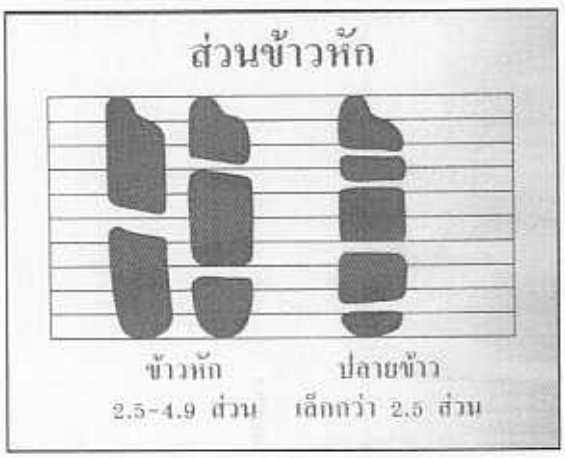


รูปที่ 2.1 โครงสร้างของข้าว [ประกาศกระทรวงพาณิชย์. 2540]

Ubon Rajathanee University



(a)



(b)

รูปที่ 2.2 แสดงส่วนข้าวหัก และ ขนาดข้าวหัก [ประกาศกระทรวงพาณิชย์. 2540]

2.2.2 การสีข้าว (Rice milling)

ในอดีตกระบวนการแบบโบราณในการแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสารนั้น มี อยู่ 2 วิธีหลัก คือ (1) การตำ และ (2) การสี

การตำข้าว หมายถึง การตำข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้องหรือข้าวสารด้วยครก กระบวนการตำข้าวมี 2 ขั้นตอน คือ การตำข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง ซึ่งเรียกว่า “ตำข้าว” การตำข้าวกล้องให้เป็นข้าวสาร ซึ่งเรียกว่า “ซ้อมสารหรือซ้อมข้าว” การตำข้าวเริ่มจากเอาข้าวเปลือกที่ตากแล้ว มาใส่ลงในครกที่ใช้ตำ ซึ่งครกหนึ่ง ๆ จะจุข้าวเปลือกประมาณ 2.5-4 กิโลกรัม แล้วตำไปจนกว่าข้าวเปลือกในครกส่วนใหญ่แตกออกเป็นข้าวสารแล้วประมาณครึ่งหนึ่ง จึงตักออกจากครกใส่กระด้งแล้วฝัดเอาแกลบออก จากนั้นจึงเทใส่ครกตำต่อไป จนกระทั่งข้าวเปลือกส่วนใหญ่ แหลกเป็นข้าวสาร แล้วจึงตักขึ้นจากครกใส่กระด้งฝัดคัดเอาแกลบและรำออก รำข้าวเป็นรำหยาบ สามารถเก็บไว้เป็นอาหารสัตว์ได้ ข้าวสารที่ได้เรียกว่า “ข้าวกล้อง” ถ้าต้องการข้าวสารก็นำข้าวกล้องไปซ้อม (หรือตำอีกครั้ง) ให้เป็นข้าวสารต่อไป

Ubon Rajathanee University

การสีข้าว เป็นการแปรสภาพที่ใช้ครกสี หรือเครื่องสีบดเมล็ดข้าวมีลักษณะเป็นจานหิน หรือจานไม้เนื้อแข็งมีซี่ในแนวรัศมี คล้ายเครื่องโม่แป้ง ตัวเครื่องทำด้วยไม้ไผ่ สีให้เปลือกแตกออกเหลือแต่ข้าวสาร สำหรับการสีด้วยครกสีนั้น เมื่อสีเสร็จแล้ว ส่วนใหญ่ต้องเอาไปซ้อมอีกครั้งหนึ่ง เป็นการขัดเมล็ดให้ขาวขึ้น หรือสีใหม่อีกครั้งในครกสี ก็จะได้ข้าวสารที่สามารถหุงต้มได้

การพัฒนาเครื่องสีข้าวในทางการค้านั้นได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบัน กระบวนการสีข้าวมีรูปแบบที่หลากหลาย กลไกการสีข้าวก็จะแตกต่างกันตามท้องถิ่น ปัจจุบันเครื่องสีข้าวแบบเดิมได้ถูกแทนที่ด้วยเครื่องสีข้าวแบบใหม่ ซึ่งมีอยู่ 4 แบบใหญ่ ๆ [Dante de Padua, 1998] คือ

1. แบบหินโคนแกนตั้งและลูกยาง (Vertical cone polishers with Rubber roll huskers)

2. แบบขัดสีลูกหินกากเพชรทรงกระบอก (The abrasive emery coated-cylinder)

3. แบบใช้การเสียดสีของแกนเหล็ก (Friction type whitener-polisher) ซึ่งเป็นลิขสิทธ์ของบริษัท Schule ประเทศเยอรมัน

4. แบบเครื่องขัดที่ใช้หรือไม่ใช้ไอน้ำ (The dry or wet mist polishers) เป็นเครื่องสีที่ใช้ไอน้ำในการขัดเงาเมล็ดข้าวด้วย

อุตสาหกรรมเครื่องสีข้าวมีผลิตในหลายประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เยอรมัน อิตาลี ฝรั่งเศส สหราชอาณาจักร อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และประเทศไทย สำหรับในประเทศไทยมีโรงงานที่ผลิตเครื่องสีข้าวกระจายอยู่ตามจังหวัดต่าง ๆหลายแห่ง โดยเทคโนโลยีส่วนใหญ่จะเป็นแบบขัดสีลูกหินกากเพชร ทั้งแบบแกนตั้ง และแกนนอน

2.2.3 ขั้นตอนของการสีข้าว

ในการที่จะเปลี่ยนข้าวเปลือกเป็นข้าวสารสำหรับหุงต้ม หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว เกษตรกรจะทำการนวดข้าว ซึ่งหมายถึง การกระเทาะเอาเมล็ดข้าวออกจากรวง แล้วทำความสะอาดเพื่อแยกเมล็ดข้าวลีบและเศษฟางข้าวออกไป เหลือไว้เฉพาะเมล็ดข้าวเปลือกที่ต้องการเท่านั้น เมล็ดที่ได้เกี่ยวมาใหม่ ๆ จะมีความชื้นประมาณ 20-25% หลังจากที่ได้ตากข้าวให้แห้งเป็นเวลา 5-7 วัน เมล็ดข้าวเปลือกจะมีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 13-15% ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมในการสีข้าวและเก็บรักษา การนวดข้าวมีหลายวิธี เช่น การนวดแบบฟาดกำข้าว การนวดแบบใช้สัตว์ย่ำ และการนวดโดยใช้เครื่องทุ่นแรงย่ำ จากนั้นจะเก็บข้าวเปลือกไว้ในยุ้งฉางที่แห้ง อากาศถ่ายเทสะดวก

ขั้นตอนการสีข้าวมีกรรมวิธีการต่าง ๆ ทั้งหมด 5 ขั้นตอน ตามรูปที่ 2.3 ดังนี้

1. การทำความสะอาดข้าวเปลือก

เป็นกรรมวิธีการทำความสะอาดข้าวเปลือกไม่ให้มีฟาง เศษผง ข้าวลีบ ฝุ่น อื่น ๆ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น 1. การสาดข้าว โดยใช้พลั่วสาดเมล็ดข้าวขึ้นไปในอากาศ เพื่อให้สิ่งเจือปนที่เบาลอยออกไป ส่วนเมล็ดข้าวเปลือกที่ดีและหนักก็จะตกมารวมกันที่พื้น 2. การใช้กระด้งฝัด หากข้าวมีปริมาณน้อย สามารถใช้กระด้งไม้ไผ่แยกเมล็ดข้าวเปลือกดีและสิ่งเจือปนให้อยู่คนละด้านของกระด้ง

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

แล้วฝัดเอาสิ่งเจือปนทิ้ง และ 3. การใช้เครื่องสีฝัด เป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการให้ลมพัดเอาสิ่งเจือปนออกไป วิธีนี้เป็นวิธีทำความสะอาดเมล็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง

2. การกะเทาะข้าวเปลือก

เป็นกรรมวิธี แยกเปลือกออกจากเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ในโรงสีเล็กส่วนมากใช้แบบลูกยาง 2 ลูก บางชนิดก็ใช้แบบเหวี่ยงข้าวเปลือกกระทบฝาผนัง รายละเอียดจะอธิบายในหัวข้อ 2.2.4 ต่อไป

3. การแยกข้าว

เป็นกรรมวิธีแยกข้าวเปลือกที่หลงเหลือปนอยู่กับข้าวกล้อง ข้าวเปลือกจะถูกส่งกลับไปเข้าเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกใหม่ และข้าวกล้องจะถูกแยกไปเข้าเครื่องสีขัดขาว ในโรงสีใหญ่มีเครื่องแยกข้าว แต่ ในเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก กรรมวิธีนี้อาจไม่ต้องใช้ก็ได้

4. การขัดข้าว

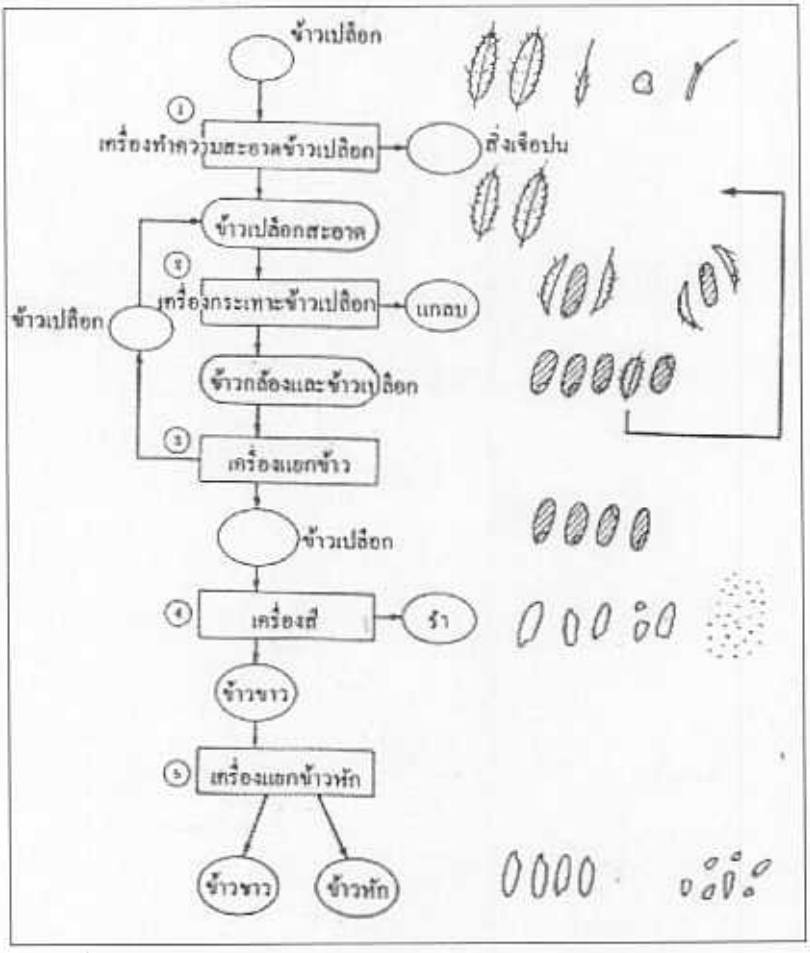
เป็นกรรมวิธีการขัดเอารำออกจากเมล็ดข้าว เพื่อให้ข้าวขาวด้วยเครื่องขัดข้าว ตัวอย่างของเครื่องขัดขาวในโรงสีใหญ่เป็นแบบเพลาตั้งตรง (รูปที่ 2.4) มักจะมี สาม หรือ สี่เครื่องซึ่งทำงานต่อเนื่องกัน เครื่องขัดข้าวแบบนี้พบได้ใน ญี่ปุ่น อเมริกา อินโดนีเซีย มาเลเซีย เป็นต้น ในโรงสีเล็กเครื่องกะเทาะจะทำการกะเทาะและขัดข้าวขาวในเวลาเดียวกัน เช่นเครื่องที่เรียกว่า เองเกิ้ลเบอร์ค หรือ อพอลโล่ ซึ่งบางครั้งก็มีตะแกรงช่วยเสริมเพื่อแยกข้าวหักด้วย

5. การแยกข้าวหัก

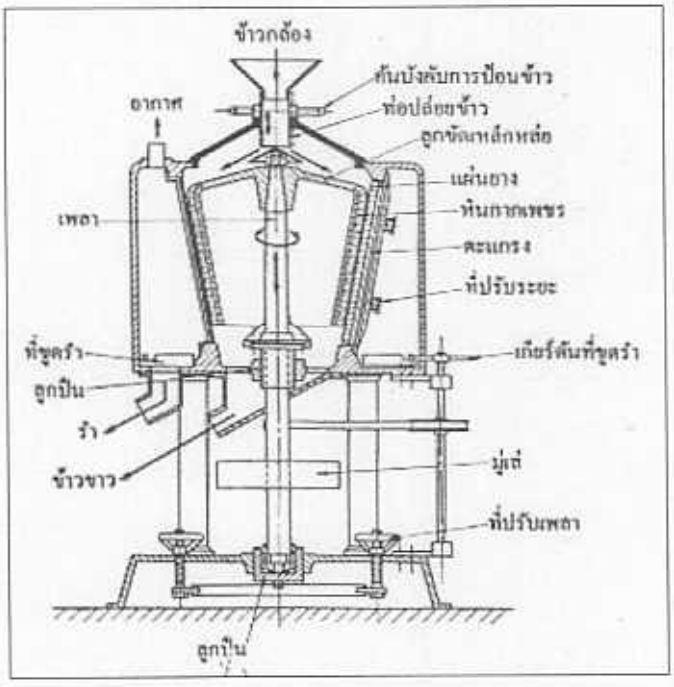
เป็นกรรมวิธีการแยกข้าวหักออกจากข้าวเดิม เมล็ด (ข้าวขาว) ข้าวหักแยกเป็นขนาดต่าง ๆ เครื่องแยกข้าวหัก ใช้ตะแกรงแบบต่าง ๆ เหล่านี้ทำงานร่วมกัน โดยมีส่วนประกอบ เช่น เครื่องขนถ่ายแบบต่าง ๆ ถัง ลิ้น เป็นต้น เพื่อให้การทำงานเป็นขั้นตอนต่อเนื่องเป็นระเบียบเรียบร้อย จนถึงขั้นตอนสุดท้ายคือการบรรจุถุง

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 2.3 กรรมวิธีของการสีข้าว [จักร จักกะพาก. 2528]



รูปที่ 2.4 เครื่องขัดข้าวแบบแกนตั้ง [จักร จักกะพาก. 2528]

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2.2.4 ต้นกำลัง

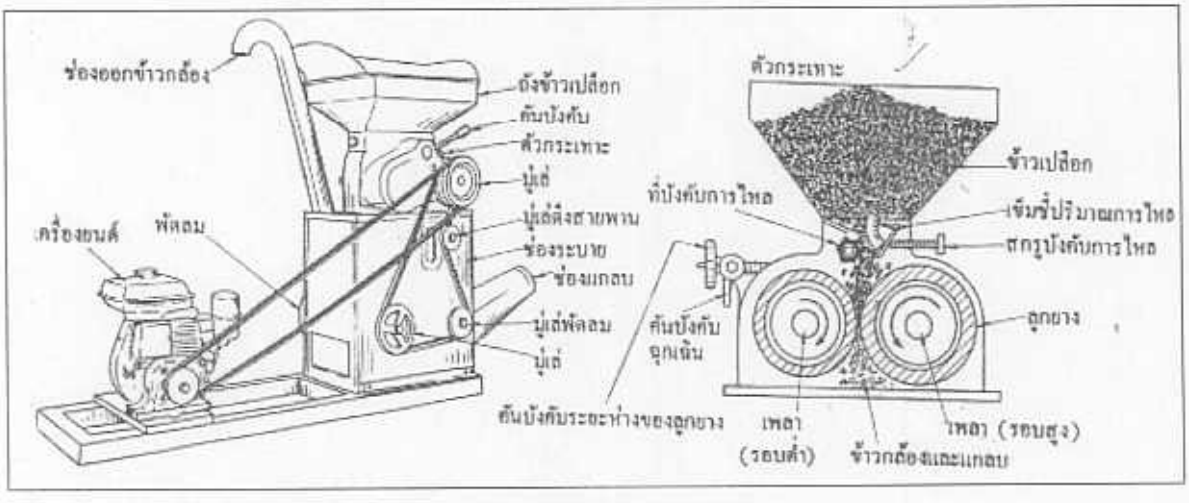
ในโรงสีใหญ่ มักใช้เครื่องยนต์ไอน้ำ ซึ่งเผาแกลบเป็นต้นกำลัง ใช้การถ่ายทอดกำลังด้วยเพลา และสายพาน มีการนำเครื่องยนต์ดีเซล และมอเตอร์ไฟฟ้ามาใช้แทนเครื่องยนต์ไอน้ำ ในโรงสีที่สร้างใหม่ โรงสีเล็กมักใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลัง

2.2.5 การกะเทาะเปลือก

ข้าวเปลือกจะถูกกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะ ซึ่งใช้ลักษณะของเปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวเป็นหลักในการออกแบบ เครื่องกะเทาะที่นิยมใช้คือ แบบโม่หิน (Abrasive disc) และแบบลูกยาง (Rubber Rolls)

เครื่องกะเทาะแบบโม่หิน จะกะเทาะเปลือกโดยใช้ลักษณะที่ปลายเมล็ดข้าวทั้งสองด้านมีช่องว่างระหว่างเมล็ดและเปลือก และลักษณะการขบกันของเปลือก ในระหว่างการกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือกจะถูกกดที่ปลายทั้งสองด้าน ทำให้เปลือกที่ขบกันอยู่แตกออกจากกันและทำให้เมล็ดข้าวกล้องหลุดจากเปลือก การกะเทาะลักษณะนี้จะมีต้นอ่อนและจมูกข้าว (ส่วนปลายของเมล็ดที่ติดกับต้นอ่อน) ที่แตกหักระหว่างการกะเทาะหลุดติดมากับเปลือกด้วย

เครื่องกระเทาะแบบลูกยาง เป็นเครื่องที่กะเทาะด้วยลูกยางกะเทาะ ใส่ข้าวเปลือกลงไประหว่างลูกยางสองลูกที่หมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน และมีรอบหมุนต่างกัน เปลือกข้าวจะขบตัว และฉีกออกด้วยแรงเฉือน การกะเทาะในลักษณะนี้จึงไม่มีจมูกข้าวและต้นอ่อนหลุดมากับเปลือก ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เป็นแบบที่ทำงานมีประสิทธิภาพสูง บางครั้งอาจสูงถึง 95 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับระยะระหว่างลูกยาง และความสม่ำเสมอของเมล็ดข้าวเปลือก [IRRI, 2004] สามารถกะเทาะข้าวเปลือกได้เร็ว และข้าวไม่ค่อยหัก เครื่องแบบนี้นิยมใช้กันมากในโรงสีใหญ่ (ใช้มากในการกะเทาะข้าวเปลือก ที่เหลือกะเทาะจากเครื่องกะเทาะแบบจานหมุน) ในอินโดนีเซีย และมาเลเซีย ใช้ในโรงสีขนาดเล็กด้วย ในญี่ปุ่น ชาวนามีเครื่องกะเทาะแบบนี้ทำข้าวกล้อง เครื่องแบบนี้มักมีพัดลมแยกแกลบออกด้วย แต่เครื่องแบบนี้ราคาค่อนข้างสูง ลูกยางซึ่งเป็นส่วนสึกหรอก็ราคาค่อนข้างสูงซึ่งทำมาจากยางสังเคราะห์ หรือพลาสติกสังเคราะห์ ซึ่งไม่ขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

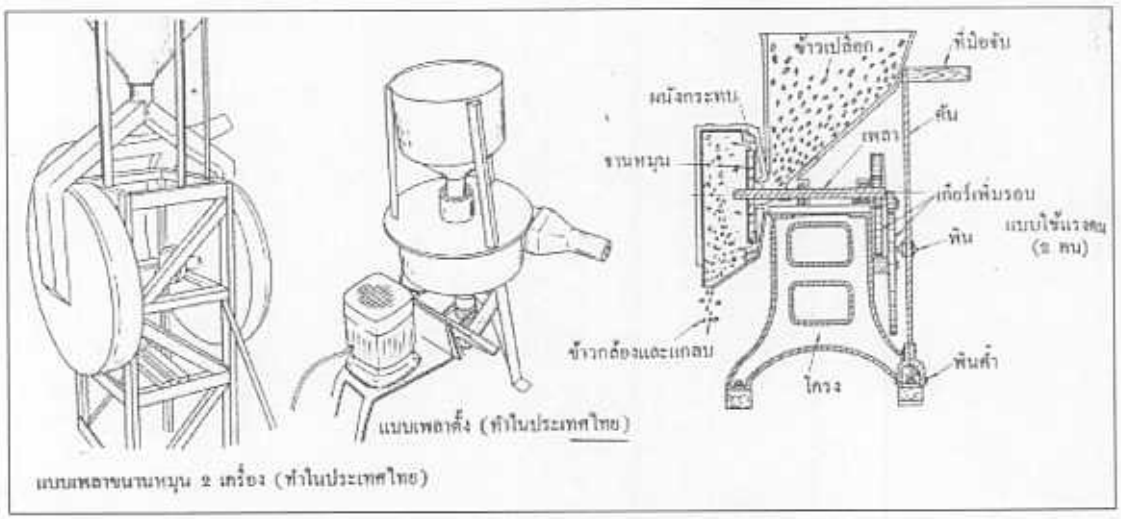


รูปที่ 2.5 เครื่องกะเทาะแบบลูกยางหมุน [จักร จักกะพาก. 2528]

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

นอกจากนี้ ยังมีแบบใช้แรงเหวี่ยงกระทบ เป็นเครื่องแบบที่ใช้แรงเหวี่ยงจากจานหมุนให้เมล็ดข้าวเปลือก ไปกระทบผนังยาง ใช้กันแพร่หลายใน ญี่ปุ่น และอินโดนีเซีย บางครั้งเรียกเครื่องนี้ว่า เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ข้อดีของเครื่องกระเทาะแบบนี้อยู่ที่ราคาถูก เป็นแบบง่าย ไม่ยุ่งยาก และผู้ใช้ไม่ต้องมีความชำนาญมาก มีแนวโน้มที่จะใช้มากขึ้นในโรงสีขนาดเล็ก ส่วนสึกหรอ คือ แผ่นยางที่ติดฝาผนัง และจานหมุน ซึ่งก็หาหรือทำได้ง่าย เพราะไม่ต้องทำชิ้นส่วนพิเศษแต่อย่างใด ทำงานได้ 200-400 กก. ข้าวเปลือก/ แรงม้า /ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและความชื้นของเมล็ดข้าว ความชื้นสูงก็ทำได้ช้ากว่ามาก



รูปที่ 2.6 เครื่องกะเทาะแบบใช้แรงเหวี่ยงกระทบ [จักร จักกะพาก. 2528]

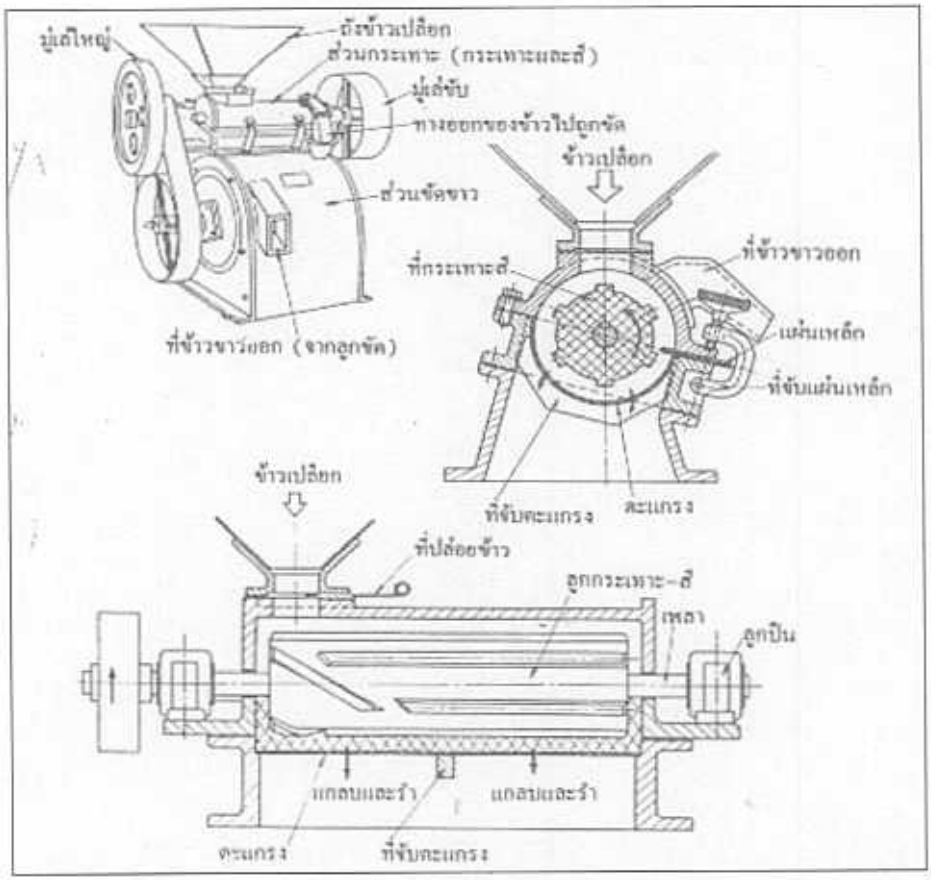
2.2.6 การขัดข้าวขาว

กลไกของการขัดข้าวขาว สามารถแบ่งได้ใหญ่ๆ 2 แบบ คือ แบบใช้การเสียดสี และแบบขัดสีและเครื่องขัดข้าวที่ใช้หลักการดังกล่าวมีดังนี้

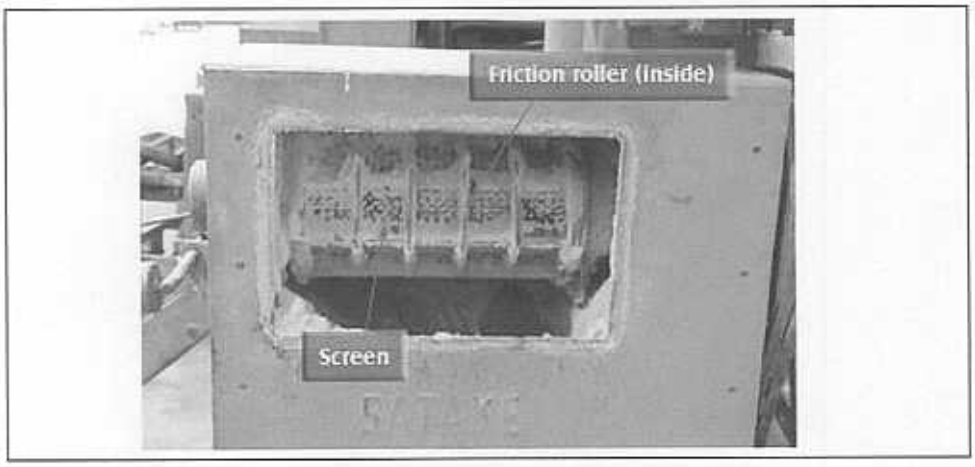
1. เครื่องกะเทาะ-สีข้าวแบบ เองเกิ้ลเบอร์ค (The Engleberg type)

เป็นเครื่องที่ทำด้วยเหล็กหล่อทั้งหมด ข้าวเปลือกที่ใส่เข้าไปจะถูกกะเทาะและขัดขาวด้วยการเสียดสี รูปที่ 2.7-2.8 แกลบหักและรำจะออกมาทางตะแกรงด้านล่าง ข้าวขาวจะออกอีกทางหนึ่ง มีที่ปรับอัตราไหลได้ อัตราการป้อนข้าวเปลือก บังคับด้วยลิ้นใต้ถังใส่ข้าวเปลือก หากจะพยายามกะเทาะและขัดให้ขาวภายในครั้งเดียว ข้าวจะหักมาก โดยปกติควรใส่ผ่านเครื่อง 2 หรือ 3 ครั้ง เครื่องสีข้าวแบบนี้ บางครั้งมีเครื่องขัดขาวติดอยู่ด้านล่าง เป็นลูกหมุนติดแผ่นผนังเพื่อขัดขาว เครื่องมีขนาด 3-10 แรงม้า สีข้าวได้ประมาณ 50 กก./ ชั่วโมง/ แรงม้า เมื่อมีเครื่องกะเทาะแยกต่างหาก เครื่องนี้ใช้เป็นเครื่องขัดขาวได้ เครื่องสีข้าวแบบนี้ไม่เป็นที่นิยมในประเทศไทย แต่จะพบมากในประเทศบังคลาเทศ และอินเดีย

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 2.7 เครื่องกะเทาะ – ขัด แบบเองเกิ้ลเบอร์ค [จักร จักกะพาก. 2528]



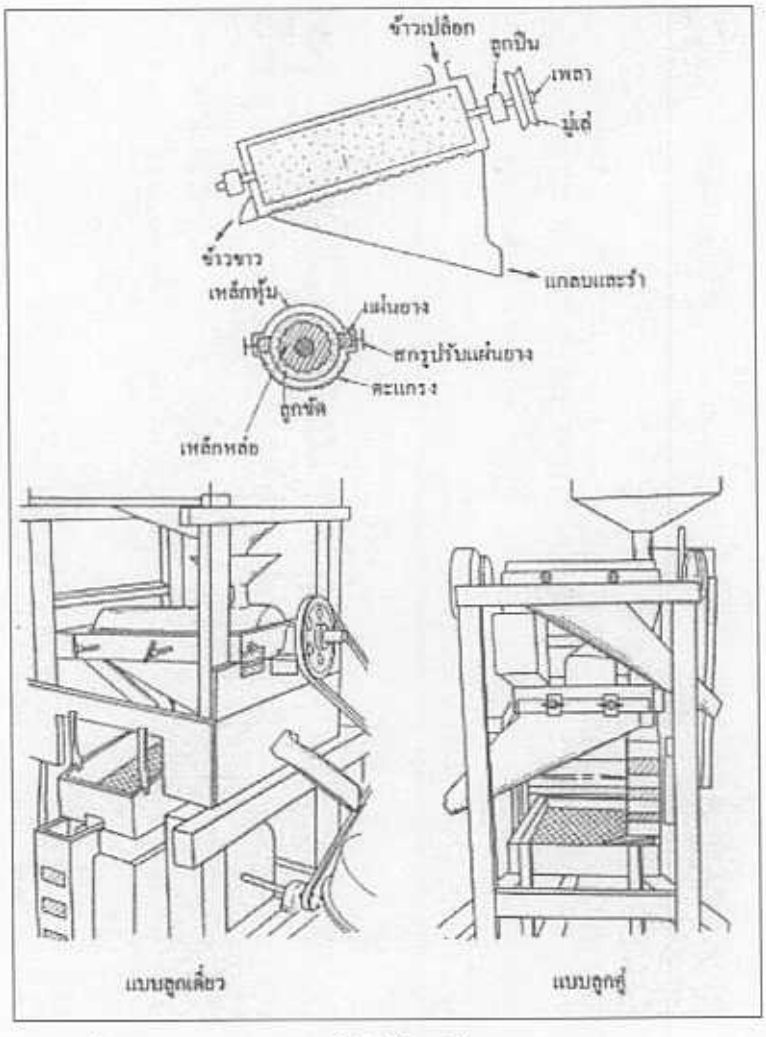
รูปที่ 2.8 เครื่องสีข้าวแบบ Engleberg [IRRI, 2004]

2. เครื่องสีข้าวแบบอพอลโล่

เป็นเครื่องสีข้าวแบบขัดสี โดยมีหินกากเพชรที่มีความคมในการขัดขาว และมีแผ่นยางประกอบ โดยที่เครื่องแบบนี้บางเครื่องไม่มีสกรู ช่วยเคลื่อนเมล็ดข้าวไปในแนวขนาน จึงจัดเครื่องให้เอียง ด้านนอกมักทำด้วยเหล็กหล่อ รูปที่ 2.9

Ubon Rajathanee University

ระบบการทำงานเหมือนเครื่องเองเกิ้ลเบอร์ค เมล็ดข้าวหักน้อยกว่า เครื่องแบบนี้ใช้กันมากในประเทศไทย แผ่นยางที่สึกไปหาซื้อมาเปลี่ยนใหม่ได้ง่าย หินกากเพชรก็เอามาพอกใหม่ได้ เครื่องแบบนี้ทำเป็น ลูกหินขัด 2 ลูกต่อเนื่องกันได้ ป้อนข้าวครั้งเดียว กะเทาะและขัดขาวต่อเนื่องกันไป มักมีตะแกรงร่อน ติดอยู่เพื่อแยกข้าวหักละเอียดออก



