

รายงานการวิจัยเรื่อง
ความเป็นไปได้ในการพัฒนาแร่ดิคไคต์ ในจังหวัดสระบุรี
มาทำเป็นเครื่องประดับ

Possibility of the Development of Dickite in Saraburi Province
for Ornamental Materials

โดย

รศ. ดร. เสรีวัฒน์ สมนันทปัญญา (Assoc. Prof. Dr. Seriwat Saminpanya, FGA, GG)

อ. ชัยชาติ ธรรมธองอำคม (Lecturer Chaichart Dharmgrongartama)

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 ถนนวิภา-23 แขวงคลองเตย เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทร 0-2664-1000 ต่อ 8668 โทรสาร 0-2260-0128 Email: seriwat@hotmail.com



553.55
ส931ค
ร.2

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โครงการทุนวิจัยไม่กำหนดทิศทาง ประจำปี 2548

ชื่อเรื่อง: ความเป็นไปได้ในการพัฒนาแร่ดิกโคท ในจังหวัดสระบุรี หากเป็นเครื่องประดับ

ผู้วิจัย: เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา และชาชาติ ธรรมครองอาคม

ที่อยู่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตย เขตวัฒนา กรุงเทพฯ

10110 โทร 0-2664-1000 ต่อ 8668 โทรสาร 0-2260-0128 Email: seriwat@hotmail.com

แร่ดิกโคท ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) จาก เขาชะอม ต. ชะอม อ. แก่งคอย จ. สระบุรี ประกอบด้วย 3 เกรด ได้แก่ เกรด A B และ C เกรด A (แร่สีครีม และสีแดง) มีปริมาณอะลูมินา (Al_2O_3) สูงประมาณ 41% มีซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 43% โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือคือเทา (เกรด B) และสีแดงด้านเนื้อคล้ายหินไรโอไลต์ (เกรด C) มีแร่ควอตซ์ปน และมีปริมาณอะลูมินาค่าต่ำกว่าคือประมาณ 15-16% แต่มีซิลิกาสูงถึง 79% ผลึกของแร่ดิกโคทเกาะกันเป็นกลุ่มขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นหรือเรียกว่าผลึกซ่อนรูป

(Cryptocrystalline) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) สามารถมองเห็นรูปผลึกแบบหกเหลี่ยมเทียม (Pseudo hexagonal) เป็นแผ่นเรียงซ้อนกันคล้ายกองหนังสือ จากการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนโดยการเผาแร่ดิกโคทที่อุณหภูมิต่างๆ จาก 300 - 800 องศาเซลเซียส โดยเปลี่ยนอุณหภูมิการเผาให้เพิ่มขึ้นทุกๆ 50 องศาเซลเซียส แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ เครื่องชั่งหาถ.พ. เครื่องหาค่าดัชนีหักเห (RI) เครื่องมือขึ้นสูง XRD FTIR และ Raman พบว่าดิกโคทที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียสเริ่มเปลี่ยนเป็นสีจางลง และตั้งแต่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่น หรือขาวขุ่นอมชมพู นอกจากนั้นยังแรงขึ้น แต่เปราะและแตกง่าย ลักษณะดังกล่าวสรุปได้ว่าดิกโคทที่ผ่านการเผาไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ในการแกะสลัก นอกจากนั้นพบว่า ถ.พ. ลดลง แต่ RI กลับเพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิหลังการเผาจาก 600 - 800 องศาเซลเซียส พบว่า ถ.พ. และ RI ต่างค่อยๆ เพิ่มขึ้นอีก จากข้อมูล XRD FTIR และ Raman ทั้งก่อนและหลังเผา พบว่าดิกโคทเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอสัณฐานเทียม (Pseudo-amorphous phase) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 450 องศาเซลเซียส กล่าวคือ เป็นสารที่โครงสร้างผลึกเสียไป โดยที่น้ำในโครงสร้าง (OH) ได้สูญเสียไป (Dehydroxylation) ตั้งแต่อุณหภูมิดังกล่าว การศึกษาความนิยมของแร่ดิกโคทที่นำมาแกะสลักพบว่า คนทั่วไปนิยมสีและลวดลายแปลกตาของดิกโคท และเหมาะที่จะนำมาแกะสลักเป็นรูปสัตว์ต่างๆ ที่มีลวดลาย และควรมีขนาดของชิ้นงานไม่เกิน 6 นิ้ว เพราะง่ายต่อการบรรจุ และขนย้าย ดิกโคทถือว่าเป็นแร่ที่แกะสลักง่ายเพราะมีความแข็งต่ำ ($1\frac{1}{2}$ -2 ของโมห์สเกล) ไม่เปราะ ช่างแกะสลักชอบ แต่ต้องเลือกลวดลายของเนื้อหินให้เหมาะกับรูปที่จะแกะสลัก การแกะสลักแร่ดิกโคทมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหากมีการส่งเสริมและทำให้ถูกหลักวิชาการ โดยคัดแยกแร่ที่เหมืองออกตามเกรดต่างๆ เช่น เกรด A ควรแยกออกไปใช้ในการแกะสลักโดยใช้เลื่อยตัดจากแหล่ง หรือหลีกเลี่ยงการใช้ระเบิดซึ่งจะทำให้เนื้อแร่แตกร้าว ส่วนเกรดอื่นควรนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

Abstract

Title: Possibility of the Development of Dickite in Saraburi Province for Ornamental Materials

Researchers: Seriwat Saminpanya and Chaichart Dharmgrongartama

Address: Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Watthana, Bangkok 10110, Thailand. Email: seriwat@hotmail.com

Dickite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) from Khao Cha-Om, Tambon Cha-Om, Amphoe Kaeng Khoi, Saraburi Province, Thailand consists of 3 grades (A, B and C). Grade A (cream and red colours) has higher Al_2O_3 content (41 wt%) and lower SiO_2 content (43 wt%) whereas grade B (gray) และ C (dull red and resemble to rhyolite) have lower Al_2O_3 content (15-16 wt%) and higher SiO_2 content (79 wt%). Dickite samples are associated with quartz especially grades B and C. The crystal habit of dickite is cryptocrystalline aggregates and under the SEM, the crystals exhibit their pseudo-hexagonal plates stacking together like books. Heat treatment at 300-800°C with a step temperature of 50°C and the properties of treated samples were studied compared to untreated samples. The appearance of the samples after treatment starts changing to white or pinkish white and dull, translucent to opaque, harder and more brittle than before heating at 450°C. The sample completely changed after the temperature of 500 °C. This indicates that dickite after heat treatment is not suitable for carving due to its properties. After heat treatment of dickite, its SG values are lower than before heat treatment but its RI values are higher than before heat treatment. It is noticed that from 600°C to 800°C, the SG and RI values gradually increase. The information obtained from XRD, FTIR and Raman indicates that dickite has changed its structure to the pseudo-amorphous phase after 450°C. This is due to the loss of water (OH) in its structure. This process is called dehydroxilation. A survey for the preference of people on the carving products of dickite is found that people like the carving products based on the colour and texture of minerals/rocks. Dickite is suitable for carving as the ornamental objects due to their stunning colour and texture so it is suitable most for carving as the animal figurines. The size of the objects should not be larger than 6 inches across with the reasons of relocation and packaging. Dickite is a mineral with low hardness ($1\frac{1}{2}$ -2 of Moh's scale) and it is not brittle so that is easy to be carved but the rough materials should be chosen with care in order to match the appearance of the output object. The carving of dickite in terms of mass production has a high possibility but it should be promoted based on academic approach. For instance, the raw materials in mine should be selected by dickite grade A is separated for carving and the other grades are for industrial uses. The raw materials for carving should not be extracted from the mine by using explosion method but by sawing instead.

ประกาศขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สนับสนุนเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณ
เงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โครงการทุนวิจัยไม่กำหนดทิศทาง ประจำปี 2548
นอกจากนั้นหากขาดซึ่งบุคคลและหน่วยงานต่อไปนี้ งานวิจัยเรื่องนี้คงไม่สำเร็จลงได้ ผู้วิจัยจึง
ขอขอบคุณ เจ้าของเหมืองแร่ดิกไคต์ ต. ชะอม อ. แก่งคอย จ. สระบุรี และเหมืองสระบุรีหินอ่อน ที่ เฆ
งอบ ต. หน้าพระลาน อ. เกลิมพระเกียรติ จ. สระบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างแร่ในราคาพิเศษ และ
เหมืองโคโลไมต์ ที่ ต. วังด้ง อ. เมือง จ. กาญจนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างแร่โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย
ขอขอบคุณ คุณสมศักดิ์ แสงศิลา คุณจันทร์พงษ์ จริ่งจิตร คุณสุชาดา ศรีไพโรจน์ธิกุล คุณอุบลชัย แพร
สมบูรณ์ นักวิทยาศาสตร์ของกรมทรัพยากรธรณี ที่ได้วิเคราะห์ทางเคมีในตัวอย่างแร่ดิกไคต์ เจ้าหน้าที่ที่
ศูนย์เทคโนโลยี โลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC: National Metal and Materials Technology Center) ที่
ช่วยวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง SEM และ TEM ขอขอบคุณ ผศ. บัญชา ศิลปสกุลสุข และภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้าน XRD คุณอังสนา หิมะสุทธิเดช และคุณพรชลิษฐ์ มณี
รัตน์ไพโรจน์ ที่ช่วยงานด้าน XRD และ FTIR คุณอาทิตย์ วงศ์ตะกาศ และคุณเป็ก เผ่าด้วง ที่ช่วยเหลือ
งานด้านแกละสลัก คุณคม กาญจน์นิรันดร์ คุณรัฐพล ทนบกกิจ ที่ช่วยงานด้านแกละสลัก และ การสำรวจ
ความนิยมของชิ้นงานแกละสลัก คุณ จตุพร บวรไกรศรี และคุณสรารุช บุญพร้อม ที่ช่วยสำรวจและเก็บ
ข้อมูลตามแบบสัมภาษณ์ต่างๆ คุณสถิตย์ สนาม ที่ช่วยยกและตัดตัวอย่างแร่และหิน รวมทั้งเจ้าหน้าที่คน
อื่นๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามมาได้ทั้งหมด ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
ประกาศนุญการ	ค
สารบัญ	ง
บัญชีตาราง	ช
บัญชีภาพประกอบ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ความสำคัญ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่น่าผลวิจัยไปใช้ ประโยชน์	3
1.4 ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด (Conceptual framework) ของโครงการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.6 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง และหรือเก็บข้อมูล	4
1.7 แผนการดำเนินงานวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 แร่ดิกไลต์ (Dickite)	5
2.1.1 การกำเนิด	6
2.1.2 แหล่งในประเทศ	6
2.1.3 ประโยชน์	9
2.2 เทคนิคการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง	9
2.3 การแกะสลักแร่และหิน	9
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	12
3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น และการเก็บตัวอย่างแร่และหิน	12
3.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี	12
3.2.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ	12
1) การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ด้วย SEM	13
2) การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ด้วย TEM	14

3.2.2 การวิเคราะห์ทางเคมี	16
3.3 วิธีดำเนินการทดลองปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน	16
3.3.1 ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างแร่ดิกไคต์	17
3.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ด้วย XRD	18
3.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ด้วย FTIR	19
3.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ด้วย Raman microprobe	20
3.4 การแกะสลัก และการสำรวจความยากง่ายในการแกะสลัก	20
3.4.1 การแกะสลัก	20
1) อุปกรณ์ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	20
2) การออกแบบชิ้นงาน	23
3) การจัดเตรียมหินที่จะนำมาแกะสลัก	24
4) การแกะสลักชิ้นงาน	24
3.4.2 วิธีดำเนินการสำรวจความยากง่ายในการแกะสลัก	26
3.5 ความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ และทางเศรษฐกิจ	26
3.5.1 การสำรวจความนิยมของผลิตภัณฑ์แกะสลัก	27
3.5.2 การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ	27
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	28
4.1 คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี	28
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพที่มองเห็นได้	28
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย SEM	29
4.1.3 ผลการวิเคราะห์ด้วย TEM	32
4.1.4 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี	33
4.2 ผลการทดลองปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน	35
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	35
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ด้วย XRD	38
4.2.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ด้วย FTIR	40
4.2.4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ด้วย Raman microprobe	43
4.3 ผลการศึกษาความยากง่ายในการแกะสลัก	45
4.3.1 ผลการทดลองการแกะสลักปลาโลมา ขนาด 2x2x2 นิ้ว และ 3x3x3 นิ้ว	45
4.3.2 ผลการทดลองการแกะสลัก แร่ดิกไคต์ หินอ่อน และหินโดโลไมต์ รูปอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่ (3-12 นิ้ว)	56

4.4 ความคุ้มค่าเชิงพานิช และทางเศรษฐกิจ	59
4.4.1 ผลการสำรวจความนิยมของผลิตภัณฑ์แกะสลัก	59
1) ด้านความชอบผลิตภัณฑ์	60
2) ด้านการประเมินราคาของผลิตภัณฑ์	61
3) ด้านความเหมาะสมที่จะนำแร่ดีบุกมาแกะสลัก	62
4) ด้านขนาดของรูปแกะสลักแร่ดีบุกที่ที่เหมาะสม	62
5) ด้านลักษณะงานของรูปแกะสลักแร่ดีบุกที่เหมาะสม	63
6) ด้านรูปลักษณะที่สมควรที่จะนำเอาแร่ดีบุกมาใช้ในการแกะสลัก	64
7) ความเห็นด้านชนิดหินที่ควรนำมาแกะสลัก	64
4.4.2 ต้นทุนค่าแกะสลัก ราคาจำหน่าย และผลกำไร	65
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุป และอภิปรายผล	68
ความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์จาก XRD และ FTIR	68
ความนิยมในชิ้นงานแกะสลัก	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	71
5.2.1 ข้อเสนอแนะในระยะสั้น	71
1) สำหรับผู้ที่สนใจในงานแกะสลักแร่ดีบุก	71
2) การจัดทำโครงการกลุ่มการผลิตงานแกะสลักแร่ดีบุกในชุมชน	71
3) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ	72
5.2.2 ข้อเสนอแนะในระยะยาว	73
1) การจัดหาหินเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิต	73
1.1) การสำรวจ และจำแนกประเภทหิน	73
1.2) การพัฒนาด้านการทำเหมือง	73
2) การแกะสลัก	73
2.1) การเลือกชนิด สีและลวดลายของหินให้เหมาะกับชิ้นงานที่ผลิต	73
2.2) การระมัดระวังไม่ให้มีรอยแตกร้าวในเนื้อหิน	74
2.3) การจัดการและเทคโนโลยีในการแกะสลัก	74
- ด้านบุคลากร	75
- ด้านวิธีดำเนินงาน	75
- ด้านเครื่องมือที่ใช้ในการแกะสลัก	75
2.4) ข้อดีของการนำเอาแร่ดีบุกมาใช้ในการแกะสลัก	76

3) ความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์ และทางเศรษฐกิจ	76
4) ประโยชน์จากการพัฒนานำแร่ดิคไคต์มาใช้	77
4.1) เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า	77
4.2) เป็นการเผยแพร่รูปแบบ และตลาดศิลปกรรม	77
4.3) เป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยว	77
5.2.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยต่อไป	78
บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก	83
ภาคผนวก 1 ตารางอธิบายความหมายของรหัสของตัวอย่าง (Sample Identification) ที่ใช้ในการทดลอง	84
ภาคผนวก 2 แบบสัมภาษณ์ช่างแกะสลักแร่/หิน	85
ภาคผนวก 3 แบบสำรวจความนิยมผลิตภัณฑ์แกะสลักจาก แร่ดิคไคต์ หินอ่อน และหินโคโลไมต์	91
ภาคผนวก 4 แบบสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์แกะสลัก แร่ดิคไคต์ หินอ่อน และหินโคโลไมต์	93
ภาคผนวก 5 ตารางแสดงค่าดัชนีหักเห (RI) และความถ่วงจำเพาะ (SG) ของแร่ดิคไคต์ ก่อนและหลังเผา ที่อุณหภูมิต่างๆ	95
ประวัติย่อผู้วิจัย	101

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ข้อมูล XRD ที่สำคัญ ได้แก่ พิกelihood ที่ 2-Theta Intensity D-spacing และ คำนวณค่าเลอว์ ของแร่ดิคไคต์ (Bailey, 1963)	6
3.1 ขนาดของชิ้นงานตัวอย่างแกะสลัก ที่นำเสนอให้ผู้ประกอบการพิจารณา (หน่วยเป็นเซนติเมตร)	27
4.1 คุณลักษณะทางกายภาพทั่วไปของแร่ดิคไคต์เมื่อเปรียบเทียบกับ หินอ่อน และหินโพลีไมต์	29
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของ แร่ดิคไคต์ หินอ่อน และหินโพลีไมต์ (ธาตุหลักมีหน่วยเป็น Weight percent oxides, ธาตุรองรอย มีหน่วยเป็น ppm)	34
4.3 ผลการทดลองการแกะสลักแร่ดิคไคต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีเหลือง	46
4.4 ผลการทดลองการแกะสลักแร่ดิคไคต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีแดง, ครีมน้ำตาล	46
4.5 ผลการทดลองการแกะสลักแร่ดิคไคต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีแดง และสีดำ	47
4.6 ผลการทดลองการแกะสลักแร่ดิคไคต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีเหลือง	47
4.7 ผลการทดลองการแกะสลักแร่ดิคไคต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีแดง และสีครีม	48
4.8 ผลการทดลองการแกะสลักแร่ดิคไคต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีแดง และสีดำ	48
4.9 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีขาว	49
4.10 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 2x2x2 สีดำ	50
4.11 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีแดงอิฐ	50
4.12 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีขาว	51
4.13 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีดำ	51
4.14 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีแดงอิฐ	52
4.15 ผลการทดลองการแกะสลักหิน โพลีไมต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีขาว	53
4.16 ผลการทดลองการแกะสลักหิน โพลีไมต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีเหลือง	53
4.17 ผลการทดลองการแกะสลักหิน โพลีไมต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีชมพู	54
4.18 ผลการทดลองการแกะสลักหิน โพลีไมต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีขาว	54
4.19 ผลการทดลองการแกะสลักหิน โพลีไมต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีเหลือง	55
4.20 ผลการทดลองการแกะสลักหิน โพลีไมต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีชมพู	56
4.21 การเปรียบเทียบลักษณะเนื้อแร่/หินโดยช่างแกะสลัก เพื่อใช้ในการแกะสลักรูปที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 นิ้ว	57
4.22 สรุปความยากง่าย ความเสี่ยงต่อการแตกหัก ความเหมาะสม ของการแกะสลัก รูป	59

- น้ำ รูปหมี่ รูปกวาง รูปนกมวญ รูปผู้หญิงถือโอ่ง รูปหน้าผู้หญิงนูนสูง
- 4.23 ความชอบผลิตภัณฑ์ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และของผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) โดยเรียงตามอันดับจากชอบมากไปน้อย (1-9) 60
- 4.24 ความเห็นด้านราคาของผลิตภัณฑ์ที่ประเมินจาก นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และผู้ทำงานมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) โดยเรียงตามอันดับจากราคามากไปน้อย (1-9) 61
- 4.25 ความเห็นด้านความเหมาะสมในการนำแรดิกโคตมาแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์ ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และของผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) 62
- 4.26 ความเห็นด้านขนาดของรูปแกะสลักที่มีความเหมาะสม ในการนำแรดิกโคตมาแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์แกะสลัก โดยเรียงตามอันดับ จากมากไปน้อย 62
- 4.27 ความเห็นด้านลักษณะของรูปแกะสลักที่มีความเหมาะสมที่ควรนำแรดิกโคตมาแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์ ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และของผู้ที่ทำงานมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) เรียงตามอันดับจากมากไปน้อย 63
- 4.28 ความเห็นด้านรูปลักษณะที่มีความเหมาะสมที่จะนำแรดิกโคตมาแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์ ของ นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และผู้ทำงานและมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) โดยเรียงตามอันดับจากมากไปน้อย 64
- 4.29 ความเห็นด้านชนิดหินที่สมควรที่จะนำมาแกะสลัก ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และผู้ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) โดยเรียงตามเปอร์เซ็นต์จากมากไปน้อย 65
- 4.30 การเปรียบเทียบต้นทุน ค่าแกะสลัก ค่าแร่/หิน ราคาจำหน่าย และกำไรที่จะได้รับจากการจำหน่ายชิ้นงาน 67
- 5.1 สรุปการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแรดิกโคตทั้ง 3 สี ก่อนและหลังเผา 69
- 5.2 แสดงกำไรของสถานประกอบการ ที่จะได้รับจากกิจกรรมการผลิต และการจำหน่ายรูปแกะสลัก ซึ่งนำเอาหินมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก 76

บัญชีภาพประกอบ

ภาพ	หน้า
2.1 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงแหล่งแร่ดิกไคต์ที่ อ. แก่งคอย จ. สระบุรี และ อ. เมือง จ. นครนายก	7
2.2 ก) หน้าเหมืองที่ เขาชะอม ตำบลชะอม อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ประมาณ กิโลเมตรที่ 21 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3222 (บ้านนา-แก่งคอย) ข) แร่ดิกไคต์ ที่ได้จากหน้าเหมือง ค) แร่ดิกไคต์สีครีมแทรกอยู่ในรอยแตกของแร่ดิกไคต์สีเทา	8
3.1 ตัวอย่างแร่ดิกไคต์สีและลวดลายต่างๆ ที่ได้จากแหล่ง (เหมืองแร่ของ บริษัท สุชา กิจ ไมนิ่ง จำกัด ต. ชะอม อ. แก่งคอย จ. สระบุรี) เพื่อเตรียมวิเคราะห์ด้วย SEM	13
3.2 ก) ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ ที่ติดบนแท่นตัวอย่างก่อนนำเข้าเครื่องเคลือบทอง ข) เครื่องเคลือบทอง JEOL JFC-1200 FINE COATER ค) ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ ที่ผ่านการเคลือบด้วยทองคำด้วยเครื่องเคลือบทองแล้ว และพร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ SEM ง) เครื่อง SEM รุ่น JSM-631F กำลังทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง	14
3.3 ก) ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ถูกนำมาบดเป็นผงเล็กๆ ใน Glass mortar ข) กริดทองแดง เป็นแผ่นกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร ซึ่งถูกเคลือบด้วยคาร์บอนอยู่ก่อนแล้ว และมีอนุภาคตัวอย่างของแร่ดิกไคต์ติดอยู่บนกริด วางอยู่บนกระดาษกรองในถาดแก้ว ค) กริดทองแดงจาก ข) ถูกนำมาวางลงบนที่จับตัวอย่างของเครื่อง TEM (ปลายแท่งด้านซ้ายมือ) ก่อนถูกป้อนเข้าเครื่อง TEM ง) เครื่อง TEM รุ่น JOEL JEM-2010 กำลังทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง	15
3.4 ตัวอย่างแร่ดิกไคต์สีต่างๆ 6 สี ได้ส่งวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมี	16
3.5 ก) เครื่องชั่งไฟฟ้า Mettler Toledo รุ่น CG 1003 สำหรับหาค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ข) เครื่อง Jemeter Digital 90 สำหรับหาค่าดัชนีหักเห ค) เตาเผาอุณหภูมิสูง Maxthermo ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มศว	17
3.6 ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ 1 ตัวอย่างที่ถูกตัดแบ่งออกเป็น 3 ชิ้น ประกอบด้วยชิ้นเล็กบาง (หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร) 2 แผ่น (ล่าง) และชิ้นใหญ่ 1 ชิ้น (บน) ที่ขัดผิวมันแล้ว พร้อมที่จะทำการทดสอบด้วยเครื่องมือ หาค่าดัชนีหักเห เครื่องมือ XRD FTIR และ Raman microprobe	18
3.7 7 เครื่อง X-ray diffractometer ยี่ห้อ Bruker D8 พร้อมเครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุม	18
3.8 ก) เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Spectrum GX ข) เครื่อง Raman microprobe Renishaw System 2000 ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	20

3.9	เครื่องตัดหินขนาดต่างๆ กัน การใช้งานขึ้นอยู่กับขนาดของหินที่จะตัด แฉวล่างเป็นเครื่องตัดหินขนาดเล็กที่สามารถใช้มือถือและเคลื่อนย้ายได้ง่าย	21
3.10	โต๊ะแกะสลัก และการนั่งทำงาน	22
3.11	ก) และ ข) มอเตอร์แวน ขนาดต่างๆ ซึ่งเรียกกันว่า โฟรโดม (Foredom) ค) หัวแกะสลัก และ ง) การจับหัวแกะสลัก	22
3.12	แว่นตากันฝุ่นและเศษหิน	23
3.13	ตัวอย่างแบบที่ใช้ในการแกะสลัก ก) เป็นภาพที่วาดที่อยู่บนกระดาษ ข) ที่ใช้โปรแกรม Jewelcad ออกแบบ	23
3.14	ก) วาดแบบลงไปในหิน ข) ตัดหินให้มีขนาดใกล้เคียงกับแบบที่วาด	24
3.15	ขั้นตอนการแกะสลัก ก) เซาะหินให้มีรูปร่างตามแบบเส้นนอก ข) ลบเหลี่ยมลบมุมทำส่วนโค้ง ค) ลดความหนาให้ได้ตามแบบ ง) และ จ) ทำกริบและหาง กริบอกให้ได้สัดส่วน ฉ) เก็บรายละเอียดให้ได้ขนาดตามแบบ	25
3.16	ชิ้นงานขนาดไม่เกิน 5 นิ้ว นิยมขัดชิ้นงานโดยใช้หม้อขัดไฟฟ้าที่บรรจุผงขัดและวัสดุสำหรับขัดชอกมุมของชิ้นงาน หม้อดังกล่าวสิ้นและทำให้ชิ้นงานลงไปคลุกเคล้ากับวัสดุขัดในหม้อ ซึ่งสามารถนำขัดชิ้นงานได้จำนวนมาก	26
4.1	ตัวอย่างแรดิกโคईต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ หินอ่อน และหิน โดโลไมต์	28
4.2	ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของแรดิกโคईต์สีครีม (DA)	30
4.3	ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของ ตัวอย่างดิกโคईต์ สีแดง (DB-r) ก)-ค) และ ง) DB-b ตัวอย่างดิกโคईต์สีแดงเข้มคล้าย Breccia ตัวอย่างแร่ทั้งสองสีแสดงลักษณะรูปผลึกคล้ายกัน	30
4.4	ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของ ก) DB-c-และข)-ง) DC-g ซึ่งเป็นดิกโคईต์สีเทาทั้งคู่	31
4.5	ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างแรดิกโคईต์ DC-w (สีเทาขาว) มีรูปผลึกเป็นแผ่นเรียงซ้อนกัน และมีลักษณะรูปหกเหลี่ยมเทียม (Pseudo hexagonal) ง) ผลึกแรดิกโคईต์ที่อยู่ตรงกลางของภาพ ค) ถูกขยายให้ใหญ่ขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นถึงรอยแตกร้าวคล้ายการสูญเสียน้ำจากระนาบผิวหน้าผลึก (001)	31
4.6	ภาพถ่ายจาก SEM แสดงรูปผลึกของตัวอย่างแรดิกโคईต์ ก) DD, ข) DE และ ค) DF ตามลำดับ ภายใต้กล้อง SEM	32
4.7	ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างแร่สีแดงด้าน (DG) มีลักษณะคล้ายหินไรโอไรต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเนื้อละเอียด มีรูพรุน และมีผลึกเล็กๆ อยู่ในรูดังกล่าว	32

- 4.8 ข้อมูลของแรดิกโคตตัวอย่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน (TEM) ก) และ ข) เป็นภาพของผงแรดิกโคตที่มองเห็นได้จากกล้อง (TEM) ที่กำลังขยาย 15,000 เท่า เส้นสเกลด้านล่างขวาของภาพยาว 210 นาโนเมตร ค) เป็นกราฟแสดงองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์อนุภาคในภาพ ข) ซึ่งแสดงว่าตัวอย่างเป็นแรดิกโคตจริงเพราะประกอบไปด้วยธาตุหลักได้แก่ Si (ซิลิกอน) Al (อะลูมิเนียม) และ O (ออกซิเจน) ซึ่งสอดคล้องกับสูตรเคมีของแรดิกโคต ในตาราง 4.1 สำหรับ Cu เป็นกริดทองแดง และ C เป็นคาร์บอนที่เคลือบอยู่บนกริดทองแดง ง) เป็นภาพ Diffraction pattern ของแรดิกโคตตัวอย่างจากอนุภาคในภาพ ข)
- 4.9 การเปลี่ยนแปลงของแรดิกโคต สีครีม (DA) สีแดง (DB) และสีเทา (DC) ที่ผ่านการเผา ที่อุณหภูมิต่างๆ 35
- 4.10 ถ.พ. ของแรดิกโคตลดลงอย่างมากที่อุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิหลังจากนั้น 36
- 4.11 ค่าดัชนีหักเห (RI) ของแรดิกโคตเปลี่ยนไปที่อุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส 37
- 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความถี่จำเพาะ (SG) และค่าดัชนีหักเห (RI) ของแรดิกโคตสีครีม (DA) ที่ผ่านการเผาแล้ว ซึ่งแบ่งแยกกลุ่มออกได้อย่างชัดเจน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 300-450 องศาเซลเซียส กับกลุ่มที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 500-800 องศาเซลเซียส 37
- 4.13 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแรดิกโคต 3 สี ซึ่งแสดงถึงตัวอย่างแรดิกโคตที่มีสีเทา (DC) มีแร่ควอตซ์ปนอยู่สังเกตได้จากพิกของควอตซ์ โดยเฉพาะที่มุม 2 Theta 26.88 และ 50.02 องศา 38
- 4.14 ก) แรดิกโคต สีครีม (DA) และ ข) แรดิกโคตสีชมพู (DB) ต่างมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปหลังจากการนำไปเผาที่ระหว่างอุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส 39
- 4.15 แรดิกโคตสีเทา (DC) มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไประหว่างอุณหภูมิที่ 450-500 องศาเซลเซียส สังเกตได้อย่างง่ายดาย คือ พิกหลักที่ 2 Theta เท่ากับ 12.84, 20-22, 25.24, 35-36 และ 39.16 หายไป คงเหลือแต่พิกของควอตซ์ ซึ่งพบว่ามีพิกหลัก (โดยเฉพาะที่มุม 2 Theta ประมาณ 27 และ 68) เด่นชัดขึ้นเรื่อยๆ 40
- 4.16 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแรดิกโคต 3 สี ที่ยังไม่ผ่านการเผา ซึ่งแสดงถึงตัวอย่างแรดิกโคตที่มีสีเทา (DC) ยอมให้ IR ผ่านได้น้อยกว่าดิกโคตสีอื่น สังเกตได้จากพิกช่วง 2000-3000 cm^{-1} มีความสูงน้อยกว่าของดิกโคตสีอื่น 41
- 4.17 ก) แรดิกโคตสีครีม (DA) และ ข) สีแดง (DB) เปลี่ยนแปลงโครงสร้างเมื่อถูกเผา 42

- ระหว่างอุณหภูมิที่ 450-500 องศาเซลเซียส สังเกตได้จากการที่กราฟเปลี่ยนแปลง
ไปที่อุณหภูมิดังกล่าว
- 4.18 ก) แร่ดิกไคต์สีเทา (DC) เปลี่ยนแปลงโครงสร้างเมื่อถูกเผาระหว่างอุณหภูมิที่ 400- 43
450 องศาเซลเซียส
- 4.19 ก) ผลการวิเคราะห์แร่ดิกไคต์สีครีม (DA) ด้วย Raman microprobe ก่อนเผาและที่ 44
ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 300 350 และ 450 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิ
ประมาณ 450 องศาเซลเซียส พิกเริ่มเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะพิกที่
อยู่ระหว่าง $3600-3900\text{ cm}^{-1}$ ในภาพ ข) หมายเหตุ ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ที่ผ่านการเผาที่
อุณหภูมิตั้งแต่ 500 องศาเซลเซียสขึ้นไป พบว่าไม่ปรากฏพิกของ Raman ภายได้
สถานะที่กำหนดให้เครื่องมือ ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 วิธิดำเนินการวิจัย
- 4.20 สเปกตรัม Raman ของแร่ดิกไคต์สีครีม (DA) ก่อนเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 45
300 350 และ 450 องศาเซลเซียส พบว่าพิกบริเวณเวฟเนัมเบอร์ (cm^{-1}) ที่ 3622-
3624, 3639-3644 และ 3705 อันเนื่องมาจากการยืดตัวของ O-H (O-H stretching
modes) ลดลงเมื่อดิกไคต์ผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส ซึ่ง
น่าจะเกิดจากการที่น้ำในโครงสร้างสูญเสียไปในช่วงอุณหภูมินี้
- 4.21 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แกะสลักที่ใช้ประกอบการสำรวจความนิยม 60
- 4.22 ตัวอย่างรูปแกะสลักบางส่วนที่ถูกคัดเลือกเพื่อจัดแสดงต่อผู้ประกอบการ ได้แก่ 66
รูปพระสังกัจจาย รูปหน้าผู้หญิงนูนสูง และรูปม้า ที่แกะสลักจาก แร่ดิกไคต์ (สี
แดง) หินอ่อน (สีขาวเทา) และหินโคโลไมต์ (สีเหลือง) ตามลำดับ
- 5.1 แนวทางการจัดการการใช้ประโยชน์แร่ดิกไคต์ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่ามากที่สุด 72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ผลิตภัณฑ์อัญมณีและเครื่องประดับในปี พ.ศ. 2545 มีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับ 5 ของประเทศ คิดเป็นร้อยละ 13.15 ของมูลค่าการส่งออกรวมของประเทศ โดยมีมูลค่าการส่งออก 2,169.34 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือ 93,084.35 ล้านบาท ซึ่งมีการขยายตัวเพิ่มจากปี พ.ศ. 2544 ร้อยละ 18.09 ในปี พ.ศ. 2546 คาดว่าจะขยายตัว ร้อยละ 8-10 ทั้งนี้ได้ตั้งเป้าหมายว่า ภายใน 4-5 ปีข้างหน้ามูลค่าการส่งออกจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 แสนล้านบาท (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2546)

แร้ดิกไคต์ (Dickite) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ เป็นแร่ในกลุ่มย่อยของแร่ดิน (Clay mineral subgroup) ชนิดหนึ่งที่มีความแข็งแรงประมาณ $2-2\frac{1}{2}$ ตามมาตราของโมห์ เกิดเป็นก้อนเนื้อแน่น ละเอียด มีสี เทาแกมเขียวโอลีฟ เทาอ่อนแกมน้ำเงิน ขาว เขียวอ่อน เหลือง และ น้ำเงินเข้ม (จุมพล คีนดัก, 2531: 28-9) แต่จากการสอบถามข้อมูลจากผู้ประกอบการเหมืองแร่ บ. สุชากิจไมนิ่ง จำกัด ทราบว่า ในบางครั้งพบชนิดที่มีสีแดงอมชมพู และเหลืองนวลบ้าง มีความวาวคล้ายไข และโปร่งแสง

จุมพล คีนดัก (2531: 29) ได้กล่าวว่าแร้ดิกไคต์มีผลิตจำหน่าย 3 เกรด คือ เกรด A เนื้อแร่ค่อนข้างบริสุทธิ์ เกรด B เนื้อแร่มีมลทินปนบ้าง เกรด C เนื้อแร่มีคุณภาพต่ำ เหมือนหินไรโอไลต์ ได้มีผู้นำเอาแร้ดิกไคต์มาใช้ประโยชน์ในการผสมทำวัสดุทนไฟ ทำกระเบื้องปูพื้น บุฝานั่ง ผสมทำซีเมนต์ขาว และใช้ทำหินตกแต่ง ได้แก่ พระพุทธรูป เทวรูป รูปเจ้าแม่กวนอิม โต๊ะหมุ่มบูชา แจกัน และรูปสัตว์ต่าง ๆ แต่ในบางครั้งถูกใช้ประโยชน์ และประเมินคุณค่าในรูปแบบที่เข้าใจว่าเป็นแร่ไพโรฟิลไลต์ (Pyrophyllite) ซึ่งมีราคาที่สูงกว่ามาก

ตัวอย่างในกรณีดังกล่าวนี้ จะเห็นได้จากการขอประทานบัตรทำเหมืองแร่ไพโรฟิลไลต์ ที่เขาชะงอก ตำบลเขาชะงอก อำเภอเขาชะงอก จังหวัดนครนายก และที่เขาไม้พลอง ตำบลผักแพ้ว อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ซึ่งได้เปิดการทำเหมืองแล้ว แร่ไพโรฟิลไลต์ทั้งสองแหล่งนี้ ภายหลังได้มีการตรวจวิจัยโดยทางเอกซเรย์แล้วพบว่า เป็นแร้ดิกไคต์ ทั้งนี้ใน พ.ศ. 2531 การทำเหมืองและซื้อขายแร้ดิกไคต์ จากแหล่งทั้งสองดังกล่าว ก็ยังคงเรียกไพโรฟิลไลต์ตามคำขอประทานบัตรที่มีมาก่อนหน้านี้แล้ว (งามพิศ เข้มนิยม, 2531: 27)

จากการสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำเหมืองแร้ดิกไคต์ในบริเวณ ตำบลชะอม อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี พบว่า ยังมีผู้ประกอบการบางรายเข้าใจสับสนระหว่างแร้ดิกไคต์ และไพโรฟิลไลต์ ซึ่งเป็นการ

ทำให้การคำนวณมูลค่าและการนำทรัพยากรแรดิกโคดดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ อาจไม่ตรงกับศักยภาพที่แท้จริงของแร่ ที่สามารถจะก่อให้เกิดผลประโยชน์ได้

ผู้ประกอบการบางรายได้จำหน่ายแรดิกโคด ไปในรูปของแร่ไฟโรฟิลไลต์โดยผ่านกระบวนการย่อยหิน (โม) ไปในราคาเพียงไม่กี่ร้อยบาทต่อดัน (อยู่ในระหว่าง 300 - 1000 บาทต่อดัน ขึ้นอยู่กับขนาดหยาบหรือละเอียดของก้อนแร่) เพื่อให้แก่บุคคลที่นำเอาไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ในขณะที่เดียวกันประเทศไต้หวันกลับซื้อแรดิกโคดดังกล่าวชนิดเกรด A โดยที่ยังมิได้ผ่านกระบวนการแต่งแร่ (Dressing) ในราคาตันละ 10,000 บาท เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก (ข้อมูลจากผู้ประกอบการ, 2546) ในขณะเดียวกันราคาจำหน่ายของผลิตภัณฑ์จากการแกะสลักหินที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาที่สูงเป็นอย่างมาก เช่น แจกันหรือรูปแกะสลักที่มีขนาดความสูง ประมาณ 2 ฟุต อาจมีราคารับหมื่นบาท

อุตสาหกรรมการผลิตอัญมณีและเครื่องประดับของประเทศไทยในปัจจุบัน มีจุดแข็งคือมีความสามารถในการผลิตเครื่องประดับด้วยฝีมือประณีต ในขณะที่จุดอ่อนก็ต้องพึ่งพาและนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ และระบบฐานข้อมูลแหล่งรัตนชาติและโลหะมีค่ายังไม่ดีพอ (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2546)

คณะผู้วิจัยเห็นว่า ดิกโคดน่าจะมีศักยภาพในการนำมาแกะสลักทำเป็นเครื่องประดับที่มีความสวยงามและพัฒนาขึ้นจำหน่ายเป็นสินค้าทั้งภายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศ แม้ว่าคุณภาพความคงทนจะสู้หยกไม่ได้ เนื่องจากความสวยงาม เนื้อไม่แข็งมาก ข้อมูลจากผู้ประกอบการพบว่า ช่างฝีมือในต่างประเทศสามารถนำไปแกะสลักได้ และประเทศไทยก็มีช่างที่มีฝีมือในการแกะสลักเป็นอย่างดี แต่ในบางครั้งยังต้องอาศัยวัตถุดิบจากต่างประเทศ ดังนั้นถ้าหากมีการศึกษาวิจัยในเรื่องศักยภาพของแรดิกโคดในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ในการแกะสลัก นอกจากจะเป็นการก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่แรดดังกล่าวแล้ว ยังอาจเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้วัตถุดิบชนิดใหม่สำหรับใช้ในการแกะสลักผลิตภัณฑ์เครื่องประดับที่มีความสวยงาม เพื่อจำหน่ายในประเทศหรือส่งออกจำหน่ายต่างประเทศต่อไปได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาศักยภาพในการนำดิกโคดมาเป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก โดยเปรียบเทียบกับหินอ่อน หรือโคโลไมต์ ในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

- 1) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี
- 2) ทดลองปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน

3) ความยากง่ายในการแกะสลัก

4) ความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ และทางเศรษฐกิจ

1.3 ความสำคัญ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่น่าผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้ข้อมูลพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ด้านแร่วิทยา และอัญมณีศาสตร์ ศักยภาพในการพัฒนาแรดิกโคด ไปใช้ประโยชน์ ในด้านการแกะสลักผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ โดยเปรียบเทียบกับหินอ่อน และหินโคโลไมต์ ปัญหาและอุปสรรค ในด้านพาณิชย์และทางเศรษฐกิจ

