



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การหาลักษณะเฉพาะของจุดต่ำหินดำในผลิตภัณฑ์
เครื่องปั้นดินเผา

โดย ดร. อภินันท์ นันทิยา

ตุลาคม 2551

สัญญาเลขที่ RDG5050124

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การหาลักษณะเฉพาะของจุดดำหนิดำในผลิตภัณฑ์
เครื่องปั้นดินเผา

คณะผู้วิจัย

สังกัด

ดร. อภินันท์ นันทิยา ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชุดโครงการสนับสนุนผู้ปฏิบัติการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปย่อสำหรับผู้บริหาร	5
บทคัดย่อ	9
Abstract	10
แบบสรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5)	11
บทนำและการทบทวนเอกสารวิชาการ	17
การทดลอง	29
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	32
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตำหนิดำของดินตัวอย่าง	37
3.2 ปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตำหนิดำบนผลิตภัณฑ์	38
3.3 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินด้วยปริมาณกากค้ำตะแกรงร่อน	39
3.4 องค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่าง	41
3.5 เปรียบเทียบชิ้นงานที่ยังไม่ได้ร่อนผ่านตะแกรงบ่มในที่ขึ้นและวางในบรรยากาศ ที่อุณหภูมิการเผา 800 องศาเซลเซียส ในเตาเผาไฟฟ้า ณ เวลาต่าง ๆ	53
3.6 เปรียบเทียบชิ้นงานที่บ่มในที่ขึ้นและวางในบรรยากาศ เเผาในเตาของโรงงาน ณ เวลาต่าง ๆ	56
3.7 เปรียบเทียบชิ้นงานที่เผาที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1000 องศาเซลเซียส และบ่มในที่ขึ้น ณ เวลาต่างๆ	59

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจุดดำและคราบดำบนผลิตภัณฑ์	24
1.2 ชิ้นส่วนของจุดดำและคราบดำของผลิตภัณฑ์	25
3.1 ขั้นตอนการเตรียมดินปั้น	34
3.2 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาปาตาล	35
3.3 ภาพถ่าย SEM (Back scattering) ของจุดดำของดินตัวอย่าง	35
3.4 EDS – Spectrum แสดงองค์ประกอบของจุดดำของดินตัวอย่างสเปกตรัมจุดที่ 1	36
3.5 EDS – Spectrum แสดงองค์ประกอบของจุดดำของดินตัวอย่างสเปกตรัมจุดที่ 5	36
3.6 ภาพถ่าย SEM (Back scattering) จุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์	37
3.7 EDS – Spectrum แสดงองค์ประกอบของจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์	38
3.8 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินด้วยการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์	40
3.9 Diffractogram ของดินตัวอย่างก่อนร่อน	43
3.10 Diffractogram ของดินตัวอย่างค้ำตะแกรง 60 เมช	44
3.11 Diffractogram ของดินตัวอย่างค้ำตะแกรง 100 เมช	45
3.12 Diffractogram ของดินตัวอย่างค้ำตะแกรง 230 เมช	46
3.13 Diffractogram ของดินตัวอย่างค้ำตะแกรง 325 เมช	47
3.14 Diffractogram ของดินตัวอย่างผ่านตะแกรง 325 เมช	48
3.15 ผลวิเคราะห์ DTA ของดินตัวอย่าง	49
3.16 ผลวิเคราะห์ TGA ของดินตัวอย่าง	50
3.17 ผลการละลายของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์	51
3.18 การบ่มขึ้นทดสอบ	52
3.19 ขึ้นทดสอบในบรรยากาศ	52
3.20 ดินค้ำตะแกรงขนาดต่าง ๆ	62

ภาพที่	หน้า	
3.21	ขึ้นงานที่ผ่านการร่อนตะแกรงและเผาที่อุณหภูมิต่างๆโดยเตาไฟฟ้าและตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์	63
3.22	ขึ้นงานที่ผ่านการร่อนตะแกรงและเผาโดยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆบ่มในที่ขึ้นเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์	64
3.23	ขึ้นงานที่ผ่านการร่อนตะแกรงและเผาในเตาเผาโรงงานโดยทิ้งไว้ในบรรยากาศและบ่มในที่ขึ้นเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์	65
3.24	เครื่องแยกแม่เหล็ก	66
3.25	ดินตัวอย่างที่ผ่านการแยกด้วยเครื่องแยกแม่เหล็ก	67
3.26	น้ำหนักดินตัวอย่างที่ผ่านการแยกด้วยเครื่องแยกแม่เหล็ก	68
3.27	ดินตัวอย่างร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร	68
3.28	ดินตัวอย่างร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรและผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก 7000 gauss	69
3.29	ดินตัวอย่างร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรและผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก 12000 gauss	69
3.30	ดินในส่วนที่เป็น nonmagnetic	70
3.31	องค์ประกอบทางเคมีจากเทคนิค EDS ของดินตัวอย่างที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก	70
3.32	ขั้นตอนการกำจัดจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์โดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	72