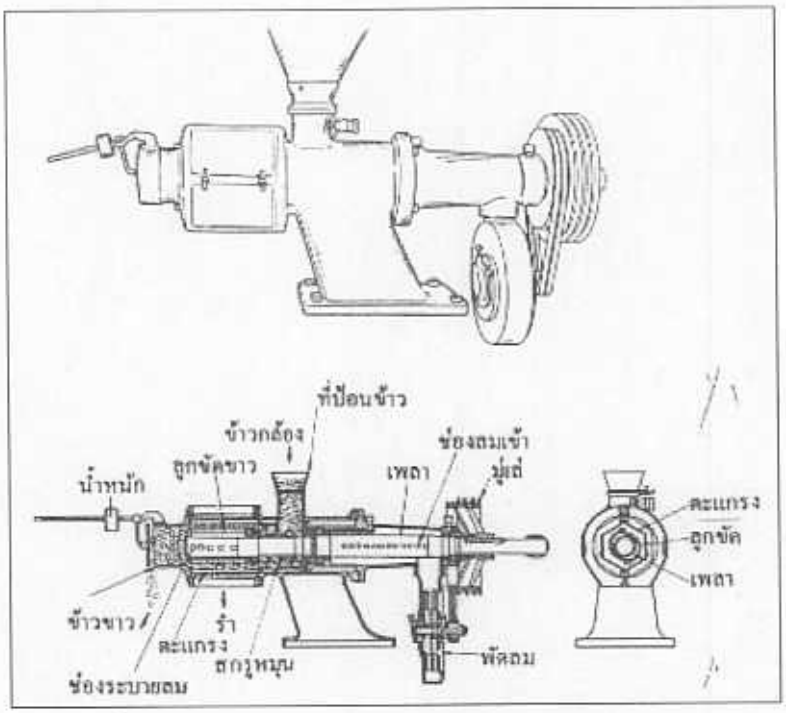
รูปที่ 2.9 เครื่องกะเทาะแบบอพอลโล่ [จักร จักกะพาก. 2528]

3. เครื่องขัดข้าวแบบลมแรงดันสูง

เป็นเครื่องขัดขาวแบบไม่มีแผ่นเหล็ก ห้องขัดขาวเป็นรูป 6 เหลี่ยม หรือ 8 เหลี่ยม เป็นตะแกรงปรับการขัดขาวด้วยปริมาณการปล่อยข้าวออก และการปล่อยข้าวเข้าเครื่อง รูปที่ 2.10 ข้าวหักน้อยจะขัดครั้งเดียวก็ได้ แต่หากขัด 2 ครั้ง ข้าวหักจะน้อยกว่า ส่วนสึกหรอก็คือ ตะแกรง ในประเทศอเมริกา ซึ่งใช้แต่เครื่องสีข้าวเครื่องใหญ่ ใช้เครื่องขัดข้าวแบบนี้มา 20 ปี แล้วในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เครื่องสีข้าวขนาดเล็กในประเทศมาเลเซีย และอินโดนีเซีย กำลังเปลี่ยนมาใช้เครื่องแบบนี้แทนเองเกิ้ลเบอร์ค

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 2.10 เครื่องขัดขาวแบบลมแรงดันสูง [จักร จักกะพาก. 2528]

2.2.7 เครื่องอื่น ๆ ในเครื่องสีข้าว

1. เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก

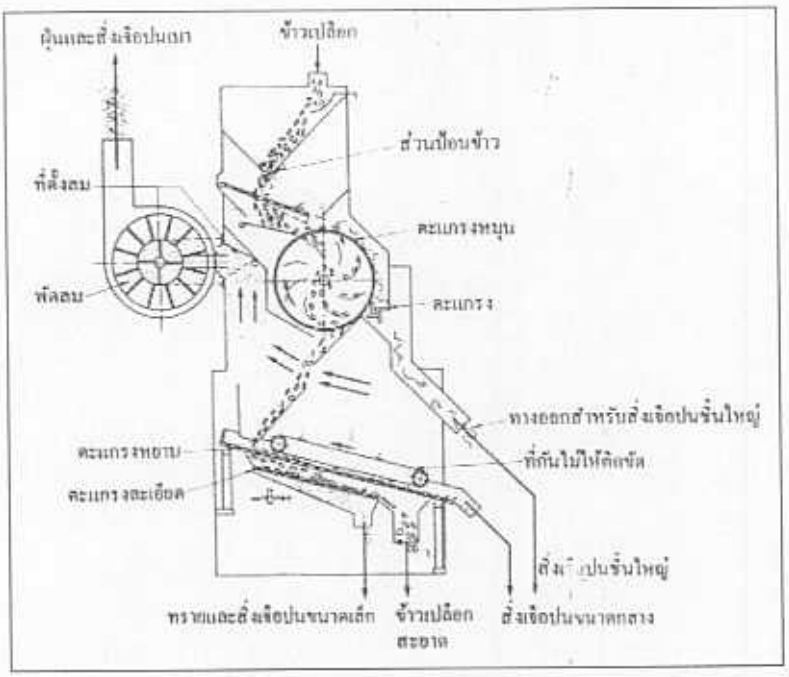
เมื่อข้าวเปลือกมาถึงโรงสีแล้ว จะต้องทำความสะอาดอีกครั้งเพื่อแยก เศษฟาง หิน ทราย ฝุ่น เศษโลหะ และสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกจากข้าวเปลือก ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องสีข้าวเสียหาย ให้เครื่องทำงานได้เต็มที่ เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกมีหลายแบบตั้งแต่แบบง่าย ๆ จนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งทำได้ง่ายไม่ต้องลงทุนมาก ซึ่งมีกรรมวิธีพื้นฐานก็คือการ สี ฝัด พัดลมเป่า และใช้ตะแรงร่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.11

2. เครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง

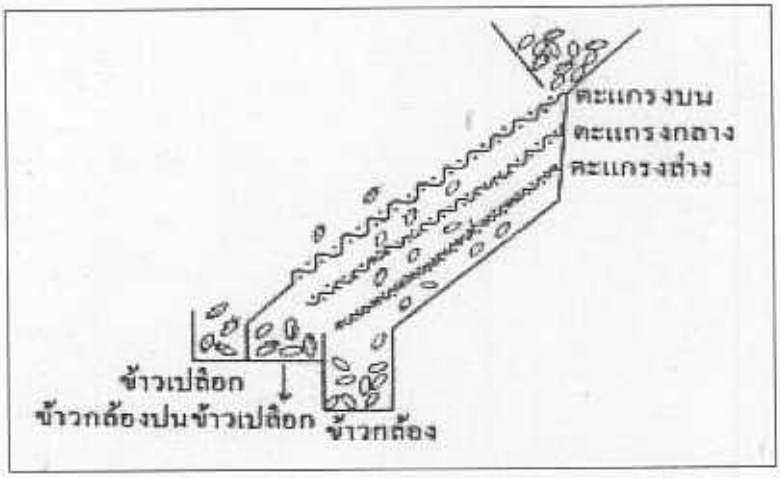
เครื่องกะเทาะไม่ว่าจะเป็นแบบใด จะมีข้าวเปลือกปนอยู่ในข้าวกล้องร้อยละ 5 – 10 ถ้าเอาข้าวกล้องปนข้าวเปลือกนี้ไปขัดขาวเครื่องขัดขาวก็จะทำงานหนัก และมีข้าวหักมาก และถ้านำข้าวปนกันนี้ ไปกะเทาะอีกก็เสียเวลาและค่าใช้จ่าย และจะทำให้ข้าวกล้องหักมากขึ้น ดังนั้น จึงควรใช้เครื่องแยกข้าวเปลือกจากข้าวกล้อง แล้วนำข้าวเปลือกส่งกลับไปเข้าเครื่องกะเทาะใหม่ เครื่องแยกดังกล่าวมีขนาดค่อนข้างใหญ่และอาจไม่เหมาะที่จะใช้กับโรงสีเล็ก ในชวาของประเทศอินโดนีเซีย ใช้เครื่องแยกเป็นตะแกรงเอียง แบบที่ใช้กันมากใน ญี่ปุ่น เกาหลีและจีน การใช้งานได้ดี ผู้ใช้ควรมีความชำนาญบ้าง รูปที่ 2.12

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 2.11 เครื่องทำความสะอาดข้าว [จักร จักกะพาก. 2528]



รูปที่ 2.12 เครื่องแยกข้าวเปลือกแบบตะแกรง [จักร จักกะพาก. 2528]

3. เครื่องแยกข้าวหัก

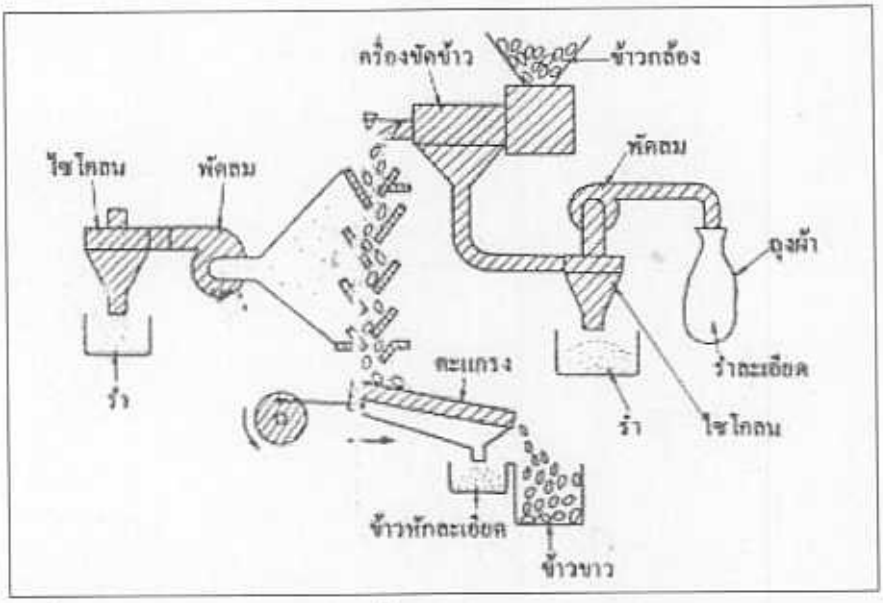
ส่วนมากใช้ตะแกรงสั่น ตะแกรงมักจะแยกเมล็ดข้าวชิ้นเล็กได้แต่แยกเมล็ดข้าวที่หักครึ่งออกจากข้าวเต็มเมล็ดไม่ค่อยได้ โดยที่ตะแกรงที่ใช้มักจะถูกอุดตันด้วยรำ จึงควรสร้างให้ถอดง่าย ๆ เพื่อทำความสะอาด และข้าวขาวก่อนจะตกลงถึงเครื่องแยกนี้ก็ควรได้รับการเป่าให้เหลือรำติดมาให้น้อยด้วย ข้าวขาวที่มีรำติดมามาก จะทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพได้ด้วย ตอนที่เก็บไว้ก่อนหุง การทำงานของตะแกรง เมล็ดยาวแต่ผอมจะผ่านรูไปรวมกับเมล็ดหัก เมล็ดสั้นแต่อ้วนผ่านรูตะแกรงไม่ได้ก็ค้างอยู่บนตะแกรง

Ubon Rajathanee University

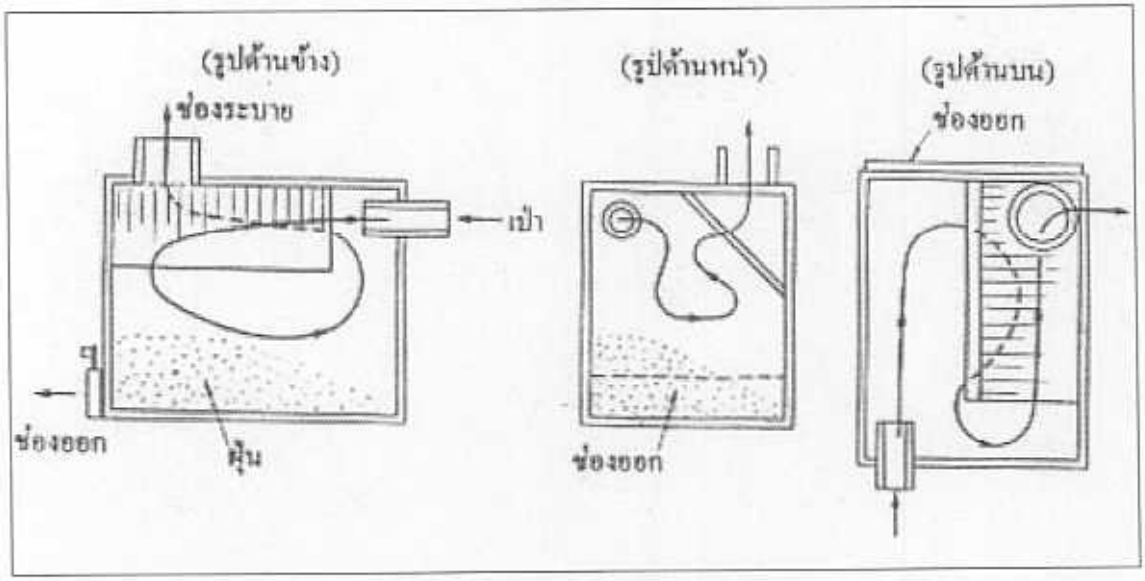
Ubon Rajathanee University

4. พัดลมและที่ตักฝุ่น

เรื่องการถ่ายเทอากาศ เป็นเรื่องสำคัญในโรงสี ฝุ่นที่เกิดมีมาก ทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนงาน มีแมลง ฯลฯ มาทำลายข้าว การกำจัดฝุ่นควรทำตรงจุดที่เกิดฝุ่น เช่น ฝุ่นที่เกิดที่เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก และช่องระบายแกลบ ก็ต่อให้ออกไปที่กองแกลบนอกโรงสีเลยช่องรำออกของเครื่องขัดขาว และช่องระบายข้าวขาว ต้องดูดและเป่าไปที่รวมรำ มิฉะนั้นจะกระจายไปเต็มโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.13 สำหรับพัดลม ควรใช้ที่เหวี่ยงจากจุดศูนย์กลางและหากไม่มีไซโคลน ก็ประกอบกล่องใหญ่ ๆ ขึ้นใช้แทน ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 การเอารำออกจากเครื่องขัดขาว [จักร จักกะพาก. 2528]



รูปที่ 2.14 กล่องรวมฝุ่นใช้แทนไซโคลน [จักร จักกะพาก. 2528]

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2.2.8 เครื่องสีข้าวระดับหมู่บ้าน

เป็นเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ซึ่งเกษตรกรตามหมู่บ้านในชนบทจะนิยมนำข้าวเปลือกไปสีกับโรงสี ระดับนี้ เพราะสามารถสีได้ตามความต้องการ กล่าวคือ เกษตรกรได้ข้าวสารจากข้าวเปลือกของตนเองและยังได้ปลายข้าว และรำด้วย แต่เกษตรกรจะต้องจ่ายเงิน หรือข้าวให้กับเจ้าของโรงสีตามที่ตกลงกัน แต่ถ้าเป็นโรงสีขนาดใหญ่เกษตรกรจะได้แต่เพียงข้าวสารประมาณ 50-60% เท่านั้นจากเจ้าของโรงสี ชนิดและลักษณะของเครื่องสีข้าว สามารถจำแนกเป็นแบบต่าง ๆดังนี้ [จักร จักกะพาก. 2528]

1. แบบลูกหินแนวนอนลูกเดียว (Horizontal Abrasive)

เครื่องสีข้าวแบบนี้จะมีหนึ่งลูกหิน ทำหน้าที่กะเทาะเปลือกข้าวและขัดขาวตัวลูกหินจะเป็นตัวเหล็กหล่อทรงกระบอกปิดหัวท้ายติดอยู่กับเพลา ซึ่งหมุนขนานกับพื้นระนาบ รอบ ๆผิวทรงกระบอกเหล็กจะถูกพอกด้วยหินกากเพชร เพื่อให้มีความคมในการกะเทาะเปลือกและขัดขาว ลูกหินจะหมุนอยู่ภายในทรงกระบอกเหล็กที่ด้านล่างเป็นตะแกรงรูกลมหรือรูยาวรี เพื่อให้รำหยาบและรำละเอียดแยกตัวออกจากเมล็ดข้าว ด้านข้างของลูกหินกะเทาะมีลูกยางวางในแนวขนานตลอดความยาวลูกหิน ลูกยางดังกล่าวจะมีจำนวน 2 หรือ 3 แท่ง สามารถปรับระยะได้ตามต้องการ เครื่องสีข้าวแบบนี้มีพัดลมดูดอากาศ ส่วนปลายข้าวและข้าวขาวจะถูกแยกออกจากกันโดยตะแกรงร่อน

2. แบบลูกหินแนวนอนสองลูกแยกส่วน (2 - Horizontal Abrasive)

เครื่องสีแบบนี้จะมีลูกหิน 2 ลูก คือ ลูกหินกะเทาะ และลูกหินขัดขาว โดยมีพัดลมดูดอากาศซึ่งจะทำการแยกแกลบออกจากข้าวที่กะเทาะแล้ว ก่อนส่งไปยังลูกหินขัดขาวเมื่อผ่านลูกหินขัดขาวแล้วปลายข้าวจะถูกแยกออก โดยตะแกรงร่อนต่อไป

3. แบบลูกหินแนวนอนลูกในเครื่องเดียวกัน (2 - Horizontal Abrasive Compact)

เครื่องสีแบบนี้จะมีลูกหิน 2 ลูก วางในระนาบ ในเครื่องเดียวกัน โดยที่ลูกหินกะเทาะอยู่ในด้านบนลูกหินขัดขาว ระหว่างลูกหินทั้งสองจะมีพัดลมดูดอากาศ เพื่อให้แยกแกลบออกจากข้าวที่กะเทาะแล้ว และใช้ตะแกรงร่อนในการแยกปลายข้าวออก

4. แบบลูกหินแนวนอนสามลูก (3 - Horizontal Abrasive)

ลูกหินตัวแรก เป็นตัวกะเทาะ ส่วนลูกหินอีก 2 ตัว จะเป็นลูกหินขัดขาวเพื่อทำให้ข้าวมีความขาวตามต้องการ การขัดขาวแบบนี้จะทำให้ข้าวที่ได้มีคุณภาพดีขึ้นและมีการแตกหักน้อยลง

5. แบบโม่หินแนวนอน (Horizontal Dies Double Pass)

เครื่องสีแบบนี้จะมีจานกะเทาะแบบโม่สองลูก วางตัวในแนวดิ่งบนเพลาที่หมุนในแนวนอน จานกะเทาะตัวแรกบริเวณผิวกะเทาะจะพอกด้วยกากเพชร ส่วนจานที่สองจะหุ้มด้วยยาง ข้าวเปลือกจะไหลผ่านช่องระหว่างจานทั้งสอง การไหลผ่านของข้าวเปลือกครั้งแรกจะเป็นการกะเทาะเอาเปลือกออก ซึ่งจะได้ข้าวกล้องและนำข้าวกล้องไหลผ่านเป็นครั้งที่สองเป็นการขัดขาว โดยมีพัดลมดูดอากาศทำหน้าที่แยกแกลบออกไป และมีตะแกรงร่อนในการแยกรำและปลายข้าวออกจากข้าวสาร

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

6. แบบลูกยางกะเทาะเปลือกและลูกหินขัดขาวแนวนอน (Rubber Roll Huller & Horizontal Abrasive)

เครื่องสีแบบนี้จะมีลูกยางทรงระบอกสองลูกหมุนในทิศทางตรงกันข้าม ด้วยความเร็วที่ต่างกัน และจะมีลูกหินขัดขาวอยู่ในแนวระนาบ โดยมีพัดลมดูดอากาศใช้ในการแยกแกลบก่อนที่จะส่งไปยังลูกหินขัดขาว และมีตะแกรงร่อนในการคัดแยกปลายข้าว และรำออก

7. แบบลูกเหล็กแนวนอน (Engelberg)

จะประกอบด้วยลูกเหล็กทรงกระบอกติดตั้งบนเพลาที่หมุนในแนวนอน ภายในทรงกระบอกบริเวณด้านล่างจะเป็นตะแกรงเพื่อใช้แยกรำ การกะเทาะเปลือกจะใช้วิธีการปรับแผ่นเหล็กที่วางอยู่ด้านข้างตลอดความยาว เพื่อทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างข้าวเปลือกกับผนังของลูกเหล็กกะเทาะ การกะเทาะและการขัดจะกระทำพร้อมกัน ข้าวสารที่ได้จะเป็นข้าวรวมโดยไม่มีการแยกปลายข้าวออก

8. แบบลูกเหล็กแนวนอนและลูกเหล็กมีริ้วยาง (Engelberg & Horizontal Rubber Lined)

จะมีลูกเหล็กแนวนอนทำหน้าที่ในการกะเทาะเปลือก และมีลูกเหล็กมีริ้วยางทำหน้าที่ในการขัดขาว ด้านล่างของลูกเหล็กทั้งสองจะมีตะแกรงทำหน้าที่ในการแยกรำ เมื่อข้าวผ่านชุดขัดขาว แล้วแกลบจะถูกแยกโดยพัดลมดูดอากาศ ก่อนที่ข้าวจะผ่านไปคัดแยกข้าวหักและปลายข้าวออกโดยตะแกรงร่อนต่อไป

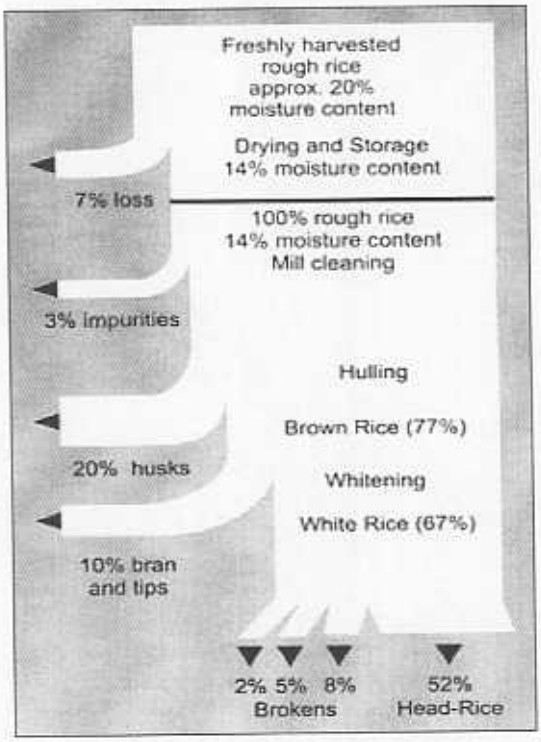
2.3 ประสิทธิภาพการสีข้าว

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสีข้าวมีดังนี้

2.3.1 อัตราการสีข้าว (Milling recovery) หรือ อัตราการแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร สามารถหาได้จาก ร้อยละโดยน้ำหนักของข้าวสารที่ได้ทั้งหมดจากน้ำหนักของข้าวเปลือก ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 2.15 เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในการวัดหาประสิทธิภาพของโรงสีได้ อัตราสูงสุดจะอยู่ที่ร้อยละ 69-70 สำหรับเครื่องสีข้าวแบบชาวบ้านจะอยู่ที่ร้อยละ 55-65 ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการสีข้าวนอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้าวเปลือก สภาพบรรยากาศแวดล้อม และความชื้นของเมล็ดแล้วยังขึ้นอยู่กับสภาพเครื่องสีข้าวด้วย

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 2.15 การสูญเสียในระหว่างกระบวนการสีข้าว [www.Beuler.com]

ผลิตผลที่ได้จากการสีข้าวเปลือก ปกติจะแบ่งเป็นต้นข้าว ปลายข้าวท่อน (เอ 1) ปลายข้าวเล็ก (ซี) รำละเอียด และรำหยาบ อัตราการสีข้าวเปลือกคุณภาพดีจากโรงสีข้าวส่วนใหญ่ในประเทศไทยจำนวน 1,000 กก. เป็นข้าวสารชนิด 5% จะได้ต้นข้าวและปลายข้าวรวมกันประมาณ 660 กิโลกรัม ดังตารางที่ 2.1

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการสีข้าว ของโรงสีข้าวต่างๆ ได้แก่

คุณภาพของข้าวเปลือกที่นำมาสี อันได้แก่ พันธุ์ข้าว ความแข็งแกร่งของเมล็ด ความชื้น เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้อัตราการสีข้าวแตกต่างกันไป

ขนาดของโรงสีและสภาพของเครื่องสี มีผลต่ออัตราการสีข้าวน้อยกว่าคุณภาพข้าวเปลือก โดยโรงสีขนาดใหญ่จะมีแนวโน้มจะสีได้ต้นข้าวมากกว่าโรงสีขนาดเล็ก แต่ก็ขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องจักร การควบคุมดูแลและการปรับสภาพเครื่องจักรให้เหมาะสมกับสภาพข้าวเปลือกที่นำมาสี

มาตรฐานข้าวที่ต้องการ คือ คุณภาพของข้าวที่สีออกมา อาทิ ความขาวที่ต้องการ ชนิดของข้าวสาร 5% 10% หรือ 15% เป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้อัตราการสีข้าวของโรงสีเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากต้องการขัดสีมากน้อยต่างกันออกไป

ปัจจัยอื่นๆได้แก่ สภาพแวดล้อมของการสี อาทิ อุณหภูมิของอากาศถ้าทำการสีในตอนบ่ายซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าตอนเช้า จะได้ต้นข้าวในอัตราต่ำกว่าการสีในตอนเช้า

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สิ่งที่ได้จากการสี	จำนวนเฉลี่ยเป็นกิโลกรัม
ต้นข้าว 5%	423.17
ปลายข้าว เอ 1	173.21
ปลายข้าว ซี 1, ซี 3	66.68
รวมต้นและปลาย	663.06
รำละเอียด	72.84
รำหยาบ	29.04
แกลบและสิ่งเจือปน	235.06
รวมทั้งสิ้น	1,000

ตารางที่ 2.1 อัตราการสีข้าวเปลือก 1,000 กก. เป็นข้าวสาร 5% เฉลี่ยจากสำนักงานสถิติสมาคม โรงสีข้าวและกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (กิโลกรัม) [ฉัตรชาย ศุภจารีรักษ์. 2535]

2.4 ชนิดของวัสดุหินขัดข้าว

ลูกหินขัดของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กแบบแกนนอนที่ใช้ในระดับหมู่บ้าน จะใช้วัสดุหินขัดที่ทำขึ้นจาก หินกากเพชร ขนาดของเมล็ดเกรนเบอร์ 12, 14, 16 และ 18 กับปูนแมกนีเซียมออกไซด์ในอัตราส่วน 17 : 3 โดยน้ำหนักผสม ด้วยตัวประสานคือน้ำเกลือแมกนีเซียมไดคลอไรด์ มาพอกบนโครงแกนเหล็ก แล้วนำไปตากแห้งกลางแจ้ง จากนั้นกลึงให้ได้ขนาด แต่วัสดุและกรรมวิธีการผลิตลูกหินขัดแบบนี้ควบคุมคุณภาพของลูกหินได้ยาก

2.4.1 หินกากเพชร

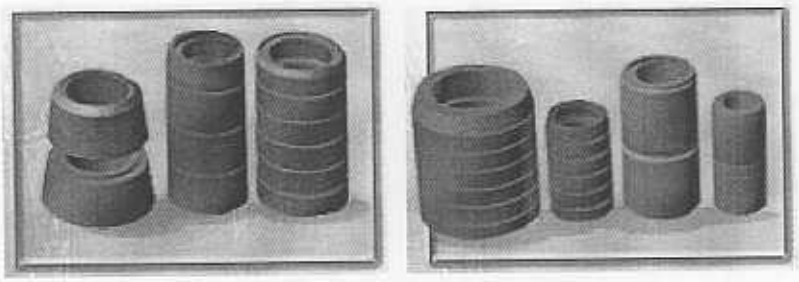
หินกากเพชร หรือ Emery เป็นหินธรรมชาติที่เป็นสารประกอบระหว่าง Corundum (Aluminum oxide (Al_2O_3)) และ Iron oxide (เช่น magnetite (Fe_3O_4) or hematite (Fe_2O_3)) ซึ่งจะมีความแข็งโมห์ส 8 ซึ่งต่ำกว่า Corundum บริสุทธิ์ซึ่งมีความแข็ง 9 โดยเป็นแร่ที่มีความแข็งรองจากเพชร ความหนาแน่นสูง และไม่เกิดปฏิกิริยากับกรดหรือสิ่งแวดล้อม ที่พบมากที่สุดในธรรมชาติจะเป็นก้อนสีน้ำตาลเข้มคล้ายกับเหล็กออกไซด์ ในบางครั้ง Emery ก็อาจมี quartz, mica, tourmaline, cassiterite และอื่นๆผสมอยู่ด้วย [www.67.1911Emcycropedia.org/E/EM/EMERY.html] และอาจส่งผลให้ความแข็งลดลง เนื่องจากมีความแข็งสูงจึงนิยมนำมาบดให้เล็กลงเป็นเม็ดหรือผง ใช้ในอุตสาหกรรมการขัดสีและเจียรไน เช่นใบตัด เป็นต้น และสามารถนำมาบดให้มีขนาดเล็กเป็นเม็ดทรายได้ [www.minerals.net]

Emery เป็นแร่ที่มาจากเหมืองที่ขุดเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการขัดสี (Abrasives) โดยเฉพาะ Emery ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นก้อนไม่มีรูปร่างที่แน่นอนทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะไม่มีผลึก หรือมีส่วนผสม

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ของผลึกขนาดเล็กของสารอนินทรีย์เป็นต้น ในญี่ปุ่นและจีน มีการใช้หิน carborundum (Silicon Carbide) และ corundum (Fused Aluminum Oxide) ขนาดต่าง ๆในเครื่องสีข้าวแบบการขัดสีทั้งแบบแนวตั้ง และแนวนอน ในอุตสาหกรรมบดแป้งก็นิยมทำลูกหินขัดด้วย หินกากเพชร ผสมกับ ปูนแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 30 เปอร์เซนต์ และ น้ำเกลือ ($MgCl_2$) ตัวอย่างของลูกหินที่ผลิตในต่างประเทศแสดงในรูปที่ 2.16 ข้อมูลการนำเข้าแร่ เอเมอรี (Emery) ของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของ แร่โลหะและหินมีค่า ตั้งแต่ปี 2542 ถึงเดือนกันยายน 2545 แสดงในตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.16 แสดงลูกหินขัดข้าวขาวขนาดต่าง ๆที่ผลิตในต่างประเทศ [www.ricemilling.com]

2542		2543		2544		2545(มค-กย)	
ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
2,119	28.0	2,771	34.3	2,492	35.9	1,579	21.6

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการนำเข้าแร่เอเมอรีของประเทศไทย, ปริมาณ:เมตริกตัน, มูลค่า:ล้านบาท [กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.2546]

2.4.2 หินกากแก้ว

หินกากแก้ว หรือ Silicon carbide, SiC เป็นสารที่มีความแข็งสูงเท่ากับ 9 หรือประมาณ 2,800-3,300 HV และเปราะ มีความคม, มันวาว มีขนาดแตกต่างกัน นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมขัดสี เช่น กระดาษทรายขัด และ หินเจียรไน เป็นต้น

2.4.3 Calcined Magnesite

ปูนขาวที่ใช้ในการขึ้นรูปลูกหินขัดข้าว คือ Calcined Magnesite เป็นสารประกอบที่มีส่วนผสมของ MgO เป็นหลัก และ SiO_2 กับ CaO เล็กน้อย มีลักษณะเป็นผงคล้ายแป้ง ทนความร้อนสูง ทนไฟ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร และก่อสร้าง เมื่อผสมกับสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ จะได้ปูน oxychloride cement ที่เหมาะสำหรับการก่อสร้างและฉาบ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2.4.4 $MgCl_2.6H_2O$

เกลือแมกนีเซียมคลอไรด์ เป็นเกลือที่ได้จากน้ำทะเล หรือน้ำเกลือ มีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว การใช้งาน เช่น เป็นตัวประสาน ใช้ละลายหิมะ เป็นต้น มีข้อดี คือ มีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะน้อยกว่า เกลือโซเดียมคลอไรด์ และแกลือแคลเซียมคลอไรด์, ไม่ระคายเคืองผิวหนัง, ปลอดภัยเมื่อใช้กับสัตว์และคน, ไม่ทำอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ทำปฏิกิริยากับพืช

2.4.5 คุณสมบัติของวัสดุขัดสี

ข้อมูลจากผู้ประกอบการวัสดุขัดสี ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการขัดสีไว้ดังนี้[www.reade.com]

1. ความแข็ง โดยทั่วไปวัสดุที่มีประสิทธิภาพขัดสีและสามารถทำให้วัสดุที่ถูกขัดเป็นรอยได้นั้น จะต้องมีความแข็งโมห์สเท่ากับ 6 เป็นอย่างน้อย สำหรับการใช้งานที่ต้องการทำความความสะอาดผิว และกำจัดสิ่งสกปรกอาจจะใช้วัสดุที่มีความแข็ง 3.0 – 4.5 ก็ได้

2. รูปร่าง รูปร่างของวัสดุขัดสีอาจจะมีรูปร่าง เป็นเหลี่ยมมุม (Angular), เป็นก้อน (Blocky), กึ่งทรงกลม (Semi-round) หรือ ทรงกลม (Spherical) โดยแแบบ Angular จะมีขอบมุมคมซึ่งจะมีประสิทธิภาพมาก ถ้าเป็นวัสดุที่เป็นมุมคมและแข็งแล้วจะทำให้การขัดสีใช้เวลาสั้นและอาจทิ้งรอยขีดแบบ Blocky จะมีขอบเรียบ และมีประสิทธิภาพดีในการขัดสีทั่วไป และสุดท้ายแบบกึ่งทรงกลม (Semi-round) และ ทรงกลม (Spherical) จะเป็นการขัดสีที่ทำให้ผิวชิ้นงานมีความโค้งมน

3. ขนาด ขนาดของวัสดุขัดสี จะส่งผลต่ออัตราการทำความสะอาด และลักษณะของการผิวงาน มาตรฐานของขนาดตามมาตรฐานอเมริกาจะใช้ Sieve analysis และแบ่งกลุ่มขนาดแบบ mesh sizes วัสดุเม็ดขัดสีจะมีตั้งแต่หมายเลข 4 ถึง 325 mesh หมายเลขต่ำสุดจะมีขนาดใหญ่ที่สุด