ถ้าหากการวิจัยพบว่าแรดิกโคด มีศักยภาพที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อแกะสลักเป็นเครื่องประดับที่มีความสวยงามได้และได้มีการส่งเสริม และมีการเผยแพร่ข้อมูลให้แก่ผู้ประกอบการ และบุคคลที่สนใจ นอกจากจะเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากแรดิกโคดเป็นวัตถุดิบ ในการแกะสลักทำเป็นเครื่องประดับแล้ว ยังเป็นการทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม แก่แร่ดังกล่าว และลดมูลค่าของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการแกะสลัก ซึ่งต้องสั่งเข้ามาจำหน่ายจากต่างประเทศลงได้ด้วย

การวิจัยดังกล่าวนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ แก่บุคคลากรและหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

- 1) ผลประโยชน์ต่อประเทศ คือลดการนำเข้าวัตถุดิบเพื่อนำมาใช้ในการแกะสลักเครื่องประดับทำให้ลดปัญหาการขาดดุลการค้า ระหว่างประเทศลง
- 2) มหาวิทยาลัย สถานศึกษาและนักวิชาการได้รับทราบข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เกี่ยวกับสาขาแร่วิทยา และอัญมณีศาสตร์ ตลอดจนศักยภาพในการนำแรดิกโคดไปใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลักทำเป็นเครื่องประดับ
- 3) ผู้ประกอบการ และช่างฝีมือจะได้วัตถุดิบชนิดใหม่สำหรับนำมาใช้ในการแกะสลักเครื่องประดับ และได้ทราบว่าแรดิกโคดเป็นแร่ที่มีประโยชน์ และไม่จำหน่ายแรดิกโคดไปโดยเข้าใจผิดว่าเป็นแร่ไพโรไฟไลต์ อันจะเป็นผลทำให้ผู้ประกอบการได้รับผลตอบแทนจากการจำหน่ายแร่ในราคาที่สูงขึ้น และจะส่งผลให้รัฐบาลสามารถได้รับค่าภาคหลวงแร่เพิ่มขึ้นด้วย อาจก่อให้เกิดการส่งเสริมหนึ่งผลิตภัณฑ์ หนึ่งตำบล สำหรับตำบลที่มีแหล่งแร่ประเภทเดียวกันนี้ด้วย
- 4) ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องประดับที่แกะสลักจากแร่ และหิน ได้มีโอกาสเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่แกะสลักจากแร่ต่างๆ ได้มากขึ้น ทำให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ในกรณีต่างๆ ซึ่งมีความสวยงาม และอาจทำให้สามารถซื้อหามาได้โดยสะดวก และในราคาที่ลดลง

1.4 ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด (Conceptual framework) ของโครงการวิจัย

- 1) เนื่องจากแร่คิกโคไลต์ถูกจำหน่าย โดยเข้าใจผิดว่าเป็นแร่ ไพโรฟิลไลต์ ทั้งๆ ที่โดยแท้จริงแล้ว เป็นแร่ที่น่าจะมีศักยภาพที่นำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ในการแกะสลักทำเครื่องประดับได้
- 2) ถ้าสามารถพัฒนาแร่คิกโคไลต์มาใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลักทำเครื่องประดับได้แล้ว จะทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับแร่ดังกล่าว และได้วัตถุดิบชนิดใหม่ในการแกะสลักของผู้ประกอบการและช่างฝีมือ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการศึกษาวิจัยทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ กับแร่คิกโคไลต์ หินอ่อน และโคโลไมต์ ที่มีในประเทศไทย เท่านั้น

1.6 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง และหรือเก็บข้อมูล

ระยะเวลา 1 ปี 6 เดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2549 สถานที่ทำการทดลอง ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มศว และที่อื่นๆ เช่น ในเขตกรุงเทพมหานคร-สระบุรี-นครนายก-กาญจนบุรี และจังหวัดที่มีการแกะสลักหิน-แร่ เช่น เชียงราย เชียงใหม่ เป็นต้น

1.7. แผนการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	เดือนที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1) การสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ¹																		
2) การวางแผนการดำเนินงาน																		
3) การติดต่อประสานงาน																		
4) การเก็บตัวอย่างแร่ในภาคสนาม																		
5) การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ในห้องปฏิบัติการ																		
6) การปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน																		
7) การทดลองแกะสลักตัวอย่างแร่																		
8) การออกแบบสอบถาม และสอบถามกลุ่มเป้าหมาย																		
9) การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองและแบบสอบถาม																		
10) สรุปผลการทดลอง																		
11) การเขียนรายงานผลการวิจัย																		

¹ ได้มีการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นมาบ้างแล้ว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่างๆ ไปตามลำดับต่อไปนี้

- 1) แร่ดิกไคต์ (Dickite)
- 2) เทคนิคการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง
- 3) การแกะสลักแร่และหิน
- 4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แร่ดิกไคต์ (Dickite) (Gaines *et al.*, 1997: 1407-9; <http://webmineral.com/data/Dickite.shtml>;
<http://www.mindat.org/min-1287.html>; <http://rruff.geo.arizona.edu/doclib/hom/dickite.pdf>)

แร่ดิกไคต์ (Dickite) พบครั้งแรกในปี ค.ศ.1930 เป็นแร่ดินชนิดที่หายาก และคนนอกวงการดินอุตสาหกรรมอาจจะไม่รู้จัก อย่างไรก็ตามแร่ดิกไคต์เป็นแร่ที่รู้จักกันมานานกว่า 30 ปีแล้ว แต่รู้จักกันในนาม “หินสบู่” หรือ ไพโรฟิลไลต์ ซึ่งนับว่าเป็นการเรียกชื่อที่ผิด แร่ดิกไคต์ เป็นแร่ดินชนิดหนึ่งอยู่ในกลุ่มย่อยเคโอลิไนต์ ซึ่ง พบเป็นหินแข็ง มีสีได้ตั้งแต่เทาอ่อน น้ำตาลอ่อน ไปจนถึงสีเขียวทองอ่อน

แร่ดิกไคต์ มีสูตรทางเคมีคือ $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ เป็นแร่ในหมู่หมู่ฟิลโลซิลิเกต หรือชีตซิลิเกต (Phyllosilicates or Sheet silicates) อยู่ในกลุ่มเคโอลิไนต์-เซอร์เพนทีน (Kaolinite-serpentine group) และอยู่ในกลุ่มย่อยของเคโอลิไนต์ (Kaolinite subgroup) ดิกไคต์เป็นแร่ที่มีพหุสัณฐาน (Polytype or Polymorph คือ มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน แต่มีโครงสร้างผลึกต่างกัน) กับแร่ เคโอลิไนต์ และเนโครต์ ดิกไคต์ประกอบด้วยธาตุหลัก ได้แก่ Al, Si, O และ H และมีธาตุเจือปน ได้แก่ Ti, Fe, Mg, Ca, Na, K คุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดิกไคต์ ได้แก่ ความแข็งตามสเกลของโมห์ (Moh's scale of hardness): $1\frac{1}{2}$ - 2 และความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) เฉลี่ยเท่ากับ 2.60

ระบบผลึก (Crystal system): Monoclinic

Class : *m* - Domatic

Space group: *Cc*

Cell parameters: $a = 5.14$, $b = 8.94$, $c = 14.41$, $\beta = 96.8^\circ$

Ratio: $a:b:c = 0.575 : 1 : 1.612$

Z: 4

ข้อมูล XRD ที่สำคัญโดยเฉพาะพีก (Peak) หลักของดิกไคต์ แสดงไว้ในตาราง 2.1 (Bailey, 1963)

ตาราง 2.1 ข้อมูล XRD ที่สำคัญ ได้แก่ พีกหลักที่ 2-Theta Intensity D-spacing และ ดัชนีมิลเลอร์ ของแร่ดิกไคต์ (Bailey, 1963)

2-Theta	Intensity (%)	D-spacing	HKL (ดัชนีมิลเลอร์)
12.36	100.00	7.1620	002
21.55	53.70	4.1235	-112
23.46	38.61	3.7920	022
24.86	64.83	3.5810	004
38.74	43.94	2.3243	132

ลักษณะทางแสงของแร่ดิกไคต์:

Type: Biaxial (+)

RI values: $n_\alpha=1.558 - 1.562$ $n_\beta=1.560 - 1.565$ $n_\gamma=1.563 - 1.571$

Maximum birefringence: 0.005 - 0.009

Surface relief: Low

ความสัมพันธ์ของแร่ดิกไคต์กับแร่ประเภทอื่น

เพื่อนแร่: ควอตซ์ และคาลซิโดไนต์

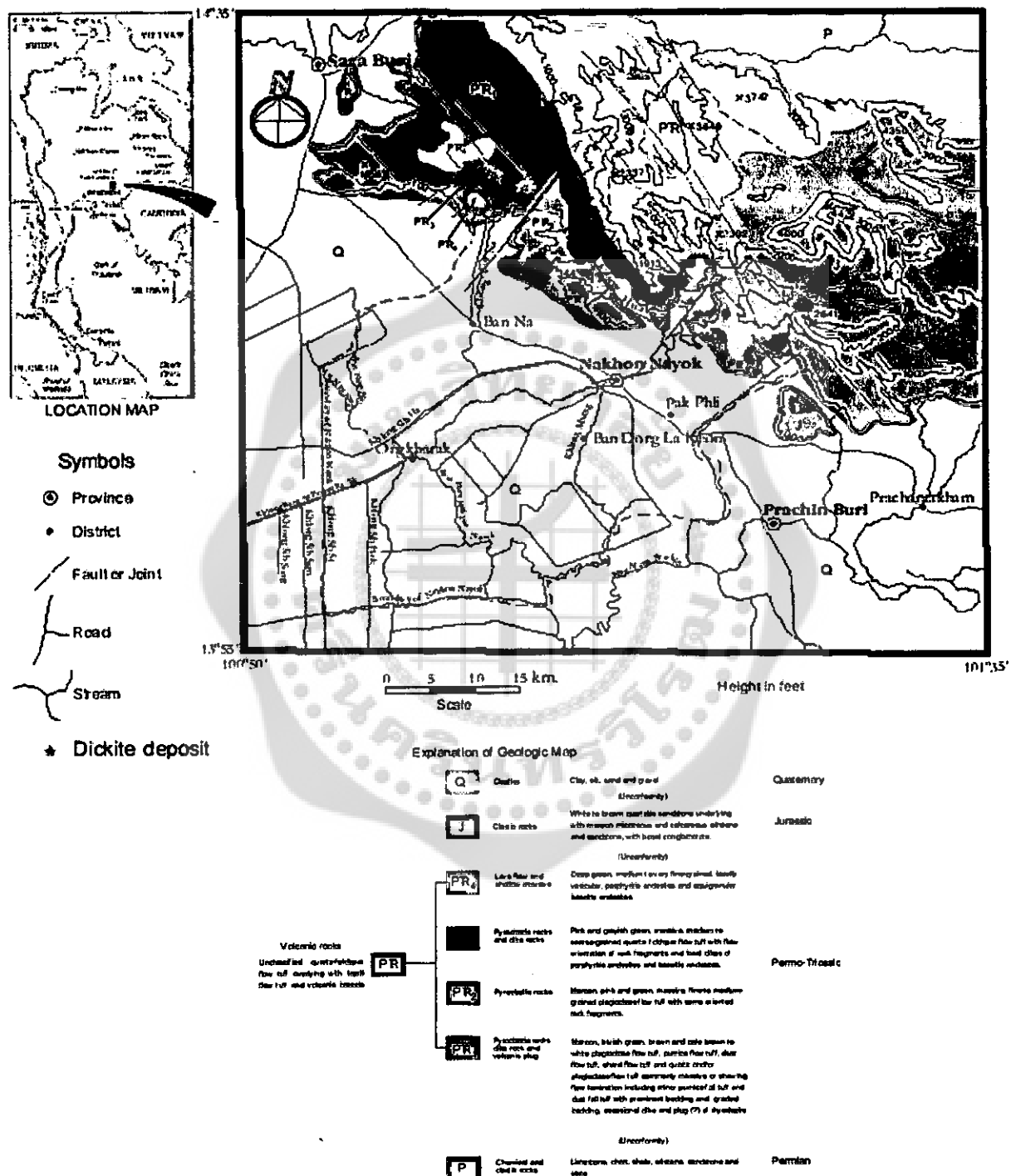
2.1.1 การกำเนิด

แร่ดิกไคต์เกิดจากการที่น้ำแร่ร้อนและแก๊สซึมผ่านรอยแตกของหินเดิมที่เป็นหินไรโอไลต์และแทลก์ แล้วเปลี่ยนสภาพ แร่ประกอบหินเดิมให้เป็นแร่ดิกไคต์ หรือเกิดจากการที่น้ำแร่ไหลเข้าไปบรรจุในรอยแตกที่มีอยู่ในหิน (Fracture filling) หรือเกิดแบบน้ำแร่ร้อนที่เป็นสายแร่ (Veins) ซึ่งเปลี่ยนสภาพ (Alteration) มาจากแร่อะลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicates) การแพร่กระจายของแร่จึงสัมพันธ์กับแนวโครงสร้างธรณีวิทยา สายแร่ดิกไคต์ที่พบมีรูปร่างไม่แน่นอน บางส่วนแทนที่หมด บางส่วนแทนที่ไม่หมด นอกจากนี้ ยังมีแร่ไพไรต์ผสมอยู่ประปราย พบหินกรวดเหลี่ยมของควอตซ์ที่มีผลึกซ่อนรูปในเขตรอยแตก (จุมพล กีนดัก, 2531) นอกจากนี้ยังเกิดได้ในลักษณะของการเกิดขึ้นพร้อมกับการเกิดหินตะกอน (Authigenic sedimentary mineral) (<http://ruff.geo.arizona.edu/doclib/hom/dickite.pdf>)

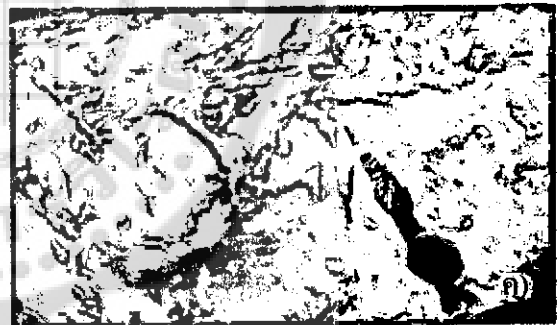
2.1.2 แหล่งในประเทศ

แหล่งดิกไคต์ พบที่บริเวณเขตติดต่อของอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก และอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี และพบที่เขาสะเือง ตำบลพรหมณี อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ต่อมาก็ได้มีการสำรวจพบที่

บริเวณเขาไม้นวล เขาพูนัง และบริเวณใกล้เคียงตำบลชำผักแพว ตำบลชะอม อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ซึ่งปัจจุบันได้กลายเป็นแหล่งผลิตแร่ดิกไคต์ที่สำคัญที่สุดในประเทศ (ภาพ 2.1) นอกจากนี้ยังพบที่เขานมนาง อำเภอเมือง บริเวณที่ตั้งเรดา สำหรับตัวอย่างแร่ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นแร่จากแหล่งที่เขา ชะอม ตำบลชะอม อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (ภาพ 2.2)



ภาพ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงแหล่งแร่ดิกไคต์ที่ อ. แก่งคอย จ. สระบุรี และ อ. เมือง จ. นครนายก (ดัดแปลงจาก สิโรตม์ ศัลยพงษ์ 2539 และกรมทรัพยากรธรณี, 2528)



ภาพ 2.2 ก) หน้าเหมืองที่ เขาชะอม ตำบลชะอม อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ประมาณกิโลเมตรที่ 21 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3222 (บ้านนา-แก่งคอย ข) แร้ดิกโคईที่ได้จากหน้าเหมือง ค) แร้ดิกโคईสีครีมแทรกอยู่ในรอยแตกของแร้ดิกโคईสีเทา

กรมทรัพยากรธรณีได้สำรวจแหล่งดิกโคईในประเทศไทย และได้ให้ประทานบัตร ทำเหมืองแร่ดังกล่าว มาตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2531 แล้ว เช่น งามพิศ เข้มนิยม (2531: 27) และ จุมพล คีนดัก (2531ข: 28-9) และพบว่าเกรด A มีปริมาณสำรอง ไม่น้อยกว่า 20,000 เมตริกตัน ซึ่งตำราทางดินเกือบทุกเล่ม เขียนไว้ว่าดิก

ไคต์เป็นแร่ที่หายาก ดังนั้นนับว่าประเทศไทยเป็นแหล่งดิกไคต์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก (จุมพล คีนดัก, 2531 ก: 67, 69)

2.1.3 ประโยชน์

ประโยชน์ของแร่ดิกไคต์ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแร่ การแบ่งคุณภาพแร่อาศัยปริมาณของอะลูมินา คือในประเทศไทยผลิตแร่ดิกไคต์ จำหน่าย 3 เกรด คือ

- เกรดเอ มีอะลูมินาในช่วงร้อยละ 28-32 เนื้อดิกไคต์ ค่อนข้างบริสุทธิ์ ส่วนมากใช้ทำเครื่องประดับหรืองานแกะสลัก

- เกรดบี มีอะลูมินาร้อยละ 11-28 มีมลทินปนบ้างใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

- เกรดซี มีคุณภาพต่ำเนื้อเหมือนหินไรโอไลต์ ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์ขาว

นอกจากนี้ แร่ดิกไคต์ ยังมีประโยชน์ในการใช้ผลิตทำวัสดุทนไฟ ทำกระเบื้องปูพื้น บุฝาผนัง ผสมทำซีเมนต์ขาว และใช้ทำหินตกแต่ง ได้แก่ พระพุทธรูป เทวรูป รูปเจ้าแม่กวนอิม โต๊ะหมอบูชา แจกัน และรูปสัตว์ต่างๆ

2.2 เทคนิคการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง

ในที่นี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ขั้นสูงต่างๆ ได้แก่ SEM, TEM, WD-XRF, XRD, FTIR และ Raman microprobe ซึ่งสามารถหารายละเอียดในเรื่องหลักการของเครื่องมือ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนวิธีการใช้ ได้ใน เอกสารต่างๆ เช่น Potts (1987), Skoog and Leary (1992), Reed (1996 and 1997), แม้นอมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม (2539), http://www.crpq.cnrs-nancy.fr/Geostandards/GGR_ms.v03/ms072.html เป็นต้น

2.3 การแกะสลักแร่และหิน

การแกะสลักอัญมณี แร่ และหิน มีประวัติอันยาวนาน เช่น พบหลักฐานที่ว่าชาว Hittites, Egyptians, Assyrians, Persians และ Greeks โบราณ ได้กล่าวถึง การแกะสลักอัญมณี มาแล้วตั้งแต่ประมาณ 5000 ถึง 3000 ปีก่อน ค.ศ. (<http://www.free-form.ch/carv.html>) ในยุคปัจจุบันมีเอกสารที่เกี่ยวข้องอยู่หลายเล่มที่กล่าวถึงวิธีการแกะสลักแร่และหิน เช่น Hutton (1972), Kraus (1987) Wertz, and Wertz (1994) สำหรับ Hartman (1969) ได้ตีพิมพ์หนังสือที่เกี่ยวกับรูปแกะสลักหยกเนไฟรด์ และหยกเจไดต์ ในประวัติศาสตร์จีนสมัยระหว่างราชวงศ์หมิง และราชวงศ์ชิง นอกจากนั้นยังมีเอกสารที่เกี่ยวกับประติมากรรมการแกะสลักหิน (Stone scripture) ซึ่งเป็นการแกะสลักหินขนาดใหญ่ เช่น Batten (1957), Liebson (1991) และ Onians (2001) เป็นต้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Schroeder (2002) ได้กล่าวถึงพื้นฐาน ทางด้าน สเปกโตรสโคปีของแร่ดินไว้อย่างเข้าใจง่าย นอกจากนั้น ได้มีผู้วิจัยทางสเปกโตรสโคปีของดิกไคต์ เช่น Balan, *et al.* (2002) Brindley, *et al.* (1986) ได้ศึกษาการเหยียดตัวของ OH (Hydroxyl stretching) โดยรังสีอินฟราเรด (IR) ของแร่ในหมู่ฟิลาโลซิลิเกต พบว่า แร่ดิกไคต์มีอินฟราเรดสเปกตรัมที่ตอบสนองต่อปรากฏการณ์ดังกล่าวอยู่ในช่วง $3500-3800\text{ cm}^{-1}$ โดยเฉพาะแร่ดิกไคต์มีการดูดกลืนที่ 3710 cm^{-1} และ 3620 cm^{-1} ส่วน Johnston, *et al.* (1998) ได้กล่าวถึง Lattice mode ที่แสดงออกมาโดยมีฟีกของ Raman ระหว่าง $200-1200\text{ cm}^{-1}$ นอกจากนั้น ยังพบว่า ฟีก OH ของแร่ดิกไคต์ จากการวิเคราะห์ด้วย FTIR และ Raman มีความคล้ายคลึงกัน โดยที่ฟีกของ FTIR ได้แก่ cm^{-1} ที่ 3622 (OH1) 3655 (OH2 & OH4) 3710 (OH3) สำหรับฟีกของ Raman ได้แก่ cm^{-1} ที่ 3623 3643 3655 3708

Zamama and Knidiri (2000) ได้ศึกษาโครงสร้างของแร่ดิกไคต์ที่มีสาร ฟอรัมาไมด์ (Formamide: H_2NCOH) เข้าแทรก ในโครงสร้าง พบว่า ระยะทาง ดิสเพลซิ่ง d_{001} เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 7.19 เป็น 10.77 อังสตรอม จากการศึกษาดัชนีการหักเหของแสงพบว่า เกิด พันธะไฮโดรเจนระหว่างกลุ่ม CO ของฟอรัมาไมด์ ทั้งนี้แสดงให้เห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงของแถบการดูดกลืนจากของดิกไคต์ธรรมชาติที่ 3708 cm^{-1} ไปเป็น 3575 3520 3450 และ 3612 cm^{-1}

ได้มีการศึกษาโครงสร้างแร่ดิกไคต์ก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ เช่น Kerr and Kulp (1948) และ Frost and Vassallo (1996) สำหรับ Shoval *et al.* (2001) ได้ศึกษาโดยใช้ Raman microprobe และ FTIR ตรวจสอบแร่ดิกไคต์หลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปเป็นสารหรือสารผลึกอื่น ได้แก่ ที่ 700 องศาเซลเซียส เกิด Dehydroxylation จนถึงอุณหภูมิที่ 1100 องศาเซลเซียส เปลี่ยนไปเป็น Pseudo-amorphous phase ของ Meta-dickite และที่อุณหภูมิ 1200-1300 องศาเซลเซียส เปลี่ยนเป็นมัลไลต์ (Mullite)

Johnston *et al.* (2002) ได้ศึกษาพบว่า แร่ดิกไคต์ มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในชั้นของ กลุ่ม OH ที่ความดันระหว่าง 2.0 และ 2.5 GPa ในขณะที่ Dera, *et al.* (2003) พบว่าดิกไคต์มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลายประการโดยเปรียบเทียบระหว่าง ที่ความดัน 1 GPa กับที่ 4 GPa โดยใช้เทคนิค XRD ในการตรวจสอบ

Beaufort, *et al.* (1998) ได้ศึกษาแร่โอไลไนต์ที่เกิดในหินทรายที่อยู่ในระดับลึกจากผิวโลกในระดับต่างๆ พบว่าแร่ดิกไคต์เข้าแทนที่แร่โอไลไนต์ที่ระดับลึกระหว่าง 2500-5000 เมตร โดยโครงสร้าง

ของเคโอลิไนต์เปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป พร้อมๆ กับรูปผลึกที่เปลี่ยนแปลงจากที่เป็นแผ่นเรียงซ้อนกันคล้ายกองหนังสือกลายเป็นบล็อกๆ หยิบมากชิ้นของแรดิกโคई

นอกจากนี้ มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการกำเนิด ได้แก่ Marumo (1989) และเกี่ยวกับไอโซโทป เช่น Girard and Savin (1996) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เช่น Marumo, *et al.* (1995) และ Girard and Savin (1996) แต่งานที่เกี่ยวข้องกับการนำ Dickite ไปใช้ประโยชน์ในแง่เครื่องประดับยังไม่พบว่ามี การตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการนำดีคิตมาเป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก โดย
ทำการศึกษาในเรื่องต่างๆ ดังนี้ คือ 1) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี 2) ทดลองปรับปรุงคุณภาพ
ด้วยความร้อน 3) ความยากง่ายในการแกะสลัก และ 4) ความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ และทางเศรษฐกิจ โดยมี
ลักษณะการวิจัยเป็นเชิงสำรวจเอกสาร และข้อมูลภาคสนาม รวมทั้งการตรวจวิเคราะห์ใน
ห้องปฏิบัติการ การทดลองแกะสลักโดยช่างฝีมือ และการสำรวจความคิดเห็นโดยใช้แบบสำรวจ

วิธีดำเนินการวิจัยจะกล่าวให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ไปตามลำดับดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น และการเก็บตัวอย่างแร่และหิน

ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสารและรายงานที่เกี่ยวข้อง ออกสำรวจภาคสนาม และเก็บตัวอย่าง
จากเหมืองแร่และหินดังต่อไปนี้

- แร่ดีคิต จาก เหมืองแร่ของ บริษัท สุทธกิจ ไมนิ่ง จำกัด ต. ชะอม อ. แก่งคอย จ. สระบุรี
- หินอ่อน จากเขาอบ ต. หน้าพระลาน อ. เฉลิมพระเกียรติ จ. สระบุรี
- โดโลไมต์ จากเหมืองของ บริษัท แพนด์ กรู๊ป ต. วังคัง อ. เมือง จ. กาญจนบุรี

3.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

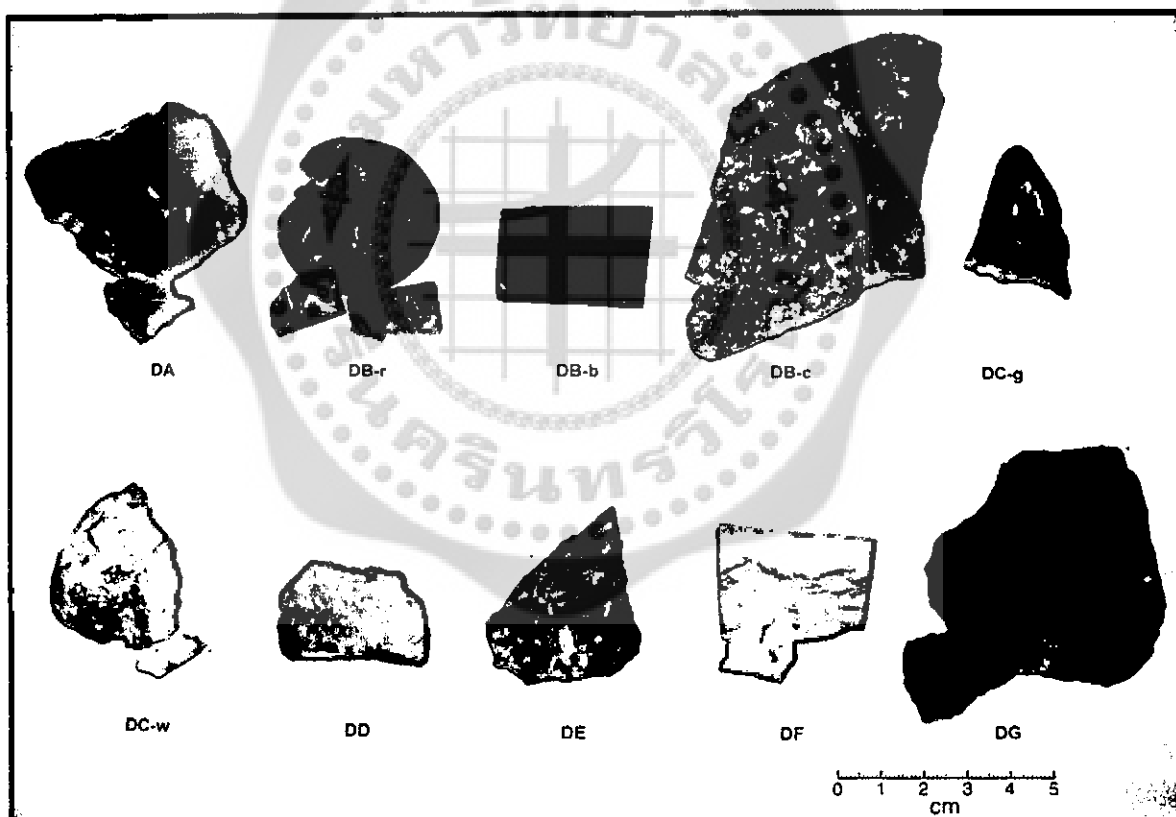
คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแร่ดีคิต ในที่นี้รวมถึงลักษณะทางกายภาพทั่วไปที่มองเห็นได้
องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางสเปกโตรสโคปี ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น หรือ
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดลองวิเคราะห์แร่ดีคิตเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ
โดยขึ้นกับชนิดของเครื่องมือหรือเทคนิคที่ใช้ ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงวิธีการเตรียมตัวอย่างให้สอดคล้องกับ
เครื่องมือที่ใช้ไปตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้ดังกล่าวได้แก่ SEM TEM XRD และ FTIR

3.2.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

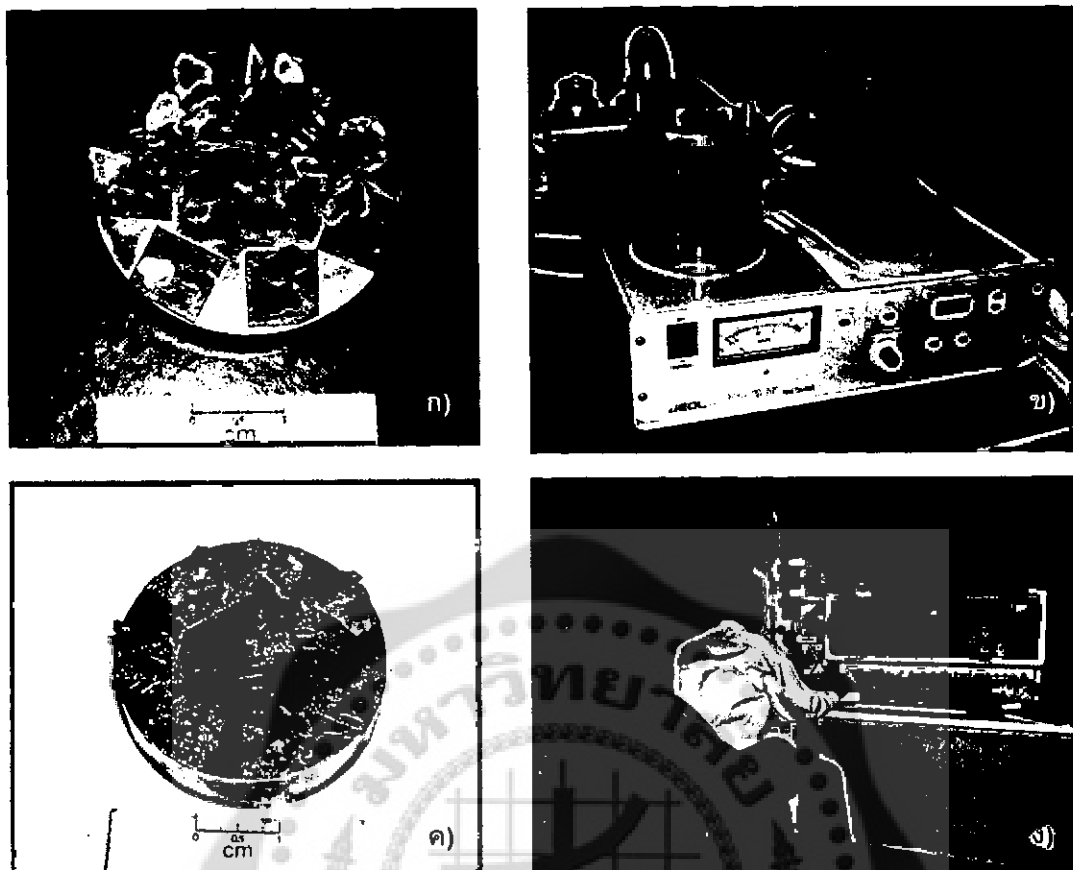
ในที่นี้ได้แก่ การหาค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) โดยวิธีไฮโดรสแตติก โดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้า Mettler
Toledo รุ่น CG 1003 หาค่าดัชนีหักเหโดยใช้เครื่อง Jemeter Digital 90 ของแร่ดีคิตตัวอย่าง (ซึ่งจะ
กล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อต่อไป) รวมทั้งการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือขั้นสูง ได้แก่ SEM (กล้อง
จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด หรือ Scanning electron microscope) TEM (กล้องจุลทรรศน์
อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน หรือ Transmission electron microscope) ซึ่งจะกล่าวโดยลำดับต่อไป

1) การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ด้วย SEM

การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ด้วย SEM (กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด หรือ Scanning electron microscope) กระทำโดย ตัวอย่างแร่ดีบุกไคต์ (ภาพ 3.1) ถูกนำมาทุบหรือแบ่งออกเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วติดด้วยเทปกาว 2 หน้า บนแท่นรองรับตัวอย่าง จากนั้นต้องนำตัวอย่างไปเคลือบผิวด้วยทองคำให้มีความหนาระดับนาโนเมตร เพื่อป้องกันมิให้ประจุอิเล็กตรอนสะสมตัวบนตัวอย่างในขณะทำการวิเคราะห์ โดยการนำตัวอย่างที่ติดอยู่บนแท่นแล้วเข้าเครื่องเคลือบทอง JEOL JFC-1200 FINE COATER เป็นเวลา 2 นาที โดยใช้กระแสไฟฟ้า 15 mA และมีความดันบรรยากาศในเครื่องเคลือบ 30 Pa สำหรับเครื่อง SEM ที่ใช้เป็นเครื่องรุ่น JSM-631F โดยใช้ Acceleration Voltage ที่ 20 KV ณ ศูนย์เทคโนโลยี โลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC: National Metal and Materials Technology Center) (ภาพ 3.2) ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการใช้เครื่องมือ SEM คือ วิเคราะห์หาภาพ (Images) ของรูปร่างลักษณะจุลผลึก (Cryptocrystalline) ของแร่ดีบุกไคต์ บริเวณพื้นผิวของตัวอย่าง ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า



ภาพ 3.1 ตัวอย่างแร่ดีบุกไคต์สีและลวดลายต่างๆ ที่ได้จากแหล่ง (เหมืองแร่ของ บริษัท สุทธากิจ ไมนิ่ง จำกัด ต. ชะอม อ. แก่งคอย จ. สระบุรี) เพื่อเตรียมวิเคราะห์ด้วย SEM

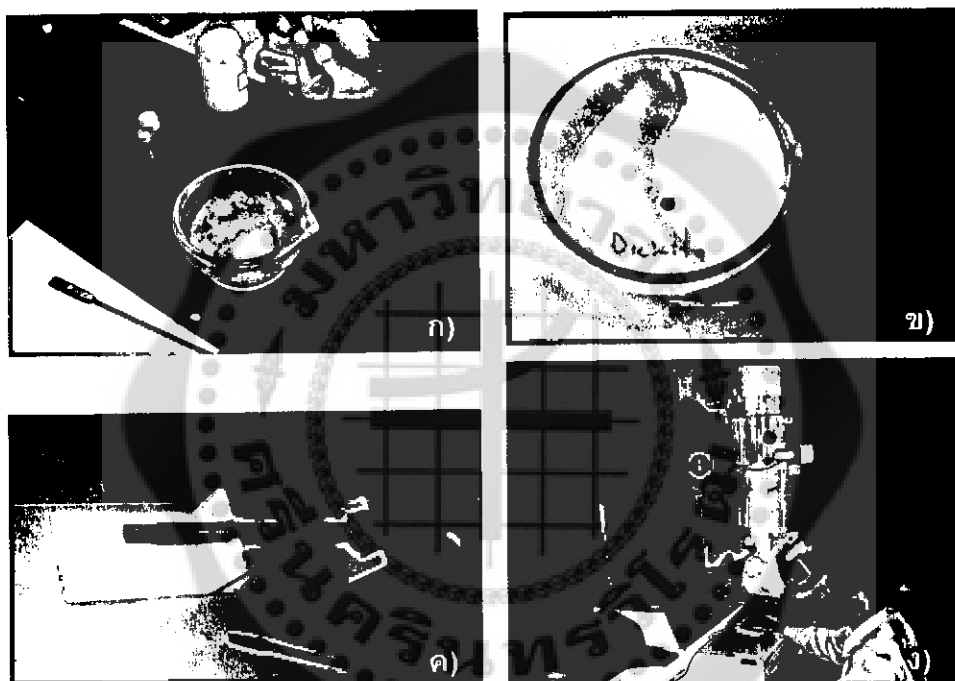


ภาพ 3.2 ก) ตัวอย่างแรดิกโคई ที่ติดบนแท่นตัวอย่างก่อนนำเข้าเครื่องเคลือบทอง ข) เครื่องเคลือบทอง JEOL JFC-1200 FINE COATER ค) ตัวอย่างแรดิกโคई ที่ผ่านการเคลือบด้วยทองคำด้วยเครื่องเคลือบทองแล้ว และพร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ SEM ง) เครื่อง SEM รุ่น JSM-631F กำลังทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง

2) การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ด้วย TEM

การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ด้วย TEM (กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน หรือ Transmission electron microscope) กระทำโดย ตัวอย่างแรดิกโคईถูกนำมาบดเป็นผงเล็กๆ ใน Glass mortar ให้มีขนาดอนุภาคเล็กเท่าที่จะกระทำได้ ทั้งนี้เพื่อให้ได้อนุภาคตัวอย่างที่มีขนาดเล็กและบางมาก ถึงระดับไม่เกิน 100 นาโนเมตร หากหนากว่าผลการวิเคราะห์อาจจะไม่ได้ผลดี จากนั้นนำผงตัวอย่างไปผสมลงใน Ethanol 95% หรือของเหลวอื่นใดก็ได้ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง แล้วนำของเหลวที่มีผงตัวอย่างบรรจุลงขวดแก้วแล้วปิดฝาให้สนิท นำขวดดังกล่าวไปเข้าเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้อนุภาคตัวอย่างกระจายตัวในของเหลว จากนั้นนำของเหลวที่มีอนุภาคตัวอย่างกระจายอยู่ในขวดแก้วหยดลงบนกริดทองแดงที่เคลือบด้วยคาร์บอนแล้ว (Carbon coated Cu grid) ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นประมาณ 1 คืน จึงนำกริดทองแดงที่มีอนุภาคตัวอย่างติดอยู่ไปทำการ

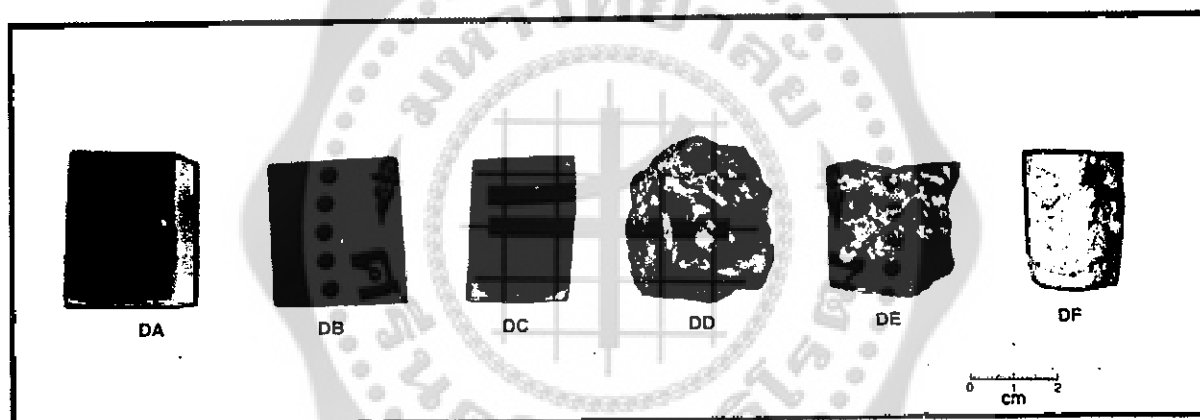
วิเคราะห์ด้วยเครื่อง TEM รุ่น JOEL JEM-2010 ของศูนย์เทคโนโลยี โลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) (ภาพ 3.3) ซึ่งทำการวิเคราะห์ให้ได้ภาพ (Images) ทั้งในลักษณะอนุภาคภายใต้กำลังขยายสูง ภาพ Lattice fringe และภาพ Diffraction pattern นอกจากนี้เครื่อง TEM ดังกล่าวยังเชื่อมต่อกับเครื่องวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคจุลวิเคราะห์ (Microanalysis) ของ Oxford Instruments Link Isis 300 X-ray microanalysis system ซึ่งเป็นระบบ Energy dispersive X-ray analysis (EDX) ซึ่งในการนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแร่ตัวอย่างในขณะเดียวกัน เพื่อยืนยันว่าเป็นอนุภาคตัวอย่างของแรดิกโคईจริงโดยปราศจากการปนเปื้อนหรือแปลกปลอมด้วยวัตถุอื่น สถานะการเดินเครื่องใช้ Acceleration Voltage ที่ 200 KeV



ภาพ 3.3 ก) ตัวอย่างแรดิกโคईถูกนำมาบดเป็นผงเล็กๆ ใน Glass mortar ข) กริดทองแดงเป็นแผ่นกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร ซึ่งถูกเคลือบด้วยคาร์บอนอยู่ก่อนแล้ว และมีอนุภาคตัวอย่างของแรดิกโคईติดอยู่บนกริด วางอยู่บนกระดาษกรองในถาดแก้ว ค) กริดทองแดงจาก ข) ถูกนำมาวางลงบนที่จับตัวอย่างของเครื่อง TEM (ปลายแท่งด้านซ้ายมือ) ก่อนถูกป้อนเข้าเครื่อง TEM ง) เครื่อง TEM รุ่น JOEL JEM-2010 กำลังทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

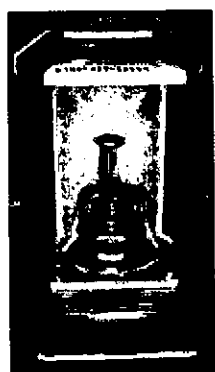
การวิเคราะห์ทางเคมี ผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างแร่ดิคไคต์ไปวิเคราะห์ที่ กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี ซึ่งได้คัดเลือกตัวอย่างเพียง 6 สีส่งไปวิเคราะห์ ได้แก่ สีครีม (DA) สีแดง (DB) สีเทาปนเหลือง (DC) สีเทาขาว (DD) สีเทาเข้ม (DE) และ สีขาวดำ (DF) (ภาพ 3.4) (หมายเหตุ การให้สัญลักษณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี แตกต่างกับสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่น) โดยตัวอย่างถูกบดเป็นผงละเอียดขนาด 200 เมช เพื่อหาปริมาณธาตุหลัก (Major elements) ในรูปของเปอร์เซ็นต์ออกไซด์โดยน้ำหนัก ได้แก่ SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 โดยใช้เครื่อง WD-XRF สำหรับ LOI (Loss on ignition) H_2O และ S ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Wet-chemical technique ในรูปของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สำหรับธาตุร่องรอย (Trace elements) บางธาตุ ได้แก่ Co Cr Cu Ni Sr และ Zn ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Atomic absorption ในปริมาณส่วนต่อล้านส่วน (ppm) (รายละเอียดสามารถหาเพิ่มเติมได้ที่ http://www.crpge.cnrs-nancy.fr/Geostandards/GGR_ms.v03/ms072.html หรือ Potts, 1987)



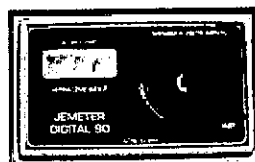
ภาพ 3.4 ตัวอย่างแร่ดิคไคต์สีต่างๆ 6 สี ได้ส่งวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมี

3.3 วิจัยดำเนินการทดลองปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน

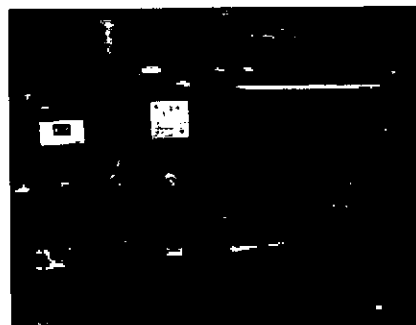
ผู้วิจัยได้ทำการการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น หรือเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วเตรียมการทดลองปรับปรุงคุณภาพแร่ดิคไคต์ด้วยความร้อน โดยการเตรียมตัวอย่างแร่ดิคไคต์เพื่อนำไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง Maxthermo (ภาพ 3.5ค) แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงทั้งลักษณะของสี สดกลาย เนื้อแร่ ถ.พ. ค่าดัชนีหักเห รวมทั้งทดสอบลักษณะทางผลึกด้วยเครื่องมือ XRD (เครื่อง X-ray diffractometer) FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) และ Raman microprobe ทั้งก่อนและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ทุก 50 องศาเซลเซียส โดยเริ่มเผาตั้งแต่ 300°C จนถึง 800°C เวลาที่ใช้ในแต่ละตัวอย่างรวม 7 ชั่วโมง โดยมีอุณหภูมิคงที่ ณ อุณหภูมิที่ต้องการเผา 1 ชั่วโมง



ก)



ข)



ค)

ภาพ 3.5 ก) เครื่องชั่งไฟฟ้า Mettler Toledo รุ่น CG 1003 สำหรับหาค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ข) เครื่อง Jemeter Digital 90 สำหรับหาค่าดัชนีหักเห ค) เตาเผาอุณหภูมิสูง Maxthermo ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มศว

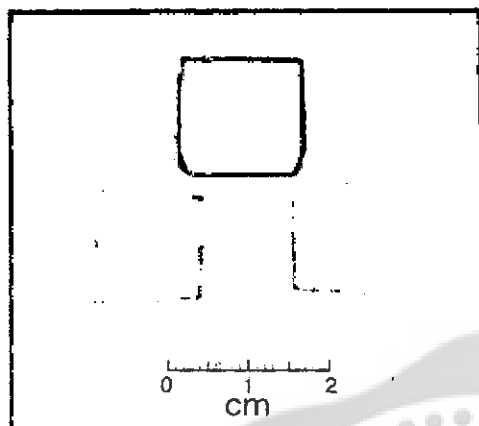
3.3.1 ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างแร่ดิกไคต์

ในที่นี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวอย่างแร่ดิกไคต์เพียง 3 สี เท่านั้น ได้แก่ สีครีม (DA) สีแดง (DB) และสีเทา (DC) (ภาพ 3.4) มาทำการทดลองเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ทั้งนี้ถือว่าเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมแก่การแกะสลักมากที่สุด

ดิกไคต์แต่ละสีจะถูกทำการตัดแบ่งออกเป็นเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาดประมาณ $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ เซนติเมตร เพื่อทำการทดลองเผา 11 ค่าอุณหภูมิ คือ ตั้งแต่ 300-800 องศาเซลเซียส โดยเผาที่ทุกๆ 50 องศาเซลเซียสนับจาก 300 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากรวมจำนวนตัวอย่างทั้ง 3 สี จะได้ 33 ตัวอย่าง และในจำนวนนี้ ผู้วิจัยยังทำการตัดแร่ให้เป็น 3 ชั้น (ภาพ 3.6) เพื่อเปรียบเทียบผลการเผาว่าไม่มีความแตกต่างในการเผาชุดเดียวกัน กล่าวคือทำ 3 ชุด ดังนั้นจึงได้ตัวอย่างแร่ที่ทำการเผาทั้งหมด 99 ตัวอย่าง ($11 \text{ ค่าอุณหภูมิ} \times 3 \text{ สี} \times 3 \text{ ชั้น}$) และยังมีตัวอย่างควบคุม (ไม่ต้องนำไปเผา) อีก 3 สีหรือ 3 ตัวอย่าง (รายละเอียดเกี่ยวกับชื่อตัวอย่างอยู่ในภาคผนวก 1)

นอกจากนี้ในแต่ละตัวอย่างของแร่ดิกไคต์ทั้ง 99 ตัวอย่าง ยังถูกแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นเล็กบาง (หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร) 2 แผ่น เพื่อใช้สำหรับทดสอบกับเครื่อง XRD โดยสามารถบรรจุแผ่นแร่ดังกล่าวลงในที่รองรับตัวอย่างของเครื่องได้ โดยไม่มีการทำลายตัวอย่าง นอกจากนั้นยังใช้กับเครื่อง FTIR ซึ่งต้องให้รังสีอินฟราเรดสามารถทะลุผ่านตัวอย่างบางๆ ได้ ที่เหลือเป็นชิ้นใหญ่ซึ่งถูกนำไปขัดผิว

ให้มันทั้ง 6 ด้าน (ภาพ 3.6) เพื่อให้เหมาะสำหรับทดสอบด้วยเครื่องมือหาค่าดัชนีหักเห และค่าความถ่วงจำเพาะ (ภาพ 3.5ก และข) ก่อนนำเข้าเตาเผาเพื่อทดลองในเรื่องการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนต่อไป



ภาพ 3.6 ตัวอย่างแรดิกโคต 1 ตัวอย่างที่ถูกตัดแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นเล็กบาง (หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร) 2 แผ่น (ล่าง) และชั้นใหญ่ 1 ชั้น (บน) ที่ขัดผิวมันแล้ว พร้อมทั้งจะทำการทดสอบด้วยเครื่องมือหาค่าดัชนีหักเห เครื่องมือ XRD FTIR และ Raman microprobe

3.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างแรดิกโคตด้วย XRD

นำตัวอย่างแรดิกโคตส่วนที่เป็นแผ่นบาง ถูกนำมาทดสอบด้วย XRD (X-ray diffractometer) ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Diffrac Plus#1 ควบคุม ณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ภาพ 3.7) โดยผิวตัวอย่างต้องเรียบสม่ำเสมอ เพื่อให้รังสีเอกซ์ผ่านแผ่นแรดิกโคตได้ในระนาบเดียวกัน



ภาพ 3.7 เครื่อง X-ray diffractometer ยี่ห้อ Bruker D8 พร้อมเครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุม

การตั้งค่าเครื่อง XRD ก่อนทำการวิเคราะห์แร่ดิคไคต์ ส่วนใหญ่กระทำกับระบบคอมพิวเตอร์ เช่น การกำหนดรหัสของตัวอย่างแร่ดิคไคต์ (Comment) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- Default scan parameters for a locked coupled scan
- 2 Theta start : 10.0000 deg
- 2 Theta stop : 70.0000 deg
- Delay time : 0.0000 s
- Step size : 0.0200 deg
- Time/Step : 1.0000 s
- Step : 3001
- Scan time : 00:50:1

3.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิคไคต์ด้วย FTIR

นำตัวอย่างแร่ดิคไคต์ที่นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้เป็นตัวอย่างที่มีลักษณะเดียวกันกับที่ใช้กับ เครื่อง X-ray diffractometer ซึ่งอาจใช้ตัวอย่างเดียวกันได้ กล่าวคือ ใช้ตัวอย่างที่เป็นแผ่นบาง โดยนำมาทดสอบด้วย เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Spectrum GX (ภาพ 3.8 ก) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Spectrum V.301 ควบคุม ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทั้งนี้จำเป็นต้องเตรียมตัวอย่างให้มีผิวเรียบสม่ำเสมอ และบางมากพอหรือมีความโปร่งแสงพอที่จะให้รังสีอินฟราเรดทะลุผ่านไปได้ กล่าวคือในตัวอย่างแร่ชนิดเดียวกันที่บางกว่าให้ผลการทดสอบที่ดีกว่าตัวอย่างแร่ที่มีหนากว่า

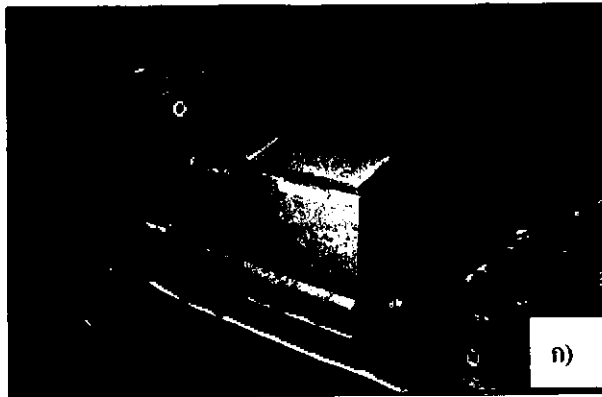
ขั้นตอนดำเนินการและการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่อง FTIR ที่ต้องกระทำในการทดสอบตัวอย่างแร่ดิคไคต์มีดังนี้

1) Scan Background

- Single beam
- Range start : 10000.0 cm^{-1}
- Range end : 1200.0 cm^{-1}
- Number of scan : 2
- Resolution : 4.0 cm^{-1}
- Interval 1.0 cm^{-1}

2) Scan Sample: ใส่รหัสหรือชื่อตัวอย่างของแร่ดิคไคต์

- Range start : 10000.0 cm^{-1}
- Range end : 1200.0 cm^{-1}
- Number of scan : 2
- Resolution : 4.0 cm^{-1}
- Unit : %Ab



ภาพ 3.8 ก) เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Spectrum GX ข) เครื่อง Raman microprobe Renishaw System 2000 ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ด้วย Raman microprobe

เครื่อง Raman microprobe ที่ใช้เป็นเครื่องมือคือ Renishaw System 1000 (ภาพ 3.8 ข) โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ให้สีเขียว (Argon laser, 514.5 nm, excitation source) ต่อกับกล้องจุลทรรศน์ ที่มีเลนส์วัตถุกำลังขยาย 10x 20x และ 50x ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยมีสภาวะการวิเคราะห์ในช่วงเวฟนัมเบอร์ ตั้งแต่ $100-5000\text{ cm}^{-1}$ ใช้เวลา Exposure time = 10 วินาที/ครั้ง และกำหนดให้วิเคราะห์ (Accur.) จำนวน 3 ครั้ง ใน 1 ตัวอย่าง ใช้กำลัง (Power) 100 วิเคราะห์ภายใต้เลนส์วัตถุ (Obj.) ที่กำลังขยาย 50x และกำหนดให้เครื่องวิเคราะห์แบบต่อเนื่อง (Scan type = Continuous grating) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ WiRE Version 1.38

ควบคุม

ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ที่ใช้วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Raman microprobe ต้องมีผิวเรียบสม่ำเสมอ ไม่ขรุขระ และมีความเงา ซึ่งแสดงว่าผ่านการขัดผิวมาดีแล้ว รวมทั้งเป็นพื้นผิวที่สะอาด เพื่อให้เหมาะต่อการเกิดการกระเจิง (Scattering) ของแสงเลเซอร์ มิเช่นนั้นแสงจากเลเซอร์ที่กระทบลงบนตัวอย่างอาจจะมีไม่มากพอที่จะแสดงออกมาในรูปของพีก (Peak) ได้

3.4 การแกะสลัก และการสำรวจความยากง่ายในการแกะสลัก

3.4.1 การแกะสลัก

1) อุปกรณ์ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

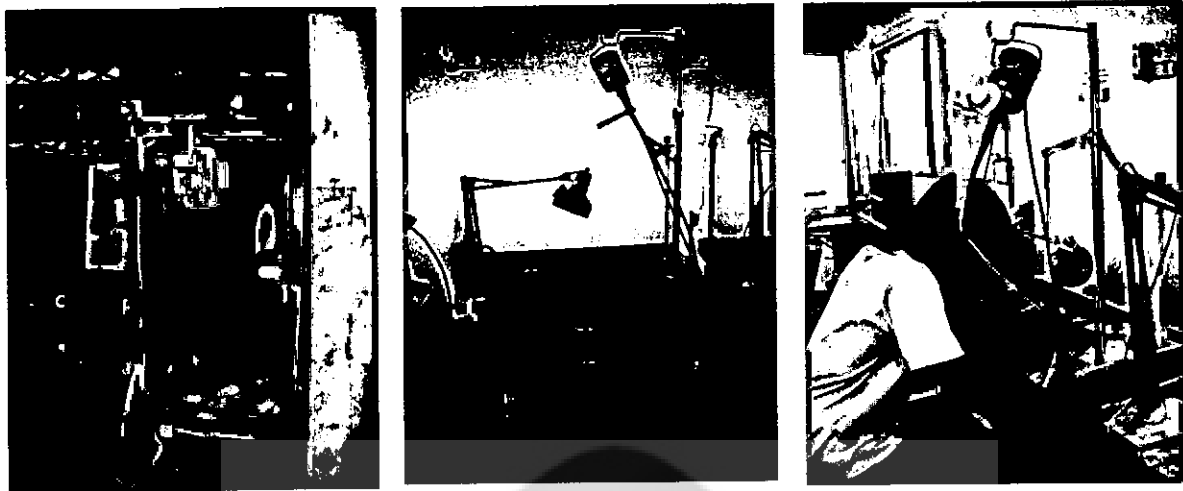
สำหรับวิธีแกะสลักของช่างมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

- สถานที่ต้องมีแสงที่เพียงพอ มีก๊อคน้ำหรือสายยางไปถึงโต๊ะที่ทำการแกะสลัก มีรางน้ำเพื่อให้น้ำไหลทิ้ง มีอากาศบริสุทธิ์ การถ่ายเทและการระบายอากาศที่ดี มีไฟฟ้า

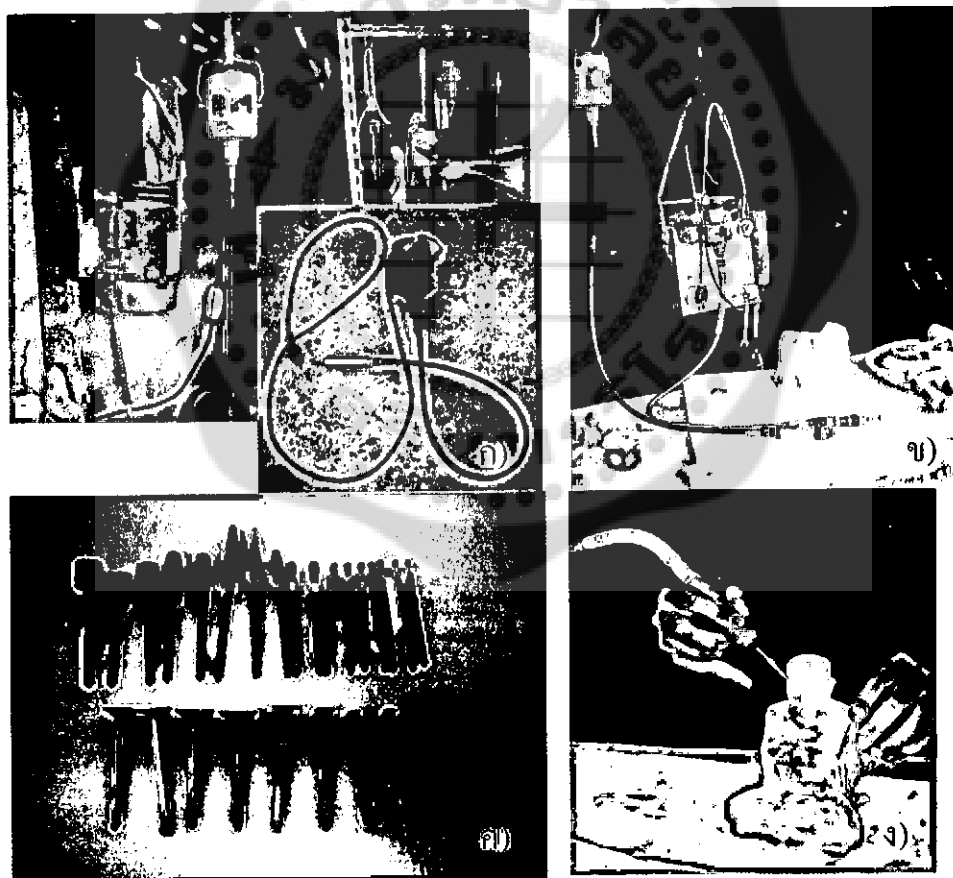
- อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินงาน ได้แก่ เครื่องตัดหินแบบติดตั้งอยู่กับที่ เครื่องตัดหินขนาดเล็กที่สามารถใช้มือถือและเคลื่อนย้ายได้ง่าย โต๊ะที่จะทำการแกะสลัก ที่หยกน้ำ หรือสายยาง โฟร์คอม (Foredom) หัวแกะสลักขนาดต่างๆ กระดาษทราย ที่แขวนโฟร์คอม (ภาพ 3.9 - ภาพ 3.11)



ภาพ 3.9 เครื่องตัดหินขนาดต่างๆ กัน การใช้งานขึ้นอยู่กับขนาดของหินที่จะตัด แฉวถ่างเป็นเครื่องตัดหินขนาดเล็กที่สามารถใช้มือถือและเคลื่อนย้ายได้ง่าย

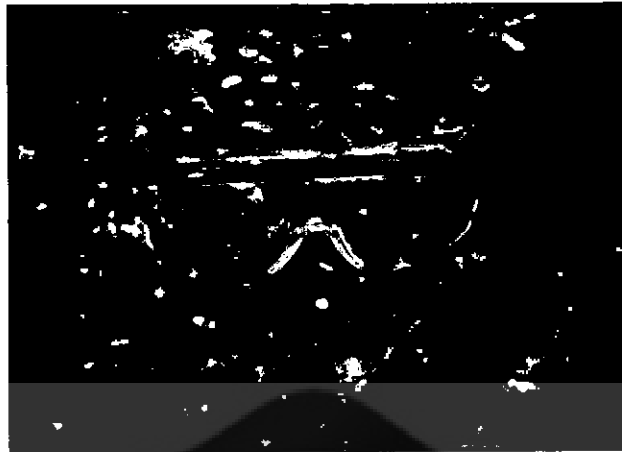


ภาพ 3.10 โต๊ะแกะสลัก และการทำงาน



ภาพ 3.11 ก) และ ข) มอเตอร์เขวน ขนาดต่างๆ ซึ่งเรียกกันว่า ไฟร์ดอม (Foredom) ค) หัวแกะสลัก และ ง) การจับหัวแกะสลัก

- อุปกรณ์สำหรับความปลอดภัย ได้แก่ แวนดากันฝุ่นและเศษหิน (ภาพ3.12) หน้ากากหรือผ้าปิดปากและจมูกกันฝุ่น ถุงพลาสติกเพื่อคลุมปลั๊กไฟ รองเท้าแตะ หรือ รองเท้าที่ทำมาจากยาง ผ้าแห้งสำหรับเช็ดมือ หรือเช็ดไฟร์คอม



ภาพ 3.12 แวนดากันฝุ่นและเศษหิน

2) การออกแบบชิ้นงาน

การออกแบบชิ้นงาน ขึ้นอยู่กับความถนัดของช่าง กล่าวคือ ช่างส่วนใหญ่ใช้ต้นแบบรูปแกะสลัก หรือ รูปหล่อ หรือรูปปั้น ที่มีอยู่แล้ว เป็นต้นแบบ หากไม่มีต้นแบบดังกล่าว ช่างอาจวาดหรือออกแบบด้วยตนเอง หรือ อาจใช้ภาพ ก็ได้ (ภาพ 3.13 ก) สำหรับช่างที่มีความชำนาญและต้องการความละเอียดมาก จะใช้วิธีการปั้นดิน ดินน้ำมัน หรือปูนปลาสเตอร์ หรือ อาจแกะต้นแบบจากโฟม ก่อน เมื่อได้ต้นแบบที่ต้องการแล้วจึงลงมือแกะสลักจากหิน การแกะสลัก ช่างจะคำนึงถึงต้นแบบที่จะนำมาแกะสลักนั้น โดยต้องพิจารณาให้มีความสอดคล้องกันกับชนิดของหินและขนาดของรูปแกะสลักที่ต้องการ หากเป็นช่างที่สามารถใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมในการออกแบบชิ้นงานจากคอมพิวเตอร์ได้ จะใช้วิธีการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม Jewelcad (ภาพ 3.13 ข) ก่อนแล้วจึงปั้นดินน้ำมันเป็นต้นแบบภายหลัง

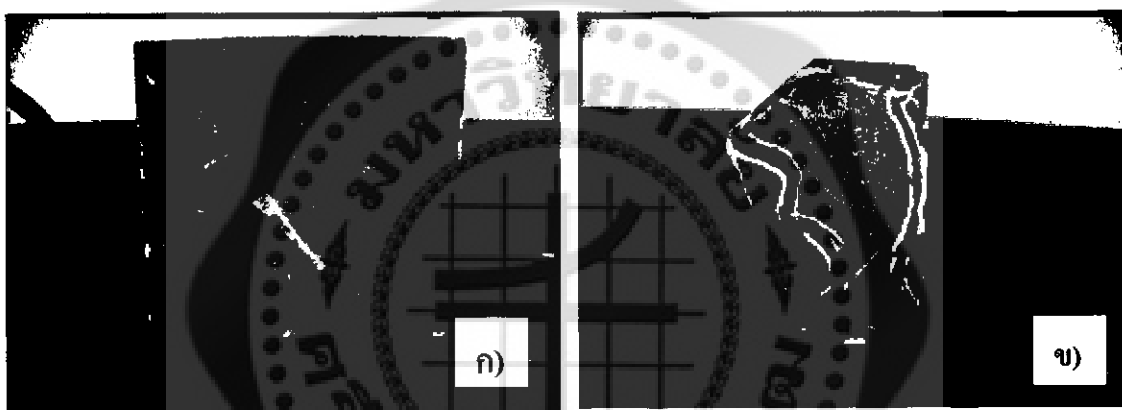


ภาพ 3.13 ตัวอย่างแบบที่ใช้ในการแกะสลัก ก) เป็นภาพที่วาดที่อยู่บนกระดาษ ข) ที่ใช้โปรแกรม Jewelcad ออกแบบ

3) การจัดเตรียมหินที่จะนำมาแกะสลัก

การเตรียมหินที่จะนำมาใช้ในการแกะสลักนั้น ต้องคำนึงถึงขนาดของหิน สีของหิน ชนิดของหิน ให้สอดคล้องกับแบบที่ผู้ทำการแกะสลักจัดเตรียมไว้ และข้อที่ควรระมัดระวังที่สุด คือต้องมีรอยแตกน้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะจะช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดการแตกร้าวขณะทำการแกะสลักชิ้นงานได้ ขั้นตอนการเตรียมหินเพื่อแกะสลักมีดังนี้ (ภาพ 3.14)

- เลือกหินที่มีความเหมาะสมให้มีรอยแตกในเนื้อหินน้อยที่สุด
- ตัดหินให้ได้ขนาดใหญ่กว่าชิ้นงานที่ต้องการ
- วาดแบบหรือลวดลายที่ต้องการแกะลงบนหิน
- ตัดหินให้มีขนาดเล็กลง และมีรูปทรงใกล้เคียงกับแบบที่วาด



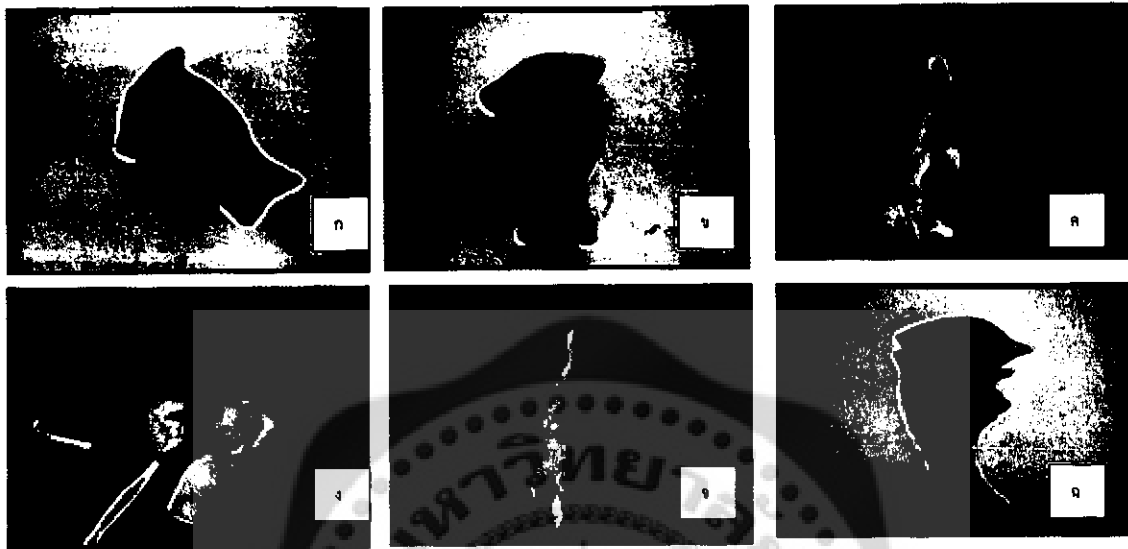
ภาพ 3.14 ก) วาดแบบลงไปในหิน ข) ตัดหินให้มีขนาดใกล้เคียงกับแบบที่วาด

4) การแกะสลักชิ้นงาน

ก่อนการทำการแกะสลัก ผู้แกะสลักต้องทำการศึกษาแบบให้เข้าใจอย่างละเอียด และควรมีต้นแบบทำของจริง ดังได้กล่าวมาแล้ว ในการแกะสลัก ควรเลือกใช้หัวแกะสลักขนาดต่างๆ ซึ่งมีความเหมาะสมกับลวดลายและขนาดของชิ้นงาน ติดเข้ากับโฟร์คอม แล้วค่อยๆ ทำการแกะสลักลบเหลี่ยมมุมอย่างช้าๆ พร้อมใช้น้ำหยดลงบนชิ้นงานตลอดเวลาเพื่อลดความร้อนและฝุ่นละออง ขณะแกะสลักในส่วนที่บางหรือแหลม เล็ก ไม่ควรใช้แรงกดที่โฟร์คอม มากเกินไป รวมทั้งไม่ควรให้รอบการหมุนของโฟร์คอมมากหรือแรงจนเกินไป ซึ่งจะทำให้งานแกะสลักในส่วนนั้นแตกหักได้ โดยการใช้เท้าเหยียบที่แป้นเหยียบเร่งรอบการหมุนของโฟร์คอมเป็นจังหวะๆ ซึ่งจะสามารถควบคุมการหมุนของโฟร์คอม ให้หมุนช้าลงตามต้องการได้ ตัวอย่าง ขั้นตอนการแกะสลักพอสรุปได้ดังนี้ (ภาพ 3.15)

- 1) เซาะหินให้มีรูปร่างตามแบบเส้นนอกโดยใช้หัวแกะสลักใหญ่
- 2) ลบเหลี่ยมลบมุมทำส่วนโค้ง เว้าโดยใช้หัวแกะสลักขนาดเล็ก

- 3) ลดความหนาให้ได้ตามแบบโดยเผื่อไว้เพื่อการตกแต่ง
- 4) ทำครีบบและหางให้ได้สัดส่วน โดยใช้ความระมัดระวัง
- 5) ทำครีบท่อน้ำออก โดยใช้หัวแกะสลักแบบโดยใช้ความระมัดระวัง
- 6) เก็บรายละเอียดและขัดชิ้นงานให้ได้ขนาดตามแบบ



ภาพ 3.15 ขั้นตอนการแกะสลัก ก) เชาะหินให้มีรูปร่างตามแบบเส้นนอก ข) ลบเหลี่ยมลบมุมทำส่วนโค้ง ค) ลดความหนาให้ได้ตามแบบ ง) และ จ) ทำครีบบและหาง ครีบบอก ให้ได้สัดส่วน ฉ) เก็บรายละเอียดให้ได้ขนาดตามแบบ

การเก็บรายละเอียดและขัดชิ้นงาน กระทำโดยใช้หัวแกะสลักขนาดเล็กสำหรับตกแต่งผิวชิ้นงานให้เรียบทั่วทั้งรูปแกะสลัก แล้วจึงใช้การคายทรายน้ำขัดอีกครั้งเพื่อความเรียบเนียน และสวยงาม ไม่ควรใช้เครื่องขัดม้วนผ้าขัดละเอียด เพราะจะทำให้ชิ้นงานหักได้ง่ายทั้งนี้เพราะรอบและขนาดของเครื่องขัดม้วนผ้าไม่เหมาะสม กล่าวคือมีรอบของการหมุนสูงมากเกินไป อนึ่งหากมีชิ้นงานขนาดประมาณไม่เกิน 5 นิ้ว นิยมขัดชิ้นงานโดยใช้หม้อขัดไฟฟ้าที่บรรจุผงขัดและวัสดุสำหรับขัดชอกมุมของชิ้นงาน หม้อดังกล่าวจะสั่นและทำให้ชิ้นงานลงไปคลุกเคล้ากับวัสดุขัดในหม้อ ซึ่งสามารถขัดชิ้นงานได้จำนวนมากในเวลาเดียวกัน (ภาพ 3.16)



ภาพ 3.16 ชิ้นงานขนาดไม่เกิน 5 นิ้ว นิยมจัดชิ้นงานโดยใช้หม้อขัดไฟฟ้าที่บรรจุผงขัดและวัสดุสำหรับขัดชอกมุมของชิ้นงาน หม้อดังกล่าวสั่นและทำให้ชิ้นงานลงไปคลุกเคล้ากับวัสดุขัดในหม้อ ซึ่งสามารถขัดชิ้นงานได้จำนวนมาก

3.4.2 วิธีดำเนินการสำรวจความยากง่ายในการแกะสลัก

ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์จากช่างแกะสลักได้ประเมินกระบวนการของงานแกะสลักที่ช่างได้ทดลองแกะ กับตัวอย่าง แร่ดิกไซต์ หินอ่อน และหินโคโลไมต์ โดยให้ช่างแกะสลักเป็นผู้แสดงความคิดเห็น รวมทั้งผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์เชิงลึกช่างดังกล่าว โดยใช้แบบสัมภาษณ์ประกอบ (ภาคผนวก 2) จำนวนช่างแกะสลักมีทั้งหมด 9 คน จาก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา 3 คน อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย 4 คน และกรุงเทพมหานคร 2 คน ผู้วิจัยได้กำหนดให้ช่างแกะสลักทำการแกะสลัก หลากหลายรูปแบบ เช่น ปลาโลมาขนาด 2-3 นิ้ว พระสังกัจจาย หน้าตักกว้าง 4-9 นิ้ว พระพุทธรูปหน้าตักกว้าง 3 นิ้ว มังกรขนาด 5x12 นิ้ว สิงโต ขนาด 5x7 นิ้ว รวมทั้ง รูปใบหน้าที่ผู้หญิงนูนสูง รูปนูนสูงของภาพสัตว์ ภาพหน้าเทพเจ้า ขนาดต่างๆ และรูปม้าขนาดต่างๆ เป็นต้น ความคิดเห็นของช่างฝีมือ เช่น ความยากง่าย ปัญหาอุปสรรค และปัจจัยต่างๆ ในการแกะสลักจะนำเสนอในรูปการบรรยาย และตารางประกอบ ในบทที่ 4

3.5 ความคุ้มค่าในเชิงพานิช และทางเศรษฐกิจ

ในที่นี้ครอบคลุมถึง 2 ประเด็นคือ ความคิดเห็นของผู้บริโภค เช่น การยอมรับ ด้านความสวยงาม และราคา และมีการสัมภาษณ์เชิงลึกต่อผู้ประกอบการ จำนวน 5 ราย เกี่ยวกับ ความคิดเห็นของผู้ประกอบการ เช่น ความพึงพอใจในการจำหน่ายชิ้นงานในประเทศ การกำหนดราคาโดยผู้ประกอบการ รูปแบบ และขนาดที่เหมาะสมต่อการจำหน่าย จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาประมวลเข้าด้วยกันเพื่อทำการวิเคราะห์และสรุปตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4 รวมทั้งคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาจำหน่าย เพื่อทราบผลตอบแทนต่อหน่วย

3.5.1 การสำรวจความนิยมของผลิตภัณฑ์แกะสลัก

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความนิยมของผลิตภัณฑ์แกะสลักที่ได้จากแร่และหิน 3 ชนิด จากกลุ่มเป้าหมาย 2 กลุ่มคือ 1) นิสิต สาขาวิศวกรรม (อัญมณีและเครื่องประดับ) ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ชั้นปีที่ 3 และ 4 จำนวน 30 คน (เนื่องจากเป็นผู้ที่ผ่านการเรียนวิชาการทำตัวเรือนเครื่องประดับแล้ว) 2) บุคคลทั่วไปที่มีงานทำและมีรายได้ จำนวน 30 คน โดยใช้แบบสำรวจแบบเดียวกัน โดยใช้แบบสำรวจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งประกอบด้วยประเด็นต่างๆ ได้แก่ ความชอบ ราคา ความเหมาะสมที่จะนำมาแกะสลัก รูปแบบและขนาดของชิ้นงานในการแกะสลัก ลักษณะของการแกะสลัก และชนิดหินที่สมควรนำมาแกะสลัก (รายละเอียดของแบบสำรวจอยู่ในภาคผนวก 3) การสำรวจได้ดำเนินการโดยอาศัยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ชิ้นงานที่แกะสลักแล้ว นำไปจัดแสดงให้แก่กลุ่มตัวอย่าง ในที่นี้ใช้ตัวอย่าง ปลาโลมาจำนวน 9 คู่ (18 ชิ้น) ซึ่งได้วางชิ้นงานแกะสลักที่เป็นหินชนิดเดียวกัน สีเดียวกันไว้คู่กัน คือ วางขนาด 3x3x3 นิ้ว และขนาด 2x2x2 นิ้ว ไว้ด้วยกัน งานแกะสลักทั้งสิ้น 18 ชิ้น จากหินทั้ง 3 ชนิด ชนิดละ 3 สี สีละ 2 ขนาด

3.5.2 การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ

ทำการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการจำนวน 5 ราย เกี่ยวกับ ความคิดเห็นของผู้ประกอบการ โดยใช้ชิ้นงานรูปผู้หญิงนูนสูง รูปม้า และรูปพระสังกัจจาย รวม 9 ชิ้นมีขนาดต่างๆ (ตาราง 3.1) จัดแสดงให้ผู้ประกอบการได้พิจารณา และเสนอความเห็น โดยผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ประกอบ (ภาคผนวก 4) ทั้งนี้ ในขณะสัมภาษณ์ ผู้วิจัยยังไม่บอกว่าชิ้นงานเป็นแร่/หินชนิดใด จนกว่าจะทำการสัมภาษณ์เสร็จ ซึ่งผลการศึกษาประเด็นนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นเชิงพรรณนา

ตาราง 3.1 ขนาดของชิ้นงานตัวอย่างแกะสลัก ที่นำเสนอให้ผู้ประกอบการพิจารณา (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

รูปแกะสลัก	ดิกไคต์	หินอ่อน	หินโดโลไมต์
รูปม้า	11x19x20	16x30x30	8x17x15
รูปหน้าผู้หญิงนูนสูง	21x16x2	26x33x2	12.5x16x1.5
รูปพระสังกัจจาย	12x9x12	13x12x15	20x13x18

บทที่ 4

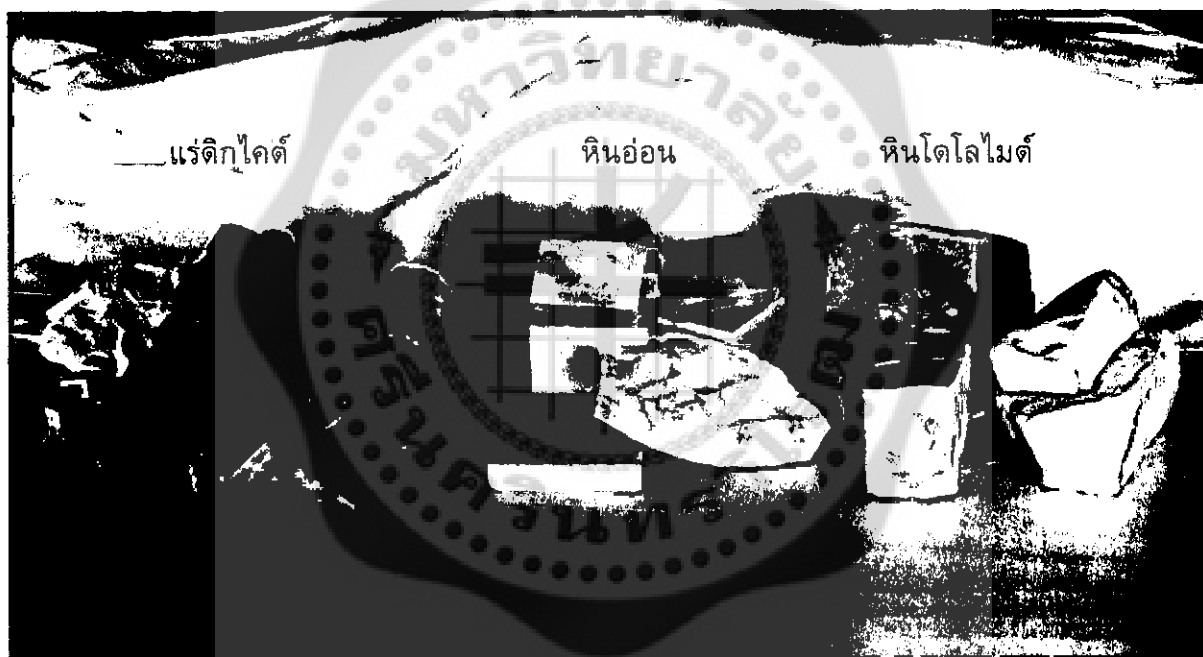
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแร่ดิกไคต์ ในที่นี้รวมถึงลักษณะทางกายภาพที่มองเห็นได้ ทั้งด้วยตาเปล่า และด้วยเครื่องมือบางชนิด องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางสเปกโตรสโคปี

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพที่มองเห็นได้

สำหรับคุณลักษณะทางกายภาพทั่วไปของแร่ดิกไคต์เมื่อเปรียบเทียบกับ หินอ่อน และหินโดโลไมต์ (ภาพ 4.1) พบว่ามีความแตกต่างกันในรายละเอียดดังในตาราง 4.1