2.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกล

2.5.1 การทดสอบความแข็งของแร่

ความแข็ง (Hardness) หมายถึงความทนทางของแร่ต่อการถูกขูดขีด เราสามารถทราบความแข็งของแร่โดยการเปรียบเทียบได้กับสเกลความแข็งของโมห์สซึ่งมีอยู่ 10 แร่ ตั้งแต่แร่ทัลค์ซึ่งอ่อนที่สุดจนเล็บขูดเข้าและลื่น ไปจนถึงเพชรซึ่งแข็งที่สุดตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 2.3

ในการทดสอบความแข็งของวัสดุแร่และเซรามิกส์ สามารถใช้การวัดค่าความแข็งแบบ Vickers microhardness Test ได่และแม่นยำกว่าการทดสอบแบบโมห์ส เพราะสามารถเลือกน้ำหนักทดสอบให้เหมาะสมกับแร่ได้ รวมทั้งสามารถทดสอบได้ง่าย สามารถอ่านค่าความแข็งของวัสดุจากเครื่องวัดได้ทันที โดยไม่ต้องมีการคำนวณภายหลังการทดสอบเหมือนกับวิธี การวัดค่าความแข็งแบบริเนล (Brinell hardness test) ที่ต้องมีการคำนวณภายหลัง สำหรับการวัดค่าความแข็ง Vickers Hardness Test ใช้วิธีวัดความลึกของรอยบุ๋มที่เกิดจากการกด แทนที่จะวัดพื้นที่ของรอยบุ๋ม

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

แร่	ความแข็งสเกลโมห์ส	ความหมาย
แร่ทัลค์	1	อ่อนลื่นมือ เล็บขูดเข้า
แร่ยิปซั่ม	2	เล็บขูดเข้า แต่ผิวฝืดมือ
แร่แคลไซท์	3	สตางค์แดงขูดเป็นรอย
แร่ฟลูออไรท์	4	มีดหรือตะไบ ขูดเป็นรอย
แร่อะปาไทท์	5	กระจกขีดเป็นรอยบนผิวแร่
แร่ออร์โธเคลส	6	แร่ขีดกระจกจะเป็นรอยบนกระจก
แร่ควอทซ์	7	ให้รอยบนกระจกโดยง่าย
แร่โทแปซ	8	ขีดแร่ที่แข็ง1-7 ให้เป็นรอยได้
แร่คอรันดัม	9	ขีดแร่ที่แข็ง1-7 ให้เป็นรอยได้
แร่เพชร	10	ขีดแร่ที่แข็ง1-7 ให้เป็นรอยได้

ตารางที่ 2.3 ตารางความแข็งของแร่ตามสเกลโมห์ส

Vickers Hardness Test ใช้สัญลักษณ์ HV เป็นการวัดความแข็งโดยใช้หัวกดเพชรรูปพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม (Square-Based Diamond Pyramid) ที่มีมุม 136° ซึ่งเป็นมุมที่มีองศาใกล้เคียงกับหัวกดลักษณะกลมมากที่สุดและทั้งไว้ให้กดเป็นเวลา 10-15 วินาที วิธีนี้หัวกดเป็นเพชรซึ่งมีความแข็งสูงมาก สามารถใช้วัดค่าความแข็งได้ตั้งแต่โลหะที่นิ่มมาก (HV ประมาณ 5) จนถึงโลหะที่แข็งมากๆ (HV ประมาณ 1,500) โดยไม่ต้องเปลี่ยนหัวกด จะเปลี่ยนก็เฉพาะแรงกดเท่านั้น แรงที่ใช้กดทั่วๆไปจะนิยมเลือกใช้ระหว่าง 2-1,000 N ขึ้นอยู่กับความแข็งของวัสดุที่ทดสอบ ค่าความแข็งจะคำนวณจากแรงกดที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวเช่นเดียวกับการทดสอบแบบ Brinell แต่วิธีนี้มีข้อได้เปรียบกว่า Brinell คือ ไม่ต้องคำนึงถึงอัตราส่วน P/D2 และข้อจำกัดในด้านความหนาของชิ้นงานทดสองเนื่องจากหัวกดเพชรมีขนาดเล็กมาก ความแข็ง แบบวิกเกอร์สามารคำนวณได้ดังนี้

ค่าความแข็งจะหาได้จากอัตราส่วนของแรงที่ใช้ในการกดต่อพื้นที่ของขนาดรอยกดมีหน่วยเป็น mm^2 (ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ของสี่เหลียมจัตุรัส) โดยหาได้จากเส้นทแยงมุมของรอยกดแล้วแทนค่าสูตรดังต่อไปนี้

$$HV = \frac{P}{S}$$

$$HV = \frac{2P\sin(\theta/2)}{D^2}$$

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

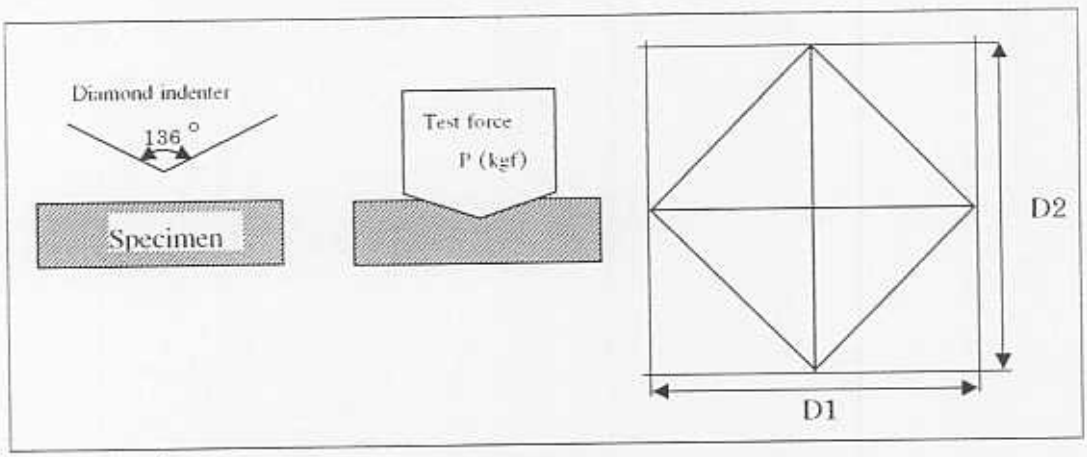
$$HV = \frac{1.854P}{D^2}$$ มีหน่วยเป็น kg/mm^2

P = Applied load (kgf),

S = Superficial area of indenter (mm^2),

θ = angle of diamond indenter = 136°,

D = Average Diagonal length of square-impression ((D1+D2)/2), (mm)



รูปที่ 2.17 ลักษณะรอยกดจากหัวเพชรของ Vickers Hardness Test

สำหรับโลหะค่าความแข็งวิกเกอร์จะประมาณ 0.3 เท่าของ σ_y วิธีทดสอบนี้ไม่เป็นที่นิยมในการใช้งานสำหรับภาคอุตสาหกรรมทั่วไป เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายอย่าง ได้แก่ ความเร็วในการทดสอบช้า ต้องมีการเตรียมผิวที่ดีมาก เพื่อให้ได้ค่าเส้นทแยงมุมของรอยกดที่แน่นอน และมีโอกาสผิดพลาดในการวัดระยะเส้นทแยงมุมได้ ข้อควรระวังสำหรับการวัดความแข็งด้วยวิธีนี้ ได้แก่

1. การเลือกใช้น้ำหนักกดมีผลต่อความแข็งด้วย คือ ถ้าเลือกน้ำหนักน้อยเกินไป จะได้ค่าความแข็งที่ผิด แต่ถ้าชิ้นงานนิ่มและใช้น้ำหนักกดมากเกินไป อาจทำให้เกิดปัญหากับหัวกดเพชรตอนคลายหัวกดได้

2. ผิวของชิ้นงานทดสอบต้องไม่มี oxide scale หรือสิ่งแปลกปลอม การเตรียมผิวของชิ้นทดสอบต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมาก และหลีกเลี่ยงการเกิดความร้อน หรือ cold working

3. ไม่ควรวัดความแข็งในบริเวณที่ใกล้กับตำแหน่งเดิม โดยควรเว้นระยะห่างไว้ไม่น้อยกว่า 2.5 เท่าของเส้นทแยงมุมรอยกด ทั้งตามแนวแกน x และ y

4. ความหนาของชิ้นงานทดสอบควรมากกว่าอย่างน้อย 1.5 เท่าของเส้นทแยงมุมของรอยกด และหลังจากการทดสอบวัดความแข็ง ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ให้เห็นทางด้านหลัง (อีกด้านหนึ่ง) ของชิ้นงานทดสอบ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

5. การอ่านค่าความยาวเส้นทแยงมุม จะขึ้นกับสายตาของแต่ละคน ดังนั้นควรให้คนใดคนหนึ่งเป็นผู้อ่านค่า

2.5.2 การสึกหรอของวัสดุหินขัดข้าว

เนื่องจากวัสดุหินขัด เกิดการขัดสีกันกับข้าวเปลือก ทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการสึกหรอของวัสดุหินขัดข้าว วัชรชัย ภุมรินทร์ และสมโชติ รัตนผุสดีกุล. [2545] ได้ทำการศึกษาอัตราการสึกหรอจาก การหาน้ำนักของการขัดสี และ หาน้ำหนักหลังการขัดสี โดยการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง ดิจิตอล และคำนวณโดย

$$\text{อัตราการสึกหรอของหินขัดข้าว (กรัม / ชม.)} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนขัดสี} - \text{น้ำหนักหลังขัดสี})}{\text{เวลาที่ใช้}}$$

2.5.3 การทดสอบโดยการอัด (Compression Test)

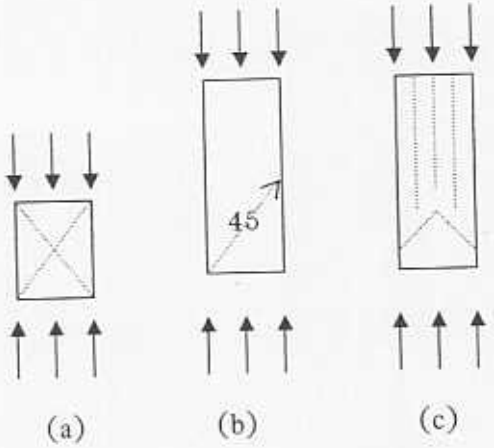
การทดสอบโดยการอัดนี้จะตรงข้ามกับการทดสอบโดยการดึง เมื่อพิจารณาถึงทิศทางของแรงอัดที่มากระทำกับชิ้นทดสอบ แล้วจะพบว่า ชิ้นทดสอบจะถูกอัดจนกระทั้งแตก หรืออาจจะมีลักษณะพองออกเหมือนรูปถัง (Barrel) ซึ่งจะไม่เกิด คอคอดเหมือนกับการทดสอบโดยการดึง พฤติกรรมที่แตกต่างกันระหว่างโลหะเหนียว และโลหะเปราะภายใต้แรงอัด สำหรับวัสดุเปราะเช่น เหล็กหล่อ คอนกรีต เมื่อได้รับแรงอัดสูงสุดเกินกว่าที่จะรับไว้ได้ ก็จะเกิดการแตกทันที โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่างให้เห็นก่อนเลย สำหรับโลหะเหนียว เช่นเหล็กกล้า เมื่อได้รับแรงอัดสูงเกินกว่าความแข็งแรงที่จุดคราก ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขยายโตขึ้น พองออกเหมือนถัง (Barrel shape) ซึ่งทำให้มีพื้นที่รองรับแรงอัดได้เพิ่มขึ้น

อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ ในการทดสอบโดยการอัด ถ้าชิ้นทดสอบมีความสูงมาก มักจะเกิดความเค้นดัดขณะทดสอบ ซึ่งมีผลทำให้ค่าความเค้นอัดสูงสุดลดน้อยลง แต่ถ้าชิ้นทดสอบมีขนาดสั้นมาก ก็จะทำให้เกิดความเสียดทาน (End friction) ที่ปลายชิ้นทดสอบ ซึ่งมีผลทำให้ค่าความเค้นอัดสูงสุดเพิ่มขึ้น

ลักษณะรอยแตกของชิ้นทดสอบ สำหรับวัสดุเปราะภายหลังการอัดแตก โดยทั่วไปจะมีลักษณะของรอยแตกหลายแบบดังรูป

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



(a) Shear cone or hourglass (Motar or stone cubes)

(b) Shear plane (เหล็กหล่อ หรือ คอนกรีต)

(c) Shear cone with splitting above (คอนกรีต)

รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะรอยแตกของวัสดุเปราะแบบต่าง ๆ[Davies. Et al. 1982]

จากรูป 2.18b) จะเห็นว่าเหล็กหล่อภายใต้แรงอัดจนแตก จะมีรอยแตกทำมุมประมาณ 45° กับแนวแรง แสดงว่ามันแตกหักด้วยแรงเฉือน ทั้งนี้เพราะว่าเหล็กหล่อ หรือวัสดุเปราะส่วนมากมีค่าความแข็งแรงอัดสูงสุดมากกว่าความแข็งแรงดึงสูงสุด และความแข็งแรงเฉือนสูงสุด ดังนั้นเมื่อถูกการอัดก็จะแตกโดยการเฉือน

การทดสอบโดยการอัด นิยมใช้ทดสอบวัสดุที่มีคุณสมบัติเปราะ เช่น เหล็กหล่อ หรือคอนกรีต เพราะจะให้ผลการทดสอบถูกต้องแน่นอนกว่า การทดสอบกับโลหะเหนียว แต่อย่างไรก็ตาม การทดสอบโดยการอัดนี้จะมีข้อจำกัดในการทดสอบอยู่หลายอย่าง คือ

1. ขณะทดสอบเป็นการยากมากที่จะทำให้แรงอัดกระทำตามแนวแกนชิ้นทดสอบจริง ๆ

2. ขณะทดสอบมักจะเกิด การโก่งงอได้ ซึ่งเรียกว่า Buckling หรือเกิดการดัดเนื่องจาก มีความเค้นดัด (Bending stress) เหตุที่เกิดเช่นนี้ เนื่องจากชิ้นทดสอบมีความสูงเกินไปเมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดพอรับแรงอัดก็ทำให้เกิดงอพับไปได้

3. ความเสียดทานที่ปลายสัมผัสระหว่างแท่นรองรับ (Bearing block) กับปลายชิ้นทดสอบ เนื่องจากการขยายตัวออกทางด้านข้างของชิ้นทดสอบนั้น จะเป็นผลทำให้เกิดระบบความเค้นที่ซับซ้อน ซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยากมากในการคำนวณหาความเค้นที่ถูกต้อง

4. ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงและพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ จะต้องมีอัตราส่วนตามมาตรฐานและเหมาะสมกับเครื่องทดสอบ คือถ้าชิ้นทดสอบมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ ก็ต้องใช้เครื่องทดสอบขนาดใหญ่จึงจะทดสอบได้ หรือพื้นที่ชิ้นทดสอบเล็ก ความสูงก็จะลดลง ซึ่งทำให้การวัดความเครียดที่

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

เปลี่ยนแปลงจะทำได้ยากขึ้น ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นนิยมเลือกใช้ชิ้นทดสอบที่มีความสูงเป็นสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า

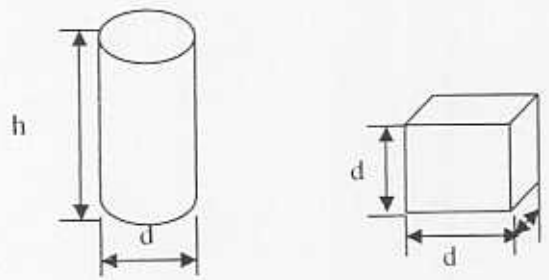
5. สำหรับส่วนปลายชิ้นทดสอบโดยการกด จะต้องตกแต่งหรือเตรียมให้พื้นผิวราบและตั้งฉากกับแกนชิ้นทดสอบด้วย เพราะจะทำให้แรงอัดทดสอบสามารถกระทำได้ตามแนวแกนชิ้นทดสอบจริง ๆ และความยาวพิกัดของชิ้นทดสอบ เพื่อใช้หาค่าความหดระหว่างการทดสอบโดยการกดนั้น จะมีความยาวน้อยสุดเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ ในการทดสอบโดยการอัดนั้น มีข้อสังเกตเกี่ยวกับ ขนาด ความแข็งแรงอัดสูงสุด ค่าความหดสั้นลง และลักษณะการแตกของชิ้นทดสอบ เป็นต้น

2.5.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต มอก. ๔๐๙ – ๒๕๒๕ (สรุปจาก มอก. ๔๐๙ – ๒๕๒๕ พิมพ์เพิ่มเติม ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2543 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพ ฯ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่ม ๙๙ ตอนที่ ๕๑ วันที่ ๙ เมษายน พุทธศักราช ๒๕๒๕)

2.5.4.1 ขนาดแท่งทดสอบ

แท่งทดสอบที่ได้จากการหล่อต้องเป็นรูปทรงกระบอก หรือรูปลูกบาศก์และมีขนาดตามรูปที่ 2.16แท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะต้องเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของขนาดใหญ่สุดของมวลผสมหยาบและต้องไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร ความยาวของแท่งทดสอบเมื่อยังไม่เคลือบปลายทั้งสองต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง



d มิลลิเมตร	100	150	200	300

รูปที่ 2.19 แสดงขนาดแท่งทดสอบ

2.5.4.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

1) แท่งทดสอบซึ่งได้จากการหล่อ และแท่งทดสอบรูปทรงกระบอก

1. เส้นผ่านศูนย์กลาง ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ ± 0.5

2. ความสูงยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ ± 1.0

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

3.เมื่อเคลือบปลายทั้งสองของแท่งทดสอบความเรียบของผิวหน้าทดสอบยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±1.0 มิลลิเมตร

2) แท่งทดสอบรูปลูกบาศก์

1. มิติทุกด้าน ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ ±0.5

2. ความเรียบของผิวหน้าทดสอบ ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±0.1 มิลลิเมตร

3) แท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะ

1. ความเรียบของผิวที่ปลายแท่งทดสอบ ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

2. ปลายของแท่งทดสอบต้องตั้งฉากกับแกนตามยาวยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 องศา

3. เส้นผ่านศูนย์กลางปลายทั้งสองของแท่งทดสอบต้องไม่แตกต่างจากเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเกิน 2.5 มิลลิเมตร

4. เมื่อเคลือบปลายทั้งสอง ของแท่งทดสอบแล้วความเรียบร้อยของผิวทดสอบ ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน± 0.1 มิลลิเมตร

2.6 การวิเคราะห์ธาตุ และโครงสร้างผลึกโดยใช้รังสี X

2.6.1 บทนำ

เป็นเทคนิควิเคราะห์ชนิด (Qualitative) และปริมาณธาตุ (Quantitative) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งของแข็ง และของเหลว ข้อจำกัดคือ ไม่สามารถวิเคราะห์ธาตุที่มี atomic number น้อยกว่า 11ได้ XRF analysis เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย และในบางครั้งสามารถวิเคราะห์ได้โดยไม่ต้องมีการเตรียมผิวมาก่อนก็ได้ และสามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีความเข้มข้นน้อย ๆได้ประมาณ 5-500 ppm [คู่มือการใช้งานเครื่อง XRF]

ตัวอย่างของประเภทงานที่ใช้การวิเคราะห์ XRF ได้แก่ การวิเคราะห์เปอร์เซนต์ของธาตุผสมในโลหะผสม เซรามิกส์ แก้ว เป็นต้น การวิเคราะห์ชนิดของธาตุ ซึ่งไม่สามารถวิเคราะห์ได้โดยวิธีอื่น

ชิ้นงาน สามารถเป็นได้ทั้งของแข็ง และของเหลว : ซึ่งต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-50 mm และสูงไม่เกิน 50 mm ถ้าเป็นชนิดผงต้องหนักอย่างน้อย 1 gram ผิวหน้าชิ้นงานของแข็งต้องเรียบ และผ่านการขัดเงา ในการวิเคราะห์แต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 15 นาที

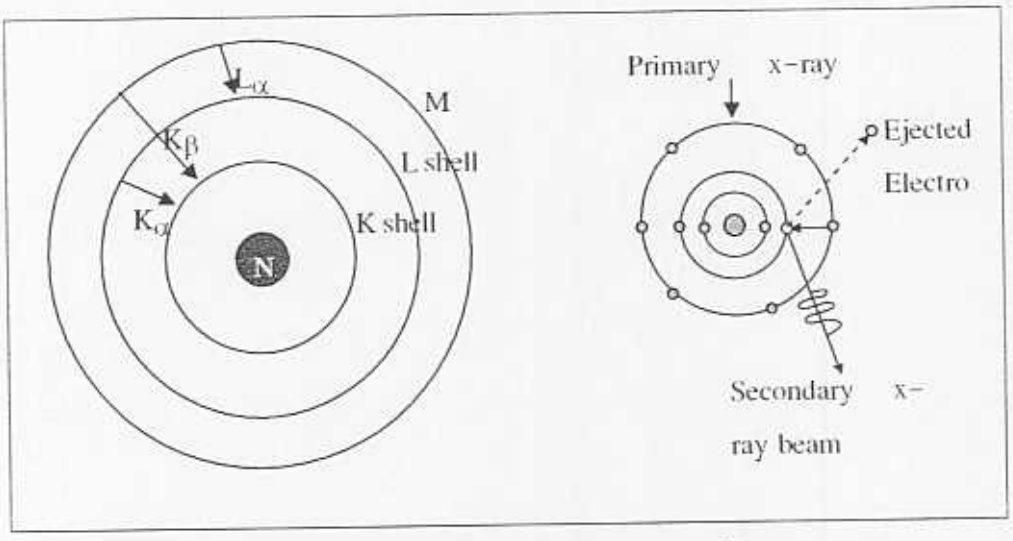
2.6.2 แหล่งกำเนิด X-rays

ส่วนมากแหล่งกำเนิด X-rays ที่ใช้กันจะเป็นหลอดทังสเตน หรือ โรเดียม ซึ่งผลิตลำอิเลคตรอนในสูญญากาศและจะไปกระตุ้นธาตุเป้าหมาย (target) เพื่อให้เกิดรังสีออกมา จากรูปที่ 2.20 โดยปกติลำอิเลคตรอนที่มีพลังงานสูงจะผ่านลึกเข้าไปใกล้นิวเคลียสแล้วชนอิเลคตรอนที่อยู่ชั้นในเช่นชั้น K และ L ทำให้ อิเลคตรอนชั้น K จะหลุดออกมาก่อน และอิเลคตรอนชั้น L จะลงมา

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

แทนที่ และปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสี secondary x-rays ที่มีความยาวคลื่นค่าหนึ่งออกมา เรียกว่า K_α แต่ถ้าหากอิเลคตรอนจากชั้น M ลงมาแทนจะให้รังสีออกมาเรียกว่า K_β ซึ่งมีความยาวคลื่นไม่เท่ากับ K_α , Secondary x-rays เป็นผลต่างของค่าพลังงานระหว่างชั้นอิเลคตรอนทั้งสอง ($E=E_L-E_K$) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุ



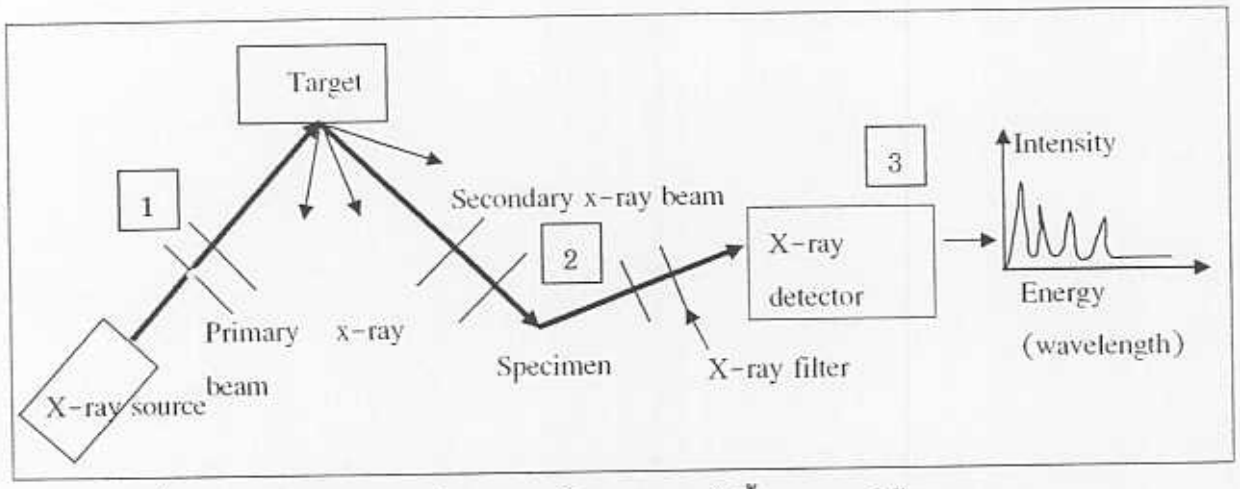
รูปที่ 2.20 โครงสร้างอิเลคทรอนิกของอะตอม และการกระตุ้นของอะตอม

2.6.3 หลักการวิเคราะห์

ส่วนประกอบทั่วไปของเครื่อง XRF จะประกอบไปด้วย ท่อกำเนิดรังสี (Primary x-ray tube) ที่ให้รังสีที่ทราบค่าพลังงาน และจะถูกส่งไปยังผิวหน้าของชิ้นงาน และธาตุประกอบในชิ้นงานที่มีค่าพลังงานกระตุ้น (excitation energy) ต่ำกว่าของ Primary x-ray ก็จะถูกกระตุ้นและเกิด secondary x-rays ดังคำอธิบายข้างต้น และการกระตุ้นจะได้ผลมากที่สุดก็ต่อเมื่อพลังงานของ Primary x-ray มีค่าสูงกว่าพลังงานกระตุ้น (excitation energy) ของธาตุนั้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากว่าค่าพลังงานของธาตุมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องมากที่สุด จึงมีการใช้พลังงานของวัสดุเป้าหมาย (เรียกว่า target) ที่ให้พลังงานใกล้เคียงและสอดคล้องกับธาตุที่เราต้องการวิเคราะห์ไปกระตุ้นชิ้นงานอีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ลดเวลาการทดสอบ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 2.21 หลักการวิเคราะห์ของ XRF โดยการกระตุ้นชิ้นงานแบบใช้ Target

Target	x-ray line of target	Elements excited by target
Antimony Sb (26.274 KeV)	K_α	Ru, Rh, Pd, Ag
Silver Ag (22.104 KeV)	K_α L_α	Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U
Germanium Ge (9.876 KeV)	K_α L_α	Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf
Titanium Ti (4.508 KeV)	K_α L_α M_α	Cl, Ar, K, Ca Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te Bi, Th, U
Rhodium Rh (2.696 KeV)	K_α L_α M_α	Mg, Al, Si, P, S, Cl Ge, As, Se, Br, Kr, Pb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo Er, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb

ตารางที่ 2.4 การเลือก Target สำหรับการวิเคราะห์ธาตุ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บข้อมูล

จากข้อมูลของอุตสาหกรรมจังหวัดอุบลราชธานี (ถึงเดือนกันยายน 2546) มีโรงสีข้าวขนาดเล็กและขนาดกลางรวมทั้งสิ้น 3,091 โรงงาน การเก็บและรวบรวมข้อมูล จะดำเนินการ โดยการออกสำรวจหมู่บ้านที่อยู่ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดใกล้เคียงที่ใช้เครื่องสีข้าวที่ผลิตจากโรงงานในท้องถิ่น ซึ่งเป็นโรงสีข้าวขนาดเล็ก และเครื่องสีข้าวแบบชุมชน โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ ตัวอย่างของแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แสดงในภาคผนวก ก กลุ่มเป้าหมายที่เข้าไปสัมภาษณ์มีด้วยกันสามกลุ่ม คือ

1. เกษตรกรที่มีโรงสีข้าวแบบแกนนอนขนาดเล็ก
2. ผู้ประกอบการโรงงานผลิตเครื่องสีข้าว และร้านค้าที่จำหน่ายวัสดุที่ใช้ในการทำลูกหินขัดข้าว
3. ช่างที่ทำการขึ้นรูปหินขัดข้าว

โดยข้อมูลที่สำรวจ ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป ลักษณะการสึกหรอ อายุการใช้งานลูกหินขัดแบบแกนนอน ส่วนประกอบและการผลิตเครื่องสีข้าวขนาดเล็กแบบแกนนอนที่นิยมใช้ในระดับหมู่บ้านหรือ ชุมชน ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลูกหินขัดข้าว และกระบวนการขึ้นรูป รวมทั้งความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของข้าวที่ต้องการ และคุณภาพของหินขัดข้าวที่ต้องการ

หลังจากการเก็บข้อมูลแล้ว จะเป็นการนำข้อมูลมาจัดกลุ่ม วิเคราะห์ และ สรุป เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองคุณสมบัติทางกลในห้องปฏิบัติการต่อไป

3.2. การทดลอง

กำหนดการดำเนินงานที่เกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลอง จะทำภาคในห้องปฏิบัติการโลหะวิทยาและวัสดุศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยมีลำดับการทดลองดังนี้

3.2.1 ศึกษาส่วนผสมของวัสดุผสมหินขัดข้าวที่ใช้ทั่วไปในปัจจุบัน

3.2.1.1 วัตถุดิบที่ใช้

วัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูปลูกหินขัดข้าวซื้อมาจากร้านจำหน่ายอุปกรณ์สำหรับเครื่องสีข้าว ได้แก่

หินกากเพชร จากประเทศฮอลแลนด์ เบอร์ 14, 16 และ 18

หินกากเพชร จากประเทศอังกฤษ เบอร์ 12, 14 และ 16

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

กากแก้ว (Silicon carbide)

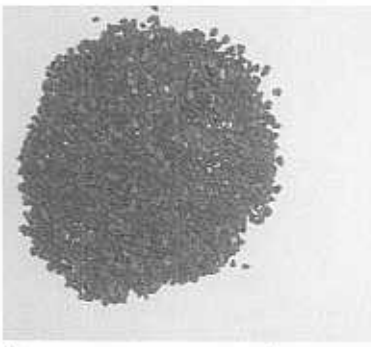
ปูนขาว (Calcined Magnesite) 250 mesh (made in Holland)

เกลือ $MgCl_2$

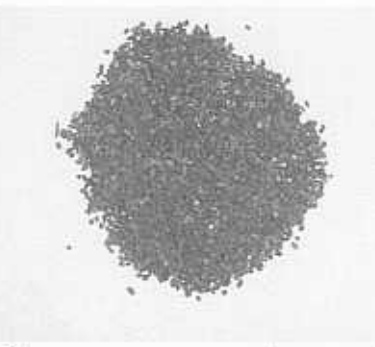
หินกากเพชร จากประเทศอังกฤษ เบอร์ 12

หินกากเพชร จากประเทศอังกฤษ เบอร์ 14

หินกากเพชร จากประเทศอังกฤษ เบอร์ 16



หินกากเพชร จากประเทศฮอลแลนด์ เบอร์ 14

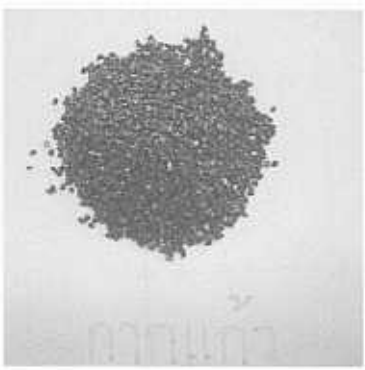


หินกากเพชร จากประเทศฮอลแลนด์ เบอร์ 16

หินกากเพชร จากประเทศฮอลแลนด์ เบอร์ 18

เกลือ $MgCl_2$

ปูนขาว(Calcined Magnesite)



หินกากแก้ว

รูปที่ 3.1 แสดงวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

3.2.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

เตรียมหินกากเพชรจากฮอลแลนด์ ขนาดเบอร์ 14, 16 และ 18 และหินกากเพชรจากอังกฤษ ขนาดเบอร์ 12, 14 และ 16 กับ กากแก้ว (ซิลิคอนคาร์ไบด์) เพื่อนำไปทำการศึกษา ลักษณะรูปร่าง และขนาดของเมล็ดเกรนของของหินกากเพชร และหินกากแก้ว โดยใช้ เครื่องวิเคราะห์ Image Analysis: OMEGA 3 software ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี การวิเคราะห์จะเป็นการวิเคราะห์แบบสุ่ม ชิ้นงานละ 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจะถูกถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล กำลังขยาย 6.25เท่า จากนั้น ภาพถ่ายที่ทราบกำลังขยายจะถูกนำไปวิเคราะห์ ขนาด และลักษณะความโค้งมน จาก OMEGA 3 software ค่าที่แสดงจะเป็นค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์

ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่

- Diameter max = เส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุด,
- Diameter mean = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย
- Diameter min = เส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุด,
- Convex perimeter = เส้นรอบรูป
- Aspect Ratio = สัดส่วนตามแกนยาว / แกนสั้น ถ้าความยาวแกนนอนมากกว่าแกนตั้ง ก็จะมีค่ามากกว่า 1,
- Shape Factor = ลักษณะรูปร่างทางเรขาคณิต สามารถคำนวณได้จาก $SF = \frac{4\pi A}{Perimeter^2}$ และมีความหมายดังนี้

รูปร่างเรขาคณิต	วงกลม	ห้าเหลี่ยม	สี่เหลี่ยม	สามเหลี่ยม	เส้น
ค่า Shape Factor	1	0.86	0.79	0.61	0