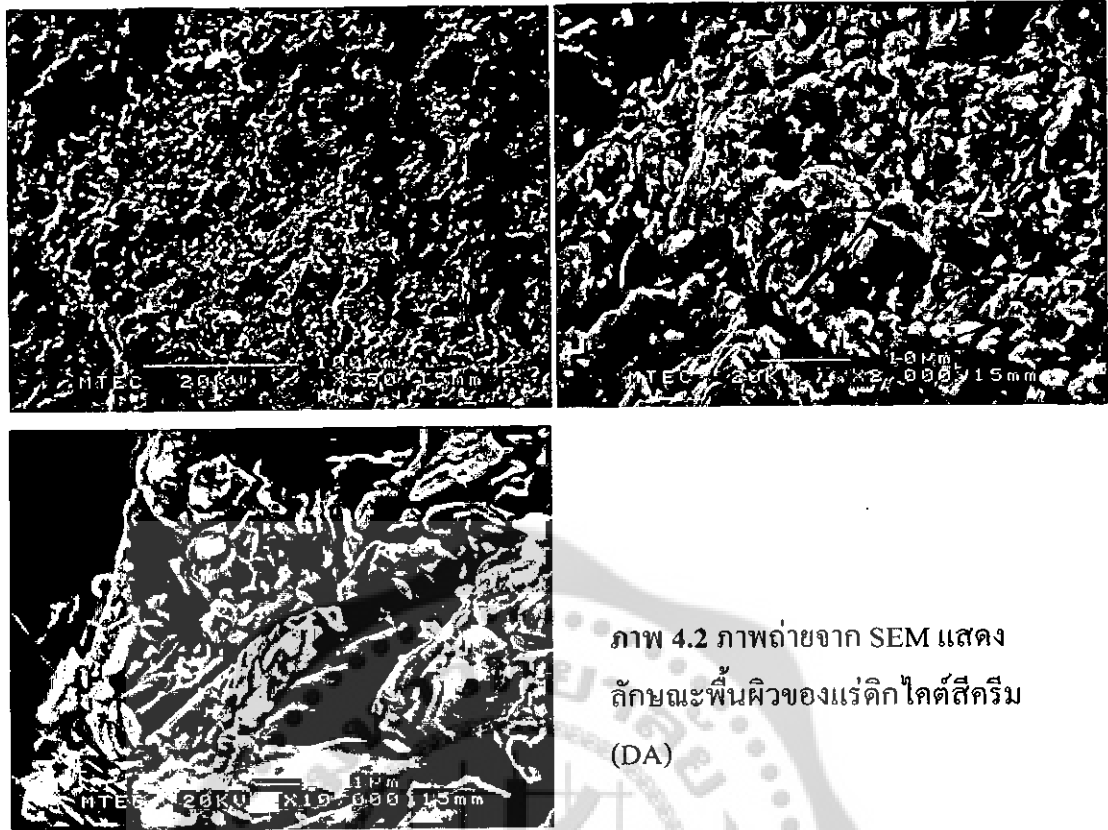
ภาพ 4.1 ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ หินอ่อน และหินโดโลไมต์

ตาราง 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพทั่วไปของแร่ดิคไคต์เมื่อเปรียบเทียบกับ หินอ่อน และหินโดโลไมต์

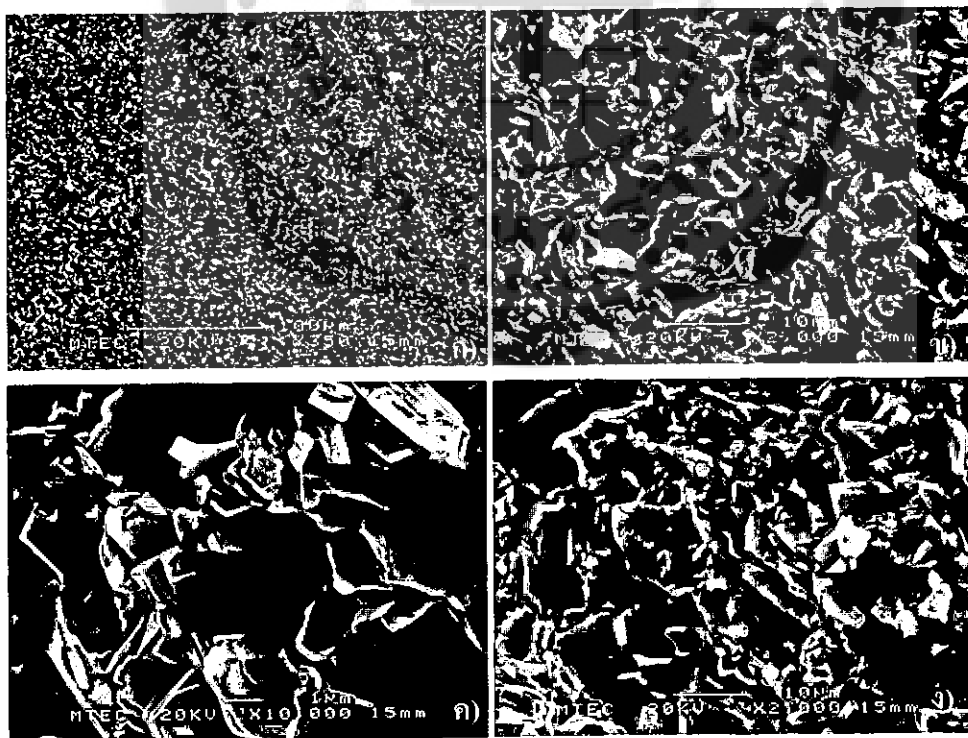
ชนิดแร่/หิน	ดิคไคต์	หินอ่อน	หินโดโลไมต์
ชื่อภาษาอังกฤษ	Dickite	Marble	Dolomite
สูตรเคมี	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	CaCO_3	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
ระบบผลึก	Monoclinic	Trigonal	Trigonal
แหล่ง	ม. 2 ต. ชะอม อ. แก่ง คอย จ. สระบุรี	เขางอบ ต. หน้าพระ ลาน อ. เฉลิมพระ เกียรติ จ. สระบุรี	ต. วังด้ง อ. เมือง จ. กาญจนบุรี
ลักษณะผลึกทั่วไป ของแร่ในแหล่ง	เป็นการเกาะกลุ่มผลึก (Polycrystalline) มอง ด้วยตาเปล่าไม่เห็น	เป็นการเกาะกลุ่มผลึก (Polycrystalline) มอง ด้วยตาเปล่าไม่เห็น	เป็นการเกาะกลุ่มผลึก (Polycrystalline) มอง ด้วยตาเปล่าไม่เห็น
สี	ครีม, เทา, ชมพู, แดง	ขาว-เทา, ชมพู	เทา, เหลืองอ่อน, ชมพู
ความแข็งตามมาตรา ของโมห์	$1\frac{1}{2}$ -2	3	$3\frac{1}{2}$ -4
ความวาวที่ผิวขัดมัน	เหมือนไข	ต่ำกว่าเหมือนแก้ว เล็กน้อย	เหมือนไขถึงต่ำกว่า เหมือนแก้วเล็กน้อย
ความโปร่ง	โปร่งแสงถึงทึบแสง	โปร่งแสงถึงทึบแสง	โปร่งแสงถึงทึบแสง
ความถ่วงจำเพาะ	2.62	2.58-2.75	2.8-2.9
ค่าดัชนีหักเห	1.56	1.48	1.502-1.681

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย SEM

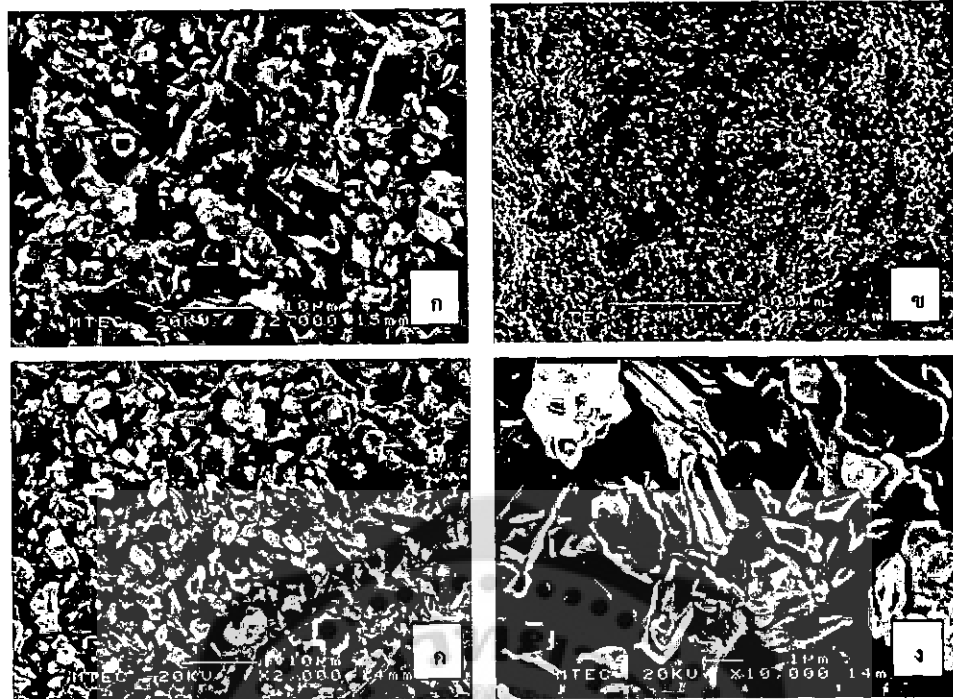
ผลึกของแร่ดิคไคต์เป็นจุลผลึก (Cryptocrystalline) ที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ลักษณะที่พบภายใต้ SEM พบว่ามีกลุ่มผลึกเป็นแผ่นเรียงซ้อนกัน (ภาพ 4.2-4.6) สำหรับภาพ 4.7 แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างแร่สีแดนด้าน (DG) มีลักษณะคล้ายหินไรโอไรต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเนื้อละเอียด มีรูพรุน และมีผลึกเล็กๆ อยู่ในรูดังกล่าว



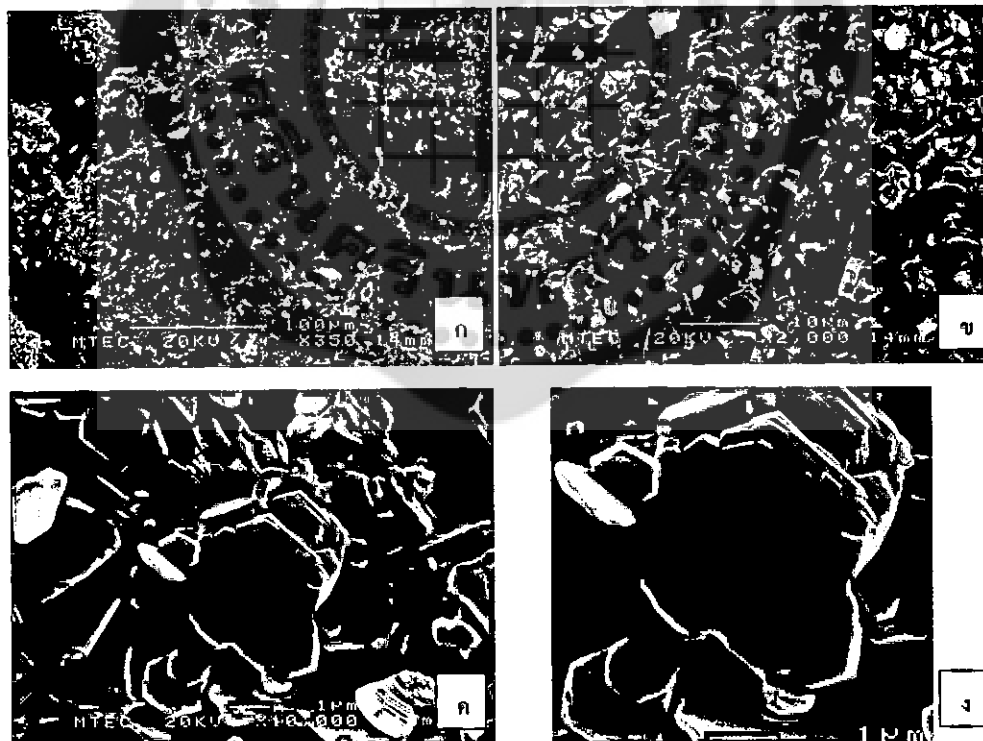
ภาพ 4.2 ภาพถ่ายจาก SEM แสดง
ลักษณะพื้นผิวของแร่ดิกไคต์สีครีม
(DA)



ภาพ 4.3 ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของ ตัวอย่างดิกไคต์ สีแดง (DB-r ก-ค) และ ง)
DB-b ตัวอย่างดิกไคต์สีแดงเข้มคล้าย Breccia ตัวอย่างแร่ทั้งสองสีแสดงลักษณะรูปผลึกคล้ายกัน



ภาพ 4.4 ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของ ก) DB-c และข) DC-g ซึ่งเป็นดิกไคต์สีเทาทั้งคู่

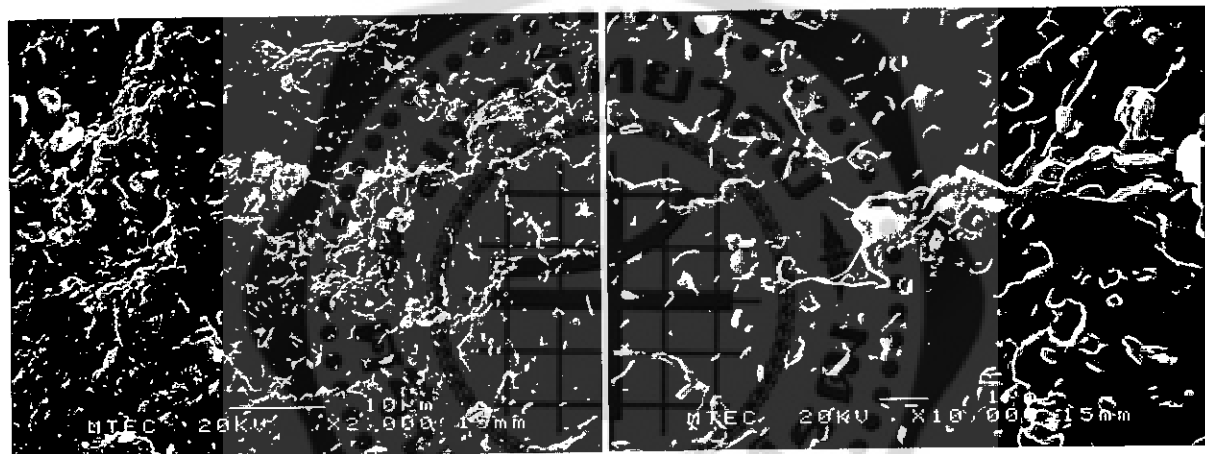


ภาพ 4.5 ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างแร่ดิกไคต์ DC-w (สีเทาขาว) มีรูปผลึกเป็นแผ่นเรียงซ้อนกัน และมีลักษณะรูปหกเหลี่ยมเทียม (Pseudo hexagonal) ง) ผลึกแร่ดิกไคต์ที่อยู่

ตรงกลางของภาพ ค) ถูกขยายให้ใหญ่ขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นถึงรอยแตกร้าวคล้ายการสูญเสียน้ำหนัก
ระนาบผิวหน้าผลึก (001)



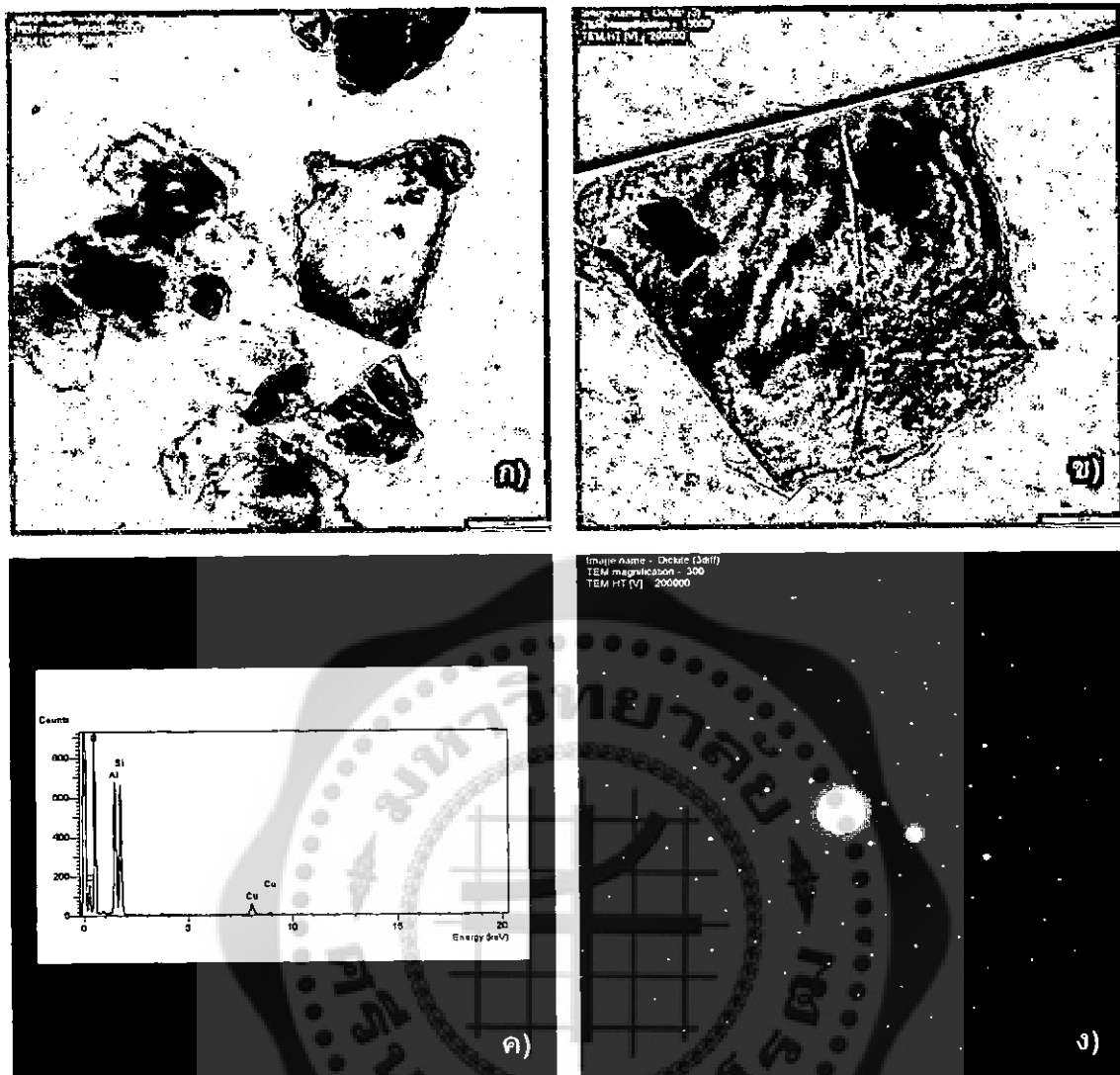
ภาพ 4.6 ภาพถ่ายจาก SEM แสดงรูปผลึกของตัวอย่างแร่ดิกไคต์ ก) DD, ข) DE และ ค) DF
ตามลำดับ ภายใต้อัตราขยาย SEM



ภาพ 4.7 ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างแร่สีแดงด้าน (DG) มีลักษณะคล้ายหิน
ไรโอไรต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเนื้อละเอียด มีรูพรุน และมีผลึกเล็กๆ อยู่ในรูดังกล่าว

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ด้วย TEM

จากการวิเคราะห์แร่ตัวอย่างดิกไคต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่
กำลังขยายขนาดต่างๆ ทำให้ได้ภาพอนุภาคของแร่ดิกไคต์ที่กำลังขยายสูงถึง 15,000 เท่า และ
เครื่องมือนี้ยังทำการวิเคราะห์อนุภากดังกล่าว ซึ่งให้ผลที่แสดงว่าเป็นแร่ดิกไคต์จริง เพราะมีธาตุ Si
(ซิลิกอน) Al (อะลูมิเนียม) และ O (ออกซิเจน) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับสูตรเคมีของแร่
ดิกไคต์ (ตาราง 4.1) แต่ผลการวิเคราะห์เป็นเพียงเชิงคุณภาพ (Qualitative) เท่านั้น สำหรับ Cu เป็น
กรดทองแดง และ C เป็นคาร์บอนที่เคลือบอยู่บนกริดทองแดง จากนั้นได้ทำการตรวจวิเคราะห์การ
เลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนที่มีต่อโครงสร้างของดิกไคต์จากอนุภากดังกล่าวอีกด้วยและได้ภาพ
Diffraction pattern ของแร่ดิกไคต์ตัวอย่าง (ภาพ 4.8)



ภาพ 4.8 ข้อมูลของแร่ดิกไคต์ตัวอย่างที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน (TEM) ก) และ ข) เป็นภาพของผงแร่ดิกไคต์ที่มองเห็นได้จากกล้อง (TEM) ที่กำลังขยาย 15,000 เท่า เส้นสเกลด้านล่างขวาของภาพยาว 210 นาโนเมตร ค) เป็นกราฟแสดงองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์อนุภาคในภาพ ข) ซึ่งแสดงว่าตัวอย่างเป็นแร่ดิกไคต์จริงเพราะประกอบไปด้วยธาตุหลักได้แก่ Si (ซิลิกอน) Al (อะลูมิเนียม) และ O (ออกซิเจน) ซึ่งสอดคล้องกับสูตรเคมีของแร่ดิกไคต์ ในตาราง 4.1 สำหรับ Cu เป็นกรดทองแดง และ C เป็นคาร์บอนที่เคลือบอยู่บนกรดทองแดง ง) เป็นภาพ Diffraction pattern ของแร่ดิกไคต์ตัวอย่างจากอนุภาคในภาพ ข)

4.1.4 ผลการการวิเคราะห์ทางเคมี

ผลการการวิเคราะห์ทางเคมี ของแร่ดิกไคต์ได้นำเสนอ รวมทั้งหินอ่อน และหินโคโลไมต์ ในตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของ แรดิกโคด หินอ่อน และหินโดโลไมต์ (ธาตุหลักมีหน่วยเป็น Weight percent oxides, ธาตุร่องรอย มีหน่วยเป็น ppm)

ตัวอย่าง	แรดิกโคด ^a						หินอ่อน ^b	หินโดโลไมต์ ^c	
	DA 1-3 (สีครีม)	DB 1-3 (สีแดง)	DC 1-3 (สีเทาปนเหลือง)	DD 1-3 (สีเทา)	DE 1-3 (สีเทาเข้ม)	DF 1-3 (สีขาวดำ)	สีขาวเทา	สีขาว	สีชมพูปนเหลือง
SiO ₂	43.39	42.85	76.12	79.37	75.52	78.18	0.65	0.15	0.32
TiO ₂	<0.05	<0.05	0.12	0.11	0.16	0.13			
Al ₂ O ₃	41.39	41.73	16.89	14.60	17.21	15.41	0.03		
Fe ₂ O ₃	<0.10	0.10	0.43	0.34	0.45	0.22	0.10	0.20	0.24
MnO	<0.05	<0.05	0.06	0.05	0.05	<0.05			
CaO	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	54.93	31.23	31.31
MgO	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.43	21.41	21.14
Na ₂ O	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10			
K ₂ O	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05			
P ₂ O ₅	<0.05	0.16	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		0.01*	0.01*
LOI	14.15	14.20	5.63	4.83	5.90	5.32	43.55		
H ₂ O	0.50	0.46	0.27	0.21	0.22	0.22	0.28		
S	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil	nil
Co (ppm)	<3	<3	<3	<3	<3	<3			
Cr ³⁺ Co (ppm)	5	5	13	9	12	6			
Cu (ppm)	6	3	6	4	13	15			
Ni (ppm)	<2	<2	2	<2	3	<2			
Sr (ppm)	93	920	61	25	18	30			
Zn (ppm)	3	8	2	2	2	2			

^a ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้

^b หินอ่อนจากเขางอบ ค. หน้าพระลาน อ. เฉลิมพระเกียรติ จ. สระบุรี ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก บริษัท หินอ่อน จำกัด

^c หินโดโลไมต์จาก ค. วังดัง อ. เมือง จ. กาญจนบุรี ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก บริษัท พี. แอนด์ เอส. โดโลไมต์ จำกัด

* ผลวิเคราะห์ในรูป P อีสระ

จากตารางจะเห็นว่าดิกโคดเป็นแร่ในหมู่ซิลิเกต ส่วนหินอ่อนประกอบด้วยแร่แคลไซต์ที่ตกผลึกจากหินปูน ส่วนโดโลไมต์เป็นแร่ในหมู่เดียวกันกับแคลไซต์ ซึ่งอยู่ในหมู่คาร์บอเนต

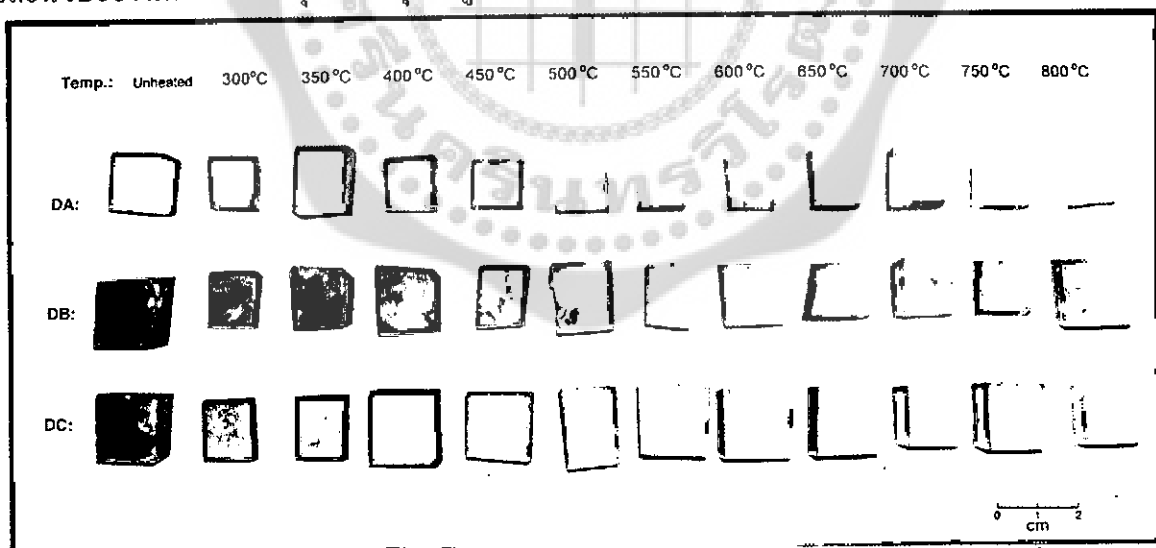
ผลการการวิเคราะห์ดิคไคต์ 5 ตัวอย่างพบว่า สีครีม (DA) และสีแดง (DB) มีปริมาณซิลิกาต่ำประมาณ 43 % โดยน้ำหนัก ซึ่งต่างจาก สีเทาปนเหลือง (DC) สีเทา (DD) สีเทาเข้ม (DE) และ สีขาวดำน (DF) ซึ่งต่างมีปริมาณซิลิกาสูงถึง 75-79 % โดยน้ำหนัก

4.2 ผลการทดลองปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน

ตัวอย่างแร่ดิคไคต์จำนวน 99 ตัวอย่าง ได้ถูกนำไปทดลองเผาด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูง และก่อนการเผา ตัวอย่างได้ถูกทดสอบด้วยเทคนิคและเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ การหาค่าดัชนีหักเห ความถ่วงจำเพาะ X-ray diffractometer (XRD) FTIR และ Raman microprobe ผู้วิจัยจะเสนอผลการวิเคราะห์ทั้งก่อนและหลังการเผาไปพร้อมกันตามลำดับดังนี้

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

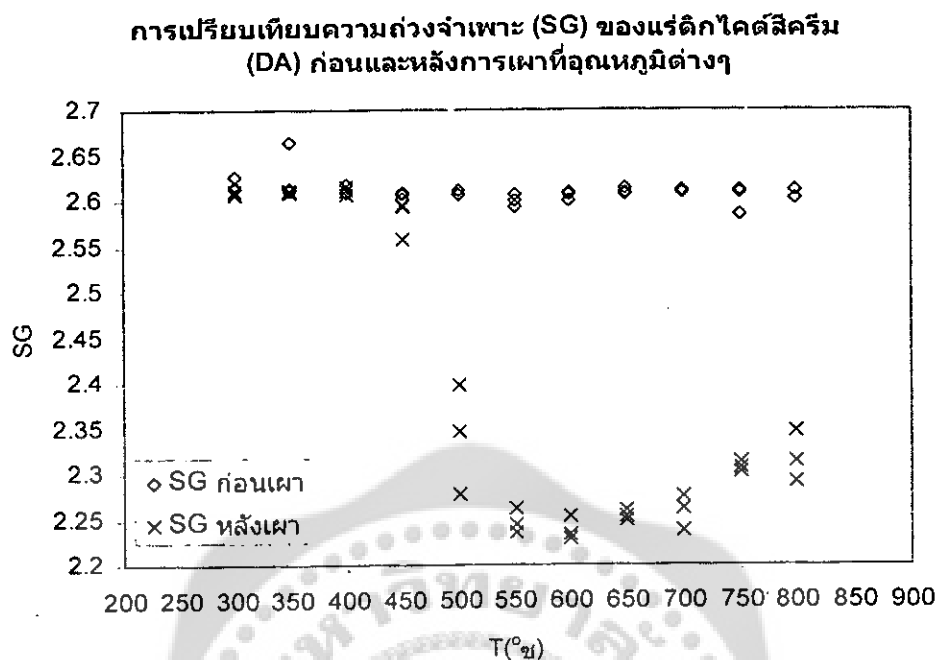
ในที่นี้ได้แก่ จากการสังเกตลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของแร่ตัวอย่าง ได้แก่ สี ลักษณะความวาวของแร่ดิคไคต์ก่อนและหลังเผา พบว่า เมื่ออุณหภูมิของการเผาเปลี่ยนไป แร่เปลี่ยนจากเดิม 3 สี (ครีม แดง เทา) กลายเป็นแร่สีขาวนูน ยกเว้นแร่เดิมสีแดงจะเปลี่ยนไปเป็นสีขาวนูนปนชมพูเล็กน้อย ความวาวเปลี่ยนจากเดิมคือ ถ้านำไปขัดผิวใหม่จะมีความวาวแบบกึ่งคล้ายแก้ว (Subvitreous lustre) แกร่งแข็งและเปราะ มากขึ้นตามอุณหภูมิ และพบว่ามีเสียงดังกึ่งวานเมื่อกระทบกัน โดยเฉพาะแร่จะเปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัดที่สุดตั้งแต่อุณหภูมิเท่ากับ 450 องศาเซลเซียสขึ้นไป (ภาพ 4.9)



ภาพ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของแร่ดิคไคต์ สีครีม (DA) สีแดง (DB) และสีเทา (DC) ที่ผ่านการเผา ที่อุณหภูมิต่างๆ

สำหรับ ด.พ. เช่นของตัวอย่างสีครีม (DA) ก่อนเผามีค่าระหว่าง 2.58-2.66 หลังเผามีค่าระหว่าง 2.23-2.62 โดยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส (จากประมาณ 2.6

ลงไปถึง 2.2) และจากนั้นค่อยๆ เพิ่มขึ้นไปเป็น 2.3 ที่อุณหภูมิเท่ากับ 800 องศาเซลเซียส (ภาพ 4.10)

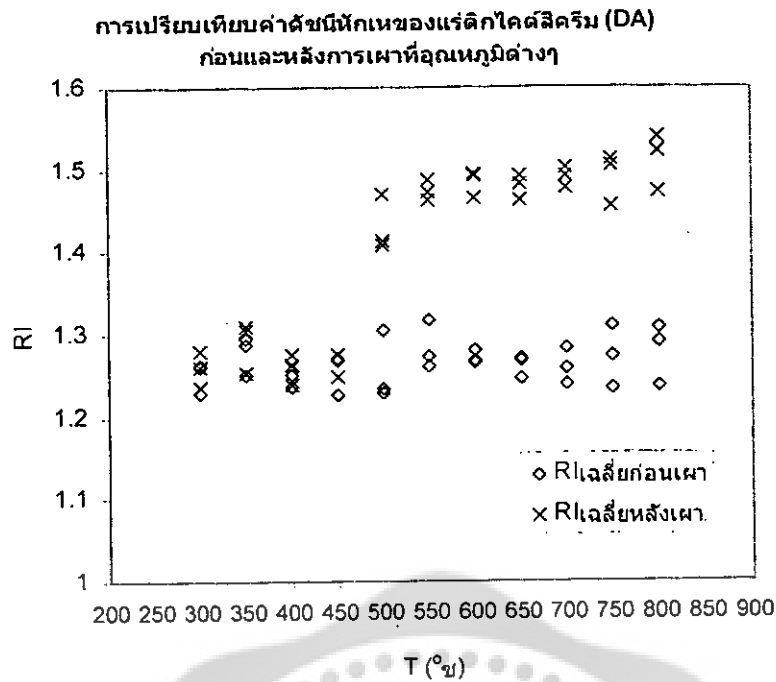


ภาพ 4.10 ถ.พ. ของแร่ดิคไคต์ลดลงอย่างมากที่อุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิหลังจากนั้น

สำหรับค่าดัชนีหักเหที่พบว่าดิคไคต์ให้ค่าดัชนีหักเห (RI) ต่ำกว่ามาตรฐาน (1.56) เช่น จากการวิเคราะห์ครั้งนี้ สีครีม (DA) ถูกวัดได้ในช่วง 1.23-1.32 สำหรับก่อนเผา ส่วนหลังเผาวัดได้ ในช่วง 1.24-1.54

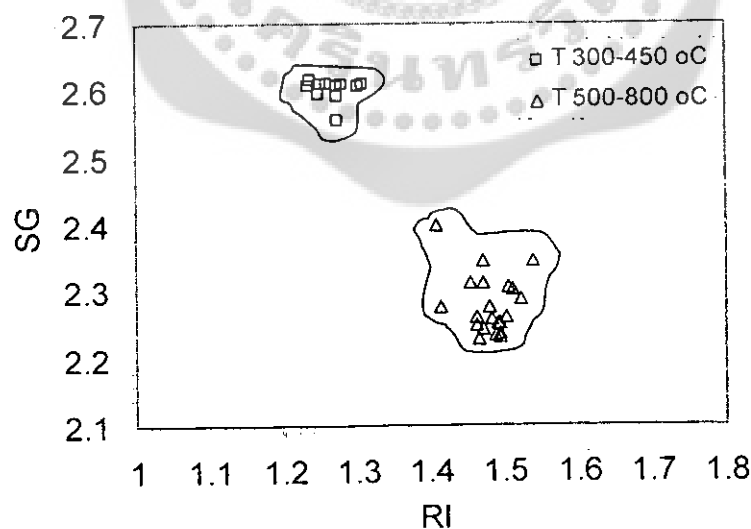
ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากเครื่องมือที่ใช้ยังไม่เหมาะต่อการหาค่าดัชนีหักเหของแร่ดิคไคต์ ตัวอย่างเนื่องจากเป็นแร่ที่มีการเกาะกลุ่มผลึกทำให้ค่าดัชนีหักเหที่ได้ผิดไปจากความเป็นจริง แต่อย่างไรก็ตามจากการนำค่าดัชนีหักเหไปพลอตเปรียบเทียบก่อนและหลังเผาที่อุณหภูมิต่างๆ สรุปได้ว่าค่าดัชนีหักเหของแร่เปลี่ยนไปหลังจากนำไปเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส (ภาพ 4.11)

หมายเหตุ ความถ่วงจำเพาะและค่าดัชนีหักเหของตัวอย่างแร่ดิคไคต์สีแดงและสีเทา แสดงไว้ในตารางของ ภาคผนวก 5



ภาพ 4.11 ค่าดัชนีหักเห (RI) ของแรดิกโคดเปลี่ยนไปที่อุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส

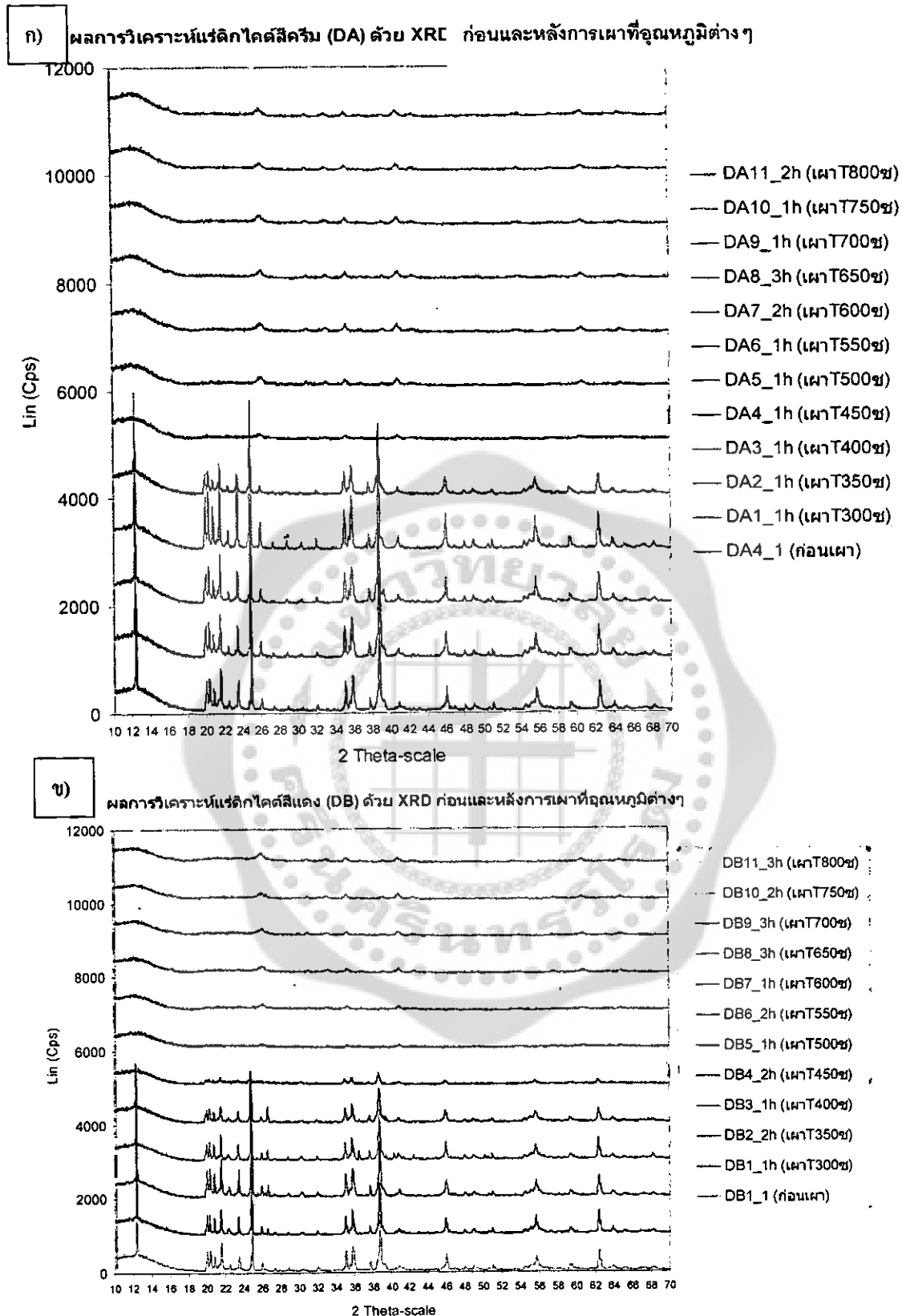
หากนำค่าความถ่วงจำเพาะ (SG) และค่าดัชนีหักเห (RI) ของแรดิกโคดสีครีม (DA) ที่ผ่านการเผาแล้ว มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์จะได้ดังในภาพ 4.12 ซึ่งแบ่งแยกกลุ่มออกได้อย่างชัดเจน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 300-450 องศาเซลเซียส กับกลุ่มที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 500-800 องศาเซลเซียส



ภาพ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความถ่วงจำเพาะ (SG) และค่าดัชนีหักเห (RI) ของแรดิกโคดสีครีม (DA) ที่ผ่านการเผาแล้ว ซึ่งแบ่งแยกกลุ่มออกได้อย่างชัดเจน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 300-450 องศาเซลเซียส กับกลุ่มที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 500-800 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่คิกโคตต์ ด้วย X-ray diffractometer (XRD) พบว่า แร่คิกโคตต์ สีครีม (DA) และสีแดง (DB) มีลักษณะทางผลึกและองค์ประกอบทางแร่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากให้พีก (Peak) ที่มีลักษณะเดียวกัน ส่วนตัวอย่างแร่คิกโคตต์สีเทา (DC) พบว่าในเนื้อหามีแร่ควอตซ์ ปนอยู่ เพราะสังเกตได้จากพีกของควอตซ์ โดยเฉพาะที่มุม 2 Theta 26.88 และ 50.02 องศา (ภาพ 4.13) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางเคมี (ตาราง 4.2) ซึ่งในตัวอย่างสีเทา (DC) มีปริมาณซิลิกาสูงเกือบ 2 เท่าของสีครีม (DB) และสีแดง (DC)