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า Shape Factor ของวัตถุรูปทรงต่าง ๆ

- Convexity = ความโค้งมน และความคมของเส้นรอบวง (ถ้ามีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าวัสดุมีเส้นรอบวงที่โค้งมน และกลมมาก ถ้ามีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่ามีรอยหยัก มุมคม)

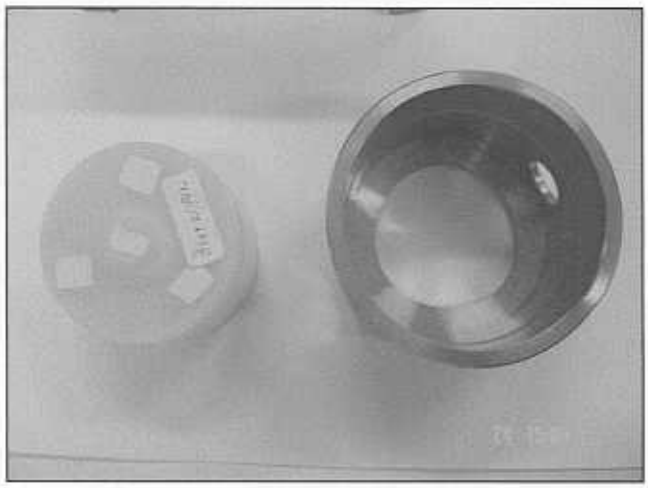
Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

รูปที่ 3.2 แสดงชุดทดลอง Image Analysis: ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

3.2.2 ศึกษาส่วนผสมทางเคมีของวัสดุผสมหินขัดข้าว

การทดสอบส่วนผสมทางเคมีของวัตถุดิบ คือ หินกากเพชร หินกากแก้ว เกลือ และหินก่อสร้างเพื่อเปรียบเทียบ การทดสอบด้วยเครื่อง X-rays fluorescence (Philips) ณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตัวอย่างทดสอบจะถูกนำใส่ภาชนะพลาสติกปิดด้วยพลาสติกใส การทดสอบจะใช้รังสีเอ็กส์โดยใช้โรเดียมเป็น secondary target ค่าที่ได้แสดงเป็นความเข้มข้นของกราฟที่ได้ ที่ระดับค่าพลังงานของธาตุที่เกิดขึ้น



(a) Specimen holder

รูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์ และเครื่องมือทดสอบ X-rays fluorescence ณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

(b) XRF-Philips MagiX

(c) ชุดวิเคราะห์และประมวลผล

รูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์ และเครื่องมือทดสอบ X-rays fluorescence ณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (ต่อ)

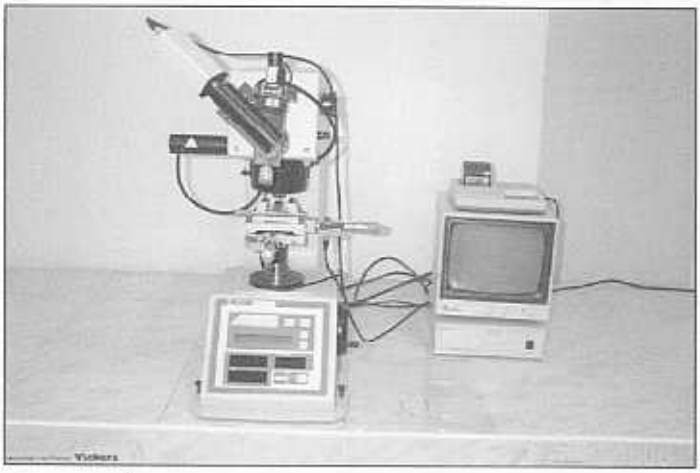
3.3.3 ศึกษาสมบัติทางกล ได้แก่ ความแข็ง ของ หินกากเพชร และหินกากแก้ว และความต้านทานแรงอัดส่วนผสมหินขัดข้าว

3.3.3.1 การทดสอบความแข็ง

การทดสอบความแข็ง ของหินกากเพชรและหินกากแก้ว เริ่มต้นด้วยการ นำหินการเพชรเบอร์ 14 และ 16 และตัวอย่างหินก่อสร้าง เพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบ มาทำการหุ้มเรือนเย็นด้วยเรซิ่น โดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว เป็นแบบหล่อ จากนั้นจึงเทเรซิ่นซึ่งผสม Hardener ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 แล้วทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อให้แข็งตัว จากนั้นนำมาขัดระนาบ และขัดเงาด้วยผงขัดขนาด 5 และ 3 ไมครอน แล้วนำมาเข้าเครื่องทดสอบ Vickers microhardness tester รุ่น MVK-H300 ดังแสดงในรูป 3.1 ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นจะทำการวัดทั้งหมด 10 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย เวลาที่ใช้วัดในแต่ละจุด คือ 15 วินาที แรงกดเท่ากับ 1 กิโลกรัม (9.8 นิวตัน) ใบบันทึกผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ข

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความแข็ง Vickers Microhardness Tester

3.3.3.2 ความต้านทานแรงอัดส่วนผสมหินขัดข้าว

1. เตรียม อัตราส่วนผสม สำหรับทำเป็นชิ้นทดสอบ เพื่อทดสอบหาค่าแรงอัด (Compressive strength) โดยแบ่งการทดสอบออกเป็นดังนี้ 1) ผู้ประกอบการทำล้อหินขัด และ 2) ผู้ทำการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1.) หินขัดข้าวเปลือก

เตรียม หินกากเพชร (Holland,CODE BH-XX) เบอร์ 14 และ 16 และหินกากเพชร (England, CODE BE-XX) เบอร์ 12 และ 14 กับ กากแก้ว (Silicon carbide) ต่อ ปูน (Calcined Magnesite) โดยมีอัตราส่วน 5 ต่อ 1 และ 4 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ผสมกับน้ำเกลือ $MgCl_2$ 30 ดีกรี 100 ml. ซึ่งแต่ละชนิดจะทำชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น รายละเอียดอัตราส่วนแสดงใน ตารางที่ 3.1

2.) หินขัดข้าวขาว

เตรียม หินกากเพชร (Holland,CODE WH-XX) เบอร์ 14, 16 และ 18 และหินกากเพชร (England, CODE WE-XX) เบอร์ 14 และ 16 กับ กากแก้ว (Silicon carbide) ต่อ ปูน (Calcined Magnesite) โดยมีอัตราส่วน 5 ต่อ 1 และ 4 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ผสมกับน้ำเกลือ $MgCl_2$ 30 ดีกรี 100 ml. ซึ่งแต่ละชนิดจะทำชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น รายละเอียดอัตราส่วนแสดงใน ตารางที่ 3.2

3.) ปูนโรงสี สำหรับเปรียบเทียบ

เตรียม ปูน (Calcined Magnesite) ผสมกับน้ำเกลือ $MgCl_2$ 30 ดีกรี โดยน้ำหนักโดยใช้ ปูน (Calcined Magnesite) 0.2 kg. ผสมกับ น้ำเกลือ $MgCl_2$ 30 ดีกรี 100 ml. เพื่อทดสอบหาค่าแรงอัด (Compressive strength) เพื่อเป็นการเปรียบเทียบ

Ubon Rajathanee University

ที่มา	สัญลักษณ์	อัตราส่วน	อัตราส่วนผสมสัดส่วนโดยน้ำหนัก (kg.)					
			หินกากเพชร เบอร์				กากแก้ว (Silicon carbide)	ปูน (Calcined Magnesite)
			12	14	16	18		
1	A-E BE-5A	5 ต่อ 1	0.4	0.4	-	-	0.2	0.2
2	C-E BE-5B	5 ต่อ 1	-	0.8	-	-	0.2	0.2
3	E-E BE-4A	4 ต่อ 1	0.3	0.3	-	-	0.2	0.2
3	A-H BH-5A	5 ต่อ 1	-	0.4	0.4	-	0.2	0.2
3	D-H BH-4B	4 ต่อ 1	-	0.3	0.3	-	0.2	0.2

ที่มา 1 ช่างทำล้อหินขัดข้าว 4 หมู่ 8 ต. คำขวาง อ. วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

2 ร้าน บ. ดีการช่าง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

3 สูตรที่ผู้วิจัยจะใช้เปรียบเทียบ

ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนผสมหินขัดข้าวเปลือก

Ubon Rajathanee University

ที่มา	สัญลักษณ์	อัตราส่วน	อัตราส่วนผสมสัดส่วนโดยน้ำหนัก (kg.)					
			หินกากเพชร เบอร์				กากแก้ว (Silicon carbide)	ปูน (Calcined Magnesite)
			12	14	16	18		
1	B-E WE-5C	5 ต่อ 1	-	0.4	0.4	-	0.2	0.2
3	F-E WE-4C	4 ต่อ 1	-	0.3	0.3	-	0.2	0.2
1	B-H WH-5C	5 ต่อ 1	-	-	0.4	0.4	0.2	0.2
3	E-H WH-4E	4 ต่อ 1	-	-	0.3	0.3	0.2	0.2
3	C-H WH-5D	5 ต่อ 1	-	0.4	-	0.4	0.2	0.2
3	F-H WH-4F	4 ต่อ 1	-	0.3	-	0.3	0.2	0.2

ที่มา 1 ช่างทำล้อหินขัดข้าว 4 หมู่ 8 ต. คำขวาง อ. วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

2 ร้าน บ. ดีการช่าง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

3 สูตรที่ผู้วิจัยจะใช้เปรียบเทียบ

ตารางที่ 3.3 แสดงส่วนผสมหินขัดข้าวขาว

3.) การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบแรงอัด และการทดสอบแรงอัด

1. การผลิตชิ้นทดสอบและขนาดของชิ้นทดสอบ

โดยเริ่มจากการทำชิ้นทดสอบ (Specimens) แต่ละชิ้นให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ∅ 50 mm. และสูง 100 mm. ตามมาตรฐาน มอก.๔๐๙ - ๒๕๒๕

2. ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

1) เตรียมน้ำเกลือ $MgCl_2$ ปริมาตร 100 ml. ให้ได้ค่าความเค็ม เท่ากับ 30 ดีกรี โดยใช้ ปรอทวัดค่าความเค็มของน้ำเกลือ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2) อัตราส่วนผสมที่ได้ จากตารางที่ 3.2 และ 3.3 แต่ละอัตราส่วนนำมาผสมคลุกเคล้าให้ส่วนผสมเข้ากัน จากนั้นค่อยเท น้ำเกลือ $MgCl_2$ ปริมาตร 100 ml. ค่าความเค็ม เท่ากับ 30 ดีกรี ลงไปแล้วทำการคลุกเคล้าให้ส่วนผสมเข้ากันอีกครั้ง

3) อัตราส่วนผสมที่ได้ จาก ข้อ 2) นำเอาไปทำเป็นชิ้นทดสอบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ∅ 50 mm. และสูง 100 mm. ตามมาตรฐาน มอก.๔๐๙ – ๒๕๒๕ ด้วยเครื่องกดอัดชิ้นงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (รูปที่ 3.6)

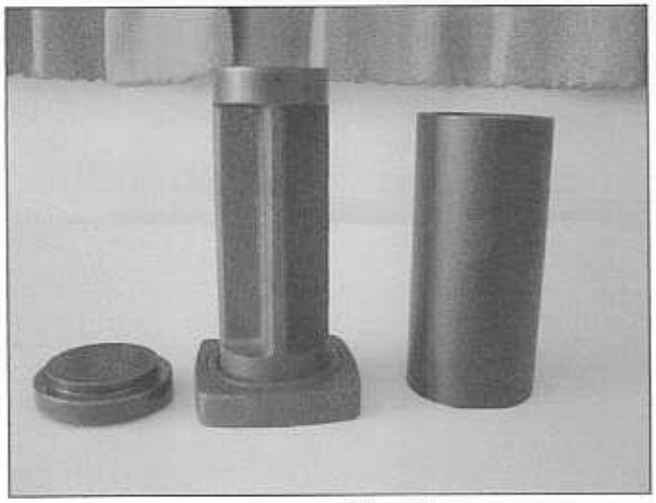
4) ชิ้นทดสอบที่ได้ จากข้อ 3) นำไปตั้งทิ้งไว้ให้แห้งพอดีแล้วใช้ผ้าคลุมแทนการอบด้วยอุณหภูมิ

5) ชิ้นทดสอบที่ได้ จากข้อ 4) นำไปทดสอบแรงอัด โดยใช้ เครื่อง P 10C/2A0 250 kN. Mortar Compression Automat คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยมีรายละเอียดของการทดสอบดังนี้

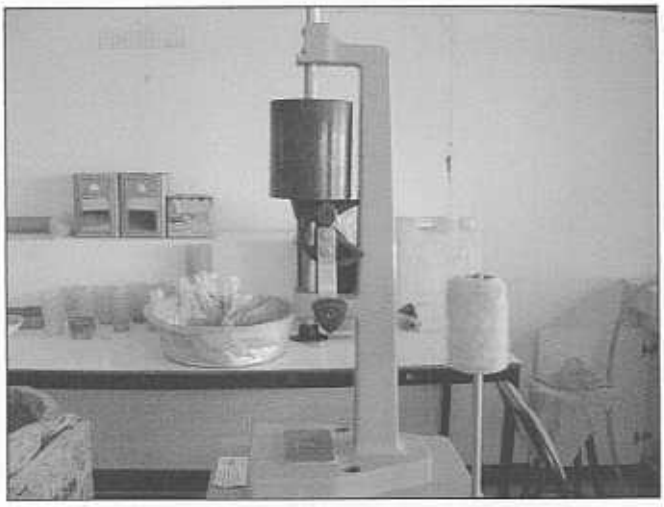
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นทดสอบ (∅)	50	mm.
พื้นที่ภาคตัดขวาง	1964.375	mm^2.
ความสูงก่อนทดสอบ	100	mm.
อัตราเร็วในการกดอัดของเครื่อง	200	N /sec

รูปที่ 3.5 แสดงเครื่อง P 10C/2A0 250 kN. Mortar Compression Automat คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

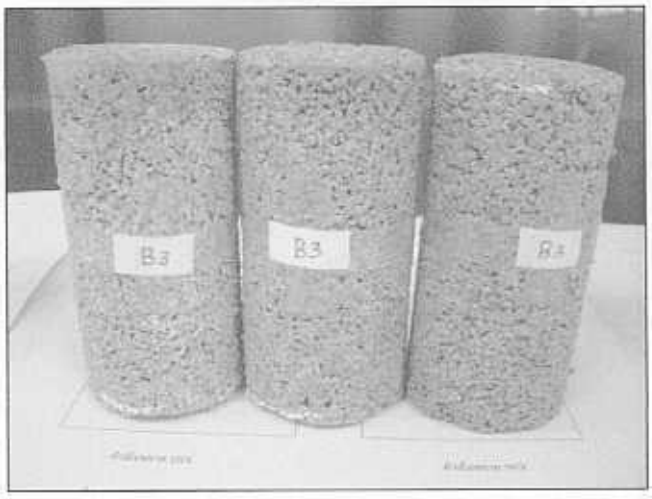
Ubon Rajathanee University



(a) แบบสำหรับขึ้นรูปชิ้นงาน



(b) เครื่องอัดชิ้นทดสอบ



(c) ชิ้นงานทดสอบ

รูปที่ 3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

Ubon Rajathanee University

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการสำรวจข้อมูล

4.1.1 ข้อมูลทั่วไปของหินขัดข้าวและวัตถุดิบ

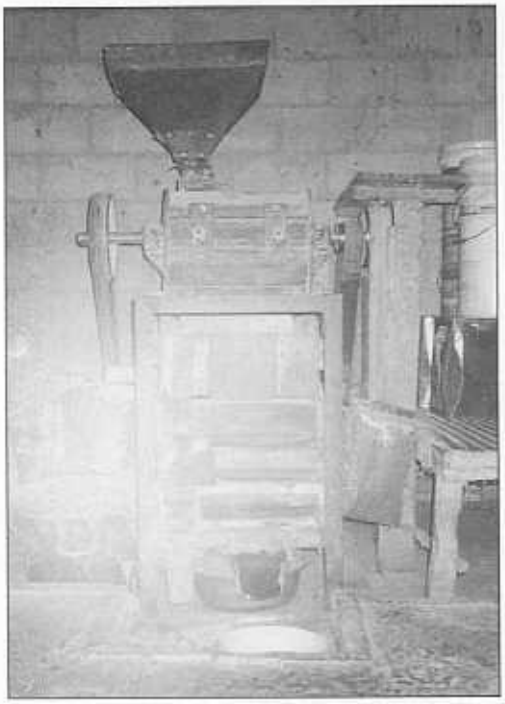
เครื่องสีข้าวในอดีต เช่น จากประเทศจีนในสมัยก่อนจะมีลักษณะเหมือนเครื่องโม่แป้ง โดยใช้ไม้ไผ่ และมีร่อง หมุนเป็นจาน จากนั้นจึงมีการพัฒนา มาเป็นแบบขัดสีโดยใช้ลูกหินที่มีแกนเป็นเหล็กและหุ้มด้วยวัสดุประกอบระหว่าง หินกากเพชร หินกากแก้ว และปูน ในการขึ้นรูปลูกหิน 1 ลูกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20-24 นิ้วนั้น จะใช้ปริมาณหินกากเพชรประมาณ 20 กิโลกรัม หินกากแก้ว 4 กิโลกรัม และปูน 4 กิโลกรัม ทำให้ราคาลูกหิน 1 ลูกประมาณ 2000-2,500 บาท รวมค่าแรงและติดตั้ง ถ้ามีการสีข้าวปกติวันละ 12 ชั่วโมง ลูกหินจะมีอายุการใช้งานประมาณ 1.5-2 ปี ปัจจุบันโรงสีข้าวที่ใช้ 2-3 หินขัด ราคาประมาณ 250,000 บาท และโรงสีใหม่ใช้หินขัดเดียว ราคา 100,000 บาท เนื่องจากในปัจจุบันเหล็กมีราคาแพงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแล้วเครื่องสีข้าวหินขัดเดียวจะให้ร้อยละของข้าวหักมากกว่าแบบหลายหิน

โดยทั่วไป ในการขัดข้าวจ้าวและข้าวเหนียวนั้น เกษตรกรจะใช้ลูกหินเดียวกัน ทั้งนี้ถ้าหากเป็นข้าวเมล็ดสั้น เช่นข้าวจ้าวแดง จะทำการปรับระยะระหว่างหินขัดและลูกยางให้ชิดกันมากขึ้น ส่วนข้าวจ้าวเมล็ดใหญ่ และ ข้าวเหนียวจะมีขนาดเมล็ดเกรนยาวกว่า ดังนั้นจะต้องมีการปรับระยะระหว่างหินขัดและลูกยางให้กว้างมากขึ้น การสีข้าวที่ดีนั้น ไม่ควรทำให้ข้าวหักและจะต้องมีจมูกข้าวติดอยู่ด้วย

รูปที่ 4.1 แสดงโรงสีชุมชนขนาด 3 ลูกหิน

Ubon Rajathanee University

รูปที่ 4.2 แสดงโรงสีแกนนอนขนาด 2 ลูกหิน



รูปที่ 4.3 แสดงโรงสีขนาดแบบหินเดียว

ข้อมูลสัมภาษณ์ นาย ไข มัฐผา เป็นช่างทำหินขัดมา 25 ปี โดยได้เรียนและฝึกกับช่างที่อยู่ในร้านคนจีนที่ขายโรงสี โดยสูตรในการผสมจะต่างกันแล้วแต่ช่างฝีมือ แต่จะใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นกับประสบการณ์ของช่าง ขนาดของลูกหิน และคุณภาพของวัตถุดิบ เป็นสำคัญ วัตถุดิบหลักที่ใช้ทำลูก

Ubon Rajathanee University

หินขัด คือ หินกากเพชร ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้เรียกกันทั่วไป และจะเรียกชื่อตามประเทศที่นำเข้า เช่น หินอังกฤษ, หินฮอลแลนด์, หินอินเดีย และ หินจีน เป็นต้น ส่วนหินในประเทศไทยไม่นิยมนำมาใช้ เนื่องจากไม่มีความแข็งพอ หินกากเพชรที่ขายในท้องตลาด จะมีตั้งแต่ เบอร์ 12,14,16 และ 18 โดยขนาดของเม็ดหินจะเล็กลงเมื่อเบอร์มากขึ้น โรงสีครอบครัวที่ใช้แกนหินขัดขนาด 16 นิ้ว , 18 นิ้ว , 20 นิ้ว นิยมใช้หินกากเพชรเบอร์ 14,16 ผสม 50:50 โดยน้ำหนัก ส่วนโรงสีอุตสาหกรรมส่งออกจะใช้หินเบอร์ 16 และ 18

ส่วนเจ้าของร้านที่จำหน่ายเครื่องสีข้าว และอุปกรณ์ ให้ข้อมูลว่า หินกากเพชรที่นิยมใช้มากที่สุดในประเทศไทยคือ หินอังกฤษ และรองลงมา คือ หินฮอลแลนด์ เพราะมีความแข็งน้อยกว่าหินอังกฤษ ส่วนหินจากประเทศอื่นจะไม่นิยมใช้ ในการขึ้นรูปลูกหินทางร้านก็มีการลองผิดลองถูกเช่นกัน เพราะเพราะขาดแคลนช่างที่ชำนาญ และปัจจุบัน หินกากเพชรที่มีขายในท้องตลาดมีความแข็งน้อยกว่าหินกากเพชรที่มีขายในอดีต จึงจำเป็นต้องมีการปรับส่วนผสมของปูนและน้ำเกลือ เพื่อไม่ให้ลูกหินที่ขึ้นรูปแล้วมีความแข็งมากเกินไป ซึ่งสังเกตได้จากความยากในการกลึงขึ้นรูป เพราะจะส่งผลให้มีเปอร์เซนต์ข้าวมากมากขึ้น และไม่อ่อนจนเกินไป จนทำให้หินหลุดปนมากับข้าวก่อนเวลาอันควร

ตารางที่ 4.1 จะแสดงข้อมูลทั่วไปของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำลูกหินขัด โดยได้จากการเก็บข้อมูลจากร้านค้าจำหน่าย ทั้งนี้ ราคาขายหินกากเพชร ที่นำเข้าจากอังกฤษ จะมีราคาแพงกว่าหินจากประเทศอื่น เนื่องจากมีความแข็งมากกว่า และเกษตรกรจะนิยมใช้มากที่สุด ส่วนปูนโรงสี จากการสำรวจ มีอยู่ 2 ยี่ห้อ คือถังแดง และถังเขียว โดยช่างที่ชำนาญนิยมใช้ปูนถังเขียวมากกว่าปูนถังแดง

ที่	ชื่อทางการค้า	สูตรเคมี/ชื่อเคมี	ยี่ห้อ/เครื่องหมายการค้า	ราคาขายต่อกิโลกรัม
1	หินกากเพชร, หินโรงสี	Emery	1. อังกฤษ 2. ฮอลแลนด์	45 บาท 35 บาท
2	หินกากแก้ว	Silicon carbide	-	65-70 บาท
3	ปูนโรงสี	Calcined Magnesite, MgO	1.ถังแดง (Thairung) 2.ถังเขียว (ตราดอกจิก)	55-60 บาท
4	เกลือ	$MgCl_2$	-	30 บาท

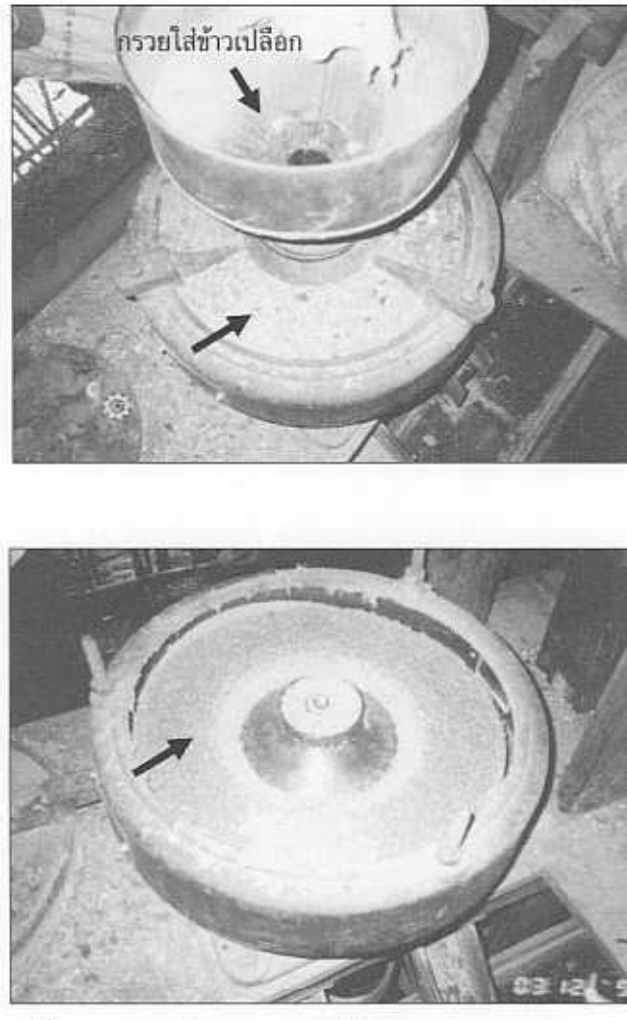
ตารางที่ 4.1 แสดงราคาซื้อขายของวัตถุดิบ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ลูกหินขัดข้าว จะมีอยู่ 2 แบบ คือ หินกะเทาะเปลือก และ หินขัดข้าวขาว

1. หินกะเทาะเปลือก ในการทำหินขัดข้าวขาวนี้โดยส่วนมากที่ใช้กันอยู่ในชุมชนปัจจุบันนี้จะใช้หินกากเพชรเบอร์ 12 และ 14 แต่ในหินกะเทาะเปลือกจะไม่มีการใส่หินกากแก้วเพราะแค่กะเทาะเปือกของข้าวให้หลุดออกไม่ได้ทำการขัดขาวจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ความคมของหินกากแก้ว ลักษณะของหินกระเทาะอาจจะเป็นแบบจานหมุน หรือเป็นทรงกระบอก ตัวอย่างของหินกระเทาะแบบจานหมุน แสดงในรูปที่ 4.4

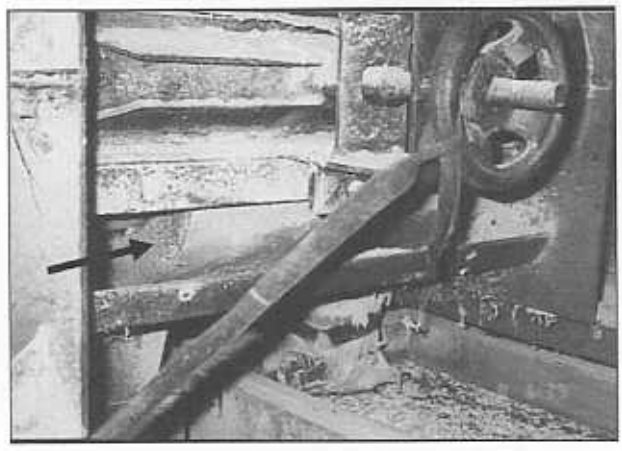


รูปที่ 4.4 แสดงหินกระเทาะเปลือกแบบจานหมุน

2. หินขัดข้าวขาว โดยส่วนมากหินขัดข้าวขาวที่ใช้กันในชุมชนจะใช้หินกากเพชรเบอร์ 16 และ 18 หรือ 14 และ 16 ซึ่งในการผสมเบอร์ของหินกากเพชรจะใช้เบอร์ที่มีความใกล้เคียงกันจึงจะทำให้ใช้งานได้ดี เพราะถ้าใช้หินเม็ดใหญ่แล้วเมื่อมีการหลุดของหินเม็ดใหญ่จะทำให้ผิวของหินขัดข้าวเกิดหลุมที่มีขนาดใหญ่ทำให้ประสิทธิภาพลดลง และอาจจะทำให้ข้าวหัก หินขัดในโรงสีขนาดใหญ่ถึงเล็กจะเป็นแบบกรวยตั้ง ส่วนเครื่องขนาดเล็กที่ใช้ในครอบครัวมักจะเป็นแบบแกนนอน ดังรูป 4.5

Ubon Rajathanee University

(a)



(b)

รูปที่ 4.5 แสดง (a) ล้อหินขัดแกนตั้งแบบกรวย และ (b) ล้อหินขัดแกนนอน

4.1.2 การขึ้นรูปลูกหินขัดข้าวขาวแกนนอนที่ใช้ในเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

4.1.2.1 สูตรในการผสม

จากการที่ได้ศึกษาข้อมูลจากช่างผู้ชำนาญการ เกษตรกรเจ้าของโรงสี และร้านค้าจำหน่ายโรงสี สามารถรวบรวมสูตรที่ใช้ในการผสมขึ้นรูปหินขัดข้าวขาวแบบแกนนอน ได้ทั้งหมด 7 สูตร อย่างไรก็ตาม สูตรที่ได้นี้เป็นเพียงการประมาณการ และปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความชำนาญในการขึ้นรูปของช่าง เพื่อที่จะให้ได้ลูกหินที่มีความแข็งแรง ในบางครั้ง ช่างจะทำการผสม 2 สูตรในการขึ้นรูปลูกหิน 1 ลูก กล่างคือ จะพอกหินขนาดเล็กด้านใน และหินขนาดใหญ่กว่าด้านนอก เป็นต้น สูตรที่รวบรวมได้แสดงในตารางที่ 4.2 ดังนี้

Ubon Rajathanee University

สูตรที่	อัตราส่วนผสมสัดส่วนโดยน้ำหนัก						น้ำเกลือ $MgCl_2$ (ดีกรี)
	หินกากเพชร เบอร์				หินกากแก้ว	ปูน	
	12	14	16	18			
1	0	0	2	2	1	1	30
2	0	0	4	0	1	1	30
3	0	0	3	1	1	1	30
4	0	0	2	2	0.5	1	30
5	1	1	1	1.5	0	1	30
6	0	0	2.5	2.5	0.5	1	29
7	0	2	2	0	1	1	30

ตารางที่ 4.2 สูตรที่ใช้ผสมหินขัดข้าวขาว

ที่มาของสูตร:

สูตรที่ 1 นายไผ มัฐผา 4 หมู่ 8 บ. เกษตรพัฒนา ต. คำขวาง อ. วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

สูตรที่ 2 ร้าน บ. ดีการช่าง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

สูตรที่ 3 ร้านสหอุบลกลการ ถ.อุปราช อ.เมือง จ.อุบลราชธานี

สูตรที่ 4 นางบุญมี นำสอน 133 หมู่ 8 ต.นาส่วง อ.เดชอุดม จ. อุบลราชธานี

สูตรที่ 5 โรงหล่อนิรันด์ อ.เดชอุดม จ. อุบลราชธานี

สูตรที่ 6 นายเปรม โพธิ์วัง โรงสีกองทุนบ้านห้วยแกน อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

สูตรที่ 7 ร้านราชามิลเลอร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น

จากตารางสูตรผสมจะเห็นว่าแต่ละสูตรจะมีความใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่า สูตรหลักที่ใช้เริ่มต้น คือ หิน 5 ส่วน (ทั้งหินกากเพชรและกากแก้วรวมกันในอัตราส่วน หินกากเพชร ต่อ หินกากแก้ว 4 ต่อ 1) และหินที่ใช้ส่วนมากคือ เบอร์ 16 และ 18, ปูน 1 ส่วน และ น้ำเกลือความเค็ม 30 ดีกรี (น้ำเกลือปริมาตรประมาณ 1 ขวดน้ำปลาต่อน้ำหนักหินกากเพชร 6 กิโลกรัม) โดยที่ความเค็มของน้ำเกลือสามารถวัดได้ด้วยปรอทวัดความเค็ม ราคา 110 บาท (แสดงในรูปที่ 4.6)

ถ้าในกรณีที่มีความต้องการหินขัดข้าวที่มีความแข็งมากก็ทำการเพิ่มน้ำเกลือและปูน สำหรับปูนและเกลือยิ่งเพิ่มในปริมาณที่มากกว่าสูตรมาตรฐานที่กำหนดไว้ในข้างต้นมากเท่าไร ก็จะทำให้หินขัดข้าวมีความแข็งมากขึ้น ถ้าปริมาณของปูนมากเกินไปจะทำให้หินขัดข้าวลื่นเกินไป แต่ถ้าปริมาณ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ของปูนน้อยเกินไป จะทำให้หินไม่ยึดติดกัน หรือยึดติดกันไม่ดี และสึกง่าย ระหว่างการเพิ่มปริมาณปูนและน้ำเกลือนั้น ตัวแปรที่มีผลกับความแข็งมากกว่าคือดีกรีความเค็มของน้ำเกลือ กล่าวคือ ถ้าความเค็มมากกว่า 30 ดีกรีจะส่งผลให้ลูกหินขัดแข็งมากเกินไป

ผลที่เกิดจากหินขัดข้าวขาวที่มีที่มีความแข็งมาก ๆ มีดังนี้

จะทำให้หินขัดข้าวลื่น, ทำให้เม็ดข้าวที่สีหักมากขึ้น, เม็ดของหินกากเพชร, หินกากแก้วไม่มีการเปลี่ยนถ่าย และประสิทธิภาพในการสีข้าวลดลง

ถ้าในกรณีที่มีความต้องการหินขัดข้าวที่มีที่มีความแข็งน้อยก็จะใช้ส่วนผสมที่น้อยกว่าส่วนผสมเริ่มต้นที่กำหนดไว้ โดยการลดปริมาณของเกลือและปูนลงให้น้อยลง และยิ่งมีการลดปริมาณของอัตราส่วนลงน้อยเท่าไรก็จะยิ่งทำให้ความแข็งของหินขัดข้าวน้อยลงตามไปด้วย