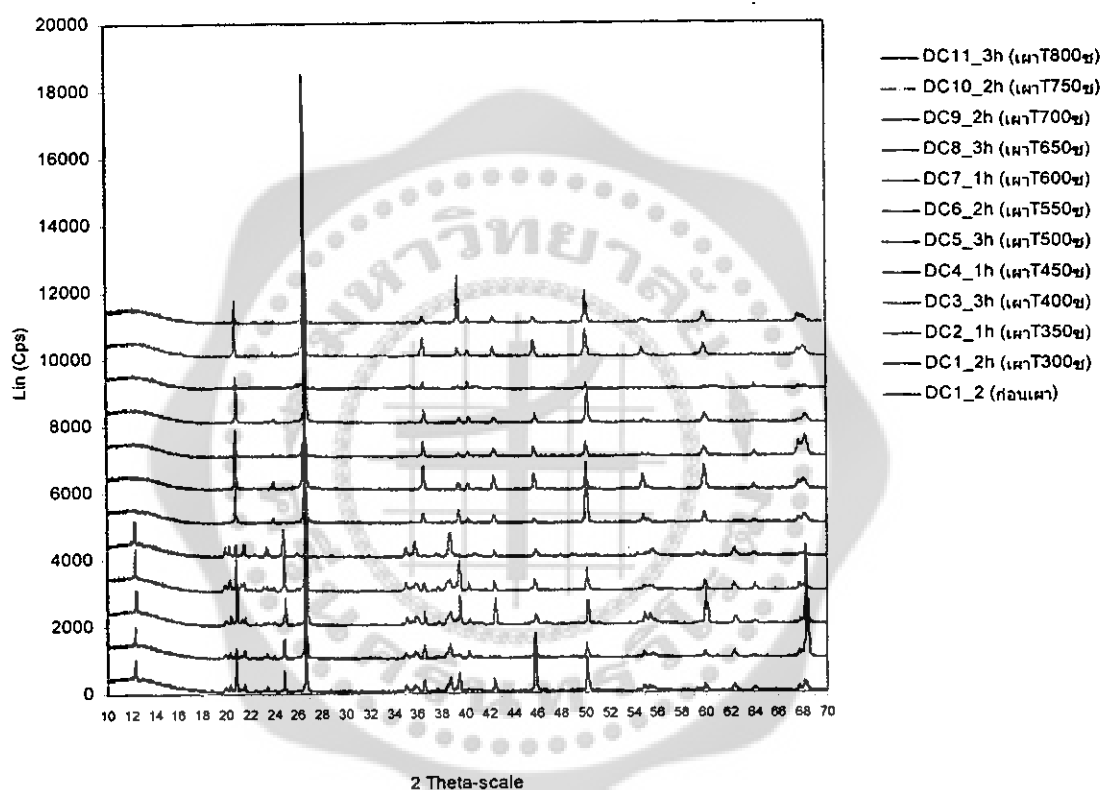
แร็คโคไคต์ สึกกริม และสีชมพู มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปหลังจากการนำไปเผาที่ระหว่างอุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถแสดงออกมาให้เห็นได้ในรูปของกราฟ ดัง ภาพ 4.14 ก และ ข ตามลำดับ



ภาพ 4.14 ก) แร่ดิคไคต์ สีครีม (DA) และ ข) แร่ดิคไคต์สีชมพู (DB) ต่างมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปหลังจากการนำไปเผาที่ระหว่างอุณหภูมิ 450-500 องศาเซลเซียส

ส่วนแรดิกโคด สีเทา (DC) ที่มีแร่ควอตซ์ปนอยู่ (ภาพ 4.15) ซึ่งเห็นได้ชัดว่ามีฟีกของควอตซ์ปรากฏอยู่ โดยเฉพาะที่มุม 2 Theta ประมาณ 27, 68 และที่อื่นๆ ส่วนฟีกของดิกโคดที่มีอยู่ในเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปกติหลังการเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 450-500 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับดิกโคดสีครีมและสีแดง ซึ่งสังเกตได้จาก ที่มุม 2 Theta เท่ากับ 12.84, 20-22, 25.24, 35 – 36 และ 39.16 หายไป คงเหลือแต่ฟีกของควอตซ์ ซึ่งพบว่ามีฟีกหลัก เด่นชัดขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่อุณหภูมิที่ 300 องศาเซลเซียสเป็นต้นไป

ผลการวิเคราะห์แรดิกโคดสีเทา (DC) ด้วย XRD ก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

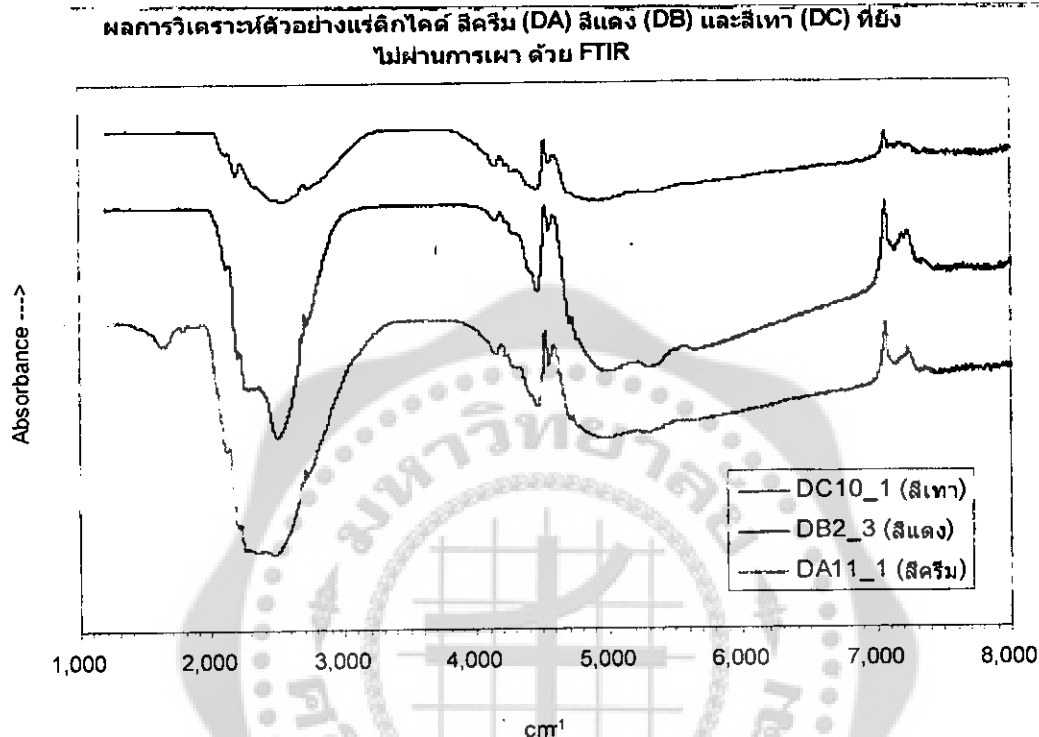


ภาพ 4.15 แรดิกโคดสีเทา (DC) มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไประหว่างอุณหภูมิที่ 450-500 องศาเซลเซียส สังเกตได้อย่างง่ายดาย คือ ฟีกหลักที่ 2 Theta เท่ากับ 12.84, 20-22, 25.24, 35-36 และ 39.16 หายไป คงเหลือแต่ฟีกของควอตซ์ ซึ่งพบว่ามีฟีกหลัก (โดยเฉพาะที่มุม 2 Theta ประมาณ 27 และ 68) เด่นชัดขึ้นเรื่อยๆ

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแรดิกโคดด้วย FTIR

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างแรดิกโคดที่ไม่ผ่านการเผา ด้วย FTIR พบว่า แรดิกโคด สีครีม (DA) และ สีแดง (DB) มีลักษณะการดูดกลืนของรังสีอินฟราเรดใกล้เคียงกัน (ภาพ 4.15) ส่วนตัวอย่างแรดิก

โคดส์เททา (DC) ในเนื้อไม้แรควอตซ์ ปนอยู่ ขอมให้รังสีดังกล่าวผ่านตัวอย่างได้ยากกว่า แต่รูปแบบหรือตำแหน่งของค่าพลังงานที่มีการดูดกลืนยังคงคล้ายคลึงกับตัวอย่าง สิกริมและสีแดง



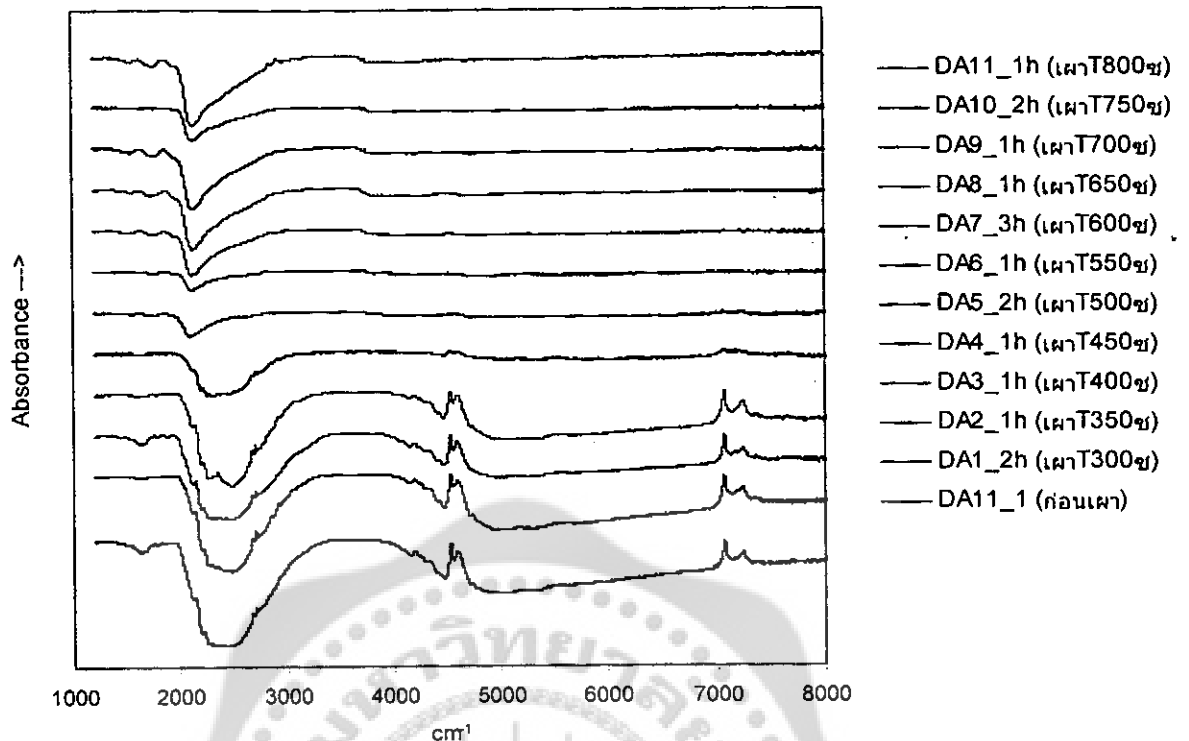
ภาพ 4.16 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเรดิกโคด 3 สี ที่ยังไม่ผ่านการเผา ซึ่งแสดงถึงตัวอย่างเรดิกโคดที่มีสีเทา (DC) ขอมให้ IR ผ่านได้น้อยกว่าดิกโคดสีอื่น สังเกตได้จากพีกช่วง 2000-3000 cm^{-1} มีความสูงน้อยกว่าของดิกโคดสีอื่น

เรดิกโคดสีกริม (DA) และ สีแดง (DB) เปลี่ยนแปลงโครงสร้างเมื่อถูกเผาระหว่างอุณหภูมิที่ 450-500 องศาเซลเซียส สังเกตได้จากการที่กราฟ ของ FTIR เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิดังกล่าว (ภาพ 4.17 ก และข)

สำหรับเรดิกโคดสีเทา (DC) มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเมื่อถูกเผาระหว่างอุณหภูมิที่ 400-450 องศาเซลเซียส ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าตัวอย่างแรที่มีควอตซ์น้อยกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นถึงว่าปริมาณซิลิกามีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดิกโคด อันเนื่องมาจากความร้อน (ภาพ 4.18)

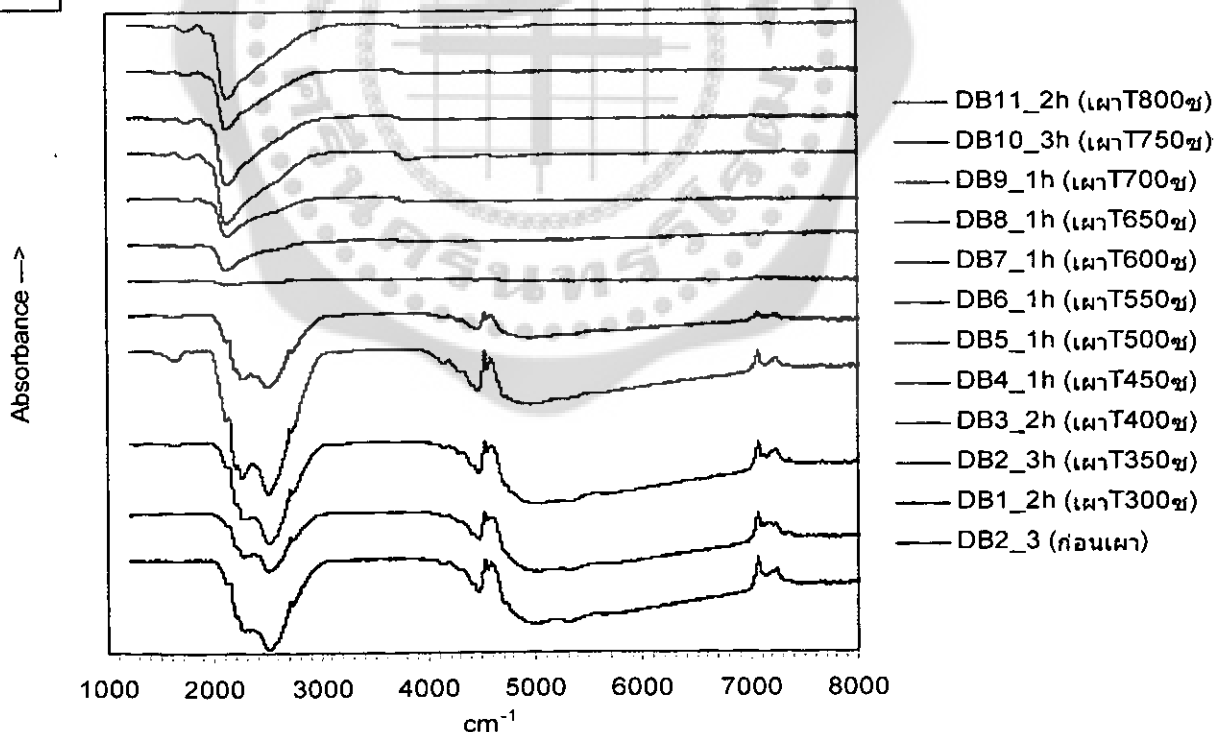
ก)

ผลการวิเคราะห์แร่ดิกโคไลต์สีครีม (DA) ด้วย FTIR ก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ



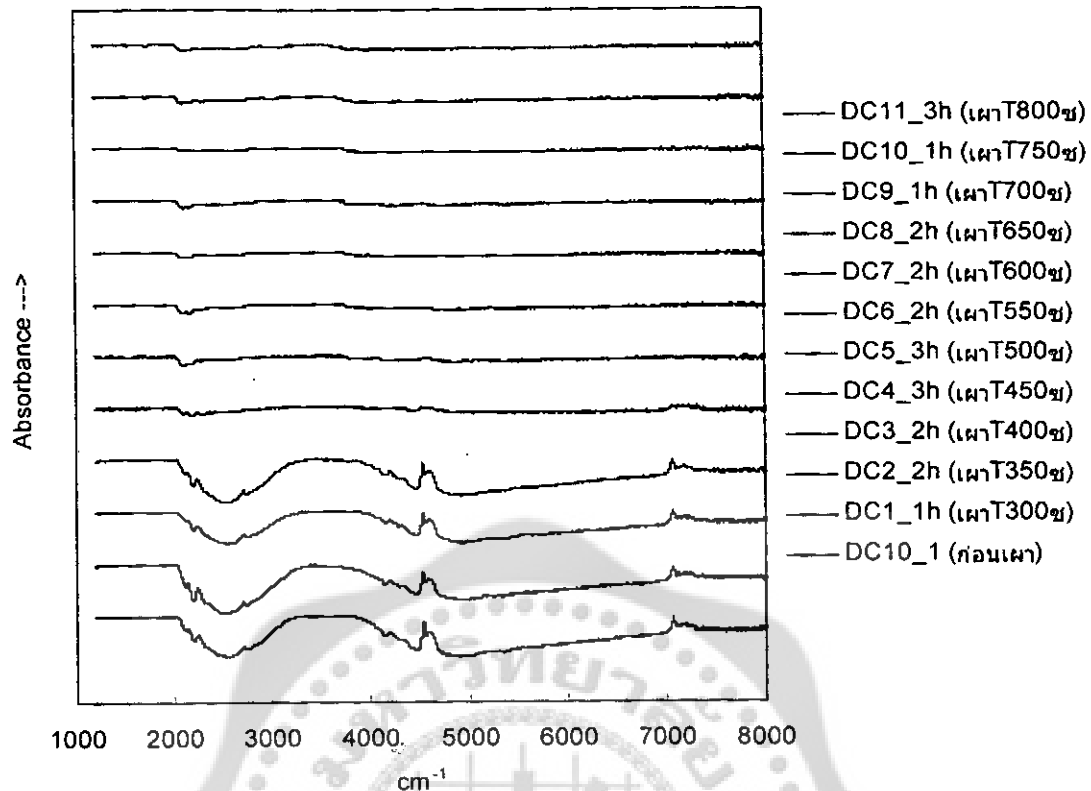
ข)

ผลการวิเคราะห์แร่ดิกโคไลต์สีแดง (DB) ด้วย FTIR ก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพ 4.17 ก) แร่ดิกโคไลต์สีครีม (DA) และ ข) สีแดง (DB) เปลี่ยนแปลงโครงสร้างเมื่อถูกเผาระหว่างอุณหภูมิที่ 450-500 องศาเซลเซียส สังเกตได้จากการที่กราฟเปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิดังกล่าว

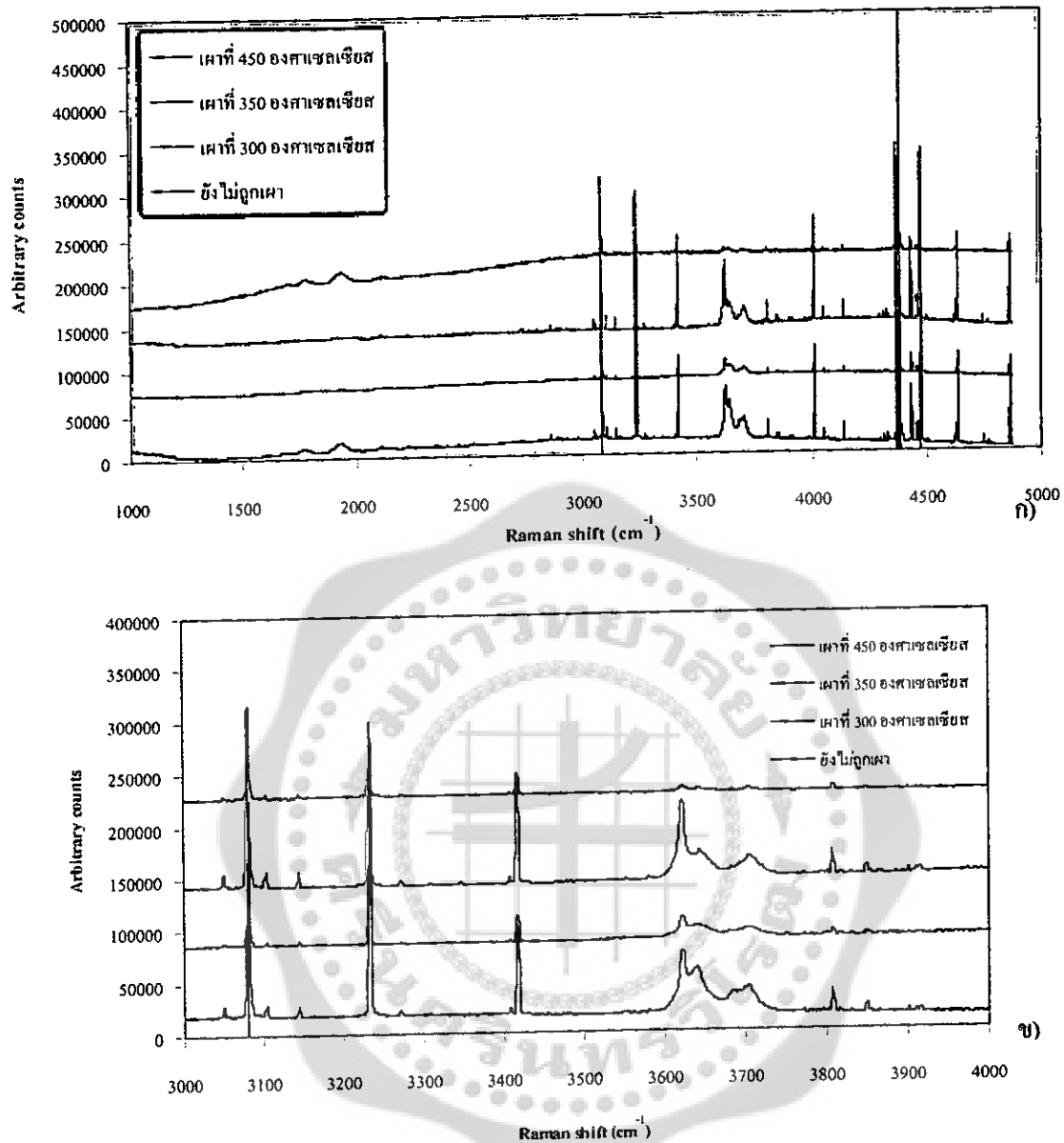
ผลการวิเคราะห์แร่ดิกโคตส์ไททา (DC) ด้วย FTIR ก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพ 4.18 ก) แร่ดิกโคตส์ไททา (DC) เปลี่ยนแปลงโครงสร้างเมื่อถูกเผาระหว่างอุณหภูมิที่ 400-450 องศาเซลเซียส

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกโคตส์ด้วย Raman microprobe

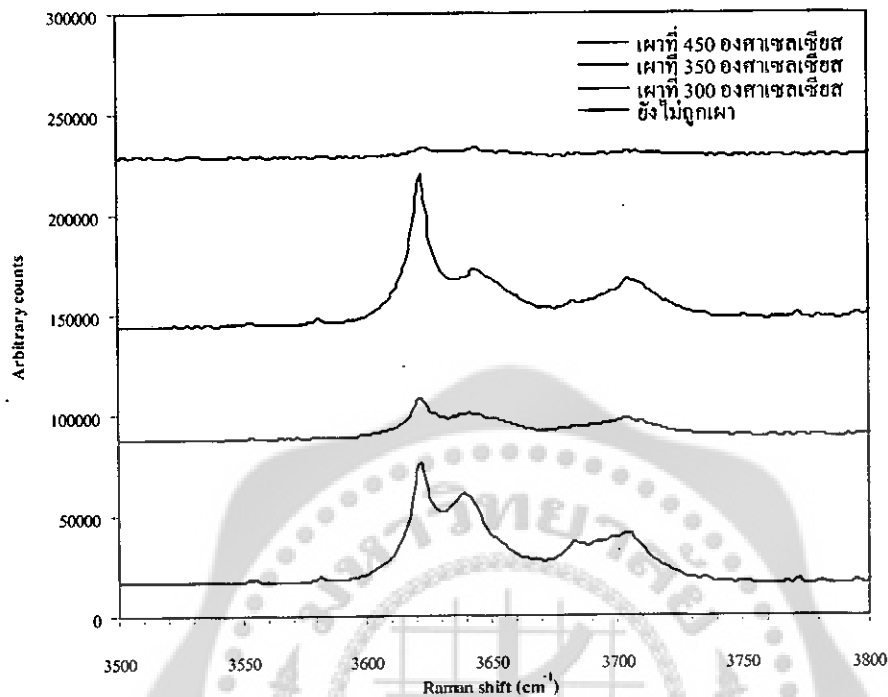
จากการวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ดิกโคตส์ ด้วย Raman microprobe สามารถแสดงออกมาให้เห็นในรูปของกราฟ ดังภาพ 4.19 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแร่ดิกโคตส์มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปหลังจากการนำไปเผาที่ระหว่างอุณหภูมิ 350-450 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นผู้วิจัยยังพบว่าตัวอย่างแร่ดิกโคตส์ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 500 องศาเซลเซียสขึ้นไป ไม่ปรากฏฟีกของ Raman หรือไม่ตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วย Raman laser เพราะมีฟีกต่ำมากจึงไม่สามารถวัดได้ ภายใต้สภาวะที่กำหนดให้เครื่องมือ ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย กล่าวอีกนัยหนึ่งคือตัวอย่างแร่ดิกโคตส์ที่ผ่านการเผาตั้งแต่ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสขึ้นไปน่าจะดูดกลืนแสงเลเซอร์จากเครื่องรามาน



ภาพ 4.19 ก) ผลการวิเคราะห์แรดิกโคตส์สิคริม (DA) ด้วย Raman microprobe ก่อนเผาและที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 300 350 และ 450 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส พิกเริ่มเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะพิกที่อยู่ระหว่าง $3600-3900 \text{ cm}^{-1}$ ในภาพ ข) หมายเหตุ ตัวอย่างแรดิกโคตส์ที่ผ่านการเผที่อุณหภูมิตั้งแต่ 500 องศาเซลเซียสขึ้นไป พบว่าไม่ปรากฏพิกของ Raman ภายใต้สภาวะที่กำหนดให้เครื่องมือ ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การเผาดิกโคตส์อาจทำให้น้ำสูญเสียออกไปจากโครงสร้างที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียสดังภาพ 4.20 ซึ่งแสดงสเปกตรัม Raman ของแรดิกโคตส์สิคริม (DA) ก่อนเผาและหลังการเผที่อุณหภูมิ 300 350 และ 450 องศาเซลเซียส พบว่าพิกบริเวณเวฟเนัมเบอร์ (cm^{-1}) ที่ 3622-3624, 3639-3644

และ 3705 อันเนื่องมาจากการยืดตัวของ O-H (O-H stretching modes) (Johnston, *et al.* 1998) ลดลงเมื่อดีคไคต์ผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่น้ำในโครงสร้างสูญเสียไปในช่วงอุณหภูมินี้



ภาพ 4.20 สเปกตรัม Raman ของแร่ดีคไคต์สีครีม (DA) ก่อนเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 300 350 และ 450 องศาเซลเซียส พบว่าพีกบริเวณเวฟนัมเบอร์ (cm^{-1}) ที่ 3622-3624, 3639-3644 และ 3705 อันเนื่องมาจากการยืดตัวของ O-H (O-H stretching modes) ลดลงเมื่อดีคไคต์ผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่น้ำในโครงสร้างสูญเสียไปในช่วงอุณหภูมินี้

4.3 ผลการศึกษาความยากง่ายในการแกะสลัก

4.3.1 ผลการทดลองการแกะสลักปลาโลมา ขนาด 2x2x2 นิ้ว และ 3x3x3 นิ้ว

ผลการทดลองแกะสลักแร่ดีคไคต์ หินอ่อน และหินโคโลไมต์ โดยช่างแกะสลัก ได้ผลการทดลองดังนี้

การทดลองแกะสลักแร่ดีคไคต์

ผลการทดลองแกะสลักแร่ดีคไคต์ ได้แสดงรายละเอียดไว้ ตามตาราง 4.3-4.8 ตามลำดับ

ตาราง 4.3 ผลการทดลองการแกะสลักแรดิกไคต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีเหลือง

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	3 ชั่วโมง 30 นาที -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 2 ชั่วโมง 30 นาที -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	ชิ้นงานไม่ได้ตามแบบที่วาดไว้เพราะในขณะที่ทำการแกะสลักพบว่าที่เนื้อแร่บริเวณที่แกะสลักอยู่นั้นมีรอยแตกอยู่
วิธีแก้ไข	- พยายามหลีกเลี่ยงการแกะสลักบริเวณเนื้อหินที่มีรอยแตกอยู่ - เลือกแร่ที่จะนำมาแกะสลักให้ดี โดยสังเกตรอยแตก ของแร่ก่อนที่จะนำมาทำการแกะสลัก - ไม่ควรกด Foredom บริเวณที่มีรอยแตกแรงๆ
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	แรดิกไคต์ก้อนนี้ง่ายต่อการแกะสลัก ไม่ฝืดมือ และยังสามารถทำส่วนโค้ง ส่วนแหลมได้ดี

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการแกะสลักแรดิกไคต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีแดง, ครีม

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	3 ชั่วโมง 30 นาที -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 2 ชั่วโมง 30 นาที -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	บริเวณที่แกะสลักอยู่นั้นมีรอยแตกของแร่อยู่
วิธีแก้ไข	- พยายามหลีกเลี่ยงการแกะสลักบริเวณเนื้อแร่ที่มีรอยแตกอยู่ - เลือกแร่ที่จะนำมาแกะสลักให้ดี โดยสังเกตรอยแตกของแร่ก่อนที่จะนำมาทำการแกะสลัก - ไม่ควรกด Foredom บริเวณที่มีรอยแตกแรงๆ
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	แรดิกไคต์ก้อนนี้ง่ายต่อการแกะสลัก ไม่ฝืดมือ และยังสามารถทำส่วนโค้ง ส่วนแหลมได้ดี หลังจากการขัดชิ้นงานมีความมั่นใจมากขึ้น

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการแกะสลักแรดิกไคต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีแดง และสีดำ

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	3 ชั่วโมง 30 นาที -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 2 ชั่วโมง 30 นาที -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- พบรอยแตกที่บริเวณหางของชิ้นงาน
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Foredom แรงมีบริเวณรอยแตก - ควรใช้วิธีใช้เท้าที่เหยียบเป็นแรงการหมุนของ Foredom แบบเหยียบสลับปล่อยเป็นจังหวะสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้ Foredom หมุนแรงจนเกินไป
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	เนื่องจากมีรอยแตกที่บริเวณหางของชิ้นงาน ซึ่งเป็นส่วนที่เล็กและบาง จึงยากต่อการแกะสลัก

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการแกะสลักแรดิกไคต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีเหลือง

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	4 ชั่วโมง 30 นาที -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 3 ชั่วโมง 30 นาที -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	ในขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน ขณะตัดแร่ให้ได้ขนาดที่ใกล้เคียงกับแบบนั้น ใบมีดตัดแร่ได้กินเข้ามาในชิ้นงาน บริเวณหางเล็กน้อย
วิธีแก้ไข	- ใช้ความระมัดระวังในการเตรียมชิ้นงาน - ควรเลือกแร่ที่เหมาะสม
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	แรดิกไคต์ง่ายต่อการแกะสลัก ไม่ฝืดมือ และยังสามารถทำส่วนโค้ง ส่วนแหลมได้ดี สีสันทสวยงาม

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการแกะสลักแร่ไคต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีแดง และสีครีม

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	5 ชั่วโมง
ปัญหาที่พบ	-เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 4 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
วิธีแก้ไข	- หั่วแกะสลักกินเนื้อแร่ได้เร็วอาจทำให้ชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามแบบ - เนื่องจากแร่ก้อนนี้ เป็นก้อนที่ทำการแกะสลักก้อนแรกๆ จึงยังไม่มี ความชำนาญ และใช้เวลานาน - ไม่ควรกด Foredom แรงเกินไป - ควรใช้วิธีเหยียบเป็นแรงการหมุนของ Foredom แบบเหยียบสลับปล่อยเป็นจังหวะสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้ Foredom หมุนแรงจนเกินไป - มีสมาธิในการแกะสลัก
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	เนื่องจากมีรอยแตกหลายที่ การแกะสลักจึงเป็นไปได้ช้าและยาก

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการแกะสลักแร่ไคต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีแดง และสีดำ

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	5 ชั่วโมง
ปัญหาที่พบ	-เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 4 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
วิธีแก้ไข	บนชิ้นงานมีรอยแตก หลายรอย - ไม่ควรกด Foredom แรงบริเวณรอยแตก - ควรใช้วิธีเหยียบเป็นแรงการหมุนของ Foredom แบบเหยียบสลับปล่อยเป็นจังหวะสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้ Foredom หมุนแรงจนเกินไป - พยายามหลีกเลี่ยงการแกะสลักบริเวณเนื้อแร่ที่มีรอยแตกอยู่

- เลือกแร่ที่จะนำมาแกะสลักให้ดี โดยสังเกตรอยแตก
ของแร่ก่อนที่จะนำมาทำการแกะสลัก
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก เนื่องจากมีรอยแตกที่บริเวณหางของชิ้นงาน ซึ่งเป็นส่วน
ที่เล็กและบาง จึงยากต่อการแกะสลัก

สรุปผลการทดลองแกะสลักแรดิกไคต์

แรดิกไคต์เป็นแร่ที่ง่ายต่อการแกะสลัก และง่ายต่อการเตรียมชิ้นงาน ทั้งนี้เพราะเนื้อของแรดิกไคต์
นั้นไม่แข็ง และไม่เปราะมาก การแกะสลักแรดิกไคต์ในรูปแบบที่มีส่วนโค้งส่วนเว้าจะสามารถทำ
ได้ดี

ในแรดิกไคต์ก้อนหนึ่งนั้น มีผลึกหลากหลายสี มีทั้งใส จนถึงสีดำทึบ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่สวยงาม
และเมื่อผ่านกระบวนการขัดแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความมันวาว

การทดลองแกะสลักหินอ่อน

ผลการทดลองแกะสลักหินอ่อน ได้แสดงรายละเอียดไว้ใน ตาราง 4.9-4.14 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีขาว

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	4 ชั่วโมง -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 3 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	ชิ้นงานไม่ได้ตามแบบที่ควรเพราะ ในขณะที่ทำการ แกะสลักบริเวณส่วนครึ่งที่หลังของชิ้นงาน ชิ้นงานเกิดการ บิ่นขึ้น
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Foredom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม - ควรใช้วิธีเหยียบแป้นเร่งการหมุนของ Foredom แบบ เหยียบสลับปล่อยเป็นจังหวะสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้ Foredom หมุนแรงจนเกินไป - ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ ความระมัดระวังอย่างมาก
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	หินอ่อนแกะสลักยาก ฝืดมือ แฉก และในขณะที่แกะสลัก

ในส่วนที่มีส่วนแหลม หรือ เล็ก หินอ่อน (Marble) มักเกิด
การบิ่นขึ้น

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 2x2x2 สีดำ

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	4 ชั่วโมง -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 3 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- หินมีความแข็งมาก ยากแก่การแกะสลัก
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรทำการแกะสลักติดต่อกันเป็นเวลานาน ควรพัก สายตา และพักมือ ทุกๆ 1 ชั่วโมง ระหว่างการแกะ ทั้งนี้ หากแกะสลักติดต่อกันนานๆ อาจทำให้เกิดความเครียด ได้
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- หินอ่อนแกะสลักยาก แข็ง ฝืดมือ - หลังจากขัดชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานมีความเรียบ มันวาว

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีแดงอิฐ

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	4 ชั่วโมง -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 3 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	ชิ้นงานไม่ได้ตามแบบเท่าที่ควรเพราะ ในขณะที่ทำการ แกะสลักบริเวณส่วนครึ่งที่หลังของชิ้นงาน ชิ้นงานเกิด การบิ่นขึ้น
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Foredom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม - ควรใช้วิธีเหยียบเป็นแรงการหมุนของ Foredom แบบ เหยียบสลับปล่อยเป็นจังหวะสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้ Foredom หมุนแรงจนเกินไป - ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ ความระมัดระวังมาก

ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- หินอ่อนก้อนนี้แกะสลักยาก ฝัดมือ แข็ง และในขณะที่แกะสลักในส่วนที่มีส่วนแหลม หรือ เล็ก - หลังจากการขัดแล้วชิ้นงานความเรียบ สวย
--------------------------	---

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีขาว

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	5 ชั่วโมง 30 นาที -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 4 ชั่วโมง 30 นาที -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- หินมีความแข็งแรงมาก ยากแก่การแกะสลัก
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรทำการแกะสลักติดต่อกันเป็นเวลานาน ควรพักสายตา และพักมือ ทุกๆ 1 ชั่วโมง ระหว่างการแกะสลัก หากแกะสลักติดต่อกันนานๆ อาจทำให้เกิดความเครียดได้
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- แกะสลักยาก ฝัดมือ หินแข็ง - หลังจากขัดชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานมีความเรียบ มันวาว - ลายของหินอ่อน (Marble) มีความสวยงาม

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีดำ

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	5 ชั่วโมง 30 นาที -เตรียมชิ้นงาน 1 ชั่วโมง -แกะสลัก 4 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- ในขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน ในขณะที่ตัดหิน หินเกิดการแตกตอนที่กำลังตัดหินให้ได้ขนาดใกล้เคียงกับแบบ - หินมีความแข็งแรงมาก ยากแก่การแกะสลัก
วิธีแก้ไข	- ทำส่วนโค้งให้มีความสม่ำเสมอ - ไม่ควรทำการแกะสลักติดต่อกันเป็นเวลานาน ควรพักสายตา และพักมือ ทุกๆ 1 ชั่วโมง ระหว่างการแกะสลัก

ทั้งนี้หากแกะสลักติดต่อกันนานๆ อาจทำให้เกิด ความเครียดได้	
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- ควรระมัดระวังในการตัดหิน และเตรียมชิ้นงาน
	- หินอ่อน (Marble) แกะสลักยากแข็ง ฝืดมือ
	- หลังจากขัดชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานมีความเรียบ มันวาว

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองการแกะสลักหินอ่อน ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีแดงอิฐ

ปัจจัย		รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	4 ชั่วโมง	-เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 3 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ		- ในขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน ในขณะที่ตัดหิน หินเกิดการแตกตอนที่กำลังตัดหินให้ได้ขนาดใกล้เคียงกับแบบ - หินมีความแข็งมาก ยากแก่การแกะสลัก - ทำส่วนโค้งให้มีความสม่ำเสมอยาก
วิธีแก้ไข		- ไม่ควรกด Foredom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม - ควรใช้วิธีเหยียบเป็นแรงการหมุนของ Foredom แบบเหยียบสลับปล่อยเป็นจังหวะสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้ Foredom หมุนแรงจนเกินไป - ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ความระมัดระวังมาก
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก		- หินอ่อน (Marble) แกะสลักยาก ฝืดมือ แข็ง โดยเฉพาะในขณะที่แกะสลักส่วนของชิ้นงานบริเวณแหลม หรือเล็ก กระทำได้ยาก - หลังจากการขัดแล้วชิ้นงานมีความเรียบ สวย

สรุปผลการทดลองแกะสลักหินอ่อน

หินอ่อนเป็นหินที่แข็ง จึงยากต่อการนำมาแกะสลัก และการเตรียมชิ้นงาน การแกะสลักหินอ่อนดำเนินไปได้ช้ากว่าแรดิกโคดมาก เพราะหัวแกะสลักกินเนื้อหินอ่อนได้ไม่มาก จึงต้องใช้แรงกด Foredom และเป็นสาเหตุที่ทำให้การทำให้ส่วนโค้งให้สม่ำเสมอทำได้นั้นทำได้ยาก

ในการแกะสลักหินอ่อนไม่ว่าขนาดใหญ่หรือเล็ก ไม่ควรทำการแกะสลักให้เสร็จสิ้นภายในครั้งเดียว ควรที่จะพักมือ และพักสายตาสักเป็นระยะๆ

หลังจากการขัดละเอียดแล้ว พบว่าหินอ่อนมีสีสวย อาจเป็นสีเดียวกันเลยทั้งผลิตภัณฑ์ หรืออาจจะมีลายของหินอ่อนบ้าง ขึ้นอยู่กับหินที่นำมาแกะสลัก

การทดลองแกะสลักหินโดโลไมต์

ผลการทดลองแกะสลักหินหินโดโลไมต์ ได้แสดงรายละเอียดไว้ใน ตาราง 4.15-4.20 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองการแกะสลักหินโดโลไมต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีขาว

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	4 ชั่วโมง -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 3 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- หินมีความแข็งมาก ยากแก่การแกะสลัก - หินมีความเปราะมาก - บริเวณหางของชิ้นงานหัก
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Foredom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม - ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ความระมัดระวังมาก - ใช้กาวตราช้างติดในบริเวณที่หัก แล้วจึงใช้หั่วขัด ขัดบริเวณที่หักให้เสมอกัน
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- หินโดโลไมต์แกะสลักยากแข็ง ฝืดมือ เปราะ - ขัดชิ้นงานยาก - ต้องใช้ความอดทนในการแกะสลักสูง

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองการแกะสลักหินโดโลไมต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีเหลือง

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	4 ชั่วโมง -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที

	- แกะสลัก 3 ชั่วโมง
	- จัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- หินมีความแข็งแรงมาก ขากแก่การแกะสลัก
	- หินมีความเปราะมาก
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Foredom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม
	- ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ความระมัดระวังมาก
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- หิน โด โล ไมต์ แกะสลักยาก แข็ง ฝืดมือ เปราะ
	- จัดชิ้นงานยาก
	- ต้องใช้ความอดทนในการแกะสลักสูง
	- มีกลิ่นสวอย

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองการแกะสลักหิน โด โล ไมต์ ขนาด 2x2x2 นิ้ว สีชมพู

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	4 ชั่วโมง
	- เตรียมชิ้นงาน 30 นาที
	- แกะสลัก 3 ชั่วโมง
	- จัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- หินมีความแข็งแรงมาก ขากแก่การแกะสลัก
	- หินมีความเปราะมาก
	- ทำให้ผิวชิ้นงานเรียบยาก
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Foredom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม
	- ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ความระมัดระวังมาก
	- ใช้หัวแกะสลักขนาดเล็กในการเก็บรายละเอียด
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- หิน โด โล ไมต์ แกะสลักยาก แข็ง ฝืดมือ เปราะ
	- จัดชิ้นงานยาก ชิ้นงานมักมีสีขาว
	- ต้องใช้ความอดทนในการแกะสลักสูง

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองการแกะสลักหิน โด โล ไมต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีขาว

ปัจจัย	รายละเอียด
--------	------------

เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	5 ชั่วโมง	-เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 4 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- หินมีความแข็งแรงมาก ขากแก่การแกะสลัก - หินมีความเปราะมาก - บริเวณหางของชิ้นงานหัก	
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Foredom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม - ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ความระมัดระวังมาก - ใช้กาวตราช้างติดในบริเวณที่หัก แล้วจึงใช้หั่วขัด ขัดบริเวณที่หักให้เท่ากัน	
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- หินโดโลไมต์แกะสลักยาก แข็ง ฝืดมือ เปราะ - ขัดชิ้นงานยาก - ต้องใช้ความอดทนในการแกะสลักสูง	

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองการแกะสลักหินโดโลไมต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีเหลือง

ปัจจัย	รายละเอียด	
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	5 ชั่วโมง30 นาที	-เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 4 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 1 ชั่วโมง
ปัญหาที่พบ	- หินมีความแข็งแรงมาก ขากแก่การแกะสลัก - หินมีความเปราะมาก - บริเวณหางของชิ้นงานหัก	
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Foredom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม - ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ความระมัดระวังมาก - ใช้กาวตราช้างติดในบริเวณที่หัก แล้วจึงใช้หั่วขัด ขัดบริเวณที่หักให้เสมอกัน	
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- หินโดโลไมต์ (Dolomite) แกะสลักยาก แข็ง ฝืดมือ เปราะ - ขัดชิ้นงานยาก - ต้องใช้ความอดทนในการแกะสลักสูง	

- มีสีส้มสวย

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองการแกะสลักหินโดโลไมต์ ขนาด 3x3x3 นิ้ว สีชมพู

ปัจจัย	รายละเอียด
เวลาที่ใช้ในการแกะสลัก	5 ชั่วโมง -เตรียมชิ้นงาน 30 นาที -แกะสลัก 4 ชั่วโมง -ขัดแต่งชิ้นงาน 30 นาที
ปัญหาที่พบ	- หินมีความแข็งมาก ยากแก่การแกะสลัก - หินมีความเปราะมาก - ทำให้ผิวชิ้นงานเรียบยาก
วิธีแก้ไข	- ไม่ควรกด Freedom แรงในส่วนที่เล็กหรือแหลม - ขณะแกะสลักในบริเวณที่มีส่วนแหลมหรือเล็ก ควรใช้ความระมัดระวังมาก - ใช้หัวแกะสลักขนาดเล็กในการเก็บรายละเอียด
ความคิดเห็นของผู้แกะสลัก	- หินโดโลไมต์ (Dolomite) แกะสลักยาก แข็ง ฝืดมือ เปราะ - ขัดชิ้นงานยาก ชิ้นงานมักมีสีขาว - ต้องใช้ความอดทนในการแกะสลักสูง

สรุปผลการทดลองแกะสลักหินโดโลไมต์

หินโดโลไมต์เป็นหินที่มีความแข็งมากกว่าแรดิกโคไลต์ แต่มีความแข็งน้อยกว่าหินอ่อน ซึ่งหินโดโลไมต์ที่ได้นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นหินที่มีรอยแตกมาก นอกจากนั้นยังเปราะ จึงยากต่อการเตรียมชิ้นงาน และแกะสลัก

เมื่อขัดชิ้นงานแล้วผิวผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่เรียบ เป็นรอย แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหินโดโลไมต์จะมีสีส้มที่สวยงาม

4.3.2 ผลการทดลองการแกะสลัก แรดิกโคไลต์ หินอ่อน และหินโดโลไมต์ รูปอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่ (3-12 นิ้ว)

จากการสัมภาษณ์เชิงลึก และใช้แบบสัมภาษณ์ประกอบ สามารถสรุปได้ดังนี้

ช่างแกะสลักทราบดีว่าหินทั้งสามประเภทมี สี/ลวดลาย ความแข็ง และความเปราะ ต่างกัน เช่น หินอ่อน และหินโดโลไมต์ มีความแข็งกว่า แร่ดิคไคต์ (ตาราง 4.21) และความเสี่ยงต่อการแตกหัก (หมายถึงชิ้นงานมีเหลี่ยมมุม มาก มีส่วนเว้า และส่วนโค้งมาก มีองค์ประกอบที่มีส่วนที่ยาวแต่เล็ก หรือบาง โดยเฉพาะรูปลอยตัว) มีผลอย่างมากต่อความเปราะของหินแต่ละประเภท

ตาราง 4.21 การเปรียบเทียบลักษณะเนื้อแร่/หินโดยช่างแกะสลัก เพื่อใช้ในการแกะสลักรูปที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 นิ้ว

ลักษณะเนื้อแร่/หิน	แร่ดิคไคต์ (สีแดงมีลวดลาย)	หินอ่อน (สีขาวเทา)	หินโดโลไมต์ (สีเหลือง)
สี/ลวดลาย	ไม่สม่ำเสมอ มีลวดลายมาก ใช้ในการแกะสลักได้แต่ต้อง เลือกให้เหมาะสมกับชิ้นงาน กล่าวคือไม่เหมาะกับรูปคน หรือหน้าคน แต่เหมาะกับ สัตว์ แต่ต้องเลือกลายให้ เหมาะสมกับสัตว์แต่ละชนิด	สม่ำเสมอ ใช้ในการ แกะสลักได้ เหมาะ สำหรับแกะสลักรูป คน พระพุทธรูป และสัตว์ เป็นต้น ที่ต้องการสี สม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ ใช้ในการ แกะสลักได้ ใช้แกะสลัก ได้ทั้งรูปคน สัตว์
ความแข็ง	จัดอยู่ในประเภทความแข็ง ต่ำ และต่ำกว่าหินอีกสอง ชนิด	จัดอยู่ในประเภทความ แข็งต่ำ	จัดอยู่ในประเภทความ แข็งต่ำ แต่สูงกว่าหินอ่อน และ ดิคไคต์
ความเปราะ (ช่างแกะสลักเรียกว่า “ความหนาแน่น”)	มีความเปราะต่ำ ใช้แกะสลัก ได้ดีกว่า ใช้ในการแกะสลัก ชิ้นงานที่มีความเสี่ยงไม่สูง มาก ได้ระดับหนึ่ง	มีความเปราะสูงกว่า ใช้ ในการแกะสลักได้ แต่ไม่ เหมาะกับชิ้นงานที่มีความ เสี่ยงต่อการแตกหักสูง ควรใช้แกะเป็นชิ้นงาน นูนต่ำและนูนสูงจะดีกว่า	มีความเปราะต่ำ ใช้ในการ แกะสลักได้ แต่มีรอย แตกร้าวมาก ไม่เหมาะกับ ชิ้นงานที่มีความเสี่ยงต่อ การแตกหักสูง

ความคิดเห็นของช่างแกะสลักต่อขั้นตอนการแกะสลัก และผลงานรูปแกะสลัก

การแกะสลักหิน ประกอบด้วยขั้นตอนง่ายๆ คือ ตัด เจียร แกะ และขัด แต่หินมีขีดจำกัดคือ การแตกหักอาจเกิดขึ้นได้ สีหรือลวดลาย รอยแตก รอยร้าวของหินไม่ลงตัวกับลักษณะชิ้นงาน ซึ่งไม่เหมือนงานปั้นและงานหล่อ กล่าวคือถ้าขาดแล้วต่อเติม หรือถ้าเกินเอาออกได้ หรือแก้ไขข้อผิดพลาดระหว่างการดำเนินการได้ง่ายกว่า สำหรับหินนั้นหากพลาดแล้วอาจต้องทิ้งชิ้นงาน หรือต้องอาศัยความชำนาญของช่างในการแก้ไข ดังนั้นก่อนที่จะทำการแกะสลัก จนถึงขั้นตอนแกะสลัก ควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ รวมทั้งความปลอดภัยในการทำงาน ดังต่อไปนี้

1) พิจารณาเนื้อหิน โดยเลือกหินที่ไม่มีรอยแตกร้าว หรือมีน้อยที่สุด พิจารณาสี/ลวดลายของหินว่าเหมาะสมกับการแกะสลักรูปอะไรได้บ้าง มีข้อดี-ข้อเสียประการใด ซึ่งหินแต่ละชนิดย่อมต่างกันวิธีสังเกตดูเนื้อหินให้ใช้น้ำราดลงบนผิวหิน เพื่อดูรอยแตก สีและลวดลาย หมายเหตุ หินที่ใช้ไม่ควรเป็นหินที่ได้จากการระเบิดออกจากแหล่งหรือเหมือง เพราะจะทำให้หินมีรอยแตกร้าวมาก ควรนำหินจากแหล่งโดยใช้ ส้ว หรือเลื่อย ตัดหินจากแหล่งออกมาแล้วขนย้ายมายังสถานที่แกะสลักด้วยความระมัดระวัง

2) พิจารณาชิ้นงาน ว่าชิ้นงานที่จะทำมีความเสี่ยงต่อการแตกหักมากน้อยเพียงใด จะใช้หินแบบไหนให้เหมาะกับชิ้นงาน

3) พิจารณาด้านแบบ อย่างละเอียดว่าจะต้องใช้หินขนาด กว้างxยาวxสูง เท่าใด เพื่อป้องกันความผิดพลาด เลือกเนื้อหินให้เหมาะสมโดยพิจารณาว่าบริเวณส่วนไหนของหินควรตัดทิ้ง ส่วนไหนเป็นชิ้นงาน

4) การแกะสลัก

4.1) ต้องเริ่มจากฐานก่อน โดยตั้งฐานให้ดีแล้วชิ้นงานจะมั่นคงและทำการแกะส่วนอื่นได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้ตัดหรือขัดพื้นของชิ้นงานให้ได้ระดับเรียบเสมอกันมากที่สุด แล้วให้เส้นสมมติที่ลากผ่านจุดศูนย์กลาง (Centre) ของชิ้นงานตั้งฉากกับพื้น หาระดับสัดส่วนของขนาดระหว่างชิ้นงานกับต้นแบบ ถ้าชิ้นงานกับต้นแบบมีขนาดไม่เท่ากันต้องย่อขยายให้ได้สัดส่วนมากที่สุด

4.2) ขึ้นรูปงาน (แกะหยาบ)

4.3) ตรวจสอบสัดส่วน เพื่อย้ำความถูกต้อง หากผิดพลาดต้องแก้ไข

4.4) ตรวจสอบหาระดับการวางตัวของชิ้นงานอีกครั้ง ก่อนการแกะละเอียด

4.5) ในระหว่างการแกะสลัก ต้องคอยตรวจสอบเปรียบเทียบกับต้นแบบอยู่เสมอ

4.6) การขัดเงา

5) การทำงานไม่ควรประมาท เพราะอาจเกิดอันตราย หรือ อุบัติเหตุ จากเครื่องจักร การใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องตัด เครื่องขัด หินตกหรือกระแทก เศษหินกระเด็น ฝุ่นละออง (จากการตัด เจียร แกะ และขัด) เสียงดังจากเครื่องตัดและแกะหิน เป็นต้น

6) การแกะสลักต้องใช้น้ำ เกือบทุกขั้นตอน เพื่อลดความร้อน ความร้อนอาจทำให้หิน และใบเลื่อยแตกร้าวหรือหักได้ และลดฝุ่นละอองซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ควรใช้อุปกรณ์ป้องกันในขณะทำงานด้วย

จากการทดลองแกะสลักรูปม้า รูปหมี รูปนกมวย รูปผู้หญิงถือโอ่ง รูปใบหน้าผู้หญิงนูนสูง สามารถสรุปความยากง่าย ความเสี่ยงต่อการแตกหัก ความเหมาะสม ของการแกะสลักได้ดังตาราง 4.22

ตาราง 4.22 สรุปความยากง่าย ความเสี่ยงต่อการแตกหัก ความเหมาะสม ของการแกะสลัก รูปม้า รูปกาง รูปหมี รูปนกกมว รูปผู้หญิงถือ โอง รูปใบหน้าผู้หญิงนูนสูง

รูปแกะสลัก	แร่ดีควิต	หินอ่อน	หินโดโลไมต์
ม้า	ทำได้ดีกว่าหินอ่อนเพราะมีความเหนียวกว่า แต่ต้องระมัดระวังสูง ต้องแกะสลักรูปคอไม้ให้ตัวม้ายึดติดไว้ เพื่อลดความความเสี่ยงต่อการแตกหักที่ขา	ทำได้ ต้องแกะสลักรูปคอไม้ให้ตัวม้ายึดติดไว้เพื่อลดความความเสี่ยงต่อการแตกหักที่ขา เพราะหินมีความเปราะสูง	ทำได้ ต้องแกะสลักรูปคอไม้ให้ตัวม้ายึดติดไว้เพื่อลดความความเสี่ยงต่อการแตกหักที่ขา เพราะหินมีความเปราะสูง และหินมีรอยแตกร้าวมาก
กาง	การแกะสลักรูปกางทำได้ดีกว่าหินอ่อน เพราะหินมีความ แน่น และเหนียว กว่าหินอ่อน และหินโดโลไมต์	การแกะสลักรูปกาง ทำได้ไม่ค่อยดี เพราะเนื้อหินไม่มีความแน่นพอ เพราะแตกหักง่ายกว่า	ทำแบบลอยตัวไม่ได้ แกะสลักได้เฉพาะนูนต่ำ และนูนสูงเท่านั้น เนื่องจากหินมีรอยแตกร้าวมากเพราะ ได้จากการระเบิดออกมาจากเหมือง
หมี	ทำได้ดี แกะลอยตัวได้ เพราะมีความเสี่ยงต่อการแตกหักต่ำ (มีส่วนโค้งงอ และเหลี่ยมมุมน้อย)	หากใช้หินอ่อนสีดำน่าจะดี เพราะมีความเสี่ยงต่อการแตกหักต่ำ	ทำได้ดี เพราะหินมีความแข็งและสีขาว เสี่ยงต่อการแตกหักต่ำ
นกกมว	แกะลอยตัวได้ แต่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะลักษณะของชิ้นงานมีความเสี่ยงต่อการแตกหักสูง	หินมีความเปราะ แกะรูปลอยตัวไม่ได้ต้องแกะรูปนูนสูง	หินมีรอยแตกร้าวมาก แกะสลักเป็นรูปลอยตัวไม่ได้
ผู้หญิงถือโอง	แกะรูปลอยตัวได้ แต่สีไม่ค่อยเหมาะสมกับชิ้นงาน เพราะมีลวดลายมาก	ถ้าใช้หินอ่อนสีชมพู น่าจะสวยกว่า แต่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ มากกว่า หินอ่อนสีขาวเท่าที่ใช้อยู่	ทำได้แต่ต้องตัดหินเพื่อเลื่อยรอยแตกร้าว
รูปใบหน้าผู้หญิงนูนสูง	หินมีความเหนียว แต่สี/ลวดลายของหินมีมาก ทำให้ชิ้นงานไม่สวยงามเท่าที่ควร	ทำได้ดี เพราะเป็นภาพนูนสูงมีความเสี่ยงต่อการแตกหักน้อยกว่า	ทำได้ดี เนื้อหินละเอียด เนียน มีความสวยงาม แต่มีรอยแตกร้าวบ้าง

ระยะเวลาในการแกะสลักชิ้นงานที่มีขนาดมากกว่า 3-12 นิ้ว ขึ้นอยู่กับความละเอียดและขนาดของลวดลาย แต่อยู่ระหว่าง 2- 8 วันต่อชิ้นงาน

4.4 ความคุ้มค่าเชิงพานิช และทางเศรษฐกิจ

4.4.1 ผลการสำรวจความนิยมของผลิตภัณฑ์แกะสลัก

ในการสำรวจความนิยมผลิตภัณฑ์ที่ทำการแกะสลัก แร่ดีควิต หินอ่อน และหินโดโลไมต์ ให้เป็นรูปปลาโลมา ขนาด 2x2x2 นิ้ว และ 3x3x3 นิ้ว ในที่นี้ใช้ตัวอย่าง ปลาโลมาจำนวน 9 คู่ (ภาพ 4.21) จัดแสดงให้กลุ่มตัวอย่างได้ชม แล้วเสนอความเห็น ซึ่งได้ผลการสำรวจดังจะนำเสนอในรูปของการ

เปรียบเทียบระหว่าง ของนิสิตปริญญาตรีที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับชั้นปีที่ 3-4 และของผู้ที่ทำงานมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) ดังนี้



ภาพ 4.21 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แกะสลักที่ใช้ประกอบการสำรวจความนิยม

1) ด้านความชอบผลิตภัณฑ์

ด้านความชอบผลิตภัณฑ์โดยเรียงตามอันดับความชอบจากมากไปน้อย จะแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 4.23

ตาราง 4.23 ความชอบผลิตภัณฑ์ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และของผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) โดยเรียงตามอันดับจากชอบมากไปน้อย (1-9)

อันดับความชอบ	นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือน	ผู้ที่ทำงาน และมีรายได้
	เครื่องประดับ	(บุคคลทั่วไป)

1	หินอ่อนสีขาว	หินอ่อนสีดำ
2	หินอ่อนสีดำ	หินอ่อนสีขาว
3	หินโคโลไมต์สีชมพู	หินโคโลไมต์สีขาว
4	หินอ่อนสีแดงอิฐ	หินอ่อนสีแดงอิฐ
5	แรดิกโคตสีแดงดำ	หินโคโลไมต์สีเหลือง
6	หินโคโลไมต์สีเหลือง	หินโคโลไมต์สีชมพู
7	แรดิกโคตสีเหลือง	แรดิกโคตสีแดงครีม
8	แรดิกโคตสีแดงครีม	แรดิกโคตสีแดงดำ
9	หินโคโลไมต์สีขาว	แรดิกโคตสีเหลือง

สรุป ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าผู้ที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความรู้ นั้น ได้มีความชอบผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแรดิกโคต มากกว่าบุคคลผู้ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป)

2) ด้านการประเมินราคาของผลิตภัณฑ์

หลังจากกลุ่มตัวอย่างได้ทำการเปรียบเทียบรูปและสลักปลาโลมาทั้ง 9 ชุด แล้วจึงประเมินราคาจากมากที่สุดถึงน้อยที่สุด ได้ผลดังในตาราง 4.24

ตาราง 4.24 ความเห็นด้านราคาของผลิตภัณฑ์ที่ประเมินจาก นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และผู้ทำงานที่มีรายได้ (บุคคลทั่วไป) โดยเรียงตามอันดับจากราคามากไปน้อย (1-9)

อันดับราคา	นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ	ผู้ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป)
1	หินอ่อนสีขาว	หินอ่อนสีขาว
2	หินอ่อนสีดำ	หินอ่อนสีดำ
3	หินโคโลไมต์สีชมพู	หินโคโลไมต์สีขาว
4	หินโคโลไมต์สีขาว	หินอ่อนสีแดงอิฐ
5	แรดิกโคตสีแดงครีม	หินโคโลไมต์สีชมพู
6	แรดิกโคตสีเหลือง	หินโคโลไมต์สีเหลือง
7	หินอ่อนสีแดงอิฐ	แรดิกโคตสีเหลือง
8	แรดิกโคตสีแดงดำ	แรดิกโคตสีแดงดำ
9	โคโลไมต์สีเหลือง	แรดิกโคตสีแดงครีม

สรุป ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า ผู้ที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความรู้ นั้น ได้ประเมินให้คุณค่าหรือราคาของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแรดิกโคด มากกว่าบุคคลผู้ทำงานและมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) นอกจากนั้น ยังประเมินคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแรดิกโคดสีสีแดง كريمอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแรดิกโคดสีเหลืองอยู่ในอันดับที่ถัดมา

3) ด้านความเหมาะสมที่จะนำแรดิกโคดมาแกะสลัก

เมื่อเปรียบเทียบด้านความเหมาะสมในการที่จะนำแรดิกโคดมาแกะสลัก พบว่ามีความเหมาะสมในเปอร์เซ็นต์ที่สูง ดังแสดงรายละเอียดในตาราง 4.25

ตาราง 4.25 ความเห็นด้านความเหมาะสมในการนำแรดิกโคดมาแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์ ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และของผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป)

นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ		ผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป)		เฉลี่ย
เหมาะสม	77%	เหมาะสม	53%	65%
ไม่เหมาะสม	23%	ไม่เหมาะสม	47%	35%

สรุป ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า ผู้ที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความรู้ นั้น มีความเห็นว่า แรดิกโคดมีความเหมาะสม สำหรับการที่จะนำมาแกะสลัก ในอัตราส่วนที่มากกว่า ความเห็นของผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) เป็นอย่างมาก

4) ด้านขนาดของรูปแกะสลักแรดิกโคดที่เหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบความเห็นเกี่ยวกับ ขนาดของรูปแกะสลักแรดิกโคดที่เหมาะสม โดยเรียงตามอันดับจากมากไปน้อย จะแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 4.26

ตาราง 4.26 ความเห็นด้านขนาดของรูปแกะสลักที่มีความเหมาะสม ในการนำแรดิกโคดมาแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์แกะสลัก โดยเรียงตามอันดับ จากมากไปน้อย

ขนาดของชิ้นงานแกะสลัก	นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ	ผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป)	เฉลี่ย
งานแกะสลักขนาดกลางเพื่อประดับบ้าน	53%	40%	46.5%

(30 เซนติเมตร - 3 เมตร)

งานแกะสลักขนาดเล็กจำพวก

ของฝาก ของชำร่วย (เล็กกว่า 30 เซนติเมตร)	30%	30%	30%
--	-----	-----	-----

งานประติมากรรมขนาดใหญ่

(> 3 เมตร)	13%	20%	16.5%
------------	-----	-----	-------

งานแกะสลักเพื่อเป็น

เครื่องประดับ	4%	10%	7%
---------------	----	-----	----

(2-4 เซนติเมตร)

สรุป ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า ผู้ที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความรู้ และบุคคลผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) นั้น ได้แสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับขนาดของรูปแกะสลัก ที่สมควรที่จะนำเอาแร่ดิคไคต์ไปทำการแกะสลักที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ ขนาดของรูปแกะสลักที่มีผู้เห็นว่าสมควรที่จะนำเอาแร่ดิคไคต์มาใช้เป็นวัตถุดิบมากที่สุด ได้แก่งานแกะสลักขนาดกลางเพื่อประดับบ้าน (30 เซนติเมตร - 3 เมตร) ในขณะที่งานแกะสลักเพื่อเป็นเครื่องประดับมีผู้ที่เห็นด้วยน้อยที่สุด

5) ด้านลักษณะงานของรูปแกะสลักแร่ดิคไคต์ที่เหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบความเห็นเกี่ยวกับ ลักษณะงานของรูปแกะสลักแร่ดิคไคต์ที่เหมาะสม โดยเรียงตามอันดับ จากมากไปน้อย จะแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 4.27

ตาราง 4.27 ความเห็นด้านลักษณะของรูปแกะสลักที่มีความเหมาะสมที่ควรนำแร่ดิคไคต์มาแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์ ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และของผู้ที่ทำงานมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) เรียงตามอันดับจากมากไปน้อย

อันดับความเหมาะสม	นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ	ผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป)
1	งานลอยตัว	งานลอยตัว
2	งานนูนสูง	งานนูนสูง
3	งานนูนต่ำ และงานลายเส้น	งานนูนต่ำ
4		งานลายเส้น

สรุป ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า ผู้ที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความรู้ และบุคคลผู้ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) นั้น ได้แสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับลักษณะงานของรูปแกะสลักแร่ดิคไคต์ที่มีความเหมาะสม ที่สอดคล้องกันในอันดับ 1 งานลอยตัว และ 2 งานนูนสูง

6) ด้านรูปลักษณะที่สมควรที่จะนำเอาแร่ดิคไคต์มาใช้ในการแกะสลัก
เมื่อเปรียบเทียบความเห็นเกี่ยวกับ รูปลักษณะที่สมควรที่จะนำเอาแร่ดิคไคต์มาใช้ในการแกะสลักที่เหมาะสม โดยเรียงตามอันดับ จากมากไปน้อย แสดงไว้ในตาราง 4.28

ตาราง 4.28 ความเห็นด้านรูปลักษณะที่เหมาะสมที่จะนำแร่ดิคไคต์มาแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์ ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และผู้ทำงานและมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) โดยเรียงตามอันดับจากมากไปน้อย

อันดับความเหมาะสม	นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ	ผู้ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป)
1	รูปสัตว์	รูปสัตว์
2	รูปพืช	รูปคน
3	รูปคน และรูปสิ่งของ	รูปสิ่งของ
4		รูปพืช

สรุป ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า ผู้ที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และผู้ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) มีความเห็นว่า แร่ดิคไคต์มีความเหมาะสม สำหรับการที่จะนำมาแกะสลักเป็นรูปสัตว์มากที่สุด แต่ในกลุ่มผู้ที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ มีความเห็นว่า มีความเหมาะสมสำหรับการนำมาแกะสลักเป็นรูปคน และสิ่งของน้อยที่สุด ในขณะที่ ผู้ที่ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) มีความเห็นว่า มีความเหมาะสมสำหรับการนำมาแกะสลักเป็นรูปพืช น้อยที่สุด

7) ความเห็นด้านชนิดหินที่ควรนำมาแกะสลัก
ความเห็นเกี่ยวกับชนิดหินที่สมควรจะนำมาแกะสลัก โดยเรียงตามอันดับ จากมากไปน้อย แสดงไว้ในตาราง 4.29

ตาราง 4.29 ความเห็นด้านชนิดหินที่สมควรที่จะนำมาแกะสลัก ของนิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ และผู้ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) โดยเรียงตามเปอร์เซ็นต์จากมากไปน้อย

อันดับความเหมาะสม	นิสิตที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ		ผู้ทำงาน และมีรายได้ (บุคคลทั่วไป)	
1	หินอ่อน	50%	หินอ่อน	70%
2	เรดิกโคด	43%	หินโคโลไมต์	23%
3	หินโคโลไมต์	7%	เรดิกโคด	7%

สรุป ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า ผู้ที่เรียนด้านการทำตัวเรือนเครื่องประดับ เห็นว่า เรดิกโคด ยังสมควรที่จะได้รับการพิจารณานำมาแกะสลักได้ โดยประเมินความเหมาะสมให้อยู่ในอันดับกลาง ในขณะที่ผู้ทำงานและมีรายได้ (บุคคลทั่วไป) มีความเห็นว่า เรดิกโคดมีความเหมาะสมสำหรับการที่จะนำมาแกะสลักน้อยที่สุด

4.4.2 ต้นทุนค่าแกะสลัก ราคาจำหน่าย และผลกำไร

ในที่นี้คิดต้นทุนต่อชิ้น คิดจาก ค่าแกะสลัก (ซึ่งเครื่องมือเป็นของช่างอยู่แล้วจึงถือว่ารวมอยู่ในส่วนนี้) และค่าหิน เท่านั้น ไม่รวมค่าขนส่ง และอื่นๆ ส่วนราคาจำหน่ายผู้ประกอบการ 4 คน เป็นผู้ประเมิน โดยใช้ รูปพระสังกัจจาย รูปใบหน้าผู้หญิงนูนสูง และรูปม้า เป็นชิ้นงานที่แสดงต่อผู้ประกอบการ (ภาพ 4.22) ผลการเปรียบเทียบต้นทุนค่าแกะสลัก ราคาจำหน่าย และกำไรที่จะได้รับการจำหน่ายเรดิกโคด หินอ่อน และหิน โคโลไมต์ ที่เป็นรูปแกะสลัก ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 4.30 ซึ่งจะเห็นว่ามิดตัวอย่างที่คุ้มทุนคือตัวอย่างพระสังกัจจาย ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการแกะสลักต่ำ สำหรับตัวอย่างอื่น โดยเฉพาะหินอ่อนมีต้นทุนสูง และไม่คุ้มทุน

ในแง่ของความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจนั้นหากพิจารณาจากราคาเรดิกโคดที่จำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน (พ.ศ. 2549) คือ 300-1000 บาท/ตัน โดยเร่ร่อนหรือบอก่อนนั้นนับว่าราคาถูกมาก เมื่อเทียบกับการนำมาแปรรูปแกะสลักโดยเฉพาะแร่เกรดที่มีเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาต่ำ (สีเทา DA และสีแดง DB) ควรแยกออกมาก่อนการนำไปบดจำหน่าย



ภาพ 4.22 ตัวอย่างรูปกะสลักบางส่วนที่ถูกคัดเลือกเพื่อจัดแสดงต่อผู้ประกอบการ ได้แก่ รูปพระสังกัจจาย รูปใบหน้าผู้หญิงนูนสูง และรูปม้า ที่กะสลักจาก แร่ดิคไคต์ (สีแดง) หินอ่อน (สีขาวเทา) และหินโดโลไมต์ (สีเหลือง) ตามลำดับ

ตาราง 4.30 การเปรียบเทียบต้นทุน ค่าแรงหิน ราคาจำหน่าย และกำไรที่จะได้รับจากการจำหน่ายชิ้นงาน

แร่หิน	รูปแกะสลัก	ขนาด กวxยxส (ซม.)	ปริมาตร* (ซม.)	น.น.* (กรัม)	ราคา	ต้นทุน		ราคาจำหน่าย (บาท)**				กำไร			
						ค่าแรง/หิน	ค่าแกะสลัก	รวม	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	เฉลี่ย	(บาท)	(%)
ดิกไดต์	ม้า	11x19x20	4180	10952	5 บาท/ กก.	55	2,500	2,555	1,600	3,500	2500	4,000	2387	-168	-7
	หน้าผู้หญิงนูนสูง	21x16x2	672	1761	"	9	2,000	2,009	1,800	700	1500	3,000	1574	-435	-22
	พระสังกัจจาย	12x9x12	1296	3396	"	17	700	717	1600	3,000	1500	n/a	1256	539	75
หินอ่อน	ม้า	16x30x30	14400	38376	0.10 บาท/ กรัม	1440	5,500	6,940	5,000	8,000	4500	9,000	5769	-1,171	-17
	หน้าผู้หญิงนูนสูง	26x33x2	1716	4573	"	171.6	3,500	3,672	4,000	4,500	3000	5,000	3406	-265	-7
	พระสังกัจจาย	13x12x15	2340	6236	"	234	700	934	2400	4,000	2500	n/a	1795	861	92
หินโดโลไมต์	ม้า	8x17x15	2040	5814	5 บาท/ กก.	29	2,000	2,029	2,000	1,200	1200	2,500	1565	-464	-23
	หน้าผู้หญิงนูนสูง	12.5x16x1.5	300	855	"	4	1,500	1,504	1,200	800	1500	2,000	1216	-289	-19
	พระสังกัจจาย	20x13x18	4680	13338	"	67	1,500	1,567	4,000	7,900	3500	n/a	3089	1,522	97

*ปริมาตรและน้ำหนัก เป็นค่าที่คำนวณจากปริมาตรที่แท้จริงไม่ได้แกะสลัก ในความเป็นจริงแล้วปริมาตรของชิ้นงานจะเหลือประมาณ 30% จากปริมาตรที่เริ่มต้น

**เป็นราคาประเมินจากผู้ประกอบการ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป และอภิปรายผล

ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ที่นำมาวิเคราะห์ส่วนใหญ่แสดงรูปผลึกเป็นแผ่นเรียงซ้อนกันเมื่อวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ขว้างสีแดงด้าน (DG) มีลักษณะคล้ายหินไรโอไลต์ ไม่แสดงรูปผลึกที่ชัดเจนภายใต้กล้อง SEM แต่กลับแสดงเนื้อละเอียดภายใต้กำลังขยายสูงถึง 10,000 เท่า

ตัวอย่างแร่ดิกไคต์ที่ทำการศึกษาระบอบด้วยสีต่างๆ ในกลุ่มนี้มีแร่ที่จัดอยู่ในเกรด A แร่สีครีม (DA) และสีแดง (DB) มีปริมาณซิลิกาประมาณ 43% โดยน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีของ จมพล คีนดัก (2531ก: 67-8 และ 2531ข: 29) ส่วนที่เหลือมีเปอร์เซ็นต์ซิลิกาสูงมากถึง 79% โดยน้ำหนัก และมีควอตซ์ปน ซึ่งจัดเป็นเกรด B และ C ซึ่งเกรด C มีสีแดงด้านคล้ายหินไรโอไลต์ มองไม่เห็นรูปผลึกเมื่อวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์จาก XRD และ FTIR

จากผลการวิเคราะห์แร่ดิกไคต์ด้วย XRD ซึ่งบ่งบอกถึงโครงสร้างของแร่ดิกไคต์ และยังสามารถบอกได้ว่าแร่ดิกไคต์เมื่อเผาแล้วทำให้เปลี่ยนโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ แร่ดิกไคต์เปลี่ยนโครงสร้างไปในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 450 องศาเซลเซียส ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Shoval *et al.* (2001) ที่ว่าแร่ดิกไคต์ มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เรียกว่า Dehydroxilation หรือ OH ออกไปจากโครงสร้าง แต่ Shoval พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าคือ ที่ 700 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าแร่ดิกไคต์จากการศึกษาคั้งนี้มีแร่ควอตซ์ปนอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งจากการสังเกตพบว่าแร่ดิกไคต์เกรด B และ C ซึ่งมีควอตซ์ปนอยู่มากกว่ามีแนวโน้มที่จะเกิด Dehydroxilation ได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 450 องศาเซลเซียส สิ่งที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของแร่ดิกไคต์ หลังจากอุณหภูมิดังกล่าวเรียกว่า Meta dickite ซึ่ง Shoval เรียกดิกไคต์ลักษณะนี้ว่า Pseudo-amorphous phase

สำหรับการศึกษาโดยใช้ Raman microprobe พบว่า แร่ดิกไคต์ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส พิก (Peak) เริ่มเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะพิกที่อยู่ระหว่าง $3600-3900\text{ cm}^{-1}$ ในภาพ แต่สำหรับตัวอย่างแร่ดิกไคต์ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 500 องศาเซลเซียสขึ้นไป พบว่าไม่ปรากฏพิกของ Raman อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า พิกบริเวณเวฟเนัมเบอร์ ที่ $3622-3624$, $3639-3644$ และ 3705 cm^{-1} อันเนื่องมาจากการยืดตัวของ O-H (O-H stretching modes) (Johnston, *et al.* 1998) ลดลงเมื่อดิกไคต์ผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่า เกิดจากการที่น้ำ

(O-H) ในโครงสร้างเริ่มสูญเสียไปในช่วงอุณหภูมิที่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์จาก XRD และ FTIR

การเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 450 องศาเซลเซียส ในโครงสร้างของแร่ดิกโคต์ยังมีน้ำอยู่ ซึ่งแสดงออกมาในพีกของ FTIR ช่วง $3000-4000\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งพีก ของน้ำ (OH) ได้แก่ $3,622$ $3,655$ และ $3,710\text{ cm}^{-1}$ (Johnston, *et al.* 1998) เมื่อสังเกตจากผลการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าพีกของแร่ดิกโคต์ในช่วงดังกล่าวค่อยๆ ลดลงเมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ซึ่งเป็นข้อสนับสนุนว่าการเผา ทำให้น้ำค่อยๆ หายไปจากโครงสร้างของแร่ดิกโคต์ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แร่ดิกโคต์มีความแข็งและเปราะมากขึ้น และมีค่าความถ่วงจำเพาะลดลงหรือความหนาแน่นลดลง แต่ค่าดัชนีหักเหกลับเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่โครงสร้างของแร่ดิกโคต์ถูกทำลายกลายเป็นสารอสัณฐานเทียม (Pseudo-amorphous phase) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 450 องศาเซลเซียส และหากพิจารณากราฟของความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) และ ค่าดัชนีหักเห พบว่าถ้าเผาแร่ดิกโคต์ต่อไปเรื่อยๆ จะทำให้ค่าทั้งสองกลับมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นอีกหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่าโครงสร้างของสารใหม่นี้มีการจัดตัวกันใหม่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ซึ่งหากเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นไปอาจทำให้ได้สารผลึกชนิดใหม่ เช่น มัลไลต์ (Mullite) เช่น Shoval *et al.* (2001) เผาดีกโคต์ที่อุณหภูมิ 1200-1300 องศาเซลเซียส พบว่าได้มัลไลต์ตกผลึกออกมา

ผลการทดลองการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนของแร่ดิกโคต์ ในคุณสมบัติทางกายภาพ ทั้งก่อนและหลังเผา สามารถสรุปได้ดังในตาราง 5.1

ตาราง 5.1 สรุปการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดิกโคต์ทั้ง 3 สี ก่อนและหลังเผา

แร่ดิกโคต์	สมบัติทางกายภาพ	ก่อนเผา	หลังเผาที่ 450 องศาเซลเซียส
สีครีม (DA)	- สี	สีครีม	สีขาวขุ่น
	- ความโปร่ง	โปร่งแสง	ทึบแสง
	- ความแข็ง	เนื้อเริ่มมีความแข็งต่ำ	เนื้อเริ่มมีความแข็งเพิ่มขึ้น
	- ค่าดัชนีหักเห (RI)	1.222-1.321	1.200-1.555
	- ค่าความถ่วงจำเพาะ (SG)	2.585-2.665	2.211-2.632
	- ความเปราะ	เนื้อเริ่มไม่มีความเปราะ	เนื้อเริ่มมีความเปราะ ทำให้สามารถนำไปแกะสลักได้
สีชมพู (DB)	- สี	สีแดง	สีขาวปนชมพู ขุ่น

	- ความโปร่ง	โปร่งแสง	ทึบแสง
	- ความแข็ง	เนื้อแร่มิมีความแข็งต่ำ	เนื้อแร่มิมีความแข็งเพิ่มขึ้น
	- ค่าดัชนีหักเห (RI)	1.210-1.272	1.200-1.510
	- ค่าความถ่วงจำเพาะ (SG)	2.564-2.617	2.224-2.627
	- ความเปราะ	เนื้อแร่ไม่มีความเปราะ สามารถนำไปแกะสลักได้	เนื้อแร่มิมีความเปราะ ทำให้ ไม่สามารถนำไปแกะสลัก ได้
สีเทา (DC)	- สี	สีเทา	สีเทาอ่อนๆ ถึงขาวขุ่น
	- ความโปร่ง	ทึบแสง	ทึบแสง
	- ความแข็ง	เนื้อแร่มิมีความแข็งมากกว่า สีครีม และสีแดง	เนื้อแร่มิมีความแข็งเพิ่มขึ้น
	- ค่าดัชนีหักเห (RI)	1.214-1.267	1.226-1.451
	- ค่าความถ่วงจำเพาะ (SG)	2.583-2.637	2.326-2.775
	- ความเปราะ	เนื้อแร่ไม่มีความเปราะ สามารถนำไปแกะสลักได้	เนื้อแร่มิมีความเปราะ ทำให้ แกะสลักได้ยากกว่าก่อน เผา

จากการทดลองถลุงแร่ดิคโคดส์ที่ผ่านการเผาแล้วตั้งแต่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นต้นไป มาทำการแกะสลักเป็นเครื่องประดับจะทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากเมื่อนำแร่ดิคโคดส์ไปเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นต้นไป ความร้อนทำให้โครงสร้างของแร่ดิคโคดส์เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้น้ำหายไปจากโครงสร้างของแร่ดิคโคดส์เป็นผลให้แร่ดิคโคดส์มีความแข็งและเปราะแตกง่ายขึ้น และผิวของแร่ดิคโคดส์มีลักษณะคล้ายเซรามิกซ์ ซึ่งหากจะนำไปแกะสลักน่าจะมีความเสี่ยงต่อการแตกหักของชิ้นงานมากขึ้น