ผลที่เกิดจากหินขัดข้าวขาวที่มีความอ่อนมาก ๆ มีดังนี้

หินขัดข้าวจะมีการหลุดง่าย, เม็ดข้าวที่ออกมาไม่ขาว, เม็ดของหินกากเพชร, หินกากแก้วมีการหลุดมากเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง และ ประสิทธิภาพของหินขัดข้าวไม่ดี

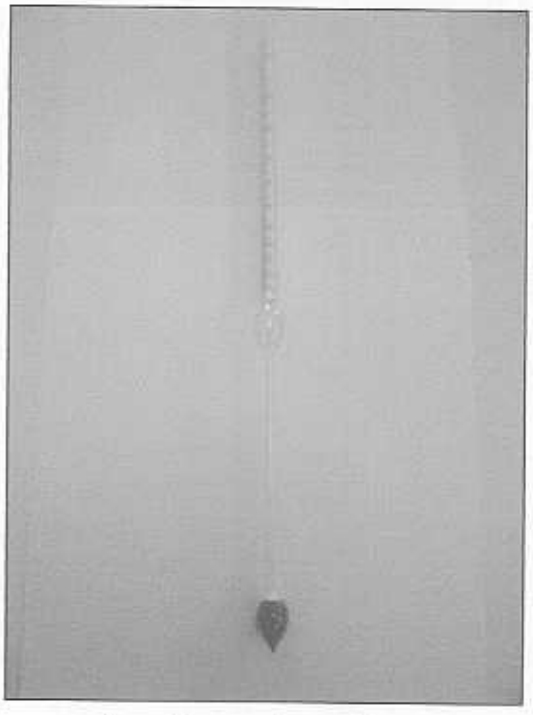
4.1.1.2 ขั้นตอนในการพอกหินขัดข้าว

1) ชั่งน้ำหนักของส่วนผสม ชั่งหินกากเพชรทั้งสองเบอร์ที่นำมาผสมนั้นในปริมาตรที่เท่ากัน (เป็นน้ำหนักของหินกากเพชรที่ผสมในสูตร) ชั่งหินกากแก้ว 2 ขีดต่อหินกากเพชร 1 กิโลกรัม ชั่งปูน 2 ขีดต่อหินกากเพชร 1 กิโลกรัม ใส่หินทั้งหมดลงไปในถังผสม จากนั้นใส่ปูนลงไปในปริมาตรตามสูตรและทำการผสมปูนกับหินให้ผสมเข้ากัน
2) ทำการผสมเกลือกับน้ำตามปริมาณที่ต้องการโดยที่ความเค็ม 30 ดีกรี โดยใช้ปรอทวัดความเค็มจุ่มลงในสารละลายและอ่านค่าความเค็มจากระดับน้ำที่เท่ากับสเกลของปรอท
3) เติมน้ำเกลือที่ได้ผสมไว้ลงไปคลุกเคล้ากับหินและปูนในปริมาณที่พอเหมาะ กล่าวคือไม่ให้เหลวเกินไปและไม่ให้ข้นจนเกินไป เพราะถ้ามีความเหลวมากไปจะทำให้การปั้นนั้นทำได้ยากและถ้ามีความข้นมากเกินไปก็จะทำให้ปั้นไม่ติดแกน
4) การพอก ก่อนจะทำการพอกควรจะใช้ปูนผสมกับน้ำเกลือพอกที่แกนบาง ๆ จากนั้นใช้เกียงฉาบพอกโดยจะทำการพอกจากฐานที่ต้องการไปจนถึงตำแหน่งด้านบนที่ต้องการทำการพอกไปเรื่อยจนได้ความหนาตามที่ต้องการ แล้วใช้ฉากกวาดเพื่อให้ได้ผิวที่เรียบ
5) ถ้าผิวไม่เรียบทำการพอกอีกครั้ง และ ใช้ฉากกวาดอีกรอบจนได้ผิวที่สม่ำเสมอ(ในการพอกอีกครั้งและทำการกวาดอีกครั้งด้วยฉากจะทำหินนั้นแน่นขึ้นด้วย)
6) ทำการพอกรอบนอกอีกโดยต้องเพิ่มปริมาณของน้ำเกลือลงไปในส่วนผสมอีกเพื่อที่จะให้ได้ส่วนผสมที่มีความเหลวกว่าเดิมเล็กน้อย เพื่อที่จะทำให้ผิวของชิ้นงานเรียบขึ้นและทำให้การกวาดนั้นง่ายขึ้น (ในการผสมส่วนผสมที่จะทำการพอกนั้นต้องพอกทันทีที่ผสมเสร็จและจะต้องมีการผสมตลอด) ความหนาหลังพอกแล้วประมาณ 1- 1 ½ นิ้ว

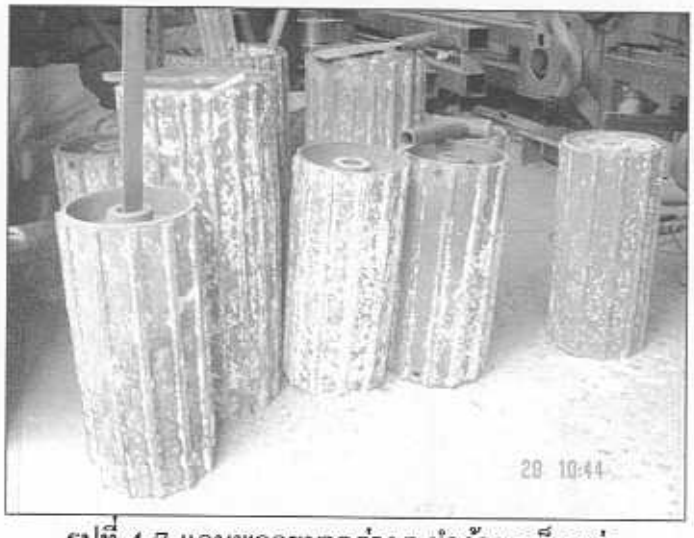
Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

7) การกลึง(ลูกหินขัดข้าว) นำหินที่พอกได้ในข้างต้นไปทำการกลึงให้ได้ขนาดที่ต้องการ หลังจากทิ้งไว้ให้แห้งค้างคืนแล้ว ในการกลึงนี้นอกจากจะเป็นการทำหินให้เรียบและกลม แล้วยังเป็นการทำให้หินนี้มีความคมด้วย

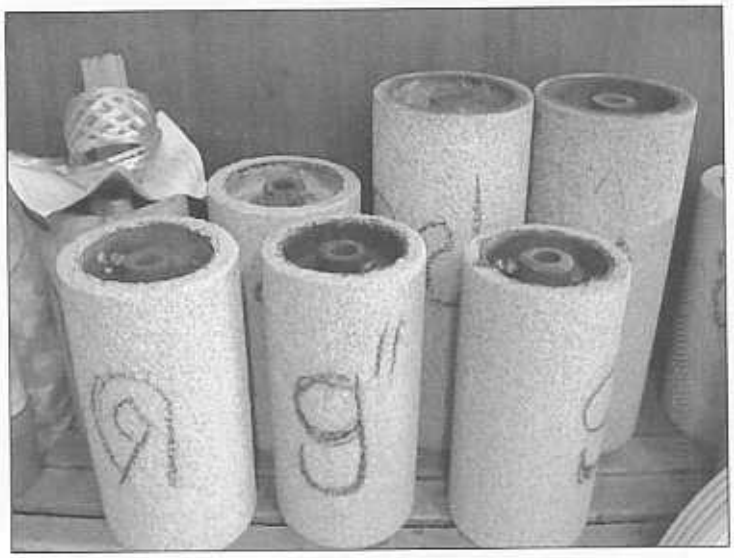


รูปที่ 4.6 แสดงปรอทวัดความเค็มผลิตในประเทศจีน

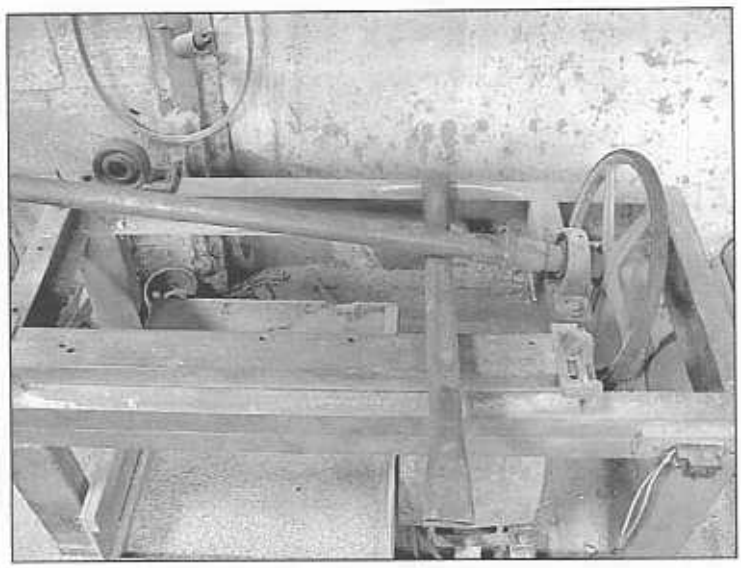


รูปที่ 4.7 แกนพอกขนาดต่าง ๆ ทำด้วยเหล็กหล่อ

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 4.8 ลูกหินที่ผ่านการกลึงพร้อมใช้งานขนาดต่าง ๆ



รูปที่ 4.9 เครื่องกลึงลูกหินที่ผลิตขึ้นเองโดยร้านจำหน่ายโรงสี

4.1.3 โครงสร้างทางกายภาพของหินขัดข้าวขาว

4.1.3.1 การสังเกตลักษณะของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นำมาทำหินขัดข้าวทั้ง 2 ชนิด คือ หินกากเพชรจะมีลักษณะเม็ดหยาบ ส่วนหินกากแก้วจะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมและจะมีความคมมากกว่าหินกากเพชร มีความวาวเหมือนแก้ว

4.1.3.2 ผลการตรวจสอบด้วยสายตาของชิ้นงานหินขัดข้าวที่ใช้แล้ว ได้ข้อมูลดังนี้

- มีผิวขรุขระไม่เรียบ
- ความคมของหินหายไปจากเดิม ทำให้ขนาดของเม็ดหินเล็กลงกว่าเดิม

Ubon Rajathanee University

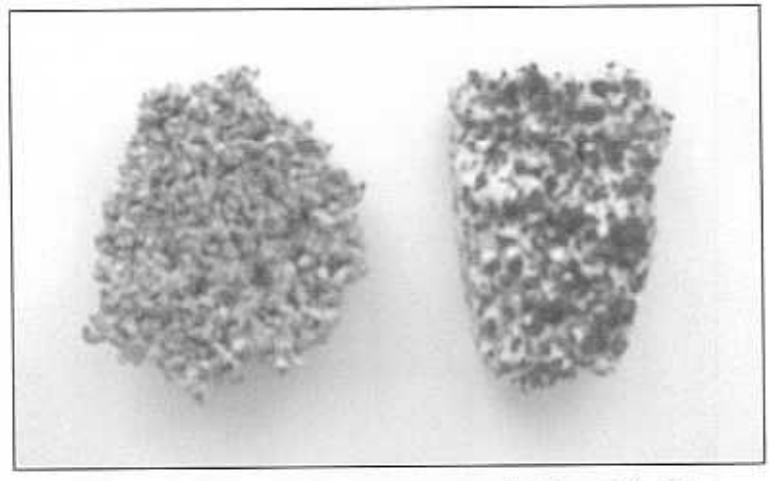
- มีรอยตำเหมือนกับรอยไหม้
- จะหลุดง่ายตามหน้าผิวที่ขรุขระ
- การยึดเกาะลดลงตามอายุของปูนที่ใช้
- เม็ดหินดูเงาขึ้นจากการสัมผัสกับเม็ดขาว
- พื้นผิวในการสัมผัสของเม็ดข้าวลดลง
- เม็ดหินมีขนาดเล็กลง
- การหลุดออกของเม็ดหินขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่
- การหลุดไม่สม่ำเสมอ

4.1.3.3 ผลการตรวจสอบด้วยสายตาของชิ้นงานหินขัดข้าวที่ยังไม่ใช้งาน

- ความคมของหินขัดยังคงเดิม
- ผิวนอกค่อนข้างเรียบ บางช่วงจะมีมีความสากที่ขรุขระ แต่สม่ำเสมอ
- สภาพหินยังคงไม่มีการสึกหรอหรือหลุดออก

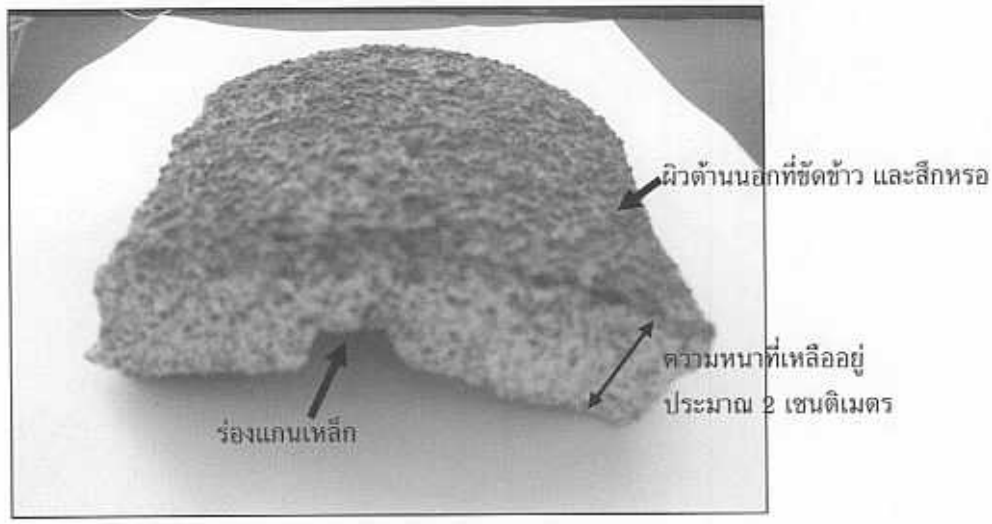
4.1.3.4 ลักษณะการเกาะยึดกับแกนพอก

- แกนพอกมีสนิมกระจายทั่วไป
- ผิวสัมผัสระหว่างแกนเหล็กหล่อและปูนเรียบแน่น
- มีการทำร่องสำหรับการเกาะยึด
- ระยะห่างระหว่างร่องตามแนวนอน 1 ½ - 2 นิ้ว



รูปที่ 4.10 แสดงเปรียบเทียบลักษณะของวัสดุผสมลูกหินที่(ซ้าย) ยังไม่ใช้งาน และ (ขวา) ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 ปี

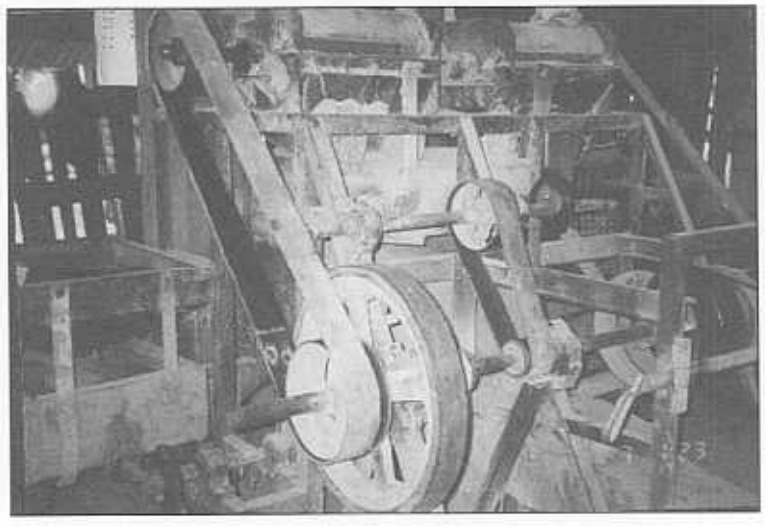
Ubon Rajathanee University



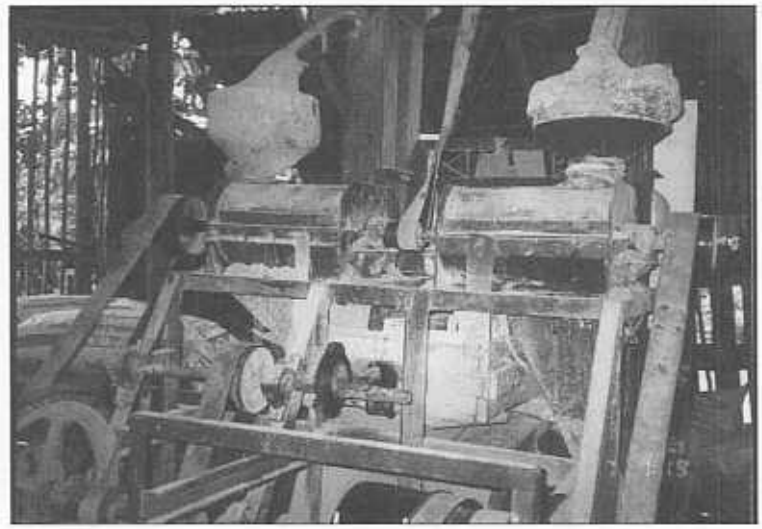
รูปที่ 4.11 ลูกหินขัดข้าวที่หมดประสิทธิภาพและถูกกระเทาะออกจากแกน

4.2 ปัญหาของผู้ประกอบการโรงสีข้าวขนาดเล็ก

1. จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงสีข้าว คือ คุณ เสถียร คำแสง 91 หมู่ 9 บ. น้อยเจริญ ต. ธาตุ อ. วารินชำราบ จ. อุบลราชธานี ซึ่งเป็นเจ้าของโรงสีข้าวขนาดเล็กแบบแกนนอนใช้ล้อหินขัดข้าว 2 ลูก ในการขัดข้าวให้ขาว และมอเตอร์ที่ใช้ขนาด 5 แรงม้า ในการขับเพลาเพื่อขัดข้าว ใช้ความเร็วรอบ ประมาณ 1200 รอบ / นาที ใช้หินขัดข้าวเบอร์ 12 กับ 14 ปริมาณการขัดข้าว ประมาณ 500 – 600 กก./วัน ปัญหาที่พบ คือ ล้อหินขัดเกิดการสึกหรอ , มอเตอร์ไฟฟ้าไหม้ และเพลาเกิดการชำรุด ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการขัดข้าวลดต่ำลง



รูปที่ 4.12 แสดงกลไกการทำงานของเครื่องสีข้าว

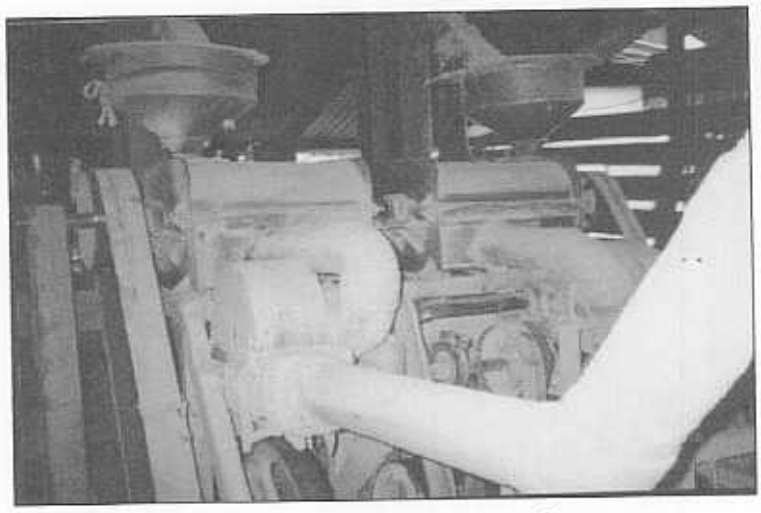


รูปที่ 4.13 แสดงตำแหน่งของล้อหินขัดข้าว 2 ลูก ซึ่งอยู่ภายในฝาครอบ

2. จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงสีข้าว คือ คุณ กวี คำภาชาติ 117 หมู่ 5 บ. ศรีไค ต. เมืองศรีไค อ.วารินชำราบ จ. อุบลราชธานี ซึ่งเป็นเจ้าของโรงสีข้าวขนาดเล็กรุ่น Turbo แบบล้อหินขัดแกนนอนใช้ล้อหินขัดข้าว 2 ลูก อายุการใช้งานของโรงสีข้าวขนาดเล็กประมาณ 7 ปี ปริมาณข้าวที่ทำการขัด 600 – 700 กก./ วัน ล้อหินขัดเบอร์ 18 อายุการใช้งานล้อหินขัด 1 – 2 ปี ราคาประมาณ 2000 – 2500 บาท/ ลูก ใช้มอเตอร์ 7 แรงม้า กระแสไฟฟ้า 20 A ค่าไฟฟ้าประมาณ 1500 – 2500 บาท/ เดือน ปัญหาที่พบ คือ ยางกระเทาะสึกหรอเร็ว ชุดเพลาขับแตกชำรุด และหินขัดข้าวสึกหรอเร็วเกินไป

รูปที่ 4.14 ลักษณะโรงสีข้าวขนาดเล็กแบบ 2 ลูกหิน ของคุณ กวี คำภาชาติ

Ubon Rajathanee University



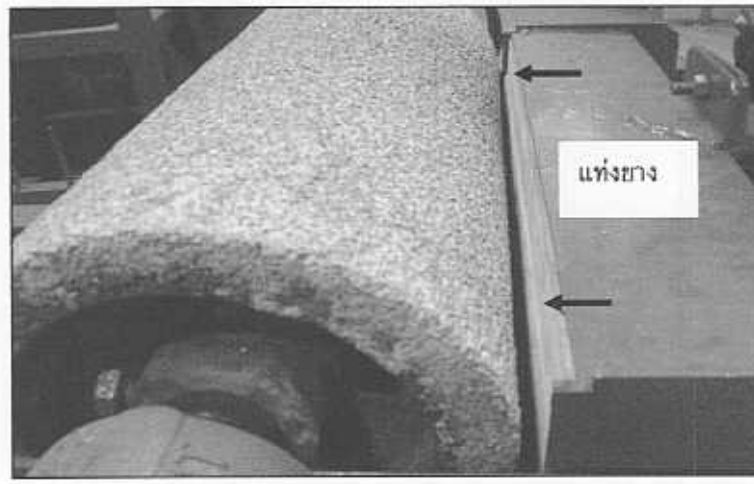
รูปที่ 4.15 แสดงตำแหน่งของล้อหินขัดข้าว 2 ลูก ซึ่งอยู่ภายในฝาครอบ

3. ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ร้านที่จำหน่ายเครื่องสีข้าว สรุปปัญหาที่พบ คือ

1. เพลาแตก , ตะแกรงขาด, สายพานขาด และปัญหาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของล้อหินขัดข้าวที่เกิดการสึกหรอทำให้ วัสดุหินขัดข้าวปนมากับข้าวสาร
2. เวลาทำการขัดขาว ข้าวที่ปล่อยลงจากถังเก็บจะไม่ไหลไปตามแกนของหินขัดข้าวกับตะแกรงข้าวจะรวมกันอยู่บริเวณที่ปล่อยข้าวลงไปสู่ล้อหินขัดข้าว
3. อายุการใช้งานของล้อหินขัดข้าวต่ำลงจากที่เป็นจริง จึงเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนล้อหินขัดข้าวในแต่ละครั้ง
4. ช่องว่างระหว่างลูกยางกับล้อหินขัดข้าวมีช่องว่างที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอกัน
5. เพลาเกิดสนิมเกาะและเกิดการชำรุด ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการขัดข้าวลดต่ำลง
6. ล้อหินขัดข้าวเกิดการสึกหรอทำให้มีเศษวัสดุของหินขัดข้าวปนมากับข้าวสาร ทำให้คุณภาพของข้าวสารที่ได้มีคุณภาพต่ำลง

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 4.16 ช่องว่างระหว่างลูกยางกับล้อหินขัดข้าวมีช่องว่างที่ไม่สม่ำเสมอกัน

รูปที่ 4.17 แกนล้อหินที่ทำด้วยเหล็กหล่อเกิดสนิม

4.3 ผลการสำรวจความต้องการของผู้ประกอบการโรงสีข้าว

ประสิทธิภาพของหินขัดข้าวนั้นมีสามารถทดสอบได้จาก ความสวยงามของเม็ดข้าวที่ผ่านการสีแล้ว ปริมาณของข้าว การปนเปื้อนของหินในข้าว อายุการใช้งาน ความสวยงามของหิน ความคมของหิน เป็นต้น ข้อมูลสัมภาษณ์เจ้าของโรงสีข้าวขนาดเล็ก ทั้งหมด 10 คน ส่วนมากจะได้จากผู้ประกอบการที่ใช้โรงสีข้าวแบบหินเดียวและสองลูกหิน ขนาดของหินขัดที่ใช้มีขนาด 18 นิ้ว ได้ผลสรุปดังนี้

4.3.1 ความสนใจของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการโรงสีข้าว

1. ปริมาณของข้าว

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ผลสำรวจ คือ ลูกค้าที่มาใช้บริการมีความสนใจเกี่ยวกับปริมาณของเม็ดข้าวนั้นน้อย เพราะโรงสีข้าวที่ออกไปทำการสำรวจเป็นโรงสีข้าวในชุมชนโดยส่วนมากจะมีไว้สีกันเฉพาะในครอบครัวหรือเครือญาติจึงไม่ค่อยสนใจในเรื่องนี้

2. ความสวยของเม็ดข้าว

ผลสำรวจ คือ ลูกค้ามีความสนใจเกี่ยวกับความสวยงามของเม็ดข้าวที่ได้จากการสีมาก เพราะลูกค้าโดยส่วนมากต้องการเม็ดข้าวที่ขาวสวยน่ารับประทานมากกว่าเม็ดข้าวที่หักและสีเหลือง

3. ขนาดของเม็ดข้าว

ผลสำรวจ คือ ลูกค้าที่มาใช้บริการมีความสนใจเกี่ยวกับขนาดของเม็ดข้าวปานกลาง เพราะว่า สิ่งที่ลูกค้าที่มาทำการสีข้าวกับผู้ประกอบการนั้น ต้องการเม็ดข้าวที่มีขนาดเม็ดที่เต็มเม็ดไม่หักมากหรือไม่หักเลยยิ่งเป็นที่ต้องการของลูกค้ามากตามไปด้วย แต่ก็เป็นที่สองรองจากความสวยของข้าว

4. ปริมาณของเศษหินที่ปนมากับเม็ดข้าว

ผลสำรวจ คือ ลูกค้าที่มาใช้บริการมีความสนใจเกี่ยวกับปริมาณของหินที่ปนมากับเม็ดข้าวปานกลางค่อนไปทางน้อย เพราะ ในการที่ลูกค้ามาสีข้าวนั้นก็ต้องการข้าวที่ไม่มีเจอปนเพราะในการมาใช้บริการนั้นมีปริมาณเศษหินที่ปนน้อยหรือแทบจะไม่มีเพราะถ้ามีมากแสดงว่าหินเริ่มมีการสึกและผู้ประกอบการก็จะทำการเปลี่ยนหินใหม่ลูกค้าจึงไม่ค่อยสนใจมาก

4.3.2 ปัญหาของผู้ประกอบการที่พบในการใช้หินขัดข้าว

1. อายุการใช้งานของหินขัดข้าว

ผลสำรวจ คือ ผู้ประกอบการนั้นมีปัญหาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของหินขัดข้าวน้อย เพราะโดยส่วนมากเป็นโรงสีข้าวขนาดเล็กที่ใช้ในครัวเรือนมีการสีในแต่ละวันน้อยหรือไม่มีการสีเลย เพราะฉะนั้น อายุการใช้งานของหินนี้จึงไม่เป็นปัญหากับผู้ประกอบการมากนัก และอายุการใช้งานของหินโดยสาวนมากจะใช้ได้ 2 ปี แต่ถ้าเป็นของผู้ประกอบการที่มีการสีข้าวในวันหนึ่งปริมาณมากก็จะใช้ได้เพียง 5-6 เดือน

2. ความคมของหิน

ผลสำรวจ คือ ผู้ประกอบการนั้นมีปัญหาเกี่ยวกับความคมของหินปานกลางค่อนไปทางมาก เพราะ บางครั้งผู้ประกอบการที่ทำหินขัดข้าวขายนั้นใส่หินกากแก้วในปริมาณน้อยเกินไปและเมื่อพอกเสร็จแล้วก็ไม่มีการกลึงหินขัดก่อนหรือกลึงแค่ที่ผิวนอกน้อย ทำให้การใช้งานในช่วงแรกจึงมีเศษหินปนค่อนข้างมาก

3. การสึกหรอของหินขัด

ผลสำรวจ คือ ผู้ประกอบการนั้นมีปัญหาเกี่ยวกับการสึกของหินขัดปานกลางค่อนไปทางน้อย เพราะ ไม่ค่อยได้ทำการสีเท่าไรหรือมีการสีน้อยมากจึงไม่ค่อยที่จะมีปัญหาเกี่ยวกับการสึกของหินขัด

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

4. การซื้อหินขัดข้าว

ผลสำรวจ คือ ผู้ประกอบการนั้นมีปัญหาเกี่ยวกับการไปหาซื้อหินขัดข้าวนั้นมีน้อย เพราะโดยส่วนมากแล้วจะมีร้านค้าประจำและยังมีการซ่อมและบริการส่งหินขัดข้าวถึงที่บ้าน

4.3.3 ความต้องการของผู้ประกอบการที่ต้องการเกี่ยวกับหินขัดข้าว

1. ความคม

ผลสำรวจ คือ ผู้ประกอบการที่ต้องการเกี่ยวกับความคมของหินขัดข้าวปานกลาง เพราะถ้าหินขัดข้าวมีความคมมากก็จะทำให้เม็ดข้าวหัก

2. อายุการใช้งาน

ผลสำรวจ คือ ผู้ประกอบการที่ต้องการเกี่ยวกับอายุการใช้งานของหินขัด จะมีความต้องการอยู่ที่ 1 ปี ขึ้นไป สำหรับผู้ประกอบการที่มีการสีข้าวในปริมาณมากใน 1 วัน แต่สำหรับผู้ประกอบการที่มีการสีในปริมาณน้อยใน 1 วัน จะมีความต้องการอยู่ที่ 3 ปี

3. ความสวยงามของหินขัด

ผลสำรวจ คือ ผู้ประกอบการที่ต้องการเกี่ยวกับความสวยงามของหินขัดข้าวมีมาก เพราะเมื่อไปซื้อสิ่งที่ผู้ประกอบการนั้นสังเกตได้เลยคือ ความสวยของหินขัดข้าวที่จะทำการซื้อนั้นเอง

4. ความยากในการถอดประกอบ

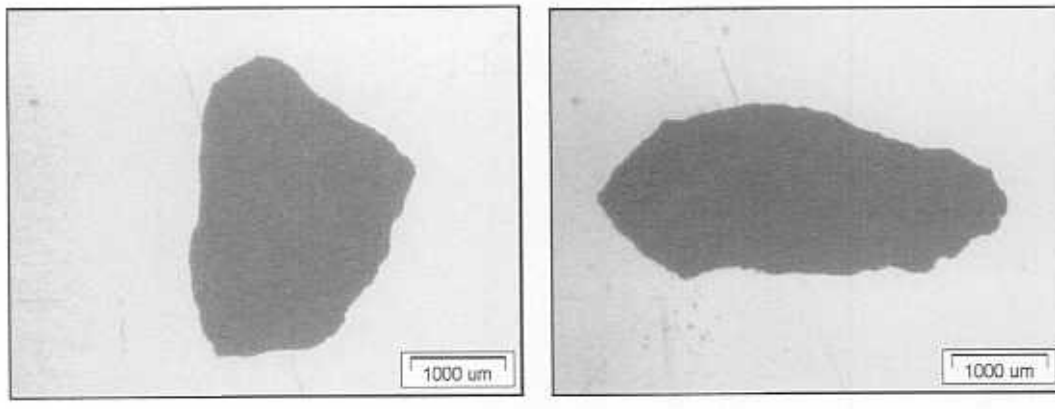
ผลสำรวจ คือ ผู้ประกอบการที่ต้องการเกี่ยวกับการถอดประกอบค่อนข้างที่จะมีน้อยเพราะว่าที่ใช้อยู่สามารถที่จะทำการถอดง่ายอยู่แล้ว

Ubon Rajathanee University

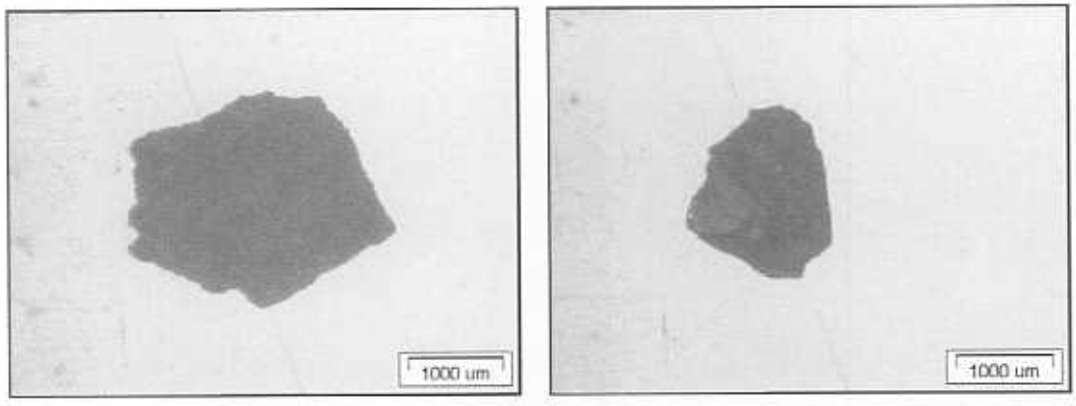
Ubon Rajathanee University

4.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ โดยวิธี Image Analysis ของหินกากเพชรและกากแก้ว