ความนิยมในชิ้นงานแกะสลัก

ผลจากการสำรวจพบว่า คนส่วนใหญ่ให้ความสำคัญต่อสีของชิ้นงานมากกว่า ชนิดของหิน แต่สามารถสรุปได้ว่า รสนิยมของคนทั่วไปชอบหินที่มีลวดลายน้อย ดูสะอาดตา เช่น หินอ่อนสีขาวเทา เป็นต้น แต่แร่ดิคโคดส์ชนิดที่นำมาแกะสลักมีลวดลายมาก จึงเหมาะที่จะแกะสลักเป็นรูปสัตว์มากกว่า รูปคน หรือรูปอื่น เพราะสัตว์มีลวดลายในตัวเอง ส่วนขนาดของชิ้นงานนั้นควรนำแร่ดิคโคดส์มาแกะสลักให้มีขนาดชิ้นงานประมาณ 3-6 นิ้ว มากที่สุด และรองลงมาคือขนาดต่ำกว่านี้ ทั้งนี้เพราะทำให้จำหน่ายแก่ลูกค้าง่าย ราคาไม่สูงเกินไป สะดวกต่อการบรรจุหีบห่อ และการขนย้าย ซึ่งทำให้ชิ้นงานไม่หนักเกินไป

ปัญหาของแรดิกโคดในการผลิตออกมาจำหน่ายคือ ยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร และยังไม่เป็นที่รู้จักของคนทั่วไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในระยะสั้น

1) สำหรับผู้ที่สนใจในงานแกะสลักแรดิกโคด

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจในงานแกะสลักแรดิกโคด หรือผู้ที่สนใจจะประกอบธุรกิจด้านนี้ เพื่อที่จะนำไปเป็นข้อปฏิบัติ หรือข้อคิด คือ หากจะทำการแกะสลักแรดิกโคด เป็นรูปแกะสลักต่างๆ ควรคำนึงถึงสีของแรดิกโคดก่อนนั้นๆ ก่อนที่จะลงมือแกะสลัก เพราะบุคคลทั่วไปให้ความสำคัญของสีผลิตภัณฑ์มากกว่าชนิดของวัตถุดิบ หากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าหรือราคาควรดำเนินการดังนี้

- 1) หารูปแบบที่เหมาะสม เช่น รูปม้า รูปพระสังกระยา เป็นต้น
- 2) ในแง่ลักษณะของหินมีความเป็นไปได้ ที่จะนำมาแกะสลักในปริมาณมาก
- 3) รูปร่างและน้ำหนักไม่ควรใหญ่เกินไป ในที่นี้ ควรมีขนาดเท่ากับ 3-6 นิ้ว และหนักประมาณ ไม่เกิน 2-3 กิโลกรัม แต่หากจะแกะสลักชิ้นใหญ่กว่าต้องสั่งทำพิเศษ
- 4) ควรประชาสัมพันธ์ในแง่คุณสมบัติของแรดิกโคด และวิธีการอื่นใดที่ให้ผู้รู้จักแรดิกโคดมากขึ้น และควรมีแผนการจำหน่ายและการตลาดที่เหมาะสม เช่น ผลิตและจำหน่ายตามจำนวนที่สั่งจอง เป็นต้น

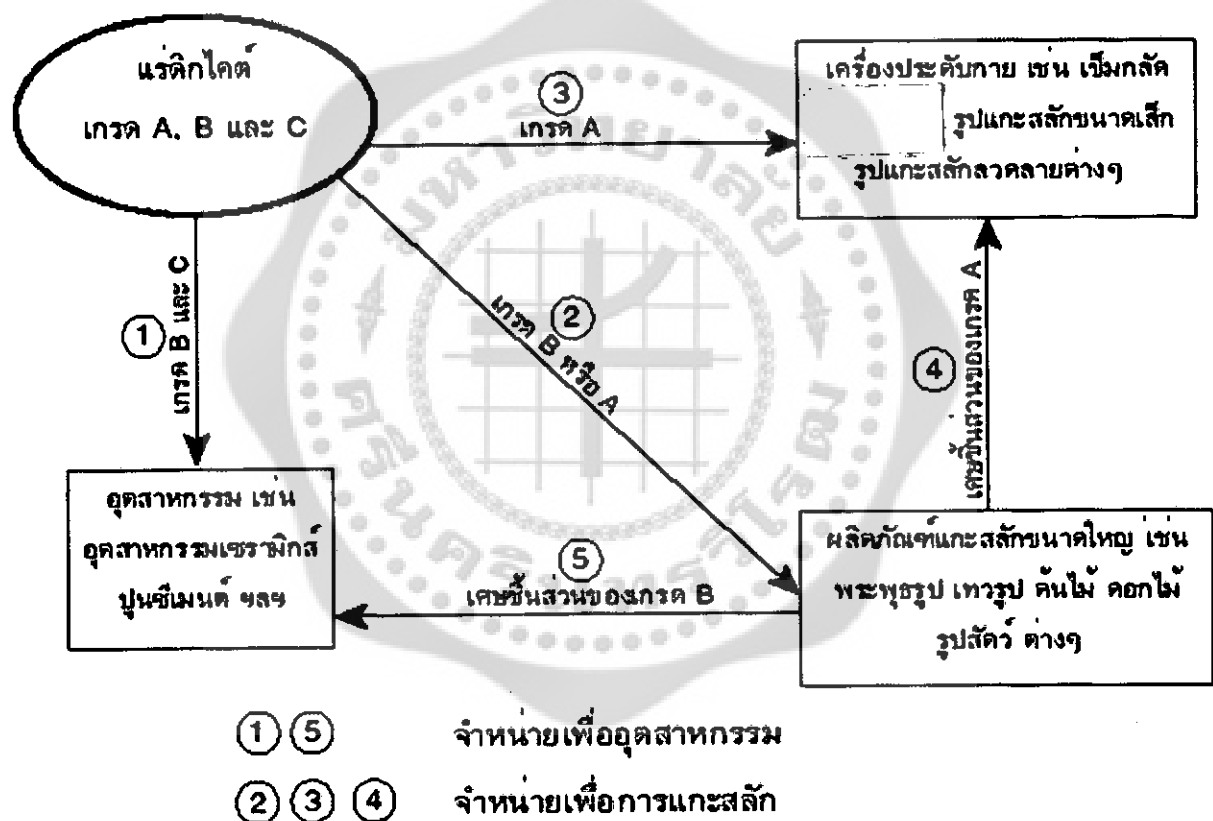
2) การจัดทำโครงการกลุ่มการผลิตงานแกะสลักแรดิกโคดในชุมชน

- 1) จัดตั้งกลุ่มในหมู่บ้านที่อยู่ใกล้แหล่งแรดิกโคด ประมาณ 10-20 คน แล้วจัดให้มีการสาธิตหรือการอบรมการแกะสลัก โดยเชิญวิทยากรที่เป็นช่างแกะสลักซึ่งเคยแกะสลักแรดิกโคดในโครงการนี้ มาให้การอบรมก่อน
- 2) มีหน่วยงาน ผู้ลงทุน หรือชุมชนร่วมทุนกันเพื่อ รับผิดชอบในการจัดหาเครื่องมือแกะสลัก (ราคาประมาณ 15,000 บาทต่อชุด) เพื่อให้กลุ่มผู้เข้าร่วมโครงการ ได้ใช้แกะสลัก ทั้งนี้ให้มีการรับวัตถุดิบไปแกะสลักที่บ้านของผู้เข้าร่วมโครงการ โดยจ่ายค่าแกะสลักให้เป็นราคาต่อชิ้นงาน และหักค่าเครื่องมือและค่าหินแบบผ่อนส่ง เพื่อให้ผู้เข้ากลุ่มเป็นเจ้าของเครื่องมือแกะสลักในที่สุด
- 3) หน่วยงานหรือผู้ลงทุน (อาจบริหารงานโดยคณะกรรมการ) ต้องเป็นศูนย์กลาง และรับผิดชอบค่าใช้จ่าย เครื่องตัดหิน เครื่องขัด และอื่นๆ ที่จำเป็น รวมทั้งการตรวจสอบคุณภาพ การประชาสัมพันธ์ การจำหน่าย หรือหาตลาด และบริหารจัดการอย่างเป็นธรรมแก่ทุกฝ่าย
- 4) ควรใช้วัตถุดิบหรือหินชนิดอื่นนอกชุมชนแต่อยู่ในแหล่งที่ใกล้เคียง เช่น หินอ่อน มาใช้ในการแกะสลักเสริมด้วย ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงต้นทุนในการขนส่งวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นด้วย

5) ทำการศึกษาถึงต้นทุนและผลตอบแทนในการจัดทำโครงการนี้ และวางแผนการดำเนินงานให้รอบคอบก่อนลงมือปฏิบัติ

3) ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

ในแง่ของความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศนั้น หากพิจารณาจากราคาแร่ดิคไคต์ที่จำหน่ายอยู่ในปัจจุบันคือ 300-1000 บาท/ตัน โดยแร่ถูกย่อยหรือบดก่อนนั้นนับว่าราคาถูกมาก เมื่อเทียบกับการนำมาแปรรูปแกะสลักโดยเฉพาะแร่เกรด A ที่มีเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาต่ำ (สีเทา DA และสีแดง DB) ควรแยกออกมาก่อนการนำส่วนที่เหลือ (เกรด B และ C) ไปบดจำหน่าย ซึ่งน่าจะทำให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและทำรายได้มากขึ้น ดังแผนภูมิในภาพ 5.1



ภาพ 5.1 แนวทางการจัดการการใช้ประโยชน์แร่ดิคไคต์ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่ามากที่สุด

ในประเทศไทยยังไม่มีมีการเรียนการสอนเกี่ยวกับการแกะสลักหินโดยตรง ในระบบสถานศึกษา ที่ผ่านมามีเพียงการสอนโดยถ่ายทอดประสบการณ์จากช่างพื้นบ้านแก่ผู้ที่สนใจเท่านั้น ดังนั้นควรมีการเปิดเป็นวิชาหรือหลักสูตรการแกะสลักแร่และหิน ขึ้นในสถานศึกษาหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อผลิตกำลังคนที่มีฝีมือด้านนี้ขึ้น โดยเฉพาะให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ

5.2.2 ข้อเสนอแนะในระยะยาว

1) การจัดหาหินเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิต

1.1) การสำรวจ และจำแนกประเภทหิน

เนื่องจากปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาหิน ไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จำนวนมาก ซึ่งการที่จะใช้ทรัพยากรหินชนิดต่างๆ ให้เกิดผลประโยชน์ตอบแทนได้อย่างคุ้มค่า นั้นสมควรที่จะได้มีการดำเนินงานด้าน การสำรวจ การจัดจำแนกหิน โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมต่อการที่จะนำเอามาใช้ในงานประเภทต่างๆ การควบคุม และ การแนะนำ เพื่อที่จะให้มีการนำเอาหินมาใช้ประโยชน์ในด้านที่สามารถจะก่อให้เกิดผลตอบแทนมากที่สุด

ในกรณีของหินที่จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักนั้น อาจจะต้องทำการสำรวจทั้งประเภท สี ลวดลาย ลักษณะของแหล่งแร่ และปริมาณสำรองของหินเหล่านั้น ซึ่งมีอยู่ในบริเวณพื้นที่ต่างๆ เพื่อเตรียมไว้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการดำเนินงานพัฒนามาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมต่อไป

1.2) พัฒนาด้านการทำเหมือง

เป็นการดำเนินงานพัฒนาด้านกรรมวิธีการทำเหมือง เพื่อที่จะทำให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในด้านต่างๆ เช่น การลดต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินงาน ความสามารถในการนำเอาหินที่มีคุณค่าออกมาใช้ประโยชน์ให้ได้มาก โดยมีความคุ้มค่ากับการดำเนินงานให้ได้มากที่สุด ลดความเสียหาย หรือ สูญเสียที่เกิดขึ้นมาในระหว่างการดำเนินงาน เช่น หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุระเบิด และเครื่องจักรกลหนัก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแตกร้าวภายในเนื้อหิน เป็นต้น และลดความเสียหาย หรือ สูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งไปยังสถานประกอบการด้านการแกะสลักหิน

2) การแกะสลัก

2.1) การเลือกชนิด สีและลวดลายของหินให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่ผลิต

ควรเลือกสี และลวดลายในเนื้อ หิน ให้เหมาะสม และ กลมกลืน กับลักษณะของชิ้นงานที่ต้องการที่จะทำ เพราะปัจจัยดังกล่าวเป็นสาเหตุที่สำคัญอย่างยิ่งประการหนึ่ง ในการทำให้เกิดความรู้สึกชอบต่อนุคคลที่ได้พบเห็น ซึ่งจะเป็สาเหตุที่ทำให้บุคคลเหล่านั้นประเมินคุณค่า โดยให้ราคาที่สูงมากขึ้น เช่น แร่ดิกไคต์อาจมีความเหมาะสมกับการที่จะนำเอามาใช้ทำรูปสัตว์มากที่สุด ในขณะที่รูปคน และรูปสิ่งของมีความเหมาะสมน้อย

ในกรณีที่มีการนำเอาแร่ดิกไคต์มาใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลักนั้น มีข้อสังเกตประการหนึ่งคือ ความแปลกของ สี และ ลวดลาย ของหิน อาจมีส่วนที่ดึงดูดใจให้บุคคลชอบในผลิตภัณฑ์มากขึ้น

นอกจากนั้น บุคคลที่มีความรู้ที่เกี่ยวกับด้าน การแกะสลักหิน และ อัญมณี และเครื่องประดับ หลายท่าน ยังได้ให้ความเห็นว่า ยังมีความชอบในผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแร่ดิคไคต์โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

2.2) การระมัดระวังไม่ให้มีรอยแตกร้าวในเนื้อหิน

อุปสรรคประการหนึ่งที่มีผลทำให้รูปแกะสลักไม่มีความสวยงามเท่าที่ควร เกิดเนื่องจากการที่มีรอยแตกร้าวในเนื้อหิน สาเหตุดังกล่าว อาจทำให้ไม่สามารถนำหินมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการใช้ในการแกะสลักได้ หรือ ไม่ได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีความสมบูรณ์ และแข็งแรง ดังนั้น ในการที่จะนำเอาหินมาใช้ในการแกะสลักนั้น จะต้องใช้ความระมัดระวัง เพื่อที่จะไม่ทำให้เนื้อหินที่นำเอามาแกะสลักนั้นมีรอยแตกร้าว ซึ่งอาจดำเนินงานได้โดยการใช้วิธีการต่างๆ เช่น หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุระเบิดในการทำเหมือง และใช้ความระมัดระวังในการขนส่ง การตัดก้อนหิน และการผลิตชิ้นงาน รวมทั้งระหว่งการขนส่งชิ้นงานไปสู่ผู้ซื้อ

2.3) การจัดการและเทคโนโลยีในการแกะสลัก

ผลจากการศึกษาได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า มูลค่าของรูปแกะสลักจากหินนั้น ส่วนใหญ่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับมูลค่าของหิน แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปแบบ ลักษณะพื้นผิว สดสวย และสีของผลิตภัณฑ์เป็นสำคัญ

แนวทางดำเนินงานที่สำคัญ ในการที่จะทำให้เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์แกะสลักนั้น เกิดจากความสามารถในการเลือก รูปแบบ และ สดสวย ของรูปแกะสลัก ให้มีความเหมาะสมกับ ชนิด เนื้อ สี และสดสวย ของหิน

นอกจากนั้น ความประณีต และ ความละเอียด ของสดสวย ก็จะมีส่วนที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่แกะสลักจากหินมีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น

แต่การขาดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเสียอย่างร้ายแรงต่อกระบวนการแกะสลักหินหลายประการ เช่น ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีความสวยงามตรงตามความต้องการของผู้ซื้อ การสูญเสียเนื้อหินที่นำเอามาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไปโดยเปล่าประโยชน์ ต้องใช้ระยะเวลาในการผลิตที่ยาวนานมากขึ้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินงานในส่วนที่ไม่มีความจำเป็นต้องเพิ่มมากขึ้น การเสื่อมเสียชื่อเสียง ทั้งในกรณี ส่วนบุคคล จนกระทั่งถึงระดับประเทศชาติ เนื่องจากการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีคุณภาพออกมาสู่ตลาด และการสูญเสียโอกาสที่จะเป็นหนทาง

ส่งเสริมธุรกิจด้านการท่องเที่ยว ของนักท่องเที่ยว ที่มีความประสงค์ที่จะเดินทางเข้ามาชมความงามของ
ผลิตภัณฑ์ และซื้อหาผลิตภัณฑ์ที่แกะสลักจากหิน

จากเหตุผลตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิต จึงเป็นแนวทางที่สมควรที่จะ
นำมาพิจารณาดำเนินงาน โดยอาจพิจารณาดำเนินงานด้านต่างๆ ดังนี้

- ด้านบุคลากร

เป็นการพัฒนาบุคลากร ทั้ง ช่างแกะสลัก ผู้ออกแบบ และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะให้มี
ความสามารถด้านต่างๆ เช่น ฝีมือในการแกะสลัก ฝีมือในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจพัฒนาให้มี
คุณภาพที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ไม่ใช่การออกแบบผลิตภัณฑ์ตามความคิดเห็น และ
ความต้องการของผู้ที่ออกแบบ หรือความคิดเห็นของช่างแกะสลัก ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถ
จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นมาได้

- ด้านวิธีดำเนินงาน

เป็นการพัฒนาวิธีดำเนินงาน ให้มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะผลิต ซึ่งสมควรมีการศึกษา
วิจัยค้นคว้าเพื่อหาวิธีการใหม่ๆ เช่น การหาหินชนิดใหม่ๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก และการ
พัฒนาหาเทคนิค และวิธีการใหม่ สำหรับการที่จะนำเอามาใช้ ในการออกแบบ และการแกะสลัก
ตลอดจน การพิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมของเทคนิควิธีต่างๆ

ทั้งนี้ ต้องมีการลงทุนในด้านต่างๆ เช่น การจัดหาอุปกรณ์ และวัสดุที่มีคุณภาพเพื่อนำมาใช้ในการ
ผลิต ซึ่งอาจก่อให้เกิดความสวยงาม และสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นได้

- ด้านเครื่องมือที่ใช้ในการแกะสลัก

ผลจากการศึกษาปรากฏว่า อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแกะสลักหินนั้น ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์พื้นฐาน
อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเอง และบางชิ้นอาจจะยังไม่มี ความเหมาะสมกับงานแกะสลักแต่ละชนิด ซึ่ง
สมควรที่จะต้องมีการศึกษาดำเนินงาน เพื่อศึกษาวิจัยในการที่จะค้นคว้าหา เครื่องมือ และ อุปกรณ์
ใหม่ๆ เช่น การหาหินชนิดใหม่ๆ สำหรับการที่จะนำเอามาใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก และการ
พัฒนาหา เทคนิค และวิธีการ ใหม่ๆ เช่น ขนาดและรูปร่างของหัวแกะสลัก ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับ
จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักงานในรูปแบบต่างๆ เป็นต้น ตลอดจน การพิจารณาคัดเลือกเครื่องมือที่
เหมาะสมสำหรับการที่จะนำเอามาใช้

ทั้งนี้ ในการพิจารณาเลือกใช้ เครื่องมือ และ อุปกรณ์ นั้น ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับ ลักษณะของ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการที่จะผลิต และ วิธีการที่ใช้ในการผลิต จึงจะทำให้สามารถที่จะทำผลิตภัณฑ์ที่มี คุณภาพที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างแท้จริง

2.4) ข้อดีของการนำเอาแร่ดิคไคต์มาใช้แกะสลัก

ดิคไคต์จัดเป็นแร่ที่มีเนื้ออ่อน จึงสามารถที่จะทำการแกะสลัก ลวดลายที่มีความละเอียด และ รูป แกะสลักขนาดเล็กได้ดี นอกจากนั้น ยังแกะสลักได้ง่าย ซึ่งนับว่าช่วยลดความเครียดที่จะเกิดขึ้นต่อผู้ แกะสลัก

3) ความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์ และทางเศรษฐกิจ

ต้นทุนค่าแกะสลัก ราคาจำหน่าย และกำไรที่จะได้รับ

ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ในการทำรูปแกะสลักหินนั้น ต้นทุนค่าแกะสลักส่วนใหญ่ เป็นต้นทุนจากค่าแรงของช่างที่ใช้ในการแกะสลักหิน แต่ต้นทุนในส่วนที่เป็นมูลค่าของหินนั้นมีเพียง เล็กน้อย

ในขณะที่ ราคาจำหน่ายซึ่งผู้ขายตั้งราคาจำหน่ายนั้น ผู้ที่จำหน่ายจะพิจารณาจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น เป็นรูปคน สัตว์ หรือต้นไม้ และขนาดของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ตลอดจน ลักษณะพื้นผิว ลวดลายที่ ปรากฏบนพื้นผิว สีของพื้นผิว และสีของลวดลาย เป็นสำคัญ

เมื่อพิจารณา ด้านผลกำไรที่จะได้รับ จะสามารถพิจารณาได้เป็น 2 ประเด็น คือ กำไรของสถาน ประกอบการ (ตาราง 5.2) และ เงินเดือนค่าจ้างของพนักงานเจ้าหน้าที่

ตาราง 5.2 แสดงกำไรของสถานประกอบการ ที่จะได้รับจากกิจกรรมการผลิต และการจำหน่ายรูป แกะสลัก ซึ่งนำเอาหินมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก

ชนิดของสถานประกอบการ	กิจกรรมที่ทำให้ได้กำไร
เหมืองหิน และเหมืองแร่	การจำหน่ายหิน และแร่
โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์แกะสลักหิน	การจำหน่ายผลิตภัณฑ์แกะสลักที่ได้ผลิตขึ้นมา
ร้านค้า หรือบุคคลที่นำเอาผลิตภัณฑ์ไปจำหน่าย	การจำหน่ายสินค้าที่ทำการแกะสลักหิน
เจ้าของตลาด หรือสถานที่จำหน่ายสินค้า	ค่าเช่าสถานที่ และค่าบริการต่างๆ
โรงงานผลิตเครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการ แกะสลัก	การจำหน่ายเครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการ แกะสลัก

นอกจากนั้น ยังสามารถที่จะทำรายได้ให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้องอีกมากมาย เช่น ผู้ประกอบกิจการด้านการขนส่ง วัตถุดิบ อุปกรณ์ และ ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ผู้จำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับการผลิต และการขนส่ง

4) ประโยชน์จากการพัฒนานำแรดิกโคดมาใช้

ถ้าพิจารณาอย่างรอบคอบแล้ว การพิจารณานำเอาหินดิกโคดมาใช้ประโยชน์ในด้านการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์รูปแกะสลักหินนั้น เป็นแนวทางการดำเนินงานที่สมควรได้รับการ สนับสนุน และส่งเสริม เป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะทำให้ได้รับผลประโยชน์ ทั้งต่อ สถานประกอบการ และบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 3) แล้ว การดำเนินงานยังสามารถที่จะก่อให้เกิดผลดีได้อีกหลายประการ เช่น

4.1) เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

เนื่องจากในปัจจุบัน ดิกโคดได้ถูกนำเอามาใช้ภายในประเทศ โดยการนำเอามาบด และจำหน่ายในราคาเพียง 300-1000 บาท/ตัน เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผสมในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากความเข้าใจผิดที่ว่าเป็นแร่ไฟโรฟิลไลต์ ซึ่งเป็นแร่อีกชนิดหนึ่ง ในขณะที่ดิกโคดเป็นจำนวนมากได้ถูกส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เพื่อที่จะเอาไปใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก ซึ่งเมื่อมีการพิจารณาถึงหลักการด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรแล้ว การดำเนินการดังกล่าวนี้ จึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่ไม่มีความคุ้มค่ากับศักยภาพของทรัพยากร

แต่หากการนำเอาแรดิกโคดมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแกะสลัก โดยมีการส่งเสริมด้านงานศึกษาวิจัย และเผยแพร่ ความรู้ และ ข้อมูล ไปสู่ผู้ประกอบการ ตลอดจนบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้อย่างแท้จริงแล้ว จะสามารถนำเอาแรดิกโคดมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นรูปแกะสลักหินได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Value added) ขึ้น และเป็นการใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่ากับศักยภาพของทรัพยากร

4.2) เป็นการเผยแพร่รูปแบบ และลวดลายศิลปกรรม

รูปแบบ และลวดลาย ด้านศิลปกรรม เป็นส่วนหนึ่งของมรดกทางวัฒนธรรมที่สืบทอดต่อเนื่องกันมา เช่น รูปแบบ และลวดลายไทย หลายชนิด เป็นที่นิยมทั้งในหมู่ของคนไทยด้วยกันเอง และชาวต่างประเทศ ดังนั้นถ้าหาก ได้มีการพิจารณานำเอารูปแบบ และลวดลายเหล่านั้นมาแกะสลักเอาไว้ในผลิตภัณฑ์แกะสลักให้เหมาะสมได้แล้ว ก็อาจจะจำหน่ายผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้ได้ในมูลค่าที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้น ยังเป็นแนวทางหนึ่งในการ อนุรักษ์ และเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมที่ดีงามของประเทศได้อีกทางหนึ่ง

4.3) เป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยว

เนื่องจากประเทศไทย มีแหล่งแรดิกโคईต์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก ดังนั้นหากมีการสืบทอดรูปแบบ และ ลวดลาย ด้านศิลปกรรมแบบต่างๆ รวมทั้งส่งเสริมประชากรจำนวนมากได้ประกอบอาชีพในการทำ ผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ อย่างหลากหลาย ในลักษณะที่เป็นอุตสาหกรรมในท้องถิ่น อย่างเหมาะสม และ จริงจังแล้ว เช่น อาจจะใช้กิจกรรมด้านการแกะสลักแร่และหิน เป็นสิ่งดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เดินทางมา เที่ยวชม และเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่แกะสลักขึ้นมาจากแรดิกโคईต์และหินชนิดอื่น ตลอดจนอาจทำให้ ผลิตภัณฑ์ และผลผลิตอื่นๆ ซึ่งจำหน่ายอยู่ในท้องถิ่นนั้น หรือพื้นที่ใกล้เคียง สามารถที่จะจำหน่ายได้ดี ขึ้นอีกด้วย ถิ่นบ่งว่าเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวได้อีกทางหนึ่ง

มีข้อควรพิจารณาคือ อาจมีการส่งเสริมให้มีการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้รับความรู้เกี่ยวกับการแกะสลักหิน รูปแบบ และลวดลายด้านศิลปกรรมของไทย การส่งเสริมและพัฒนา สถานที่ที่เกี่ยวข้อง เช่น การนำชมเหมืองแรดิกโคईต์ที่ถูกหลักวิชาการ รวมทั้งสถานที่และวิธีการ แกะสลักแร่และหิน เป็นต้น

5.2.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยต่อไป

- 1) ถ้าต้องการทราบว่าแรดิก โคईต์เมื่อเผาแล้วจะเริ่มเปลี่ยน โครงสร้างที่อุณหภูมิเท่าใดอย่างแน่ชัด ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยตั้งอุณหภูมิการเผาให้ถี่มากขึ้นในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 400-500 องศาเซลเซียส แล้วทำการตรวจสอบด้วยเครื่องมือต่างๆ
- 2) ควรศึกษาในเชิงปริมาณว่ามีสัดส่วนระหว่างแรดิกโคईต์ กับแร่ควอตซ์อยู่เท่าใดในแร่เกรดต่างๆ โดยใช้เทคนิคการแยกที่เหมาะสม ศึกษาโดยละเอียดว่ามีผลต่อการเกิด Dehydroxilation อย่างไร
- 3) ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียสขึ้นไป เพื่อให้ทราบพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของแรดิกโคईต์ที่อุณหภูมิสูง แล้วทำการตรวจสอบด้วยเครื่องมือต่างๆ
- 4) ควรใช้เครื่องมือ SEM และ TEM วิเคราะห์ลักษณะของดิกโคईต์หลังการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วย
- 5) การพัฒนาเทคนิค และเทคโนโลยี ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิต โดยให้ครบวงจรหรือทุกด้านที่เกี่ยวข้อง เช่น การทดลองออกแบบลักษณะ และลวดลายของผลิตภัณฑ์ การคัดเลือก หิน ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับที่จะนำมาแกะสลัก ตามแบบต่างๆ ที่ได้ออกแบบขึ้น การทดลอง ประดิษฐ์ คิดค้น เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุต่างๆ เพื่อที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ ให้มีคุณภาพตรงตามความต้องการได้มากขึ้น และการลดความ เสี่ยง และ สูญเสีย ที่เกิดขึ้น
- 6) การศึกษาด้านการตลาด โดยอาจทำการศึกษาทั้งในกรณีของการที่จะจำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ เช่น ความต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบ และสีใด และขนาดของ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

7) ทำการศึกษาถึงต้นทุนและผลตอบแทนในการจัดทำโครงการกลุ่มการผลิตในชุมชนในงาน
แกะสลักแรดิกโคई และวางแผนการดำเนินงานดังกล่าว



บรรณานุกรม

- Bailey, S.W., 1963. Polymorphism of the kaolin minerals. *American Mineralogist*, 48: 1196-1209.
- Balan, E., Allard, T., Morin, G. and Calas G., 2002. Incorporation of Cr^{3+} in dickite: a spectroscopic study. *Physics and Chemistry of Minerals*, 29 (4): 273-9.
- Batten, M., 1957. Stone sculpture by direct carving. New York: The Studio Publications. 96 pp.
- Beaufort, D., Cassagnabere, A., Petit, S., Lanson, B., Berger, G., Lacharpagne, J.C. and Johansen, H., 1998. Kaolinite-to-dickite reaction in sandstone Reservoirs. *Clay Minerals*, 33: 297-316.
- Brindley, G.W., Kao, C.C., Harisson, J.L., Lipsicas, M. and Raythatha, R., 1986. Relations between structural disorder and other characteristics of kaolinites and dickites. *Clays Clay Miner.*, 34: 239-249
- Dera, P., Prewitt, C.T., Japel, S., Bish, D.L. and Johnston, C.T., 2003. Pressure-controlled polytypism in hydrous layered materials. *American Mineralogist*, 8: 1428-143.
- Frost, R.L. and Vassallo, M., 1996. The dehydroxylation of the kaolinite clay minerals using infrared emission spectroscopy. *Clays and Clay Minerals*, 44: 635-651.
- Gaines, R.V., Skinner, H.C.W., Foord, E.E., Mason, B., Rosenzweig, A., 1997. Dana's new mineralogy: The system of mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana. 8th ed. New York; Chichester: Wiley, 1819 pp.
- Girard, J.-P. and Savin, S. M., 1996. Intracrystalline fractionation of oxygen isotopes between hydroxyl and non-hydroxyl sites in kaolinite measured by thermal dehydroxylation and partial fluorination. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 60(3), 469-87.
- Hartman, J.M., 1969. Chinese jade of five centuries. Tokyo: Charles E. Tuttle Companies Publishers. 172 pp.
- <http://ruff.geo.arizona.edu/doclib/hom/dickite.pdf> สืบค้นวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2549
- <http://webmineral.com/data/Dickite.shtml> สืบค้นวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2549
- http://www.crpge.cnrs-nancy.fr/Geostandards/GGR_ms.v03/ms072.html สืบค้นวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2549
- <http://www.free-form.ch/carv.html> สืบค้นวันที่ 28 พ.ค. 49
- <http://www.mindat.org/min-1287.html> สืบค้นวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2548
- <http://www.scielo.org.ar/pdf/laar/v33n1/v33n1a10.pdf> สืบค้นวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2548
- Hutton, H. 1972. Practical gemstone craft. London : Studio Vista, 104 pp.

- Johnston C.T., Wang, S.L., Bish, D.L., Dera, P., Agnew, S.F. and Kenney III, J.W., 2002. Novel pressure-induced phase transformations in hydrous layered materials. *Geophysical Research Letters*, 29:X-1 – X-4.
- Johnston, C. T., Helsen, J., Schoonheydt, R.A., Bish, D.L. and Agnew, A.F., 1998. Single-crystal Raman spectroscopic study of dickite. *American Mineralogist*, 83, 75-84.
- Kerr, P. F. and Kulp, J. L., 1948. Multiple differential thermal analysis. *Am. Mineral.*, 33: 387-419
- Kraus, P.D., 1987. Introduction to Lapidary. Iola, Wisconsin: Krause Publications. 196 pp.
- Liebson, M. 1991. Direct stone sculpture : A guide to technique and creativity. West Chester, Pennsylvania: Schiffer Publishing, Ltd. 160 pp.
- Marumo, K., 1989. Genesis of kaolin minerals and pyrophyllite in kuroko deposits of Japan: implication for the origins of the hydrothermal fluids from mineralogical and stable isotope data. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 53(11), 2915-24.
- Marumo, K., Longstaffe, F., J. and Matsubaya, O., 1995. Stable isotope geochemistry of clay minerals from fossil and active hydrothermal systems, southwestern Hokkaido, Japan. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 59(12), 2545-59.
- Onians, D., 2001. Carving the human figure: Studies in wood and stone. East Sussex: Guild of Master Craftsman Publications Ltd. 165 pp.
- Potts, P.J., 1987. A handbook of silicate rock analysis. London: Blackie. 621 pp.
- Reed, S. J. B., 1996. Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology. Cambridge: Cambridge University Press. 201 pp.
- Reed, S. J. B., 1997. Electron microprobe analysis, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. 326 pp.
- Schroder, 2002 → Shoval, S., Boudeulle, M., Yariv, S., Lapides, I. and Panczer, G., 2001. Micro-Raman and FT-IR spectroscopy study of the thermal transformations of St. Claire dickite. *Optical Materials*, 16(1-2): 319-327.
- Skoog, D.A. and Leary, J.J., 1992. Principles of instrumental analysis. 4th ed. Fort Worth: Saunders College Pub. 700 pp.
- Wertz, E. and Wertz, L., 1994. Handbook of gemstone carving. Suite F Baldwin Park, CA: Gems Guides Book Company. 47 pp.

- Zamama, M. and Knidiri, M., 2000. IR study of dickite-formamide intercalate, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 - \text{H}_2\text{NCOH}$. *Spectrochimica Acta Part A*, 56: 1139-1147.
- กรมทรัพยากรธรณี, 2528. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ราวางจังหวัด พระนครศรีอยุธยา.
- กรมส่งเสริมการค้าส่งออก, 2546. <http://www.thaitrade.com>. สืบค้นวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2548
- งามพิศ เข้มนิยม, 2531. ทรัพยากรแร่ในประเทศไทย. เอกสารกรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ: บริษัท ประชาชนจำกัด, 51 หน้า.
- จุมพล คีนดัก, 2531ก. แหล่งแร่ดินในประเทศไทย. ในการประชุมเหมืองแร่ประจำปี 2531. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิตรเจริญการพิมพ์. หน้า 63-69.
- จุมพล คีนดัก, 2531ข. ทรัพยากรมีค่า : แหล่งทรัพยากรแร่และหิน อุตสาหกรรม. ใน ทรัพยากรในดิน สระบุรี. กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ. หน้า 23-29.
- แม่น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม, 2539. หลักและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์. 886 หน้า.
- สิโรตม์ ศัลยพงษ์, 2539. หินบริเวณจังหวัดนครนายกและพื้นที่ใกล้เคียง. ใน ธรณีวิทยาสังแวดล้อม จังหวัดนครนายกและพื้นที่ใกล้เคียง. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์สมาพันธ์ จำกัด. หน้า 15-37.
- เสรีวัฒน์ สมิษฐ์ปัญญา และชาญชาติ ธรรมครองอาตม์, 2546. แร่ดิกไคต์ในประเทศไทยกับแนวทางในอนาคต : การศึกษาเบื้องต้น. วารสารสิ่งแวดล้อม. 1(1): 17-22.



ภาคผนวก 1

ตารางอธิบายความหมายของรหัสของตัวอย่าง (Sample Identification) ที่ใช้ในการทดลอง

รหัส	ความหมาย
D หรือ d	แร่ดิคไคต์ (Dickite)
A หรือ a	สีครีม
B หรือ b	สีชมพูแดง
C หรือ c	สีเทา
H หรือ h	ผ่านการเผา
_1	ชุดที่ 1
_2	ชุดที่ 2
_3	ชุดที่ 3
1	300°C
2	350°C
3	400°C
4	450°C
5	500°C
6	550°C
7	600°C
8	650°C
9	700°C
10	750°C
11	800°C

ตัวอย่าง

- da1_1 หมายถึง แร่ดิคไคต์สีครีม ก่อนเผาที่อุณหภูมิ 300°C ชุดที่ 1
- DB9_2h หมายถึง แร่ดิคไคต์สีชมพูแดงหลังเผาที่อุณหภูมิ 700°C ชุดที่ 2
- dc5_3H หมายถึง แร่ดิคไคต์สีเทาหลังเผาที่อุณหภูมิ 500°C ชุดที่ 3

ภาคผนวก 2

แบบสัมภาษณ์ช่างแกะสลักแร่/หิน

โครงการความเป็นไปได้ในการพัฒนาแรดิกโคตในจังหวัดสระบุรีมาทำเป็นเครื่องประดับ

ข้อมูลทั่วไปของช่าง

1. ปัจจุบันท่านมีอายุ.....ปี เพศ.....
สถานะภาพการสมรส.....จำนวนบุตร.....คน ธิดา.....คน
2. สถานที่กำเนิด บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ตำบล.....
3. ปัจจุบันท่านพักอาศัยอยู่ที่ บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ตำบล.....
อำเภอ..... จังหวัด.....
4. ท่านทำงานด้านการแกะสลักหินมาแล้ว.....ปี
5. สาเหตุที่ท่านมาประกอบอาชีพนี้ เพราะ.....
6. ท่านเคยประกอบอาชีพใดมาก่อน หรือไม่.....
7. ถ้าท่านเคยประกอบอาชีพอื่นมาก่อน โปรดระบุอาชีพที่ท่านเคยทำเรียงตามลำดับก่อน-หลัง
 - 7.1 ระยะเวลาที่ทำ.....
 - 7.2 ระยะเวลาที่ทำ.....
 - 7.3 ระยะเวลาที่ทำ.....
 - 7.4 ระยะเวลาที่ทำ.....
 - 7.5 ระยะเวลาที่ทำ.....

ให้ถามเครื่องหมาย / ให้ตรงกับหัวข้อที่ท่านเลือก (ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ)

8. ท่านเรียนรู้วิธีการแกะสลักหินมาจากที่ใด
.....บิดา และมารดา
.....บุคคลอื่นในถิ่นกำเนิด
.....บุคคลอื่นในบริเวณที่พักอาศัยปัจจุบัน
.....บุคคลอื่น โปรดระบุ.....
9. การที่ท่านมาเรียนรู้วิธีการแกะสลักหิน เนื่องจากสาเหตุใด
.....ความประสงค์ของบิดา และมารดา
.....ความประสงค์ของผู้ปกครอง โปรดระบุว่าเป็นใคร.....
.....ได้รับคำแนะนำจากสถานศึกษา โปรดระบุว่าเป็นที่ใด.....
.....สาเหตุอื่นๆ โปรดระบุ.....
10. ท่านได้แกะสลักหินประเภทใดมาแล้วบ้าง
.....หินดิ๊กโคต
.....หินอ่อน
.....หินโคโลไมต์

- หินแกรนิต
.....หินทราย
.....หินอื่นๆ โปรดระบุ.....
11. ท่านได้แกะสลักหิน เป็นรูปแกะสลักหินมาแล้ว ประมาณกี่ชิ้น
.....น้อยกว่า 50 ชิ้น
.....51-100 ชิ้น
.....101-500 ชิ้น
.....มากกว่า 500 ชิ้น
12. รูปแกะสลักหินที่ท่านทำมากที่สุด ทำจากหินอะไร
.....หินดิกโคดส์
.....หินอ่อน
.....หินโดโลไมต์
.....หินแกรนิต
.....หินทราย
.....หินอื่นๆ โปรดระบุ.....
13. รูปแกะสลักหินที่ท่านทำมากที่สุด มีขนาดเท่าใด
.....เล็กกว่า 2 นิ้ว
.....2-3 นิ้ว
.....3-6 นิ้ว
.....6-12 นิ้ว
.....12-36 นิ้ว
.....ใหญ่กว่า 36 นิ้ว
14. จากประสบการณ์ของท่าน รูปแกะสลักหินที่สามารถจำหน่ายได้มากที่สุดนั้น ทำมาจากหินอะไร และมีขนาดเท่าใด
ทำจากหิน..... มีขนาด.....

ข้อมูลจากการทดลองแกะสลัก

ให้ท่านเครื่องหมาย/ให้ตรงกับหัวข้อที่ท่านเลือก

1. หินชนิดใดมีเนื้อ แข็งที่สุด
.....หินดิกโคดส์
.....หินอ่อน
.....หินโดโลไมต์
2. หินชนิดใดมีเนื้ออ่อนที่สุด
.....หินดิกโคดส์
.....หินอ่อน
.....หินโดโลไมต์
3. หินชนิดใดมีความเปราะมากที่สุด

- หินคิกไค้
- หินอ่อน
- หินโคโลไมต์
4. หินชนิดใดมีความเปราะน้อยที่สุด
- หินคิกไค้
- หินอ่อน
- หินโคโลไมต์
5. หินประเภทใดสมควรที่จะนำเอามาแกะสลักเป็นรูปคน
- หินคิกไค้
- หินอ่อน
- หินโคโลไมต์
- ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักเลขทุกประเภท
- เพราะอะไร.....
-
-
- ในกรณีที่ท่านตอบว่า **ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักเลขทุกประเภท**
- ท่านคิดว่าหินประเภทใดสมควรนำมาแกะสลักเป็นรูปคน.....
- เพราะอะไร.....
-
-
6. หินประเภทใดสมควรที่จะนำเอามาแกะสลักเป็นรูปสัตว์
- หินคิกไค้
- หินอ่อน
- หินโคโลไมต์
- ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักเลขทุกประเภท
- เพราะอะไร.....
-
-
- ในกรณีที่ท่านตอบว่า **ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักเลขทุกประเภท**
- ท่านคิดว่าหินประเภทใดสมควรนำมาแกะสลักเป็นรูปสัตว์.....
- เพราะอะไร.....
-
-
7. หินประเภทใดสมควรที่จะนำเอามาแกะสลักเป็นรูปพืชพรรณ
- หินคิกไค้
- หินอ่อน
- หินโคโลไมต์
- ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักเลขทุกประเภท
- เพราะอะไร.....
-
-

ในกรณีที่ท่านตอบว่า **ไม่มีความเหมาะสมที่จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักเลยทุกประเภท**

ท่านคิดว่าหินประเภทใดสมควรนำมาแกะสลักเป็นรูปพืชพรรณ.....

เพราะอะไร.....

.....

8. ถ้าจะพัฒนาหินดิคโคด เพื่อนำเอามาใช้ในการแกะสลักรูปสลักหิน ท่านคิดว่าสมควรที่จะนำเอามาแกะสลักให้เป็นรูปอะไร จึงจะมีความเหมาะสม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

.....คน

.....สัตว์

.....พืชพรรณ

.....ได้ทั้งคน สัตว์ และพืชพรรณ

.....ไม่เหมาะสมที่จะนำเอามาแกะสลัก

.....อื่นๆ โปรดระบุ.....

.....

9. โปรดระบุเหตุผล ในกรณีที่ท่านตอบในข้อ 8 ว่า

เหมาะสม เพราะอะไร.....

.....

และไม่เหมาะสม เพราะอะไร.....

.....

10. ท่านคิดว่า หินดิคโคดสมควรที่จะนำเอามาแกะสลักให้เป็นผลิตภัณฑ์ ในลักษณะใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

.....ลอยตัว

.....นูนสูง

.....ลายเส้น

.....นูนต่ำ

.....ได้ทุกลักษณะ

.....ไม่มีความเหมาะสมเลย

11. ในกรณีที่ท่านเห็นว่าดิคโคดสามารถที่จะนำเอามาใช้ในการแกะสลักได้ ท่านคิดว่าขนาดของรูปแกะสลักสมควรที่จะมีขนาดเท่าใดจึงจะเป็นที่นิยมสูงสุด ให้ตอบโดยเรียงตามลำดับ ดังนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด

.....เล็กกว่า 2 นิ้ว

.....2-3 นิ้ว

.....3-6 นิ้ว

.....6-12 นิ้ว

.....12-36 นิ้ว

.....ใหญ่กว่า 36 นิ้ว

12. ท่านคิดว่า คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหินดิกโคทด้านใดที่สามารถจะดึงดูดใจให้บุคคลพิจารณานำเอารูป
แกะสลักหินที่ทำจากดิกโคทไปใช้ประโยชน์ ให้ตอบโดยเรียงตามลำดับ ดังนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด
.....ราคาถูกกว่าผลิตภัณฑ์ที่แกะสลักจากหินชนิดอื่น
.....ความสวยงาม
.....ความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร
.....สามารถแกะสลักลวดลายที่มีความละเอียดได้ง่าย
.....เมื่อนำเอามาขัดแล้วจะมีความเงาวาววาม สะอาดตา และแลดูมีคุณค่า
.....อื่นๆ โปรดระบุ.....
13. ท่านคิดว่า คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหินดิกโคทด้านใดที่จะขัดขวางไม่ให้นำบุคคลพิจารณานำเอารูป
แกะสลักหินที่ทำจากดิกโคทไปใช้ประโยชน์ ให้ตอบโดยเรียงตามลำดับ ดังนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด
.....ราคาถูกกว่าผลิตภัณฑ์ที่แกะสลักจากหินชนิดอื่น
.....ความสวยงาม
.....ความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร
.....สามารถแกะสลักลวดลายที่มีความละเอียดได้ง่าย
.....เมื่อนำเอามาขัดแล้วจะมีความเงาวาววาม สะอาดตา และแลดูมีคุณค่า
.....อื่นๆ โปรดระบุ.....
14. หินประเภทใดที่เมื่อนำเอามาขัดเงาแล้ว จะขึ้นเงา และมีความสวยงามที่สุด ให้ตอบ โดยเรียงตามลำดับ
ดังนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
1 = น้อยที่สุด 2 = ปานกลาง 3 = มากที่สุด
.....หินดิกโคท
.....หินอ่อน
.....หินโกลไมต์
.....อื่นๆ โปรดระบุ.....
15. เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างหินทั้ง 3 ประเภท หินประเภทใดมีเนื้อเรียบสม่ำเสมอมากที่สุด
.....หินดิกโคท
.....หินอ่อน
.....หินโกลไมต์
16. เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างหินทั้ง 3 ประเภท หินประเภทใดมีเนื้อเรียบสม่ำเสมอที่น้อยที่สุด
.....หินดิกโคท
.....หินอ่อน
.....หินโกลไมต์

ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการแกะสลัก

ให้กาเครื่องหมาย / ให้ตรงกับหัวข้อที่ท่านเลือก

1. ท่านใช้เครื่องมือประเภทใดบ้างในการทำรูปแกะสลัก

.....เครื่องมือประเภทเดียวกันกับที่ช่างทั่วไปใช้

โปรดระบุ.....

.....
.....
.....

.....เครื่องมือที่จัดสร้าง หรือสั่งทำเป็นพิเศษ

โปรดระบุ.....

.....
.....
.....

2. ท่านคิดว่าเครื่องมือดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพที่เพียงพอสำหรับการทำงานหรือไม่

.....เพียงพอ

.....ไม่เพียงพอ

3. ถ้าต้องการแกะสลักลวดลายที่มีความละเอียดมากขึ้น จะสามารถดำเนินงานได้อย่างไร

ให้ตอบโดยเรียงตามลำดับ ดังนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

1 = น้อยที่สุด 2 = ปานกลาง 3 = มากที่สุด

.....ปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องมือ

.....ปรับปรุงวิธีการดำเนินงาน

.....ไม่จำเป็นที่จะต้องดำเนินงานอะไร

.....อื่นๆ โปรดระบุ.....

.....
4. ถ้าต้องการแกะสลักลวดลายที่มีความละเอียดมากขึ้น จะสามารถดำเนินงานได้อย่างไร
ให้ตอบโดยเรียงตามลำดับ ดังนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

1 = น้อยที่สุด 2 = ปานกลาง 3 = มากที่สุด

.....ปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องมือ

.....ปรับปรุงวิธีการดำเนินงาน

.....ไม่จำเป็นที่จะต้องดำเนินงานอะไร

.....อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. ข้อเสนอแนะอื่นๆ.....

.....
.....

ภาคผนวก 3

แบบสำรวจความนิยมผลิตภัณฑ์แกะสลักจาก แร่ดิกโคต์ หินอ่อน และหินโดโลไมต์
สำหรับโครงการวิจัยเรื่อง “ความเป็นไปได้ในการพัฒนาแร่ดิกโคต์ในจังหวัดสระบุรี มาทำ
เป็นเครื่องประดับ”

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้อมูลผู้ทำแบบสำรวจ

อายุ.....ปี เพศ..... อาชีพ.....
ท่านรู้จักแร่ดิกโคต์มาก่อนหรือไม่ ☐ รู้จัก ☐ ไม่รู้จัก
ท่านรู้จักหินโดโลไมต์มาก่อนหรือไม่ ☐ รู้จัก ☐ ไม่รู้จัก
ท่านรู้จักหินอ่อนมาก่อนหรือไม่ ☐ รู้จัก ☐ ไม่รู้จัก
ท่านมีความสนใจในงานแกะสลักหรือไม่ ☐ รู้จัก ☐ ไม่รู้จัก

1. ท่านมีความรู้สึกชอบในหมายเลขใด (จากมากไปน้อย)

1. 2. 3.
4. 5. 6.
7. 8. 9.

2. เมื่อเปรียบเทียบแล้วท่านมีความเห็นว่าชิ้นใดควรมีราคามากที่สุด

1. 2. 3.
4. 5. 6.
7. 8. 9.

3. ท่านคิดว่าแร่ดิกโคต์เหมาะสมที่จะนำมาแกะสลักหรือไม่ ☐ เหมาะสม ☐ ไม่เหมาะสม

4. ท่านคิดว่าแร่ดิกโคต์ควรนำมาใช้แกะสลักในแบบและขนาดใด

- ☐ งานประติมากรรมขนาดใหญ่ (ใหญ่กว่า 3 เมตร)
☐ งานแกะสลักขนาดกลางเพื่อประดับบ้าน (30 เซนติเมตร - 3 เมตร)
☐ งานแกะสลักขนาดเล็กจำพวกของฝากของชำร่วย (เล็กกว่า 30 เซนติเมตร)
☐ เครื่องประดับ (2-4 เซนติเมตร)

5. ลักษณะของการแกะสลัก (เรียงลำดับตามความสำคัญ 1-4 จากมากไปน้อย)

- งานลอยตัว
 - ลายเส้น
 - นูนต่ำ
 - นูนสูง
6. ควรแกะสลักรูปใด (เรียงลำดับตามความสำคัญ 1-4 จากมากไปน้อย)
- คน
 - พืช
 - สัตว์
 - สิ่งของ
7. หินชนิดใดสมควรที่จะนำมาแกะสลักมากที่สุด (จากข้อมูลข้อ 5 และข้อ 6)
- ดิกโคด
 - หินอ่อน
 - หินโพลีไมต์

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณครับ

ภาคผนวก 4

แบบสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์แกะสลัก แร่ดิกโคด หินอ่อน และหินโดโลไมต์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามนี้จะนำไปใช้ประกอบในโครงการวิจัยเรื่อง “ความเป็นไปได้ในการพัฒนาแรดิกโคดในจังหวัดสระบุรีมาทำเป็นเครื่องประดับ”

ข้อมูลผู้ทำแบบสำรวจ

อายุ.....ปี เพศ.....การศึกษาสูงสุด.....สาขา.....

ท่านประกอบอาชีพจำหน่ายหินแกะสลักมานานกี่ปี.....

ชื่อร้าน.....ที่อยู่.....

ท่านรู้จักแรดิกโคดมาก่อนหรือไม่ ☐ รู้จัก ☐ ไม่รู้จัก

ท่านรู้จักหินโดโลไมต์มาก่อนหรือไม่ ☐ รู้จัก ☐ ไม่รู้จัก

ท่านรู้จักหินอ่อนมาก่อนหรือไม่ ☐ รู้จัก ☐ ไม่รู้จัก

ท่านมีความสนใจในงานแกะสลักหรือไม่ ☐ สนใจ ☐ ไม่สนใจ

ข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงาน

1. ท่านมีความรู้สึกชอบในหินชนิดใด (เดิมหมายเลข 1=มาก 2=ปานกลาง 3=น้อย)

รูปหน้าผู้หญิงนูนต่ำ

แรดิกโคด..... หินโดโลไมต์..... หินอ่อน.....

พระสังกัจจาย

แรดิกโคด..... หินโดโลไมต์..... หินอ่อน.....

ม้า

แรดิกโคด..... หินโดโลไมต์..... หินอ่อน.....

2. เมื่อเปรียบเทียบแล้วท่านมีความเห็นว่าหินใดควรมีราคามากที่สุด (เดิมหมายเลขในแต่ละชุด 1=มาก 2=ปานกลาง 3=น้อย)

แรดิกโคด

รูปหน้าผู้หญิงนูนต่ำ.....โปรดประเมินราคา.....บาท

พระสังกัจจาย.....โปรดประเมินราคา.....บาท

ม้า.....โปรดประเมินราคา.....บาท

หินโดโลไมต์

รูปหน้าผู้หญิงนูนต่ำ.....โปรดประเมินราคา.....บาท

พระสังกัจจาย.....โปรดประเมินราคา.....บาท

ม้า.....โปรดประเมินราคา.....บาท

หินอ่อน

รูปหน้าผู้หญิงนูนต่ำ.....โปรดประเมินราคา.....บาท

พระสังกระยา.....โปรดประเมินราคา.....บาท
ม้า.....โปรดประเมินราคา.....บาท

3. ท่านคิดว่าแรดิกโคดเหมาะสมที่จะนำมาแกะสลักหรือไม่

☐ เหมาะสม ☐ ไม่เหมาะสม

4. ท่านคิดว่าแรดิกโคดควรนำมาใช้แกะสลักในแบบใด (เลือกได้ 1 รายการ)

☐ งานประติมากรรมขนาดใหญ่ (ใหญ่กว่า 3 เมตร) เพราะ.....

☐ งานแกะสลักขนาดกลางเพื่อประดับบ้าน (30 เซนติเมตร - 3 เมตร) เพราะ.....

☐ งานแกะสลักขนาดเล็กจำพวกของฝากของชำร่วย (เล็กกว่า 30 เซนติเมตร) เพราะ....

☐ เครื่องประดับ (2-4 เซนติเมตร) เพราะ.....

5. ลักษณะของการแกะสลักแรดิกโคด (เรียงลำดับความสำคัญ โดยเต็มหมายเลข

1=มากที่สุด 2=มาก 3=ปานกลาง 4=น้อย)

☐ งานลอยตัว

☐ ลายเส้น

☐ นูนต่ำ

☐ นูนต่ำ

6. รูปที่สมควรนำมาแกะสลักแรดิกโคด (เรียงลำดับความสำคัญ โดยเต็มหมายเลข

1=มากที่สุด 2=มาก 3=ปานกลาง 4=น้อย)

☐ คน

☐ พืช

☐ สัตว์

☐ สิ่งของ

7. หินชนิดใดสมควรที่จะนำมาแกะสลักมากที่สุด (เต็มหมายเลข 1=มาก 2=ปานกลาง 3=น้อย)

☐ ดิกโคด

☐ หินอ่อน

☐ หินโคโลไมต์

8. หากท่านจะจำหน่าย ผลิตภัณฑ์แกะสลัก ท่านคิดว่าจะใช้หินชนิดใดจำหน่าย มากที่สุด(เต็มหมายเลข 1=มาก 2=ปานกลาง 3=น้อย)

☐ ดิกโคด

☐ หินอ่อน

☐ หินโคโลไมต์

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....
.....
.....
.....

ขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก 5

ตารางแสดงค่าดัชนีหักเห (RI) และความถ่วงจำเพาะ (SG)

ของแรดิกไตต์ ก่อนและหลังเผา ที่อุณหภูมิต่างๆ

ตาราง A-1 แสดงค่าดัชนีหักเหของแร่ Dickite สีครีม (DA) ก่อนเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ถึง 800 °C

Sample	อุณหภูมิ (°C)	RI ₁	RI ₂	RI ₃	RI ₄	RI ₅	RI ₆	RI _{Av}	SG	น้ำหนัก (g)
DA1 1	300	1.227	1.21	1.264	1.238	1.22	1.217	1.2293	2.6273	19.23
DA1 2	300	1.274	1.265	1.245	1.29	1.264	1.237	1.2625	2.6145	18.9
DA1 3	300	1.272	1.279	1.283	1.236	1.244	1.254	1.2613	2.6143	30.728
DA2 1	350	1.301	1.292	1.261	1.301	1.293	1.275	1.2872	2.6128	31.839
DA2 2	350	1.247	1.212	1.293	1.236	1.269	1.246	1.2505	2.6643	31.917
DA2 3	350	1.359	1.325	1.285	1.232	1.3	1.266	1.2945	2.6106	26.19
DA3 1	400	1.249	1.257	1.258	1.235	1.242	1.259	1.25	2.6185	26.441
DA3 2	400	1.234	1.213	1.23	1.241	1.243	1.253	1.2356	2.6173	32.943
DA3 3	400	1.253	1.245	1.288	1.252	1.314	1.254	1.2676	2.6095	42.422
DA4 1	450	1.242	1.252	1.278	1.284	1.251	1.295	1.267	2.6015	15.557
DA4 2	450	1.254	1.245	1.262	1.276	1.299	1.293	1.2715	2.6074	22.361
DA4 3	450	1.219	1.226	1.241	1.227	1.23	1.211	1.2256	2.6082	25.576
DA5 1	500	1.236	1.208	1.259	1.212	1.236	1.216	1.2278	2.6068	15.354
DA5 2	500	1.301	1.359	1.25	1.354	1.257	1.311	1.3053	2.6105	29.72
DA5 3	500	1.248	1.212	1.218	1.272	1.215	1.244	1.2348	2.6112	25.673
DA6 1	550	1.31	1.368	1.297	1.307	1.315	1.313	1.3183	2.6073	17.307
DA6 2	550	1.296	1.257	1.272	1.273	1.276	1.261	1.2725	2.5934	19.196
DA6 3	550	1.271	1.25	1.218	1.228	1.289	1.312	1.2613	2.5994	11.562
DA7 1	600	1.233	1.343	1.262	1.28	1.294	1.277	1.2815	2.5999	20.243
DA7 2	600	1.283	1.234	1.274	1.278	1.261	1.284	1.269	2.6091	17.888
DA7 3	600	1.263	1.253	1.246	1.265	1.268	1.306	1.2668	2.6058	20.289
DA8 1	650	1.244	1.27	1.268	1.248	1.27	1.31	1.2683	2.6137	20.69
DA8 2	650	1.24	1.262	1.248	1.234	1.245	1.251	1.2466	2.6061	22.905
DA8 3	650	1.281	1.244	1.334	1.286	1.212	1.272	1.2715	2.6092	20.863
DA9 1	700	1.266	1.31	1.325	1.25	1.307	1.245	1.2838	2.6109	25.683
DA9 2	700	1.284	1.27	1.217	1.214	1.288	1.273	1.2576	2.6089	15.082
DA9 3	700	1.242	1.267	1.252	1.266	1.283	1.249	1.2387	2.6093	19.045
DA10 1	750	1.226	1.226	1.246	1.221	1.255	1.221	1.2325	2.5847	22.593
DA10 2	750	1.252	1.273	1.279	1.279	1.285	1.263	1.2718	2.6101	33.383
DA10 3	750	1.404	1.25	1.289	1.282	1.325	1.308	1.3096	2.6082	24.288
DA11 1	800	1.335	1.276	1.32	1.369	1.278	1.273	1.3085	2.611	22.504
DA11 2	800	1.251	1.24	1.265	1.216	1.218	1.222	1.2353	2.6116	20.352
DA11 3	800	1.334	1.32	1.236	1.303	1.286	1.268	1.2912	2.603	16.256

หมายเหตุ ค่าดัชนีหักเห (RI) ของตัวอย่าง มี 6 ค่า (RI₁-RI₆) ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างเป็นรูปกล่อง มี 6 ด้าน ดังนั้นจึงถูกนำไปหาค่าดัชนีหักเห ทั้ง 6 ด้าน

ตารางที่ A-2 แสดงค่าดัชนีหักเหของแร่ Dickite สีแดง (DB) ก่อนเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ถึง 800°C

Sample	อุณหภูมิ (°C)	RI ₁	RI ₂	RI ₃	RI ₄	RI ₅	RI ₆	RI _{Av}	SG	น้ำหนัก (g)
DB1_1	300	1.215	1.232	1.221	1.222	1.231	1.229	1.226	2.6125	15.346
DB1_2	300	1.216	1.241	1.213	1.216	1.254	1.218	1.2263	2.6146	26.855
DB1_3	300	1.205	1.212	1.225	1.226	1.241	1.222	1.2218	2.6085	30.59
DB2_1	350	1.231	1.221	1.238	1.244	1.252	1.277	1.2438	2.6116	24.241
DB2_2	350	1.232	1.228	1.221	1.229	1.263	1.23	1.2338	2.6089	28.474
DB2_3	350	1.232	1.209	1.257	1.269	1.272	1.286	1.2542	2.612	29.947
DB3_1	400	1.219	1.235	1.212	1.23	1.221	1.244	1.2268	2.6122	26.898
DB3_2	400	1.257	1.21	1.212	1.209	1.213	1.201	1.217	2.6148	24.401
DB3_3	400	1.229	1.226	1.231	1.209	1.226	1.221	1.2236	2.6137	33.821
DB4_1	450	1.238	1.262	1.236	1.23	1.241	1.255	1.245	2.611	26.434
DB4_2	450	1.217	1.254	1.222	1.25	1.214	1.245	1.2336	2.5635	20.493
DB4_3	450	1.241	1.291	1.27	1.284	1.272	1.263	1.2702	2.61	24.028
DB5_1	500	1.21	1.225	1.212	1.205	1.249	1.269	1.2283	2.6116	31.58
DB5_2	500	1.227	1.212	1.262	1.214	1.278	1.256	1.2415	2.612	41.043
DB5_3	500	1.234	1.21	1.257	1.245	1.217	1.227	1.2316	2.6155	52.603
DB6_1	550	1.226	1.227	1.221	1.211	1.221	1.216	1.2203	2.6113	23.374
DB6_2	550	1.262	1.213	1.245	1.252	1.262	1.248	1.247	2.6093	20.379
DB6_3	550	1.216	1.224	1.208	1.208	1.232	1.246	1.2223	2.6129	23.443
DB7_1	600	1.227	1.246	1.251	1.238	1.256	1.247	1.2442	2.6135	28.733
DB7_2	600	1.213	1.247	1.21	1.236	1.204	1.233	1.2238	2.6112	28.621
DB7_3	600	1.22	1.215	1.211	1.213	1.209	1.204	1.212	2.6107	32.866
DB8_1	650	1.218	1.207	1.206	1.239	1.275	1.249	1.2323	2.6123	30.052
DB8_2	650	1.214	1.228	1.226	1.216	1.211	1.209	1.2173	2.6087	26.452
DB8_3	650	1.241	1.229	1.232	1.209	1.232	1.252	1.2325	2.6115	30.103
DB9_1	700	1.266	1.225	1.224	1.241	1.224	1.265	1.2408	2.6101	34.576
DB9_2	700	1.222	1.244	1.243	1.317	1.255	1.284	1.2608	2.6031	38.201
DB9_3	700	1.221	1.263	1.276	1.248	1.352	1.242	1.267	2.6027	26.865
DB10_1	750	1.229	1.22	1.231	1.255	1.234	1.257	1.2376	2.6042	24.878
DB10_2	750	1.228	1.306	1.206	1.21	1.223	1.289	1.2436	2.6056	22.786
DB10_3	750	1.22	1.22	1.221	1.234	1.227	1.216	1.2212	2.6065	23.959
DB11_1	800	1.257	1.219	1.23	1.207	1.264	1.218	1.2325	2.594	20.897
DB11_2	800	1.213	1.217	1.222	1.232	1.214	1.208	1.2176	2.6058	31.465
DB11_3	800	1.244	1.221	1.231	1.221	1.271	1.225	1.2355	2.6116	43.838

ตารางที่ A-3 แสดงค่าดัชนีหักเหของแร่ Dickite สีเทา (DC) ก่อนเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ถึง 800°C

Sample	อุณหภูมิ (°C)	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI _{Av}	SG	น้ำหนัก (g)
DC1_1	300	1.22	1.226	1.219	1.221	1.217	1.233	1.2193	2.6278	39.105	
DC1_2	300	1.221	1.232	1.221	1.222	1.231	1.229	1.226	2.6233	20.527	
DC1_3	300	1.217	1.22	1.215	1.219	1.218	1.213	1.217	2.6275	42.88	
DC2_1	350	1.218	1.234	1.223	1.225	1.222	1.217	1.2232	2.6255	19.242	
DC2_2	350	1.216	1.216	1.22	1.227	1.228	1.225	1.222	2.6355	25.285	
DC2_3	350	1.219	1.223	1.221	1.217	1.218	1.231	1.2215	2.6284	21.387	
DC3_1	400	1.216	1.217	1.213	1.211	1.217	1.215	1.2148	2.6275	28.12	
DC3_2	400	1.214	1.219	1.216	1.229	1.241	1.214	1.2222	2.6239	37.889	
DC3_3	400	1.211	1.221	1.22	1.228	1.214	1.227	1.2202	2.6274	47.395	
DC4_1	450	1.221	1.212	1.224	1.218	1.219	1.211	1.2175	2.6068	35.053	
DC4_2	450	1.234	1.225	1.224	1.221	1.224	1.224	1.2253	2.5973	24.583	
DC4_3	450	1.219	1.217	1.22	1.222	1.22	1.224	1.2203	2.6252	35.151	
DC5_1	500	1.229	1.24	1.225	1.239	1.227	1.226	1.231	2.5835	36.283	
DC5_2	500	1.228	1.222	1.225	1.22	1.232	1.229	1.226	2.5855	23.792	
DC5_3	500	1.236	1.231	1.224	1.233	1.22	1.222	1.2276	2.6189	33.765	
DC6_1	550	1.275	1.241	1.266	1.262	1.293	1.261	1.2663	2.6109	17.522	
DC6_2	550	1.222	1.218	1.225	1.229	1.219	1.223	1.2226	2.6247	48.94	
DC6_3	550	1.226	1.221	1.224	1.222	1.229	1.242	1.2273	2.5904	15.9	
DC7_1	600	1.235	1.218	1.222	1.226	1.24	1.227	1.228	2.6227	42.215	
DC7_2	600	1.222	1.229	1.231	1.219	1.229	1.233	1.2272	2.6095	24.923	
DC7_3	600	1.221	1.223	1.218	1.225	1.226	1.22	1.2222	2.6069	14.187	
DC8_1	650	1.233	1.233	1.225	1.239	1.232	1.224	1.231	2.5969	24.029	
DC8_2	650	1.225	1.223	1.226	1.223	1.223	1.224	1.224	2.5895	27.48	
DC8_3	650	1.232	1.227	1.233	1.222	1.232	1.22	1.2276	2.6239	44.706	
DC9_1	700	1.224	1.253	1.232	1.228	1.222	1.227	1.231	2.6245	40.658	
DC9_2	700	1.225	1.22	1.229	1.219	1.227	1.253	1.2288	2.6135	30.536	
DC9_3	700	1.229	1.253	1.233	1.237	1.217	1.227	1.2366	2.6103	21.783	
DC10_1	750	1.218	1.218	1.216	1.218	1.217	1.219	1.2176	2.623	30.327	
DC10_2	750	1.222	1.223	1.226	1.234	1.228	1.236	1.2282	2.623	38.459	
DC10_3	750	1.222	1.224	1.221	1.221	1.214	1.215	1.2195	2.6166	30.086	
DC11_1	800	1.228	1.235	1.216	1.225	1.223	1.229	1.226	2.6085	32.348	
DC11_2	800	1.235	1.238	1.246	1.235	1.25	1.24	1.2406	2.6078	30.159	
DC11_3	800	1.225	1.218	1.223	1.221	1.224	1.233	1.2223	2.6222	22.509	

ตารางที่ A-4 แสดงค่าดัชนีหักเหของแร่ Dickite สีครีม (DA) หลังเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ถึง 800°C

Sample	อุณหภูมิ (°C)	RI ₁	RI ₂	RI ₃	RI ₄	RI ₅	RI ₆	RI _{Av}	SG	น้ำหนัก (g)
DA1_1	300	1.253	1.221	1.215	1.225	1.233	1.273	1.2366	2.6069	19.21
DA1_2	300	1.289	1.243	1.262	1.265	1.237	1.275	1.2618	2.6102	18.882
DA1_3	300	1.318	1.246	1.319	1.285	1.248	1.268	1.2806	2.6086	29.918
DA2_1	350	1.32	1.32	1.28	1.325	1.313	1.296	1.309	2.6102	30.999
DA2_2	350	1.246	1.213	1.29	1.238	1.269	1.262	1.253	2.6096	31.107
DA2_3	350	1.298	1.293	1.387	1.294	1.323	1.233	1.3046	2.608	25.36
DA3_1	400	1.252	1.253	1.281	1.238	1.265	1.284	1.2622	2.6113	25.591
DA3_2	400	1.241	1.241	1.225	1.214	1.264	1.247	1.2386	2.6157	32.123
DA3_3	400	1.279	1.258	1.316	1.232	1.259	1.31	1.2756	2.6066	41.612
DA4_1	450	1.278	1.269	1.285	1.285	1.251	1.283	1.2753	2.5575	15.542
DA4_2	450	1.317	1.271	1.288	1.258	1.264	1.249	1.2745	2.5924	22.269
DA4_3	450	1.245	1.286	1.239	1.231	1.263	1.233	1.2495	2.5963	25.485
DA5_1	500	1.442	1.411	1.418	1.392	1.421	1.396	1.4133	2.2781	13.573
DA5_2	500	1.49	1.506	1.425	1.439	1.487	1.477	1.4707	2.346	26.648
DA5_3	500	1.395	1.442	1.427	1.378	1.4	1.411	1.4088	2.3986	23.746
DA6_1	550	1.481	1.48	1.467	1.489	1.501	1.506	1.4873	2.2346	15.059
DA6_2	550	1.472	1.466	1.484	1.463	1.485	1.461	1.4718	2.2437	16.709
DA6_3	550	1.428	1.472	1.441	1.438	1.515	1.487	1.4635	2.262	10.066
DA7_1	600	1.437	1.484	1.462	1.462	1.466	1.477	1.4647	2.2288	17.53
DA7_2	600	1.503	1.502	1.514	1.451	1.504	1.496	1.495	2.2327	15.495
DA7_3	600	1.505	1.481	1.473	1.496	1.497	1.501	1.4922	2.2523	17.575
DA8_1	650	1.475	1.421	1.505	1.461	1.502	1.529	1.4821	2.2603	17.872
DA8_2	650	1.433	1.475	1.476	1.456	1.478	1.459	1.4628	2.2489	19.793
DA8_3	650	1.527	1.506	1.517	1.461	1.453	1.484	1.4913	2.2528	18.036
DA9_1	700	1.482	1.498	1.53	1.512	1.455	1.53	1.5012	2.262	22.17
DA9_2	700	1.433	1.509	1.499	1.425	1.502	1.501	1.4782	2.2764	13.019
DA9_3	700	1.483	1.489	1.494	1.471	1.523	1.495	1.4925	2.2379	16.446
DA10_1	750	1.485	1.43	1.464	1.444	1.454	1.454	1.4552	2.3134	19.507
DA10_2	750	1.468	1.511	1.518	1.513	1.519	1.497	1.5043	2.3062	28.791
DA10_3	750	1.486	1.493	1.465	1.57	1.521	1.536	1.5118	2.3025	20.953
DA11_1	800	1.514	1.555	1.568	1.555	1.526	1.509	1.5378	2.3472	19.388
DA11_2	800	1.506	1.476	1.48	1.461	1.454	1.455	1.472	2.3132	17.535
DA11_3	800	1.483	1.54	1.559	1.545	1.51	1.498	1.5225	2.2903	14.012

ตารางที่ A-5 แสดงค่าดัชนีหักเหของแร่ Dickite สีแดง (DB) หลังเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ถึง 800°C

Sample	อุณหภูมิ (°C)	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI ₁	RI _{Av}	SG	น้ำหนัก (g)
DB1_1	300	1.231	1.233	1.225	1.214	1.237	1.227	1.2278	2.5876	15.321
DB1_2	300	1.222	1.2552	1.224	1.235	1.257	1.258	1.2413	2.6063	26.793
DB1_3	300	1.211	1.22	1.236	1.23	1.243	1.229	1.2282	2.602	30.522
DB2_1	350	1.251	1.241	1.222	1.238	1.261	1.276	1.2482	2.6011	24.159
DB2_2	350	1.247	1.258	1.239	1.244	1.239	1.232	1.2432	2.5778	28.425
DB2_3	350	1.237	1.252	1.25	1.275	1.284	1.217	1.2525	2.6042	29.888
DB3_1	400	1.22	1.232	1.222	1.244	1.231	1.25	1.2332	2.6088	26.858
DB3_2	400	1.232	1.226	1.215	1.216	1.208	1.223	1.22	2.6076	24.355
DB3_3	400	1.243	1.23	1.234	1.216	1.23	1.223	1.2293	2.6085	33.775
DB4_1	450	1.262	1.318	1.268	1.269	1.289	1.254	1.2766	2.5903	26.273
DB4_2	450	1.258	1.259	1.265	1.25	1.265	1.224	1.2535	2.5844	20.355
DB4_3	450	1.282	1.286	1.275	1.294	1.301	1.256	1.2823	2.5763	23.748
DB5_1	500	1.352	1.353	1.375	1.403	1.391	1.387	1.3768	2.3796	28.765
DB5_2	500	1.361	1.342	1.385	1.307	1.396	1.418	1.3682	2.4284	38.079
DB5_3	500	1.338	1.376	1.367	1.35	1.362	1.342	1.3558	2.4473	49.673
DB6_1	550	1.387	1.417	1.407	1.403	1.434	1.429	1.4128	2.3644	20.779
DB6_2	550	1.433	1.428	1.445	1.469	1.445	1.466	1.4477	2.2554	17.728
DB6_3	550	1.392	1.402	1.389	1.394	1.421	1.405	1.4005	2.2674	20.409
DB7_1	600	1.438	1.439	1.428	1.422	1.442	1.438	1.4345	2.2579	24.864
DB7_2	600	1.399	1.44	1.411	1.446	1.394	1.413	1.4172	2.2451	24.769
DB7_3	600	1.415	1.418	1.421	1.452	1.438	1.434	1.4297	2.2752	28.472
DB8_1	650	1.419	1.428	1.42	1.431	1.447	1.464	1.4348	2.282	25.905
DB8_2	650	1.439	1.425	1.438	1.444	1.441	1.416	1.4338	2.3589	23.325
DB8_3	650	1.456	1.451	1.454	1.478	1.441	1.463	1.4571	2.2847	26.018
DB9_1	700	1.456	1.467	1.483	1.443	1.475	1.464	1.4647	2.305	29.857
DB9_2	700	1.427	1.487	1.438	1.419	1.449	1.461	1.4468	2.3382	33.317
DB9_3	700	1.462	1.438	1.456	1.483	1.439	1.506	1.464	2.2684	23.179
DB10_1	750	1.428	1.429	1.415	1.452	1.429	1.422	1.4292	2.3062	21.457
DB10_2	750	1.44	1.446	1.452	1.439	1.417	1.476	1.445	2.3572	20.09
DB10_3	750	1.478	1.433	1.474	1.471	1.491	1.488	1.4725	2.3136	20.718
DB11_1	800	1.445	1.473	1.457	1.441	1.451	1.461	1.4546	2.36	18.167
DB11_2	800	1.48	1.486	1.486	1.507	1.5	1.482	1.4902	2.3292	27.12
DB11_3	800	1.471	1.467	1.459	1.478	1.456	1.472	1.4672	2.345	37.768

ตารางที่ A-6 แสดงค่าดัชนีหักเหของแร่ Dickite สีเทา (DC) หลังเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ถึง 800°C

Sample	อุณหภูมิ (°C)	RI ₁	RI ₂	RI ₃	RI ₄	RI ₅	RI ₆	RI _{Av}	SG	น้ำหนัก (g)
DC1_1	300	1.238	1.241	1.24	1.234	1.236	1.248	1.2395	2.6224	39.069
DC1_2	300	1.238	1.242	1.261	1.24	1.251	1.252	1.2473	2.6238	20.508
DC1_3	300	1.234	1.232	1.235	1.233	1.234	1.236	1.234	2.6212	42.839
DC2_1	350	1.251	1.241	1.222	1.238	1.261	1.276	1.2482	2.6011	24.159
DC2_2	350	1.247	1.258	1.239	1.244	1.239	1.232	1.2432	2.5778	28.425
DC2_3	350	1.237	1.252	1.25	1.275	1.284	1.217	1.2525	2.6042	29.888
DC3_1	400	1.236	1.239	1.234	1.231	1.237	1.238	1.2358	2.6256	28.091
DC3_2	400	1.234	1.24	1.239	1.252	1.263	1.235	1.2438	2.6244	37.852
DC3_3	400	1.235	1.242	1.243	1.251	1.234	1.252	1.2428	2.6234	47.342
DC4_1	450	1.348	1.305	1.309	1.323	1.321	1.269	1.3125	2.5514	34.219
DC4_2	450	1.303	1.305	1.311	1.298	1.314	1.303	1.3056	2.5768	24.072
DC4_3	450	1.281	1.278	1.286	1.281	1.269	1.296	1.2818	2.6013	34.78
DC5_1	500	1.293	1.309	1.324	1.326	1.339	1.314	1.3175	2.4945	34.073
DC5_2	500	1.317	1.312	1.322	1.328	1.338	1.326	1.3238	2.4972	22.422
DC5_3	500	1.329	1.328	1.326	1.327	1.325	1.318	1.3255	2.4852	31.726
DC6_1	550	1.457	1.436	1.438	1.422	1.451	1.457	1.4435	2.3272	15.246
DC6_2	550	1.382	1.382	1.382	1.383	1.378	1.376	1.3805	2.4706	45.623
DC6_3	550	1.354	1.371	1.371	1.359	1.381	1.354	1.365	2.4853	14.86
DC7_1	600	1.375	1.346	1.377	1.384	1.39	1.385	1.3762	2.4778	39.311
DC7_2	600	1.381	1.376	1.388	1.396	1.394	1.39	1.3875	2.7691	23.173
DC7_3	600	1.391	1.381	1.38	1.383	1.378	1.394	1.3845	2.4816	13.222
DC8_1	650	1.392	1.398	1.391	1.402	1.396	1.402	1.3968	2.4957	22.471
DC8_2	650	1.392	1.386	1.392	1.399	1.389	1.392	1.3916	2.4955	25.716
DC8_3	650	1.395	1.392	1.383	1.399	1.395	1.395	1.3931	2.4797	41.592
DC9_1	700	1.392	1.397	1.398	1.396	1.394	1.398	1.3958	2.5061	37.99
DC9_2	700	1.41	1.411	1.41	1.423	1.42	1.421	1.4158	2.3866	27.071
DC9_3	700	1.402	1.421	1.401	1.388	1.411	1.406	1.4048	2.4798	20.233
DC10_1	750	1.428	1.429	1.435	1.424	1.422	1.43	1.428	2.4923	28.16
DC10_2	750	1.417	1.415	1.428	1.416	1.432	1.427	1.4225	2.4905	35.931
DC10_3	750	1.429	1.435	1.448	1.44	1.439	1.434	1.4375	2.4478	26.754
DC11_1	800	1.434	1.433	1.439	1.434	1.436	1.435	1.4352	2.5251	21.064
DC11_2	800	1.419	1.44	1.441	1.43	1.439	1.437	1.4343	2.4945	28.013
DC11_3	800	1.466	1.448	1.457	1.439	1.439	1.451	1.45	2.4805	28.714

ประวัติย่อผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ นายเสรีวัฒน์ นามสกุล สมนิทรปัญญา

Mr Seriwat Saminpanya

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 38-10-0032

3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตย เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทร 0-2664-1000 ต่อ 8668 โทรสาร 0-2664-1000 ต่อ 8656, 0-2260-0128

Email: seriwat@hotmail.com

URL: <http://facstaff.swu.ac.th/seriwat/>

5. ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับปริญญา/วุฒิ	สาขา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน	ประเทศ	
2543	เอก	PhD	Geology	Mineralogy	University of Manchester	อังกฤษ
2542	ประกาศนียบัตร	FGA (Fellowship of Gemmological Association)	Gemmology	-	Gemmological Association and Gem Testing Laboratory of Great Britain	อังกฤษ
2535	ประกาศนียบัตร	GQ(Graduate Gemologist)	Gemology	-	Gemmological Institute of America	ไทย
2535	ตรี	สศ.บ.	วิทยาศาสตร์สุขภาพ	อาชีพอนามัยและความปลอดภัย	ม. สุโขทัยธรรมมาราช	ไทย
2530	โท	วท.ม.	เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม	-	ม. มหิดล	ไทย
2525	ตรี	วท.บ.	ธรณีวิทยา	-	ม.เชียงใหม่	ไทย
2521	มัธยมศึกษา	ม.ศ. 5		วิทยาศาสตร์	รร. สามัคคีวิทยาคม/จ. เชียงราย	ไทย
2516	ประถมศึกษา	ประถมปีที่ 6			รร. ครูเมธีวิทยา/จ. เชียงราย	ไทย

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ นาย ชาชาติ นามสกุล ธรรมครองอาตม์

Mr. Chaichart Dharmgrongartama

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7

4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตย เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทร 0-2664-1000 ต่อ 8251

Email: chaichart@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรสภาวะแวดล้อม)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2529
วิทยาศาสตรบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2519
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา	2514
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย	2512
ประถมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนประถมสาธิต (ประสานมิตร)	2509
ประถมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอนุบาลวัดปรีณายก	2506
อนุบาล	โรงเรียนอนุบาลวัดปรีณายก	2501