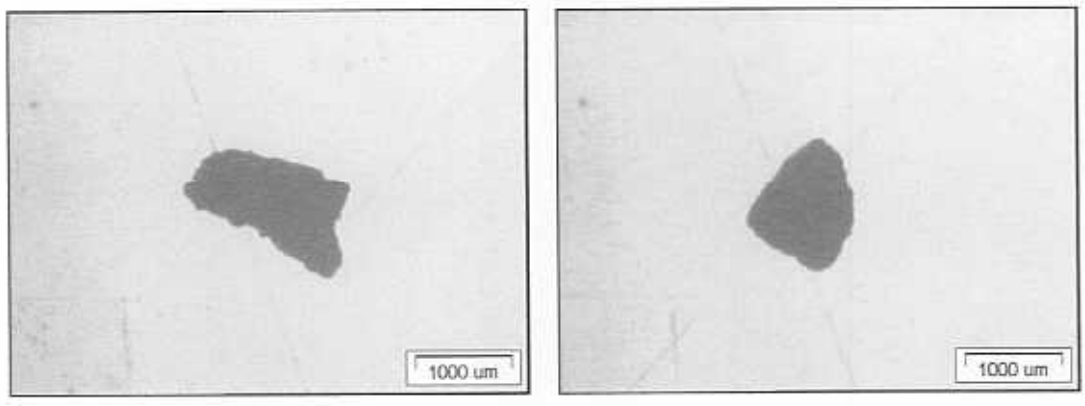
4.4.1 หินกากเพชร Holland เบอร์ 14, 16 และ 18



เบอร์ 14



เบอร์ 16



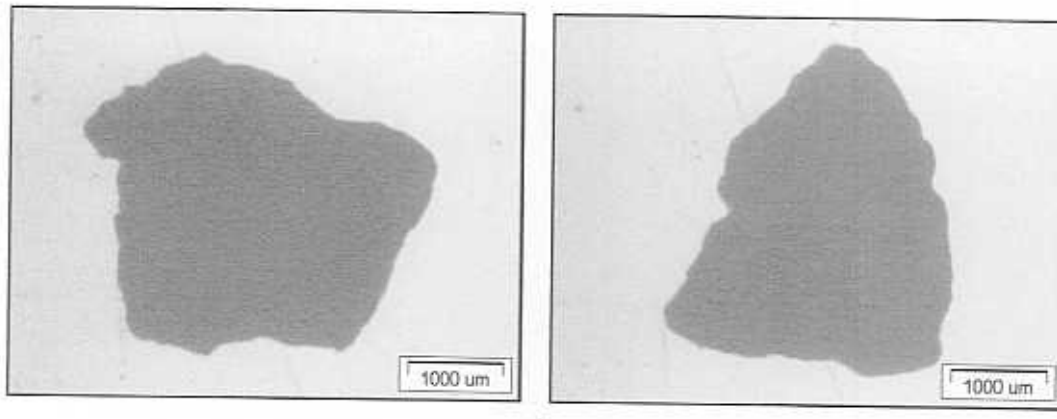
เบอร์ 18

รูปที่ 4.18 แสดงหินกากเพชรฮอลแลนด์

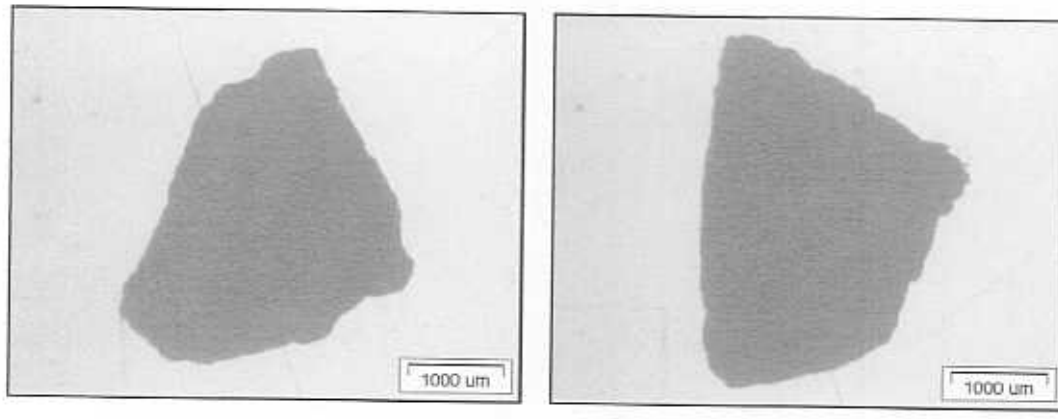
Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

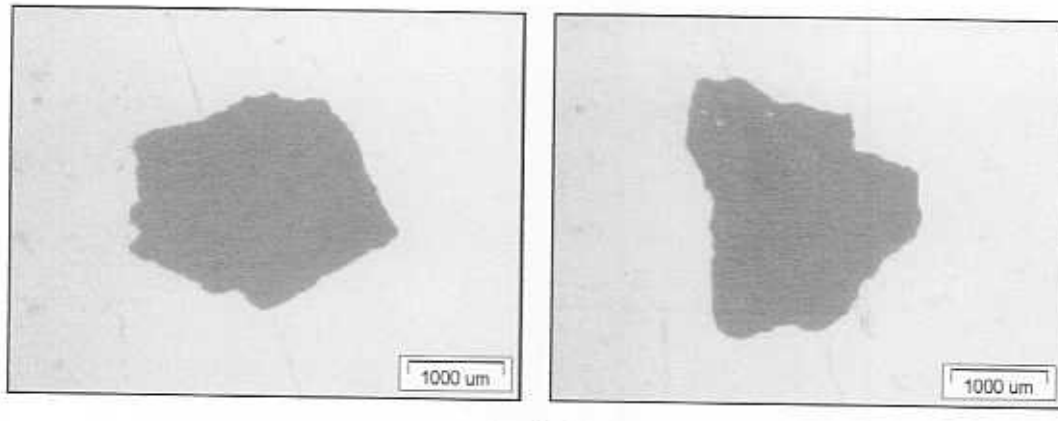
4.4.2 หินกากเพชรอังกฤษ เบอร์ 12, 14 และ 16



เบอร์ 12



เบอร์ 14



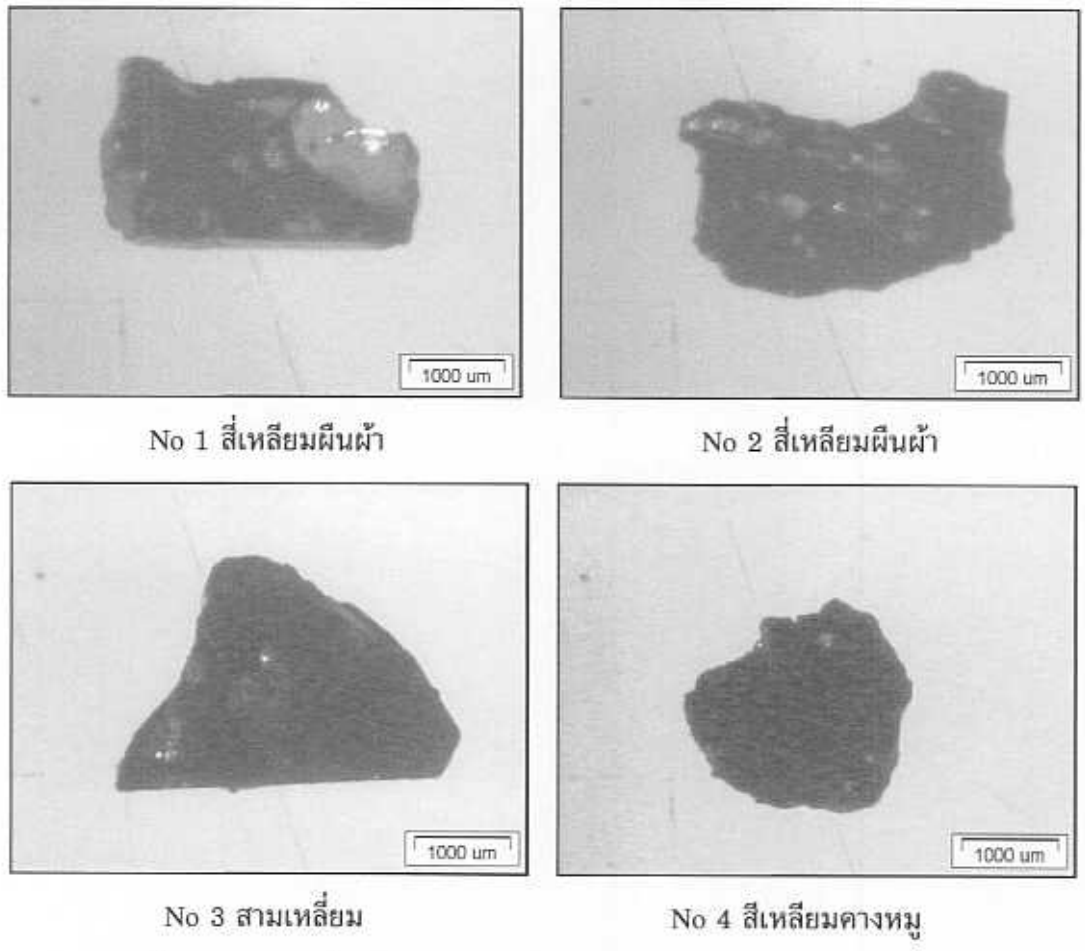
เบอร์ 16

รูปที่ 4.19 แสดงหินกากเพชรอังกฤษ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

4.4.3 กากแก้ว (Silicon carbide)



No 1 สี่เหลียมผืนผ้า No 2 สี่เหลียมผืนผ้า

No 3 สามเหลี่ยม No 4 สีเหลียมคางหมู

รูปที่ 4.20 แสดงเม็ดหินกากแก้ว (Silicon carbide) ขนาดและรูปร่างต่างๆ

จากรูปที่ 4.18-4.20 หินกากเพชรอังกฤษมีสีเทาเข้ม และมีสีน้ำตาลปนเล็กน้อย สีหม่นไม่มีนวาว ผิวสาก หินกากเพชรฮอลแลนด์จะมีสีเทาผสมกับน้ำตาลเข้มและบางเม็ดจะมีสีน้ำตาลอ่อน ผิวหยาม เมื่อเปรียบเทียบกับหินอังกฤษแล้วหินฮอลแลนด์จะมีสีน้ำตาลและสิ่งเจือปนมากกว่า สำหรับหินกากแก้ว (Silicon carbide) มีสีดำ มีลักษณะเป็นเหลี่ยมคมมาก มีความวาวคล้ายกระจก

จากตารางที่ 4.3 ขนาดของเมล็ดเกรนเมื่อพิจารณาจากค่า Diameter max และ Diameter min พบว่า หินกากเพชรอังกฤษ เบอร์ 12 มีขนาดใหญ่ที่สุด โดยมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 3,398.37 μm รองลงมา คือ เบอร์ 14 และ เบอร์ 16 ตามลำดับ หินกากเพชรเบอร์ 14 ของฮอลแลนด์ มีค่าใกล้เคียงกับหินเบอร์ 16 ของอังกฤษ คือประมาณ 2,500 μm และขนาดเม็ดเกรนที่เล็กที่สุดคือ หินกากเพชรฮอลแลนด์เบอร์ 18 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1,431.39 μm

เมื่อพิจารณาจากรูปร่างของหินกากเพชร พบว่า ลักษณะรูปร่างของหินกากเพชร จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน หน้าตัดสามารถมีได้ตั้งแต่สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมคางหมู ห้าเหลี่ยม และ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ค่อนข้างกลม โดยที่หินกากเพชร เบอร์ 18 จะมีลักษณะรูปร่างที่มีหลายเหลี่ยมและค่อนข้างกลม เพราะมีค่า Aspect Ratio ที่ต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาจากค่า Shape Factor, หินกากเพชรฮอลแลนด์ เฉลี่ย 0.76 จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีค่า Aspect Ratio ประมาณ 1.4 และมีค่า Convexity 0.94-0.96 แสดงว่ามีความหยัก ผิวไม่เรียบ ลักษณะทางกายภาพของหินกากเพชร อังกฤษ เบอร์ 12 จะมีรูปร่างค่อนไปทางสามเหลี่ยม โดยพิจารณาจากค่า Shape Factor เฉลี่ยเท่ากับ 0.76 แต่จะมีความหยักและขรุระที่ผิวมากเพราะมีค่า Convexity 0.948 ส่วนเบอร์ 14 มีค่า Aspect Ratio ใกล้เคียงกับเบอร์ 12 และ และเบอร์ 16 มีค่า Aspect Ratio, Shape Factor และ Convexity ต่ำสุด แสดงว่ามีขนาดค่อนข้างเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่าและมีผิวขรุขระมากที่สุด

หินกากแก้วมีขนาดความโตของเมล็ดเกรนค่อนข้างกระจายมีทั้งขนาดเล็กประมาณ 2,000 μm และขนาดใหญ่ ประมาณ 4,000 μm มีค่า Shape Factor เฉลี่ยที่ 0.60 และ Aspect Ratioเฉลี่ย 1.69 แสดงว่ามีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ Convexity เฉลี่ยที่ 0.91 แสดงว่าผิวไม่เรียบ มีมุมหยักมาก

วัตถุดิบ	เบอร์	max diameter (μm)	mean diameter (μm)	min diameter (μm)	aspect ratio	convex perimeter (μm)	shape factor	convexity
กากเพชร ฮอลแลนด์	14	2869.226	2564.15	1971.554	1.453	8064.864	0.769	0.953
	16	1969.648	1769.807	1391.706	1.406	5596.224	0.756	0.941
	18	1570.793	1431.397	1099.677	1.346	4504.923	0.757	0.941
กากเพชร อังกฤษ	12	37681.04	3398.365	2681.697	1.404	10784.112	0.757	0.948
	14	3768.104	3217.173	2517.86	1.409	10201.193	0.762	0.956
	16	2825.776	2554.582	1974.12	1.362	8047.323	0.723	0.934
กากแก้ว		3406.156	3053.943	2046.763	1.691	9376.818	0.607	0.91

ตารางที่ 4.3 ขนาดรูปร่างของหินกากเพชรฮอลแลนด์

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

4.5 ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง XRF

ค่าพลังงานของ k_α ของ Iron(Fe), Aluminum(Al), Silicon(Si), Magnesium(Mg) และ Chorine คือ 6.4655, 1.4815 1.7410, 1.2480 และ 2.6200 ตามลำดับ จากตารางที่ 4.4 ธาตุที่เป็นส่วนผสมหลักของหินกากเพชร คือ เหล็กและอลูมิเนียม ส่วนหินก่อสร้าง ก็จะมีธาตุเหล็กและอลูมิเนียมเป็นส่วนผสมเช่นกัน แต่มีปริมาณที่ต่ำกว่ามาก แต่จะมีความเข้มข้นของซิลิกอนมากกว่าหินกากเพชรมากกว่าประมาณ 2-3 เท่า ส่วนหินกากแก้วจะมีความเข้มข้นของซิลิกอนมากที่สุด ผลการทดลองของเกลือก็ได้ว่ามีส่วนผสมของธาตุแคลเซียมมากกว่าแมกนีเซียม

Materials	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย Rmeas(kcps)				
	Fe	Al	Si	Mg	Cl
หินกากเพชร(อังกฤษ)	477.5764	355.6065	36.5133		
หินกากเพชรฮอลแลนด์)	474.0589	253.8749	24.7716		
หินก่อสร้าง	164.492	25.8259	94.8206		
หินกากแก้ว	4.9057	1.7051	583.2302		
เกลือ				32.6655	342.1191

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของวัตถุดิบ

4.6 การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์

ผลการทดสอบความแข็งของหินที่ใช้ทดสอบ แสดงในตารางที่ 4.5 ปรากฏว่า หินกากแก้วมีความแข็งมากที่สุด รองลงมาคือ หินกากเพชรของอังกฤษ และ หินกากเพชรของฮอลแลนด์ หินที่มีความแข็งต่ำสุด คือ หินก่อสร้าง

ชนิดของหิน	HV (1 กิโลกรัม)
หินกากแก้ว	5063.7
หินกากเพชรของอังกฤษ	2473.0
หินกากเพชรของฮอลแลนด์	2117.5
หินก่อสร้าง	609.8 (300 กรัม)

ตารางที่ 4.5 ความแข็งไมโครวิกเกอร์ของวัตถุดิบ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

4.7 ผลการทดลองความต้านทานแรงอัด(Compressive strength)

4.7.1 อิทธิพลของอัตราส่วนผสม ต่อ ความต้านทานแรงอัด

ผลการทดลองความต้านทานแรงอัดของปูน + $MgCl_2$ 30 ดีกรี ที่ขึ้นรูปด้วยอัตราส่วน ปูน 0.2 kg กับน้ำเกลือ ปริมาตร 100 ml ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6 ผลปรากฏว่า ชิ้นงานปูนสามารถรับแรงอัดสุงสุดประมาณ 32 kN และมีความต้านทานแรงอัดสูงสุดประมาณ 16.32 ± 0.14 N/mm^2

ชิ้นทดสอบ	แรงอัดสูงสุด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (N/mm^2)	ความต้านทานแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย (N/mm^2)
1	32.26	16.42	16.32 ± 0.14
2	31.86	16.21	

ตารางที่ 4.6 ความต้านทานแรงอัดของปูน

4.7.1.1. หินขัดข้าวเปลือก

จากตารางที่ 4.7 หินขัดข้าวเปลือก สามารถรับแรงอัดได้สูงสุดเท่ากับ 27.66 ± 1.24 N/mm^2 ซึ่งได้จากชิ้นทดสอบหินกากเพชรอังกฤษเบอร์ 14 และ 16 อัตราส่วนหินต่อปูนเท่ากับ 4 ต่อ 1 ส่วนชิ้นงานหินฮอลแลนด์เบอร์ 14 และ 16 อัตราส่วนหินต่อปูนเท่ากับ 5 ต่อ 1 มีค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดเท่ากับ 16.01 ± 1.41 N/mm^2 แต่ค่าความผิดพลาดน้อยมากที่สุด ส่วนชิ้นทดสอบหินอังกฤษเบอร์ 12 และ 14 ทั้งสองอัตราส่วน มีค่าความต้านทานแรงอัดใกล้เคียงกัน

หินกากเพชร	สัญลักษณ์	อัตราส่วน	เบอร์หินกากเพชร	ความต้านทานแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย (N/mm^2)
อังกฤษ	BE-5A	5 ต่อ 1	12,14	18.25 ± 1.65
	BE-5B	5 ต่อ 1	14	16.95 ± 1.92
	BE-4A	4 ต่อ 1	12,14	18.47 ± 2.27
ฮอลแลนด์	BH-5A	5 ต่อ 1	14,16	16.01 ± 1.41
	BH-4B	4 ต่อ 1	14,16	27.66 ± 1.24

ตารางที่ 4.7 ความต้านทานแรงอัดของหินขัดข้าวเปลือก

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

4.7.1.2 หินขัดข้าวขาว

จากตารางที่ 4.8 หินขัดข้าวขาวสามารถรับแรงอัดเฉลี่ยสูงกว่าหินขัดข้าวเปลือก ชิ้นงานหินฮอลแลนด์ WH-4F อัตราส่วน 4 ต่อ 1 สามารถรับแรงอัดได้สูงสุดเท่ากับ 24.15 ± 0.87 N/mm^2 ซึ่งได้จากชิ้นทดสอบหินกากเพชรเบอร์ 14 และ 18 ส่วนชิ้นงานหินอังกฤษ WE-5C สามารถรับแรงอัดได้น้อยที่สุดเท่ากับ 22.44 ± 1.66 N/mm^2 ซึ่งได้จากชิ้นทดสอบหินกากเพชรเบอร์ เบอร์ 14 และ 16 อัตราส่วนหินต่อปูนเท่ากับ 5 ต่อ 1 เป็นที่น่าสังเกตว่า ความต้านทานแรงอัดของชิ้นทดสอบหินฮอลแลนด์มีค่าสูงกว่าชิ้นทดสอบหินอังกฤษประมาณ 4.5-7.6 เปอร์เซนต์ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนที่แตกต่างกัน จะเห็นว่า ชิ้งานผสมอัตราส่วน 4 ต่อ 1 จะมีความต้านทานแรงอัดที่สูงกว่า ชิ้นงานผสมอัตราส่วน 5 ต่อ 1 เล็กน้อย

หินกากเพชร	สัญลักษณ์	อัตราส่วน	เบอร์หินกากเพชร	ความต้านทานแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย (N/mm^2)
อังกฤษ	WE-5C	5 ต่อ 1	14,16	22.44 ± 1.66
	WE-4C	4 ต่อ 1	14,16	22.99 ± 0.80
ฮอลแลนด์	WH-5C	5 ต่อ 1	16,18	23.47 ± 1.86
	WH-4E	4 ต่อ 1	16,18	23.61 ± 2.39
	WH-5D	5 ต่อ 1	14,18	23.90 ± 6.00
	WH-4F	4 ต่อ 1	14,18	24.15 ± 0.87

ตารางที่ 4.8 ความต้านทานแรงอัดของหินขัดข้าวขาว

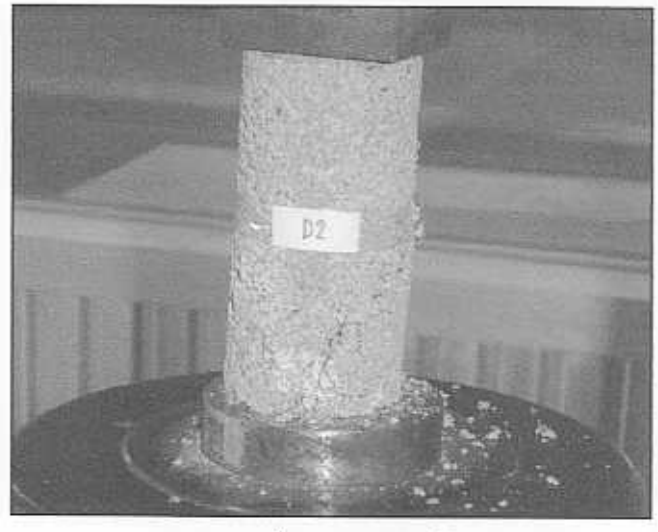
4.7.2 ลักษณะของรอยแตกร้าวของชิ้นทดสอบแรงอัด

ลักษณะรอยแตกร้าวของชิ้นทดสอบหินขัดข้าวประมาณร้อยละ 90 จะเป็นรอยแตกร้าวทำมุมเอียง ประมาณ 45-60° กับแนวแรง และแบ่งได้เป็น 2 ชิ้นใหญ่ๆ ผิวของรอยแตกจะสังเกตเห็นเม็ดหินเพราะบางส่วนจะแตกบริเวณผิวสัมผัสระหว่างปูนและเม็ดหิน ไม่มีการบวมป่อง และ อีกร้อยละ 10 จะเป็นการแตกในแนวดิ่ง ได้ชิ้นส่วนเป็นซีกตามแนวดิ่งประมาณ 3-4 ชิ้นใหญ่

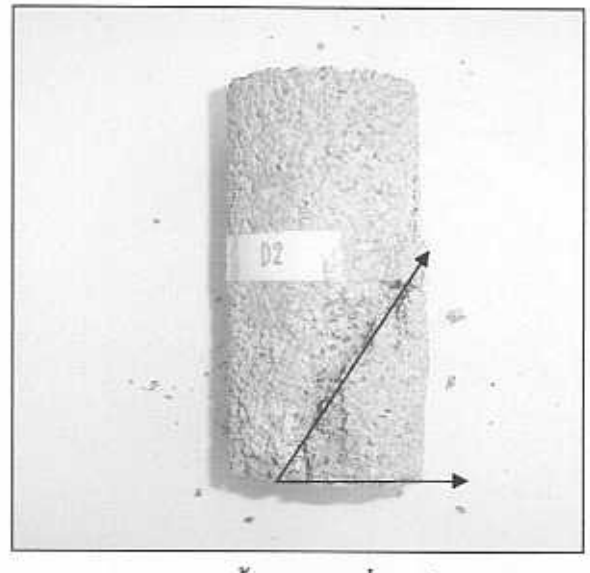
ส่วนชิ้นงานปูนที่ทดสอบเปรียบเทียบ จะมีรอยแตกผ่ากลางชิ้นงาน และที่ผิวรอบนอกจะแตกแบบเป็นชิ้นเล็ก ผิวแตกค่อนข้างเรียบ และขอบคม

Ubon Rajathanee University

(a) แสดงชิ้นทดสอบหินข้าวเปลือก

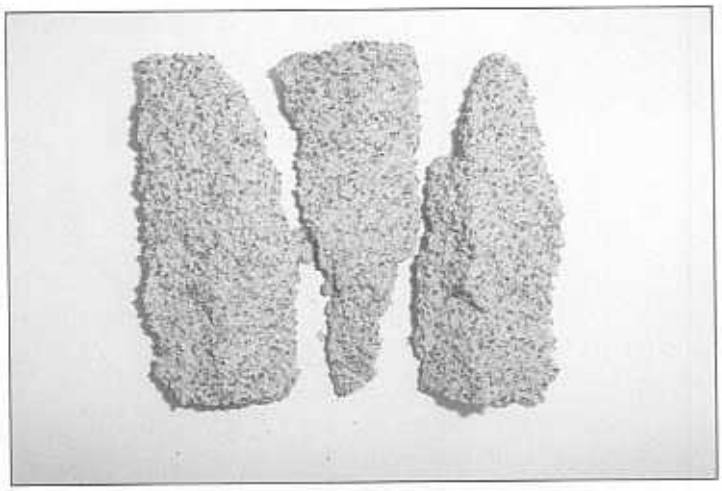


(b) แสดงชิ้นทดสอบหินข้าวขาว

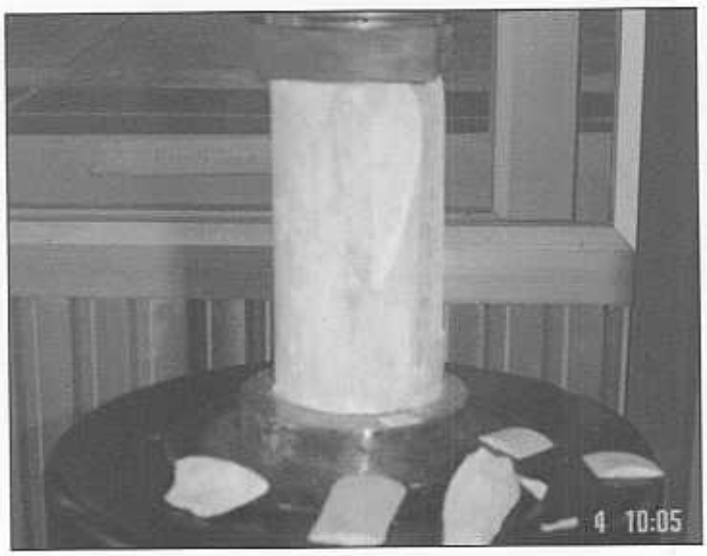


(c) แสดงรอยแตกชิ้นทดสอบที่แตกโดยแรงเฉือน

Ubon Rajathanee University



(d) ชิ้นทดสอบที่แตกในแนวดิ่ง



(e) แสดงชิ้นทดสอบปูน

รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะรอยแตกหักของชิ้นทดสอบความต้านแรงอัด

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 เปรียบเทียบลักษณะกายภาพ ขนาดของหินกากเพชร

จากรูปและตารางผลการทดลองเปรียบเทียบที่ 5.1 ขนาดของหินกากเพชรทั้งสองชนิด โดยเปรียบเทียบจากค่าเฉลี่ย Diameter mean ของหินกากเพชรผลปรากฏว่าเมื่อเปรียบเทียบเบอร์ 14 หินกากเพชรจาก Holland จะมีขนาดเฉลีย 2,564.15 μm ซึ่งเล็กกว่าหินกากเพชรจาก England ที่มีขนาดเฉลี่ย 3,217.17 μm และที่ขนาดเบอร์ 16 จะเห็นว่า หินกากเพชร ฮอลแลนด์ ก็จะมีขนาดเล็กกว่าหินกากเพชร อังกฤษเช่นกัน เป็นที่น่าสังเกตว่า หินเบอร์เดียวกันมีขนาดที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก

แหล่งหินกากเพชร	ขนาดเฉลี่ยของหินกากเพชร (μm)			
	เบอร์ 12	เบอร์ 14	เบอร์ 16	เบอร์ 18
Holland	-	2564.15	1769.807	1431.397
England	3398.365	3217.173	2554.582	-

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของหินกากเพชร

ความคมของหินกากเพชร ที่ได้จากค่า Convexity ที่น้อยกว่า 1 แสดงว่า หินกากเพชรมีความคม เป็นเหลี่ยมมุม และที่ผิวของหินจะมีความหยักและขรุขระ ความไม่สม่ำเสมอของหน้าตัดเม็ดหินสามารถทราบได้จากค่า Diameter max และ Diameter min ของเม็ดหินแต่ละเม็ดที่แสดงความไม่เท่ากันของความกว้างของเม็ดหิน ซึ่งความไม่สม่ำเสมอนี้จะช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับปูนได้ดียิ่งขึ้น และเป็นการเพิ่มแรงยึดเหนียวระหว่างเม็ดหินด้วย ซึ่งถ้าขรุขระมากจะทำให้มีแรงยึดเหนียวมาก

รูปร่างของหินกากเพชร จะทราบได้จากค่า Aspect Ratio ซึ่งแสดงสัดส่วนความยาวต่อความกว้างของเม็ดหิน และ Shape Factor ซึ่งได้จากพื้นที่หน้าตัดต่อความยาวเส้นรอบรูปยกกำลังสอง ซึ่งได้ค่า Aspect Ratio เฉลี่ย ประมาณ 1.35 -1.45 โดยหินที่มีขนาดเล็กจะมีสัดส่วนน้อยกว่าแสดงว่ามีความกลมมากกว่า โดยหินกากเพชร เบอร์ 18 จะมีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลมมากที่สุด เมื่อนำไปทำการเปรียบเทียบกับ หินกากเพชร เบอร์ 12, 14, 16 และหินกากแก้ว ส่วนค่า Shape Factor เฉลี่ยประมาณ 0.76 ทำให้ทราบว่าหินกากเพชรมีรูปร่างที่ใกล้เคียงกัน ระหว่างเป็นสามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยมผืนผ้า

Ubon Rajathanee University

ส่วนหินกากแก้ว (Silicon carbide) จะมีขนาดความโตของเมล็ดเกรนที่ค่อนข้างกระจาย เมื่อพิจารณาจากค่า Shape Factor ที่ได้พบว่าลักษณะรูปร่างของ กากแก้ว (Silicon carbide) จะมีลักษณะรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และมีลักษณะเป็นเหลี่ยมคม มีความมันวาวคล้ายกระจก

5.2 คุณสมบัติทางเคมี และความแข็ง

เนื่องจาก หินกากเพชร เรียกว่า หิน Emery คือหินธรรมชาติที่เป็นสารประกอบระหว่าง Aluminum oxide (Al_2O_3)และ Iron oxide เช่น magnetite (Fe_3O_4) or hematite (Fe_2O_3) จึงทำให้มีสีน้ำตาลหม่นเข้ม และจากการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของส่วนผสมทางเคมีของหินกากเพชรชนิดอังกฤษและหินกากเพชรชนิดฮอลแลนด์ ธาตุที่พบมากที่สุดคือ Iron(Fe) และรองลงมาคือ Aluminum(Al) โดยค่าความเข้มข้นของ Iron(Fe) มีค่าที่ใกล้เคียงกันแต่มีความแตกต่างกันอยู่ที่ค่าของ Aluminum(Al) กล่าวคือ หินกากเพชรชนิดอังกฤษ จะมีค่าความเข้มข้นของอลูมิเนียมมากกว่าหินกากเพชรชนิดฮอลแลนด์ ดังนั้นจึงสันนิษฐานได้ว่าหินกากเพชรของอังกฤษมี Aluminum oxide (Al_2O_3) มากกว่า ซึ่งก็จะสอดคล้องกับผลการทดลองค่าความแข็ง เนื่องจากถ้าความบริสุทธิ์ของ Aluminum oxide (Al_2O_3) สูงก็จะมีความแข็งสูง และทนสภาพการสึกหรอได้ดี ส่วนหินก่อสร้างที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบ เป็นหินที่มีความเข้มข้นของส่วนผสมของ Iron(Fe), Aluminum(Al) และ Silicon(Si) ค่อนข้างต่ำ จึงทำให้มีความแข็งต่ำจึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำหินขัด

หินกากแก้ว จะมีค่าความเข้มข้นของ Silicon(Si) มาก คือ ซิลิกอนคาร์ไบด์ มีสีดำ ความวาวและคม มีความแข็งมากประมาณ 9 สเกลโมห์ส จากการทดลองความแข็ง หินกากแก้วมีความแข็งมากกว่าหินกากเพชร จึงมีประสิทธิภาพในการขัดขาวได้ดีกว่าหินกากเพชรเพียงอย่างเดียว

5.3 ผลของลักษณะทางกายภาพและความแข็งต่อการขัดสี

ขนาดของเม็ดหินถึงแม้ว่าจะเป็นเบอร์เดียวกันก็มีการกระจายของขนาดค่อนข้างมาก ปัจจัยด้ายกายภาพ ได้แก่ ขนาด, ความขรุขระ, ความคม, รูปร่างและลักษณะ จะมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของลูกหินขัด โดยจะมีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างส่วนผสม โดยที่หินกากเพชร ที่มีขนาดเล็กกว่าและมีความขรุขระ จะสามารถจับตัวกับปูนที่ดีกว่าหินกากเพชรที่มีขนาดโตกว่า รวมถึงเมื่อเราผสมหินที่มีขนาดแตกต่างกัน ก็จะเป็นการเพิ่มแรงยึดเหนียวและเพิ่มความหนาแน่นให้กับลูกหินขัดข้าว อนึ่ง เม็ดหินเบอร์ต่ำกว่าจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าและมีรูปร่างเรขาคณิตใกล้เคียงสามเหลี่ยม และมีความคมมากกว่าเม็ดหินเบอร์ละเอียด ดังนั้นประสิทธิภาพของการขัดสีจึงน่าจะอยู่ที่ความคมของเม็ดหินขนาดใหญ่ มีขนาดใกล้เคียงกับเม็ดข้าวทั่วไป ซึ่งจะเป็นตัวที่ขัดผิวรำออกจากเมล็ดข้าว ส่วนเม็ดหินขนาดเล็กนั้นจะมีจำนวนมุมคมที่เล็กมากและละเอียดมากกว่า จึงเป็นตัวช่วยในการลบรอยขัดหยาบจากหินกากเพชรขนาดใหญ่ และมีส่วนที่ไปเพิ่มความแข็งแรงให้กับลูกหินโดยรวม

ส่วนผสมหินกากแก้วที่มีขนาดที่หลากหลายและมีความแข็งสูงกว่าหินกากเพชร มีความคมมากกว่าจะเป็นตัวที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขัดสีให้ข้าวขาวเร็วขึ้นกว่าการผสมเพียงหินกากเพชร

เพียงอย่างเดียว สาเหตุของการไม่นิยมใช้หินกากแก้วมาทำเป็นลูกหินขัดน่าจะมาจากราคาที่สูงกว่าหินกากเพชร และอีกเหตุผลหนึ่งคือถ้าเราใช้หินกากแก้ว (Silicon carbide) ที่มีความแข็งมากเพียงอย่างเดียวและขนาดเม็ดเกรนที่ใหญ่เกือบเท่าเมล็ดของข้าว ก็อาจจะทำให้ลูกหินขัดแข็งมากเกินไป มีช่องว่างระหว่างเม็ดหินมากอาจจนส่งผลให้ข้าวหักได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ วัชรชัย และสมโชติ [2545] ที่ได้ทดสอบใช้วัสดุ 4 ชนิดคือ ซิลิกอนคาร์ไบด์ กรีนคาร์ไบด์ ไวท์อลูมิน่า และ ฟิวส์อลูมิน่า นำมาดัดแปลงเป็นหินขัดข้าวในเครื่องสีข้าวแกนนอนแบบจานหมุน พบว่า วัสดุใหม่ทั้ง 4 ชนิด ให้เปอร์เซนต์ต้นข้าวเฉลี่ยและประสิทธิภาพการขัดขาวเฉลี่ยดังนี้ หินขัดชนิดฟิวส์อลูมิน่า ให้ประสิทธิภาพเชิงเปอร์เซนต์ของต้นข้าวสูงขึ้นร้อยละ 20 และประสิทธิภาพขัดขาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 แต่อย่างไรก็ตามอัตราการสึกหรอของ ฟิวส์อลูมิน่า ยังอยู่ในอัตราที่สูงสุดคือ 1.05 กรัมต่อชั่วโมงทำงาน และลูกหินซิลิกอนคาร์ไบด์ มีการสึกหรออยู่ที่ 0.12 กรัมต่อชั่วโมงทำงาน ข้าวที่ขัดด้วยลูกหินขัดซิลิกอนคาร์ไบด์จะมีเปอร์เซนต์ข้าวหักมากที่สุด ในอุตสาหกรรมเครื่องสีข้าวในต่างประเทศที่มีกระบวนการขัดขาวโดยมีหลายลูกหินทำงานต่อเนื่องกัน และสีด้วยความเร็วต่ำจึงเหมาะสำหรับข้าวเม็ดยาว นิยมใช้ Silicon carbide หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า carborundum ในการขึ้นรูปหินขัดแกนตั้ง ทั้งนี้ควรจะต้องมีการศึกษาถึงขนาดเม็ดหินที่เหมาะสมที่ใช้และในรายงานของ วัชรชัย และสมโชติ [2545] ก็ได้กล่าวถึงเบอร์หินกากแก้วที่เหมาะสม คือ ขนาดเบอร์ 30 จะให้เปอร์เซนต์ต้นข้าวดีกว่าเบอร์ 36 และ 24 อย่างไรก็ตาม หินกากแก้วที่ใช้ในการทดลองนี้เมื่อเทียบขนาดกับหินกากเพชรเบอร์ 12 แล้วมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น หินกากเพชรขนาดเบอร์ 30 จึงน่าจะมีขนาดเม็ดที่ละเอียดกว่า อย่างไรก็ตามไม่ปรากฏขนาดและรูปร่างของเม็ดหินในรายงานจึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้แน่ชัด

นอกจากหินกากเพชร และหินกากแก้วแล้ว ปูนแคลไซด์แมกนีไซท์ ที่มีขนาด 250 mesh ก็มีส่วนในการขัดผิวเม็ดข้าวเช่นเดียวกัน เนื่องจากในระหว่างการใช้งาน ปูนที่แข็งตัวจะแตกออกมาเป็นผงละเอียด ซึ่งก็มีคุณสมบัติเป็นผงขัดและมีคุณสมบัติในการขัดลบรอยขีดที่เกิดจากหินกากเพชรและหินกากแก้ว ส่งผลให้เม็ดข้าวมีผิวที่เรียบสวยงาม

จากข้อมูลของผู้ประกอบการลูกหินขัดข้าวเสนอว่า เมื่อใช้งานไปสักระยะแล้วความคมของเม็ดหินจะลดลง และเม็ดหินที่ไม่มีประสิทธิภาพในการขัดสีแล้ว ควรที่จะหลุดออกมาเพื่อให้เม็ดหินใหม่ที่อยู่ด้านในได้มีโอกาสใช้งาน แต่ถ้าลูกหินขัดมีความแน่นมากเกินไป เม็ดหินเก่าไม่หลุดออกมาทำให้เป็นการลดประสิทธิภาพการขัดสี หรือต้องเสียเวลาในการกลึงออก ดังนั้นเราจึงไม่ควรที่จะอัดขึ้นงานแน่นเกินไป วิธีการขึ้นรูปในปัจจุบันแบบพอกนั้นจึงมีความเหมาะสมถ้าลูกหินมีขนาดไม่ใหญ่เกินไป และความให้ความสำคัญกับลำดับขั้นตอนของการผสม และการกระจายตัวของส่วนผสมให้สม่ำเสมอตลอดหน้าตัด เพื่อที่จะให้ได้ลูกหินขัดที่มีสมบัติสม่ำเสมอ และมีอัตราการสึกหรอที่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดด้วย

5.4 ความเป็นไปได้ในการนำหินในประเทศไทยมาใช้

จากตารางที่ 2.1 มูลค่าการนำเข้าแร่ Emery หรือ หินกากเพชร ปริมาณกว่า 2,500 เมตริกตัน ทำให้ประเทศไทยต้องเสียดุลการค้ามูลค่ามากกว่า 35 ล้านบาทต่อปี จากข้อมูลของกรมทรัพยากร

Ubon Rajathanee University

เนื่องจากแหล่งแร่ Emery ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีแหล่งผลิต เพราะเป็นแร่ที่ค่อนข้างแข็งมาก และอยู่ในตระกูล คอรันดัม หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กะรุน เป็นแร่ตระกูลออกไซด์จึงมีความทนทานต่อสารเคมีและแข็งมาก แหล่งพลอยคอรันดัมที่สำคัญคือ แหล่งพลอยในจังหวัดจันทบุรี ตราด และกาญจนบุรี [aree.dmr.go.th] แต่มักจะใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอัญมณีซึ่งจะมีราคาแพง ส่วนพลอยคอรันดัมที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นรัตนชาติ ก็จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการขัดถูและเจียรไน แต่ก็มีปริมาณที่น้อย สำหรับหิน Emery ได้มีการสำรวจพบแล้วภายในประเทศบริเวณบ้านโนนเสาเอ้และบ้านยุบอีปูน ตำบลตะขบ อำเภอปักธงไชย จังหวัดนครราชสีมา แต่เป็นเพียงบริเวณพบแร่ (mineral occurrences) มีขนาดค่อนข้างเล็ก หรือบางแห่งขาดข้อมูลการสำรวจขั้นรายละเอียด [aree.dmr.go.th]

หินที่ผลิตในประเทศไทยที่สามารถนำมาทำหินขัดได้นั้น พงศ์พันธ์ และวรพงษ์ [2546] กล่าวว่าเป็น 'หินเกล็ด' ซึ่งได้จากการบดหินอ่อนที่เป็นแผ่น หรือเศษเสาหิน ซึ่งแต่เดิมเราต้องนำเข้าจากประเทศอิตาลี และปัจจุบันแหล่งหินเกล็ดคือ จ.กาญจนบุรี นครนายก และสระบุรี หินเกล็ดที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 9 สี ขึ้นกับสีของหินอ่อน ได้แก่ หินขาวธรรมดา หินขาวคัด หินชมพู หินแก้ว หินเทา หินดำธรรมดา หินดำคัด และหินสีเลือดหมู และมีขนาดต่าง ๆกัน 6 ขนาด คือ 1.58, 3.17, 6.38, 9.52, 15.87 และ 19.05 มิลลิเมตร จะเห็นว่า ขนาดที่เล็กที่สุดคือ 1.58 หรือ 1,580 ไมครอน มีขนาดใกล้เคียงกับหินกากเพชรอังกฤษเบอร์ 12 และ หินกากเพชรฮอลแลนด์เบอร์ 16 ดังนั้น ถ้าเราต้องการนำหินเกล็ดมาใช้ประกอบเป็นลูกหินขัด จะต้องมีการนำไปบดให้เล็กลงอีกเพื่อเพิ่มความคม ข้อดีของหินเกล็ดคือ ราคาถูก โดยที่หินขาวธรรมดานั้นราคาต่ำสุดอยู่ที่กิโลกรัมละ 1.30 บาท อย่างไรก็ตาม หินอ่อน ซึ่งแปรสภาพมาจากหินปูน จะมีความแข็งน้อยกว่าหินกากเพชร เพราะมีส่วนประกอบของแร่แคลไซต์หรือโดโลไมต์ ซึ่งมีความแข็งเพียง 3.5-4 สเกลโมห์สเท่านั้น

ทางคณะวิจัยใคร่เสนอแนวทางในการนำหินเกล็ดในเมืองไทยมาใช้ ดังนี้

1. ใช้ผสมกับหินกากเพชรขนาดเล็กหรือไม่ผสม พอกหุ้มด้านในที่สัมผัสกับแกนเหล็ก เพราะเป็นบริเวณที่ไม่ต้องใช้งาน แล้วจึงพอกหุ้มด้วยหินกากเพชรผสมตามอัตราส่วน เพราะโดยปกติลูกหินขัดข้าวเมื่อใช้งานไปแล้วประมาณ 1-2 ปี จะมีความหนาเหลืออยู่ประมาณ 1-2 เซนติเมตร ที่ต้องนำมาเผาและเคาะทิ้งและหินเหล่านั้นไม่สามารถนำกลับมาใช้อีก

2. นำมาใช้ทดแทนหินกากเพชรบางส่วน เรายังสามารถนำหินเกล็ดมาผสมแทนหินกากเพชรบางส่วนเช่น 5-10 เปอร์เซนต์ โดยประสิทธิภาพการขัดสีอาจจะลดลงเล็กน้อย แต่เราสามารถลดราคาลูกหินโดยรวมได้

Ubon Rajathanee University

5.5 ความต้านทานแรงอัดระหว่างหินฮอลแลนด์กับหินอังกฤษ

5.5.1 เปรียบเทียบอัตราส่วนผสม 5:1 และ 4:1

ความต้านทานแรงอัดของปูน เท่ากับ 16.32 ± 0.14 N/mm^2 ซึ่งวัดได้จากหลักการผสมประมาณ 1 อาทิตย์ แต่โดยทั่วไปแล้ว ถ้าหากเจ้าของโรงสีต้องการหินขัดใหม่ ก็จะจ้างช่างมาผสมที่บ้าน และใช้งานในวันรุ่งขึ้น ซึ่งเวลาดังกล่าวถึงแม้ว่าหินจะแข็งตัวแล้ว แต่ความแข็งแรงอาจจะยังไม่สูงมากนัก อาจจะทำให้แรงยึดเหนี่ยวบริเวณผิวลูกหินขัดสีกหรอก่อนเวลาอันควรได้ อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของลูกหินขัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น จากตารางที่ 4.7 ความต้านทานแรงอัดของหินข้าวเปลือก เมื่อผสมหินกากเพชรอังกฤษระหว่างเบอร์ 12 และ 14 ในอัตราส่วน 5:1 และ สัดส่วน 4:1 ผลปรากฏว่า ความต้านทานแรงอัดสูงกว่าความต้านทานของปูนเพียงเล็กน้อยประมาณ 12 เปอร์เซนต์ และถ้าใช้หินกากเพชรเพียงขนาดเดียวและในการทดลองนี้เลือกใช้เบอร์ 14 ซึ่งเป็นเบอร์ที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบัน ปรากฏว่า ได้ความต้านทานแรงอัดต่ำกว่าชิ้นงานที่ผสมหินหลายเบอร์ ในกรณีของหินฮอลแลนด์ ได้ความต้านทานแรงอัดต่ำกว่าชิ้นทดสอบปูน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอัดชิ้นทดสอบที่ไม่แน่นทำให้รอยต่อระหว่างหินไม่แข็งแรงเท่าที่ควร ชิ้นงานที่มีความต้านทานแรงอัดสูงสุดได้จากชิ้นงานหินฮอลแลนด์ผสมอัตราส่วน 4 ต่อ 1 หินเบอร์ 14 และ 16 ทั้งนี้ค่าที่ได้สูงกว่าชิ้นงานอื่น ๆมาก เนื่องจากเป็นการทดสอบหลังจากขึ้นรูปชิ้นงานแล้วประมาณ 1 เดือนเพราะเครื่องมือทดสอบเกิดการชำรุดในระหว่างที่ทำการทดสอบ ดังนั้น ค่าที่ได้จึงสูงกว่าชิ้นงานอื่น ๆ

สำหรับหินขัดข้าวขาว ทุกชิ้นทดสอบจะมีความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยที่สูงกว่าหินขัดข้าวเปลือก และชิ้นงานหินฮอลแลนด์จะมีความต้านทานแรงอัดสูงกว่าหินอังกฤษ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากขนาดของเม็ดหินของหินฮอลแลนด์ที่มีขนาดเล็กกว่ากว่าหินอังกฤษ ค่าความต้านทานสูงสุดได้จากชิ้นงานอัตราส่วน 4 ต่อ 1 เบอร์หิน 14 และ 18 ดังนั้น ทั้งนี้เนื่องมาจาก ขนาดของหินที่ใช้ผสมแตกต่างกันมาก เพราะหินเม็ดเล็กจะเข้าไปลดช่องว่างระหว่างเม็ดหินขนาดใหญ่ ทำให้ชิ้นทดสอบมีช่องว่างน้อยกว่าเพราะมีปริมาณของปูนมากกว่า ถ้าหากเรานำสูตรดังกล่าวไปขึ้นรูปหินขัดข้าว ก็จะได้หินขัดที่มีความทนทานต่อแรงอัดได้ดี และจะทนทานต่อการสึกหรอได้ดีด้วยเนื่องจากมีเนื้อปูนมาก เราอาจจะเพิ่มความสามารถการขัดสีด้วยการเพิ่มปริมาณกากแก้ว

ความต้านทานแรงอัดต่ำสุดได้จากชิ้นงานหินอังกฤษอัตราส่วน 5 ต่อ 1 ผสมระหว่างเบอร์ 14 และ 16 ซึ่งเป็นสูตรที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าชิ้นทดสอบนั้นมีความเปราะมากและมีช่องว่างระหว่างเม็ดหินมากโดยจะส่งผลให้หินหลุดออกมาปนกับเมล็ดข้าวได้ง่าย ซึ่งจะทำให้เกิดการสึกหรอได้อย่างรวดเร็วและจะส่งผลต่ออายุการใช้งานนั้นด้วย โดยสูตรนี้จะเห็นได้ว่าเป็นสูตรที่ใช้ปริมาณหินค่อนข้างมาก และอาจจะเป็นส่วนที่ทำให้ลูกหินมีน้ำหนักมาก และส่งผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องสีข้าว และชุดเพลาขับ แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการขัดสีอาจจะทำได้โดยใช้สัดส่วนเท่าเดิม แต่ให้หินกากเพชรที่มีขนาดที่หลากหลายเพื่อเพิ่มความหนาแน่น และความแข็งแรง โดยที่การขัดสีดีกว่าเดิมจากการที่ผสมหินหลายขนาดที่มีความคม และขรุขระแตกต่างกัน

ชนิดของลูกหิน	หินกากเพชร	สัญลักษณ์	อัตราส่วน	เบอร์หินกากเพชร	ความต้านทานแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย (N/mm^2)
ข้าวเปลือก	ฮอลแลนด์	BH-5A	5 ต่อ 1	14,16	ต่ำสุด 16.01 ± 1.41
	ฮอลแลนด์	BH-4B	4 ต่อ 1	14,16	สูงสุด 27.66 ± 1.24
ข้าวขาว	อังกฤษ	WE-5C	5 ต่อ 1	14,16	ต่ำสุด 22.44 ± 1.66
	ฮอลแลนด์	WH-4F	4 ต่อ 1	14,18	สูงสุด 24.15 ± 0.87

ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบความต้านทานแรงอัด

5.5.2 ลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบ

ลักษณะการแตกของชิ้นทดสอบแรงอัดซึ่งเป็นชิ้นงานที่เปราะ ดังแสดงในรูปที่ 4.21 แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1. แบบ shear plane

2. แบบ Shear cone with splitting above

โดยชิ้นงานจะเกิดการแตกหักแบบที่ 1 ประมาณร้อยละ 90 ของชิ้นทดสอบ และจะทำให้ชิ้นส่วนแตกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่าอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งเป็นลักษณะการแตกหักอันเนื่องมาจากแรงเฉือนที่ทำมุมประมาณ 45 องศา โดยบางชิ้นงานจะแตกช่วงบน ส่วนอีกกลุ่มจะแตกช่วงล่าง ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของชิ้นทดสอบ

ส่วนการแตกแบบที่ 2 นั้นก็สามารถพบได้ในชิ้นทดสอบคอนกรีตสาเหตุมาจากแรงเฉือนเช่นเดียวกัน ดังนั้นในการสึกหรอของลูกหินนั้น จะมีทั้งแรงเฉือนและแรงกดเข้ามาเกี่ยวข้อง จากการเก็บข้อมูลจะได้ว่า การสึกหรอจะมีทั้งการหลุดออกของเม็ดหินและ การชำรุดโดยมีเศษเป็นเสี่ยงเล็กๆ หลุดออกมาในระหว่างการใช้งานด้วย ซึ่งก็อาจจะเกิดมาจากการล้าที่ผิว เกิดเป็นรอยร้าว และแตกด้วยแรงกระแทกและแรงเฉือนในที่สุด

5.5.3 ข้อผิดพลาด และข้อเสนอแนะ

ในระหว่างการทดลอง ข้อผิดพลาด หรือคลาดเคลื่อนที่อาจส่งผลต่อผลการทดลอง มีดังนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนขณะทำการชั่งส่วนผสม

2. ความชำนาญของผู้ขึ้นรูปชิ้นทดสอบ ระยะเวลาที่ทำการผสมตามอัตราส่วนผสมนั้นๆ ในการผสมและขึ้นรูปจะต้องทำอย่างรวดเร็วเพราะมิเช่นนั้นแล้วจะทำให้ของผสมแห้งและขึ้นรูปยาก

3. อุณหภูมิขณะทำชิ้นทดสอบ จากประสบการณ์ของช่าง อุณหภูมิมีส่วนสำคัญในกระบวนการแข็งตัวของปูนเนื่องจากเป็นกระบวนการคายความร้อน ในการผสมกลางวัน หรือวันที่

อากาศร้อน จะทำให้น้ำระเหยเร็ว ลูกหินแห้งเร็วเกินไป และแตกร้าวได้ ในทางกลับกัน ถ้าผสมในวันที่อากาศเย็น หรือตอนกลางคืน จะทำให้น้ำระเหยช้า ลูกหินแห้งช้ากว่า ดังนั้นในการทดลองนี้ ได้ทำการผสมในตอนเย็น และใช้ผ้าคลุมไว้ด้วย

4. แรงอัดที่ใช้ขณะผลิตชิ้นทดสอบ เนื่องจากการทดลองนี้ ได้ผลิตชิ้นงานทรงกระบอกโดยใช้แรงอัดตามมาตรฐาน ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่า ความหนาแน่นของชิ้นงานจะมีมากกว่าการปั้นพอกและขึ้นรูปแบบธรรมดา ดังนั้นค่าความต้านทานแรงอัดที่ได้ จึงอาจจะสูงกว่าของลูกหินขัดทั่วไป

5. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการอ่านค่าจากหน้าปัดแบบเข็มของผู้ทำการทดสอบ

6. ระนาบของผิวหน้าชิ้นทดสอบที่ค่อนข้างขรุขระ อาจส่งผลต่อการกระจายของแรงอัดไม่ทั่วหน้าตัด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรตรวจสอบและเตรียมเครื่องมือให้พร้อมก่อนทำการทดลองทุกขั้นตอน

2. ผู้ทำการทดลองควรนำชิ้นทดสอบไปแต่งผิวหน้าให้ได้ระนาบทั้งสองข้าง เพื่อที่จะไม่ให้ เกิดปัญหาการแตกร้าวก่อนที่จะได้ค่าแรงอัดสูงสุดขณะทำการทดสอบแรงอัด

5.6 สรุป

1) จากการทดลองทำให้ทราบถึง ชนิด และประเภท ของวัสดุที่นำมาทำเป็นวัสดุหุ้มในการทำล้อหินขัดข้าว และวิธีการผลิตชิ้นทดสอบ

2) จากการสำรวจข้อมูลด้านคุณสมบัติที่ต้องการของหินขัดข้าว เกษตรกรต้องการหินขัดข้าวที่ขึ้นรูปได้สวยงาม, ต้องการให้มีอายุการใช้งาน 2-3 ปีขึ้นไป และต้องการให้มีเศษเจือปน และเศษหินปนมากับข้าวน้อย

3) จากการทดลองทำให้ทราบถึงสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ทำลูกหินขัดได้แก่ หินกากเพชรหินกากแก้ว ปูน และเกลือแมกนีเซียมคลอไรด์ ผลการทดลองพบว่าเม็ดหินกากเพชรอังกฤษเบอร์ 12, 14 และ 16 มีขนาด 3398.365, 3217.173 และ 2554.582 μm ตามลำดับ หินกากเพชรฮอลแลนด์เบอร์ 14, 16 และ 18 มีขนาด 2564.15, 1769.807 และ 1431.397 μm ตามลำดับ ซึ่งจะเล็กกว่าเม็ดหินกากเพชรอังกฤษ และขนาดของหินกากแก้ว คือ 3053.94 μm

4) ที่อายุการบ่มชิ้นงานเท่ากัน ชิ้นทดสอบหินข้าวเปลือกที่ใช้หินที่มีขนาดเม็ดหินใหญ่ จะมีค่าความต้านทานแรงอัดต่ำกว่า ชิ้นทดสอบหินข้าวขาว

5) อัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณหิน(หินกากเพชรและหินกากแก้ว) กับปูน 5 ต่อ 1 เป็นสูตรที่ใช้ทั่วไปนั้นมีค่าความต้านทานแรงอัด ต่ำกว่า ชิ้นงานทดสอบส่วนผสม 4 ต่อ 1 เนื่องจากมีปริมาณของปูนมากกว่า ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดหินน้อยทำให้มีความหนาแน่นสูง แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านทานแรงอัดนี้ไม่ได้บ่งชี้ว่าวัสดุนั้น ๆจะมีประสิทธิภาพในการขัดสีที่ดี จำเป็นจะต้องมีการ

Ubon Rajathanee University

ทดสอบนำมาขึ้นรูปเป็นหินขัดข้าวและทดลองใช้จริง เพื่อศึกษาถึง เปอร์เซนต์ข้าวหัก คุณภาพของข้าว เวลาในการขัดสี และอัตราการสึกหรอ ต่อไป

6) แนวทางในการปรับปรุง อัตราส่วนผสมให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกและมีอายุการใช้งานที่ดียิ่งขึ้นนั้น เราควรทดลองนำหินเกล็ดที่มีการผลิตในประเทศไทย และราคาถูก มาใช้พอกแกนด้านในที่ไม่ได้สัมผัสกับข้าวโดยตรงแล้วพอกทับด้วยหินกากเพชรอีกครั้งเพื่อเป็นการลดต้นทุน โดยข้อเสนอดังกล่าวเป็นเพียงการเสนอแนะในการวิจัยไปพัฒนาวัสดุที่ใช้ทำหินขัดข้าว และแนวทางในการยืดอายุการใช้งานของลูกหินขัดข้าว เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศและสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ประกอบการโรงสีข้าวเท่านั้น

Ubon Rajathanee University

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **ทรัพยากรแร่ของไทย** (Online). Available URL:http://aree.dmr.go.th/comment/mineral2/index2.htm

กองการค้าข้าว. กรมการค้าต่างประเทศ. 2532. **คู่มือการส่งข้าวออกจำหน่ายต่างประเทศ.** กระทรวงพาณิชย์.

กองอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรธรณี กธช, กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, มิถุนายน 2546. **สถิติการนำเข้าแร่ของไทย** (Online). Available URL: http://www.dmr.go.th/04_News/min_stat/min_stat.htm

เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป และชัยยันต์ จันทร์ศิริ. 2545. **เวลา ค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวางแผนโครงการผลิต โรงสีข้าวขนาดเล็ก.** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

กุศล ประกอบการ. 2544. การทดสอบเปรียบเทียบเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก. รายงานการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

จักร จักกะพาก. 2528. **เครื่องจักรกลเกษตร.**กรุงเทพมหานคร: ดวงกมล.

ฉัตรชาย ศุภจารีรักษ์. 2535. **เครื่องเกี่ยวนวด.** ภาควิชาเกษตรลวิธาน. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ชลบุรี

ดร.ชาญวุฒิ ตั้งจิตวิทยา และสาโรช ฐิติเกียรติพงศ์. 2535. **วัสดุวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ประกาศกระทรวงพาณิชย์. 2540. **ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540.** ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 31 ง วันที่ 17 เมษายน 2540.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ และ วรพงศ์ วรสุนทโรสถ. 2546. **วัสดุก่อสร้าง.** กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. ๔๐๙ - ๒๕๒๔). 2543. **วิธีทดสอบความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีต.** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพ ฯ

รศ.แม้น อมรสิทธิ์ และ ผศ.ดร.สมชัย อัครทิวา. 2544 . **วัสดุวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร:แมคกรอ - ฮิล อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์.

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดอุบลราชธานี. 2546. **ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจจังหวัดอุบลราชธานี.**

วัชรชัย ภุมรินทร์ และสมโชติ รัตนผุสดีกุล. 2545. **การดัดแปลงวัสดุหินขัดใหม่เพื่อเพิ่มคุณภาพการสีข้าว : การทดลองในเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

©AllRefer.com. **Magesite, Mineralogy And Crystallography** (Online). Available URL:http://reference.allrefer.com/encyclopedia/M/magnesit.html

©AllRefer.com. **Corundum, Mineralogy And Crystallography** (Online). Available URL: http://reference.allrefer.com/encyclopedia/C/corundum.html

Araull, A.V. D.B. de Podua and Michel Graham. 1976. **Rice Postharvest Technology. Intemational Development Research Centre** (Online). Available URL:http//www.fao.org

CALCE and the University of Maryland. © 2001. **Materials Hardness** (Online). Available URL: http://www.calce.umd.edu/general/Facilities/Hardness_ad_.htm

Dante de Padua. June, 1998. **Rice post-harvest e-mail conference draft summary - V.1.2** (Online). Available URL:http//www.fao.org

Davies H.E., Trowell G.E. and Hauck G.F. 1982. **The testing of engineering materials.** International student edition. McGraw-Hill. Japan.

IRRI (International rice research institute) 2004. **Rice milling** (Online). AvailableURL: http://www.knowledgebank.irri.org/ppfm/ricemilling.htm

John Deere.1991. **Fundamentals of Machine Operation.** Combine Harvesting. Ilinois, USA.

Hershel Friedman. ©1997-2000. **Corundum** (Online). AvailableURL: http://www.minerals.net/mineral/oxides/corundum/corundum.htm

LoveToKnow 1911 Online Encyclopedia. © 2003, 2004 LoveToKnow. **EMERY** (Online). Available URL:http://www.67.1911encyclopedia.org/E/EM/EMERY.htm

The Phillips companies. **MAGNESIUM CHLORIDE** (Online). Available URL: http://www.thephillipscompanies.com/mc4.htm

Peter Vegas. **Rice Production in the world and in the U.S.** (Online). Available URL: http://www.sagevfoods.com/mainpages/rice101/milling.htm.

Reade Advanced Materials. ©1997. **Emery powder** (Online). Available URL: http://www.reade.com

Thunder Sword Resources Inc. **MAGNESIUM CHLORIDE PROJECT** (Online). Available URL:http://www.thundersword.com/mc.htm

Walter J. Allemann. **Abrasive Stones** (Online). Available URL :http://www.ricemilling.com

Ynox Industrial Corporation. **Main homepage** (Online). Available URL:http://www.ynox.com/tw

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก ก แบบฟอร์มการสำรวจข้อมูล

แบบสำรวจข้อมูลครั้งที่ 1 โครงการวิจัยการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุผสมที่ใช้ทำลูกหินขัดเมล็ดข้าวขาวสำหรับโรงสีขนาดเล็ก

1. ข้อมูลเบื้องต้น

ชื่อ_____อาชีพ_____

ที่อยู่_____

ชนิดของโรงสีและจำนวนลูก

หิน_____

กำลังการ

ผลิต_____ขนาด

หินขัดข้าวขาวที่ใช้_____

2.ประสิทธิภาพของหินขัดข้าวขาว

ความถี่ในการเปลี่ยนลูกหิน

ขัด_____

ลักษณะของการสึกหรอของลูกหินขัดที่พบ

บ่อย_____

_____

_____

3.ข้อมูลของกระบวนการขึ้นรูป สูตรผสมของหินขัดประเภทต่าง ๆ กระบวนการขึ้นรูป

_____

_____

_____

_____

_____

_____

4. ข้อมูลของวัตถุดิบ ชนิด ราคา แหล่งที่มา และปริมาณการขาย

ส่วนผสม	ราคา	แหล่งผลิต	จำนวนที่ใช้
1			
2			
3			
4			
5			

ผู้สัมภาษณ์_____วัน เดือน ปี_____

แบบสอบถาม ครั้งที่ 2 โครงการวิจัยการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุผสมที่ใช้ทำลูกหินขัดเมล็ดข้าวขาวสำหรับโรงสีขนาดเล็ก

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์.....อาชีพ.....

ชื่อบริษัท/ห.จ.ก/ห้างร้าน

.....

ที่อยู่

.....

.....

.....

ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับความต้องการ

1. ความสนใจของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการโรงสีข้าว

1. ความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อปริมาณของข้าวที่มาสีแต่ละครั้ง

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

2. ความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อความสวยงามของเม็ดข้าว

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

3. ความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อขนาดของเม็ดข้าว

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

4. ความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อปริมาณของเศษหินขัดที่ปนไปกับข้าว

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

2. ปัญหาของผู้ประกอบการโรงสีข้าวที่พบในการใช้หินข้าว

1. อายุการใช้งานของหินขัดข้าว

☐ น้อยกว่า 1 เดือน ☐ 1-3 เดือน ☐ 4-6 เดือน ☐ 7-9 เดือน

☐ มากกว่า 1 ปี ☐ อื่น ๆ ระบุ .....

2. ปัญหาเกี่ยวกับความคมของหินขัดข้าว

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

3. ปัญหาการสึกหรอของหินขัดข้าว

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

แบบสอบถาม (ต่อ)

4. ปัญหาในการซื้อหินขัด

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

3. ความต้องการของผู้ประกอบการโรงสีข้าวที่ต้องการเกี่ยวกับหินขัดข้าว

.....

1.ต้องการให้หินขัดข้าวมีอายุการสึกที่ระยะเวลาเท่าใด

☐ 4-6 เดือน ☐ 7-9 เดือน ☐ มากกว่า 1 ปี ☐ อื่น ๆ ระบุ .....

2. ต้องการให้คมของหินอยู่ได้นาน

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

3. ต้องการให้อายุการใช้งานที่ช่วงระยะเวลาใด

☐ น้อยกว่า 1 เดือน ☐ 1-3 เดือน ☐ 4-6 เดือน ☐ 7-9 เดือน

☐ มากกว่า 1 ปี ☐ อื่น ๆ ระบุ .....

4. ความต้องการในเรื่องของความสวยงามของหินขัด

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

5.ความต้องการในเรื่องของความยากง่ายในการถอดประกอบ

☐มาก ☐ปานกลาง ☐น้อย ☐น้อยมาก

ส่วนที่ 2 เกี่ยวกับกระบวนการผลิตลูกหินขัดข้าว

1.ผู้ประกอบการโรงสีทำหินขัดข้าวเองหรือสั่งซื่อ ถ้าสั่งซื้อซื้อจากห้างร้านใดเป็นประจำ

.....

2.หินขัดส่วนมากนำเข้าจากประเทศใด

.....

Ubon Rajathanee University

แบบสอบถาม (ต่อ)

3.ยี่ห้อหินขัดข้าวที่นิยมใช้

.....

4.หินขัดข้าวทำเองมีสัดส่วนที่ใช้มีอะไรบ้าง

4.1.....

4.2.....

4.3.....

5.ลักษณะการขึ้นรูปของหินขัดข้าวทำอย่างไร

.....

6.มีขั้นตอนการขึ้นรูปอย่างไร

.....

.....

.....

7.มีกระบวนการทดสอบหินขัดข้าวและวิเคราะห์ประสิทธิภาพอย่างไร

.....

.....

.....

8.ใช้เวลาขึ้นรูปต่อวันนานเท่าไหร่และรอนานเท่าไหรกว่าจะนำมาใช้งานได้

.....

.....

ส่วนที่ 4. เกี่ยวกับการใช้งานและปัจจุบันที่เกี่ยวข้อง

1.หินขัดข้าวที่ใช้ในโรงสีเป็นแบบ

☐ หินขัดลูกเดียว

☐ หินขัดสองลูก

☐ หินขัดสามลูก

☐ อื่น ๆ.....

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

แบบสอบถาม (ต่อ)

2.ขนาดหินขัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้คือ

☐12นิ้ว ☐18นิ้ว ☐26นิ้ว ☐อื่น ๆ.....

3.สภาพหินขัดข้าวก่อนนำไปใช้เป็นอย่างไร

.....

4.มีสูตรไหนที่ใช้อยู่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

.....

.....

5.สภาพการใช้งานมีการสึกหรอและได้นานเท่าไหร่

.....

.....

6.มีเศษส่วนผสมของหินขัดข้าวหลุดปะปนกับข้าวมากน้อยเท่าไหร่

.....

7.อัตราความเร็วที่ใช้ในการสีข้าว

.....

8.ปัญหาที่พบและสะดุดในขณะสีข้าวมากที่สุด เช่น หิน ฝุ่น เปลือกข้าว ข้าวไม่ขาว

.....

9.องค์ประกอบที่ทำให้หินขัดข้าวเกิดการสึกหรอ เช่น

☐การตึงของสายพาน _____

☐ล้อขัด _____

☐แกนพอก _____

☐อัตราการป้อนความเร็ว _____

☐อุณหภูมิการทำงาน _____

☐อัตราการป้อนข้าว _____

☐การตั้งระยะการขัดสีของหินขัด _____

10.ปัญหาที่เกิดกับการสีข้าวที่เกิดมากที่สุด

☐% ความชื้น _____

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

แบบสอบถาม (ต่อ)

☐อัตราการหักของข้าว _____

☐การกระเทาะเปลือกข้าว _____

☐การหักของเมล็ดข้าว _____

11.ประสบการณ์ที่เปิดกิจการมานานเป็นเวลากี่ปี _____

12.ความพอใจในการสีข้าวในขณะที่เป็นเป็นที่ภาคภูมิใจอยู่แล้วหรือสมควรที่จะปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นแบบใด

.....

.....

.....

13.เพื่อเป็นการลดการนำเข้าและลดต้นทุนคิดว่าจะหาสิ่งใดมาทดแทนกันได้

.....

.....

.....

14.คิดว่าน่าจะมีวิธีการพัฒนาหินขัดข้าวอย่างไรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสีข้าวให้ดีขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อผู้บันทึก.....

( )

ว/ด/ป.....

หมายเหตุ

ข้อมูลนี้จะใช้สำหรับโครงงานวิจัยของนักศึกษาเท่านั้น

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก ข รายงานการทดสอบความแข็ง

การทดลองที่..1..	รายงานการทดสอบความแข็งตามวิธีวิกเกอร์					ใบงานที่.....1...
วัน-เดือน-ปี 29/09/47	ผู้ทดลอง กิตติ/วีระพันธ์					ผู้ตรวจสอบ
อุปกรณ์: เครื่องทดสอบความแข็ง MVK-H3: เพชรรูปกรวย						
ชิ้นทดสอบ	หมายเลข		1	2	3	หมายเหตุ
	ชื่อชิ้นงาน		หินกากแก้ว	หินกากเพชร	หินกากเพชร	หุ้มเรือนเรซิ่น
	ที่มา/ประเทศ		-	อังกฤษ	ฮอลแลนด์	
	สภาพผิว		ขรุขระ/เงา	ขรุขระ/สาก	ขรุขระ/สาก	
	ความหนา	mm	0.5-1	1-1.5	0.5-1	
เงื่อนไขในการทดสอบ	แรงกดรวม F	N	9.807	9.807	9.807	
	เวลากดแช่	s	15	15	15	
ค่าที่อ่านได้	รอยกดที่ 1		4803	2096	2085	
	รอยกดที่ 2		6145	1529	2031	
	รอยกดที่ 3		4563	2560	2142	
	รอยกดที่ 4		4819	2476	1795	
	รอยกดที่ 5		4938	3121	1976	
	รอยกดที่ 6		4214	2524	2341	
	รอยกดที่ 7		4933	3431	2685	
	รอยกดที่ 8		6112	2564	2150	
	รอยกดที่ 9		4020	2541	1873	
	รอยกดที่ 10		6090	1888	2095	
	ค่าเฉลี่ย		5063.7	2473	2117.5	
ผลที่ได้	ค่าความแข็ง	HV	5063.7	2473	2117.5	
การตรวจสอบ	ระยะห่างรอยกดต่ำสุด	mm	-	-	-	
	ค่าความหนาต่ำสุด	mm	-	-	-	
สูตรที่ใช้และการสังเกตุ	ขนาดเส้นทแยงมุมรอยกดเฉลี่ย $di = (di'-di'')/2$ ความแข็งวิกเกอร์ $Hvi = 0.189 * F/d_i^2$ ความหนาชิ้นทดสอบต่ำสุด $S_{min} = 1.5*d$ ระยะห่าง $a_{min}=2.5*d$ ระยะห่าง $b_{min}=3*d$					

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบธาตุในวัตถุดิบ

การทดลองที่.1	การทดสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง XRF		ใบงานที่....1....	
วัน-เดือน-ปี 29/09/47	ผู้ทดสอบ.....		ผู้ตรวจสอบ	
ชิ้นงานทดสอบ	วัสดุหินกากเพชร		ข้อสังเกตุ	
เงื่อนไขในการทดสอบ	ระยะเวลา อุณหภูมิ อื่นๆ.....			
อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่อง	แบบกล้อง/ชนิด XRF	บริษัท Philips MagiX	หมายเลข -	หมายเหตุ
การอ้างอิงทางเอกสาร	แผ่นภาพพิมพ์ ภาพถ่าย อื่นๆ			

ชื่อชิ้นงาน ขนาดเบอร์	ธาตุเคมี	แกนอ้างอิง (X,Y) =Energy(kev),Rmeas(kcps)	
		X= Energy(kev)	Y= Rmeas(kcps)
หินกากเพชร เบอร์ 16	Iron(Fe)	6.3950	490.5018
	Aluminum(Al)	1.4810	375.2296
	Silicon(Si)	1.7400	38.955
หินกากเพชร เบอร์ 14	Iron(Fe)	6.4021	464.4814
	Aluminum(Al)	1.4450	353.6000
	Silicon(Si)	1.7452	35.4239
หินกากเพชร เบอร์ 12	Iron(Fe)	6.3810	477.7461
	Aluminum(Al)	1.4890	337.9900
	Silicon(Si)	1.7450	35.1211

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบธาตุในวัตถุดิบ (ต่อ)

การทดลองที่ 1	การทดสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง XRF			ใบงานที่....2....
วัน-เดือน-ปี 29/09/47	ผู้ทดสอบ.....			ผู้ตรวจสอบ
ชิ้นงานทดสอบ	วัสดุหินกากแก้ว	ข้อสังเกตุ		
ลักษณะทั่วไป	ผิวมันวาว ผ่านการขัดเงา			
เงื่อนไขในการทดสอบ	ระยะเวลา อุณหภูมิ อื่นๆ.....			
อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่อง	แบบกล้อง/ชนิด -	บริษัท Philips MagiX	หมายเลข -	หมายเหตุ ภาคฟิสิกส์
การอ้างอิงทางเอกสาร	แผ่นภาพพิมพ์ ภาพถ่าย อื่นๆ			

ชื่อชิ้นงาน ขนาดเบอร์	ส่วนผสมเคมี	แกนอ้างอิง (X,Y) =Energy(kev),Rmeas(kcps)	
		X= Energy(kev)	Y= Rmeas(kcps)
หินกากแก้ว	Iron(Fe)	6.450	4.9057
	Aluminum(Al)	0.875	1.7051
	Silicon(Si)	1.7400	583.2302

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบธาตุในวัตถุดิบ (ต่อ)

การทดลองที่1	การทดสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง XRF			ใบงานที่....3....
วัน-เดือน-ปี 29/09/47	ผู้ทดสอบ.....			ผู้ตรวจสอบ.....
ชิ้นงานทดสอบ	วัสดุหินก่อสร้างมีขนาดใหญ่			ข้อสังเกตุ
ลักษณะทั่วไป	ผิวขรุขระ สีเทาดำ ขนาด 1 ซม			
เงื่อนไขในการทดสอบ	ระยะเวลา อุณหภูมิ อื่นๆ.....			
อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่อง	แบบกล้อง/ชนิด -	บริษัท Philips MagiX	หมายเลข -	หมายเหตุ ภาคฟิสิกส์
การอ้างอิงทางเอกสาร	แผ่นภาพพิมพ์ ภาพถ่าย อื่นๆ			

ชื่อชิ้นงาน ขนาดเบอร์	สูตรเคมี	แกนอ้างอิง (X,Y) =Energy(kev),Rmeas(kcps)	
		X= Energy(kev)	Y= Rmeas(kcps)
หินทั่วไป เบอร์ ขนาดใหญ่	Iron(Fe)	6.4500	164.4926
	Aluminum(Al)	1.4950	25.8259
	Silicon(Si)	1.7480	94.8206

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบธาตุในวัตถุดิบ (ต่อ)

การทดลองที่.1	การทดสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง XRF		ใบงานที่....4....	
วัน-เดือน-ปี 29/09/47	ผู้ทดสอบ.....		ผู้ตรวจสอบ	
ชิ้นงานทดสอบ	วัสดุหินกากเพชร		ข้อสังเกตุ	
ลักษณะทั่วไป	หินกากเพชรฮอลแลนด์ ผิวสากขรุขระ ภายนอกมีสีขุ่นและมีสีแดงปะปนด้วย			
เงื่อนไขในการทดสอบ	ระยะเวลา อุณหภูมิ อื่นๆ.....			
อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่อง	แบบกล้อง/ชนิด -	บริษัท Philips MagiX	หมายเลข -	หมายเหตุ ทางภาคฟิสิกส์
การอ้างอิงทางเอกสาร	แผ่นภาพพิมพ์ ภาพถ่าย อื่นๆ			

ชื่อชิ้นงาน ขนาดเบอร์	สูตรเคมี	แกนอ้างอิง (X,Y) =Energy(kev),Rmeas(kcps)	
		X= Energy(kev)	Y= Rmeas(kcps)
หินกากเพชรฮอลแลนด์ เบอร์ 18	Iron(Fe)	6.4500	480.9971
	Aluminum(Al)	1.4780	344.9549
	Silicon(Si)	1.7400	27.4670
หินกากเพชรฮอลแลนด์ เบอร์ 14	Iron(Fe)	6.4810	467.1200
	Aluminum(Al)	1.4850	126.7950
	Silicon(Si)	1.7420	22.0761

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก ง ประมวลภาพการเก็บข้อมูล

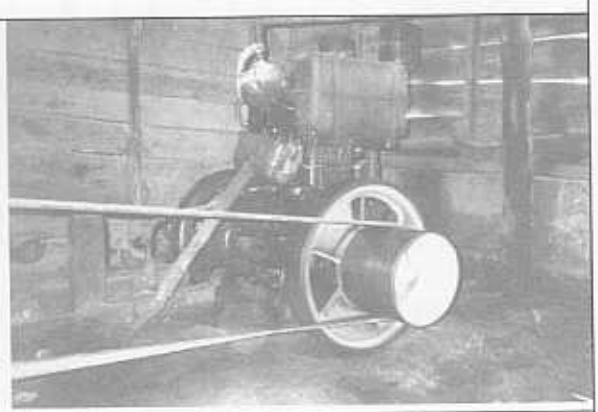
คุณประยูร กุจพันธ์ เจ้าของโรงสี

นายไช มัฐผา ช่างทำล้อหินขัด

คุณเสถียร คำแสง เจ้าของโรงสี

คุณกวี คำภาชาติ เจ้าของโรงสี

ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า

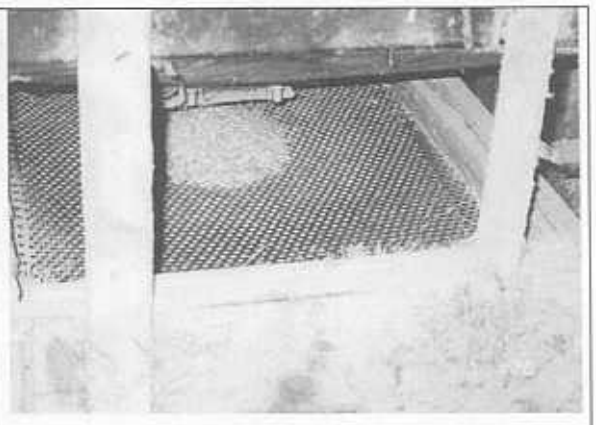


ต้นกำลังน้ำมันดีเซล

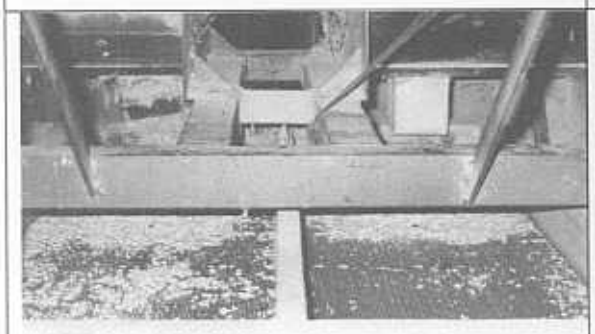
Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก ง ประมวลภาพการเก็บข้อมูล (ต่อ)

กระบวนการทำความสะอาดข้าวเปลือก

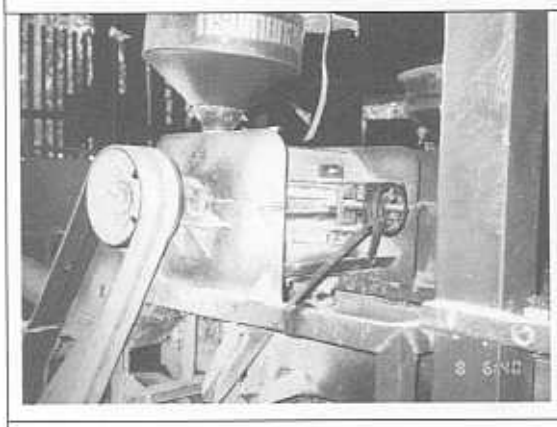


ตะแกรงคัดข้าวเปลือก



ตะแกรงคัดข้าว

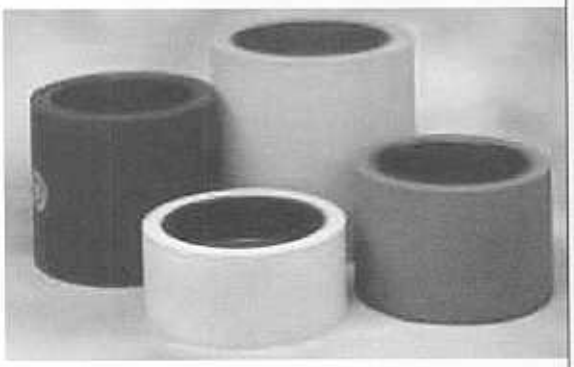
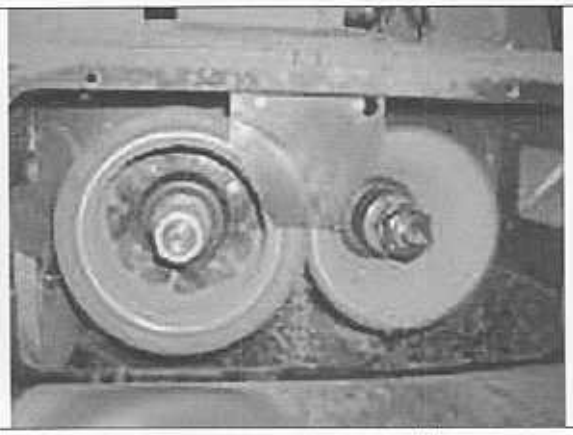
ตะแกรงคัดข้าว



สายพานและพู่เล่ย์

หินขัดข้าวที่ผ่านการใช้งานแล้ว

ภาคผนวก ง ประมวลภาพการเก็บข้อมูล (ต่อ)

	
ลูกยางกะเทาะเปลือกจากต่างประเทศ www.Ynox .com	การทำงานลูกยางกะเทาะเปลือก www.sagevfoods.com
เพลากระเทาะเปลือกทำจากพลาสติกสังเคราะห์ www.grainprocessor.com	ลูกหินขัด(จากต่างประเทศ) www.grainprocessor.com
เศษหินขัดข้าวขาว เบอร์ 16 และ 18	ลักษณะทั่วไปของเม็ดหินกากเพชรอังกฤษ เบอร์ 12

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์รูปร่างและขนาดเม็ดหินด้วย Image analysis

materials	No.	diameter max (μm)	diameter mean (μm)	diameter min (μm)	aspect ratio	convex perimeter (μm)	shape factor	convexity
ทากแก้ว	1	3970.33	3505.36	2059.00	2.00	10513.98	0.61	0.90
	2	3633.88	3256.13	2445.76	1.49	10460.84	0.64	0.94
	3	3198.53	2785.30	2068.33	1.53	8789.21	0.62	0.91
	4	3547.53	3240.02	1972.24	1.75	9665.55	0.23	0.82
	5	3647.75	3384.89	2360.39	1.57	10392.32	0.63	0.87
	6	3456.21	2972.08	1756.49	2.00	8931.13	0.57	0.93
	7	3691.75	3270.27	1893.73	1.96	9711.52	0.60	0.91
	8	3675.25	3207.54	1798.04	2.09	9439.25	0.65	0.93
	9	2388.11	2300.16	2179.69	1.09	7581.80	0.79	0.95
	10	2852.22	2617.68	1933.96	1.43	8282.28	0.73	0.94
	เฉลี่ย	3406.16	3053.94	2046.76	1.69	9376.82	0.61	0.91
emery-eng 12	1	4039.00	3477.01	2256.23	1.77	10600.34	0.74	0.96
	2	3750.25	3556.81	3072.42	1.21	11637.95	0.74	0.93
	3	3366.18	3206.87	2782.46	1.13	10317.57	0.74	0.93
	4	4648.82	4211.82	2743.47	1.69	12882.31	0.71	0.94
	5	3339.44	2909.24	2222.09	1.48	9213.20	0.77	0.96
	6	3963.15	3574.56	2814.16	1.46	11403.50	0.76	0.94
	7	3743.15	3393.44	3081.86	1.20	11090.72	0.81	0.95
	8	4143.43	3523.80	2705.57	1.48	10924.80	0.79	0.97
	9	3139.13	2781.61	2192.46	1.40	8888.15	0.78	0.95
	10	3548.49	3348.49	2946.25	1.22	10882.58	0.73	0.95
	เฉลี่ย	37681.04	3398.37	2681.70	1.40	10784.11	0.76	0.95
emery-eng 14	1	3679.58	3416.98	2787.80	1.32	11009.99	0.74	0.97
	2	3561.58	3402.25	3021.89	1.07	10874.55	0.84	0.96
	3	3569.53	3200.82	2786.87	1.31	10427.88	0.77	0.96
	4	3675.80	3617.24	2422.14	1.68	11218.20	0.75	0.96
	5	2876.32	3304.72	2547.45	1.44	10491.00	0.77	0.95
	6	3430.91	2620.17	2243.79	1.26	8494.65	0.82	0.96
	7	2981.63	3039.85	2513.98	1.43	9799.05	0.66	0.93
	8	2701.37	2754.17	2376.85	1.22	8992.95	0.82	0.96
	9	5045.03	2463.53	2112.32	1.19	7898.11	0.80	0.97
	10	5045.03	4352.00	2365.51	2.17	12805.55	0.65	0.94
	เฉลี่ย	3768.10	3217.17	2517.80	1.41	10201.19	0.76	0.96
emery-eng 16	1	2559.74	2336.78	1971.68	1.25	7463.60	0.75	0.96
	2	3192.09	2899.29	1694.73	1.89	8786.45	0.64	0.91
	3	3067.28	2745.15	2168.41	1.43	8694.97	0.80	0.96
	4	3187.24	2994.49	2500.86	1.24	9601.40	0.62	0.86
	5	3316.06	2775.41	1769.04	1.90	8375.04	0.68	0.95
	6	2937.36	2639.26	2212.80	1.28	8521.59	0.75	0.95
	7	2604.71	2389.31	2007.49	1.22	7678.67	0.79	0.94
	8	2154.24	1856.64	1111.93	1.94	5523.72	0.69	0.94
	9	2932.08	2747.60	2450.84	0.19	8863.90	0.70	0.91
	10	2306.96	2161.89	1853.42	1.28	6963.89	0.81	0.96
	เฉลี่ย	2825.78	2554.88	1974.12	1.49	8047.32	0.72	0.93

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์รูปร่างและขนาดเม็ดหินด้วย Image analysis (ต่อ)

materials	No.	diameter max (μm)	diameter mean (μm)	diameter min (μm)	aspect ratio	convex perimeter (μm)	shape factor	convexity
emery-								
hol	1	2557.61	2385.61	2234.72	1.10	7767.51	0.83	0.97
14	2	4331.00	3659.81	1971.74	2.36	10504.22	0.66	0.95
	3	2529.53	2408.42	1978.11	1.22	7811.31	0.83	0.97
	4	2608.10	2347.80	1860.96	1.41	7508.99	0.73	0.93
	5	2849.98	2496.89	1961.16	1.43	7934.22	0.74	0.94
	6	2781.72	2428.13	1965.52	1.38	7743.14	0.76	0.95
	7	2697.44	2323.95	1784.79	1.49	7009.93	0.79	0.96
	8	2431.59	2279.60	1967.66	1.22	7467.71	0.82	0.95
	9	3166.57	2864.89	2302.53	1.38	9195.05	0.79	0.97
	10	2738.72	2446.40	1688.35	1.54	7706.56	0.74	0.94
	เฉลี่ย	2869.23	2564.15	1971.55	1.45	8064.86	0.77	0.95
emery-								
hol	1	2127.01	1894.00	1459.42	1.46	6036.30	0.77	0.93
16	2	2421.25	2211.49	1344.62	1.84	6668.73	0.75	0.94
	3	1855.39	1708.36	1498.72	1.22	5502.47	0.82	0.96
	4	1717.20	1571.24	1444.32	1.15	5081.36	0.76	0.92
	5	1967.74	1758.78	1394.87	1.35	5609.67	0.79	0.96
	6	1547.59	1436.01	1287.67	1.09	4623.74	0.78	0.94
	7	2073.29	1893.41	1696.95	1.23	6171.82	0.71	0.93
	8	2627.76	2224.30	1506.83	1.72	6786.86	0.70	0.95
	9	1939.20	1682.55	1229.32	1.67	5240.25	0.68	0.92
	10	1420.05	1317.93	1054.34	1.33	4241.04	0.80	0.96
	เฉลี่ย	1969.65	1769.81	1391.71	1.41	5596.22	0.76	0.94
emery-								
hol	1	1846.60	1696.70	1094.07	1.81	5162.69	0.64	0.90
18	2	1420.73	1260.21	1044.49	1.29	4023.32	0.82	0.97
	3	1493.83	1387.53	1029.39	1.45	4393.58	0.69	0.93
	4	1240.39	1184.25	1108.27	1.09	3917.69	0.78	0.93
	5	1664.50	1554.02	1257.67	1.34	4998.81	0.77	0.95
	6	1522.59	1394.64	1108.96	0.34	4418.19	0.70	0.91
	7	2047.97	1805.78	1066.18	2.07	5329.21	0.71	0.95
	8	1458.61	1333.56	1138.51	1.24	4230.24	0.78	0.93
	9	1559.01	1351.05	938.00	1.65	4198.12	0.80	0.97
	10	1453.70	1346.23	1211.23	1.18	4377.38	0.88	0.97
	เฉลี่ย	1570.79	1431.40	1099.68	1.35	4504.92	0.76	0.94

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ประวัตินักวิจัย

1. หัวหน้าโครงการ

1.1 ชื่อ(ภาษาไทย) นางสุขอังคณา ลี

(ภาษาอังกฤษ) Sukangkana Lee

1.2 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 5

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1.3 คุณวุฒิและสาขาวิชา

ระดับการศึกษา	สาขาวิชา	ปีที่จบ	สถาบันการศึกษา
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	อุตสาหการ (เกียรตินิยมอันดับ 1)	2538	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
Master of Metallurgy	Advanced Metallurgy	2541	University of Sheffield, England
Doctor of philosophy	Engineering materials	2545	University of Sheffield, England

1.4. ผลงานทางวิชาการ

S.Chayong, 'Bulkformability of sprayformed tool steel', MMet thesis, Univesity of Sheffield, 1999

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

H.V, Atkinson, P.Kapranos, D.Liu, S.Chayong, D.H.Kirkwood, 'Thixoforming of normally wrought aluminium alloys', Proceedings of the 8th International Conference ICAA8, Cambridge, UK, 2-5 July 2002.

S Chayong, H.V.Atkinson, P.Kapranos, 'Multistep induction heating regimes for thixoforming 7075 aluminium alloy', Mat Sci & Tech, April 2004, Vol. 20, pp 490-496

สุริยา โชคสวัสดิ์, เจริญ ชุมมวล, ไท แสงเทียน, สุขอังคณา ชาหยอง, Meng Fuk Lee "โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการหล่อทองเหลืองโดยวิธีขี้ผึ้งหายของกลุ่มหัตถกรรมหล่อทองเหลืองบ้านปะอาว" เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ และเผยแพร่ผลงานวิจัย ครั้งที่ 3 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 1 กันยายน 2546, สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุขอังคณา ลี, 'กระบวนการขึ้นรูปแบบกึ่งของแข็งอลูมิเนียมผสม', เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ ครั้งที่ 1, 8 มกราคม 2547, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 36-39

Sukangkana Lee 'Second-phase particles investigation in the high-strength wrought aluminium alloy' The third Thailand materials science and technology conference, 10-11 August 2004, Bangkok, Thailand, pp 85-87

Sukangkana Lee 'The effect of freezing time on the thixoforming of aluminium alloy slurry' The third Thailand materials science and technology conference, 10-11 August 2004, Bangkok, Thailand, pp 301-303

สุขอังคณา ลี, เอกสารประกอบการสอนวิชา Engineering Materials, 2547

สุขอังคณา ลี, เอกสารประกอบการสอนวิชา Industrial Materials Testing, 2547

1.5. งานวิจัยที่สนใจและความเชี่ยวชาญ

- กระบวนการขึ้นรูปโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก
- กระบวนการขึ้นรูปโลหะแบบกึ่งของแข็งของเหลว ซึ่งการขึ้นลูกหินขัดนี้ มีลักษณะคล้ายกับวัสดุกึ่งแข็ง-กึ่งเหลว
- การทดสอบคุณสมบัติทางกลของโลหะ และวัสดุ ได้แก่ การวัดความแข็ง การทดสอบแรงกด แรงดึง แรงเฉือน แรงกระแทก
- การทดสอบส่วนผสมทางเคมี โดยเทคนิค XRD, XRF และการวิเคราะห์โดย SEM และ TEM
- การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค โดยวิธี Image analysis
- วิชาที่สอนและเชี่ยวชาญคือ วัสดุวิศวกรรม, การทดสอบวัสดุอุตสาหกรรม, โลหะวิทยา และ การวิเคราะห์ความเสียหาย

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2. ผู้ร่วมวิจัย

2.1 ชื่อ(ภาษาไทย) นายหมิงฟุก ลี

(ภาษาอังกฤษ) Meng Fuk Lee

2.2 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

2.3 คุณวุฒิและสาขาวิชา

ระดับการศึกษา	สาขาวิชา	ปีที่จบ	สถาบันการศึกษา
Bachelor degree	Mechanical Engineering (เกียรตินิยมอันดับ 2)	1999	The University of Sheffield

2.4 ประวัติการทำงาน

1999-2002 Design engineer RHS paneltech ltd. Sheffield England

2002-present Lecturer Faculty of engineering, Ubonratchathani University

2.5 ผลงานทางวิชาการ

สุริยา โชคสวัสดิ์, เจริญ ชุมมวล, ไท แสงเทียน, สุขอังคณา ชาหยอง, Meng Fuk Lee "โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการหล่อทองเหลืองโดยวิธีขี้ผึ้งหายของกลุ่มหัตถกรรมหล่อทองเหลืองบ้านปะอาว" เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ และเผยแพร่ผลงานวิจัย ครั้งที่ 3 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 1 กันยายน 2546, สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2.6 งานวิจัยที่สนใจและความเชี่ยวชาญ

การออกแบบโดยใช้ software ช่วยในการออกแบบ

การทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

3.ผู้ร่วมวิจัย

3.1 ชื่อ นายสุริยา โชคสวัสดิ์

Mr.Suriya Choksawaddee

3.2 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7

สังกัดภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีการศึกษา

3.3 คุณวุฒิและสาขาวิชา

ระดับปริญญาตรี สาขา เทคโนโลยีการผลิต (อ.ส.บ.) จาก คณะวิศวกกรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีวัสดุ (ว.ศม.) จาก คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3.4 งานวิจัย : ที่ดำเนินการแล้วเสร็จ และอยู่ระหว่างการดำเนินการ

1. สุริยา โชคสวัสดิ์, สมบัติ สินธุเชาว์, นุชสรา เกียรยงกรกฎ, " การศึกษาความเป็นไปได้การตั้งโรงหล่อในเขตอีสานตะวันออก",2542,สภาวิจัยแห่งชาติ
2. สุริยา โชคสวัสดิ์, "โครงสร้างและคุณสมบัติของสารประกอบอินเตอร์เมทัลลิก NiAl ที่ผ่านการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว", การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2543, โรงแรมโกลเด้นแชนด์สชะอำ จังหวัดเพชรบุรี วันที่ 2-3 พฤษจิกายน 2543
3. สุริยา โชคสวัสดิ์, อภิชาติ อาจนาเสียว, "การศึกษาโครงสร้างและคุณสมบัติของทองเหลืองหล่อโดย กรรมวิธีขี้ผึ้งหาย กรณีศึกษา : หัตถกรรมหล่อทองเหลือง บ้านปะอาว ต.ปะอาว อ.เมือง จ. อุบลราชธานี",2544, สภาวิจัยแห่งชาติ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

4. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป,เจริญ ชุมมวล,สุริยา โชคสวัสดิ์, "การศึกษาผลการเลือกใช้อิเล็คโทรดสำหรับเครื่อง อีดีเอ็ม",การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2544, โรงแรม เนวาด้าแกรนด์ จังหวัดอุบลราชธานี วันที่ 25-26 ตุลาคม 2544
5. สุริยา โชคสวัสดิ์, อภิชาติ อาจนาเสียว, "คุณสมบัติของทรายแม่น้ำมูลสำหรับใช้ทำแบบหล่อทรายชื้น", 2545, สภาวิจัยแห่งชาติ
6. สุริยา โชคสวัสดิ์, เจริญ ชุมมวล, สุขอังคณา ชาหยอง, ไท แสงเทียน, มิกกี้ ลี, "การวิจัยเพื่อพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีหัตถกรรมหล่อทองเหลืองโดยวิธีขี้ผึ้งหาย กรณีศึกษาบ้านปะอาว",2545, ทบวงมหาวิทยาลัย
7. สุริยา โชคสวัสดิ์, "กรรมวิธีการหล่อทองเหลืองแบบขี้ผึ้งหาย กรณีศึกษาหัตถกรรมหล่อทองเหลืองบ้านปะอาว จังหวัดอุบลราชธานี", การประชุมเทคโนโลยีการหล่อโลหะไทย ครั้งที่ 1, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 13 กันยายน 2545

3.5 งานวิจัยที่อยู่ในความสนใจ

1. ศึกษาแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมหล่อเครื่องประดับโดยวิธีขี้ผึ้งหาย
2. การศึกษาและพัฒนาเชิงอนุรักษ์งานสำริดในประเทศไทย
3. การนำทรายแม่น้ำโขง ซี มูล มาใช้งานในอุตสาหกรรมหล่อโลหะ

3.6 งานบริการวิชาการแก่ชุมชน

1. เป็นที่ปรึกษาแก่ผู้ประกอบการ SME ภายใต้โครงการ 13ระยะที่1-2 และโครงการ ITB ของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม
2. เป็นวิทยากร และ อนุกรรมการ 1 ตำบล 1 ผลิต จังหวัดอุบลราชธานี

Ubon Rajathanee University