บทสรุปย่อสำหรับผู้บริหาร

1. ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย)

การหาลักษณะเฉพาะของจุดดำหนิในผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

(ภาษาอังกฤษ)

Characterization of the Black Spot Defect in Earthenware Product

2. ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

ชื่อ-สกุล

ดร. อภินันท์ นันทิยา

หน่วยงาน

ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์

ที่อยู่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50002

โทรศัพท์

053 943405 โทรสาร 053 892262

E-mail

anuntiya@chiangmai.ac.th

3. ระยะเวลาดำเนินการ 12 เดือน

4. ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญของปัญหา

เครื่องปั้นดินเผาเนื้อดินแดงรู้จักกันในชื่อ เอิร์ทเทิร์นแวร์ และ เทอราคอตต้า สีของชิ้นงานจะมีลักษณะสีส้มสวยงามซึ่งผลิตมาจากดินเหนียวที่มาจากแหล่งดิน ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ งานเอิร์ทเทิร์นแวร์ และ เทอราคอตต้า ดังกล่าวเมื่อใช้กรรมวิธีผลิตแบบ Hand made สามารถสร้างรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากงานดังกล่าวเป็นที่ชื่นชอบของลูกค้าทั้งชาวไทยและต่างชาติ เพราะเป็นงานที่ได้สะท้อนวิถีชีวิต ภูมิปัญญา วัฒนธรรม ของท้องถิ่นโดยเฉพาะงานที่สีออกมาในด้านงานล้อเลียนที่ทำให้เกิดอารมณ์ขัน รูปสัตว์ ประติมากรรมประดับสวน ซึ่งก็ได้จัดเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ indoor กับ outdoor โดยเฉพาะงาน indoor ซึ่งต้องใช้ความสามารถของช่างปั้นที่ชำนาญจึงทำให้งานชนิดนี้มีราคาที่สูงกว่าแพงโดยเฉลี่ย 3500 - 7500 บาทต่อ 1 ตัวโดยมีขนาดความกว้างกับสูงประมาณ 30 × 60 cm และขึ้นอยู่กับงานที่มี design ที่แปลกใหม่ลักษณะรูปร่างรูปทรงที่แปลกใหม่ด้วย



ชิ้นงานตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 – 5 สัปดาห์
ความสูงประมาณ 50 cm ราคา
ประมาณ 3,500 บาท/ชิ้น



3 – 5 สัปดาห์เกิดจุดดำทั่วบริเวณงาน

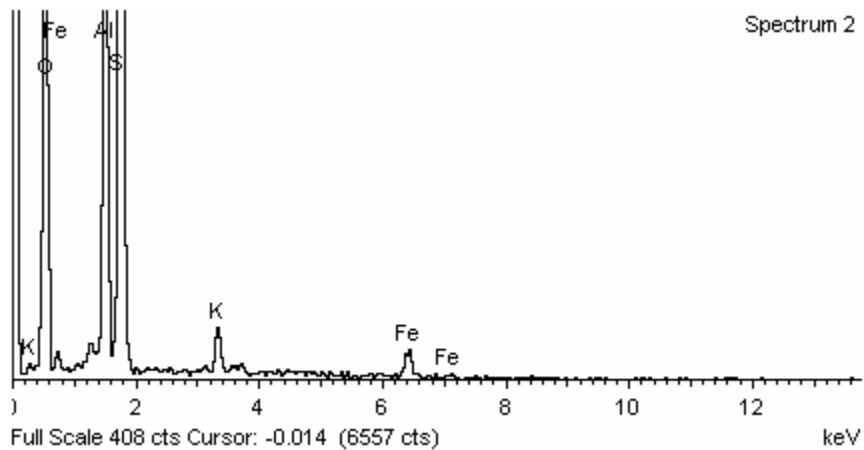
รูปที่ 1 ลักษณะผลิตภัณฑ์และตำหนิจุดดำ

งานดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มของงาน OTOP ที่ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการให้อยู่ในระดับ 4 ดาว จึงเป็นการตอบสนองต่อ นโยบายของรัฐบาลได้เป็นอย่างดี โดยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2549 ที่ผ่านมางานดังกล่าวสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการในจังหวัดเชียงใหม่ได้ไม่น้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากการขายหน้าร้าน ออกบู๊ทำงานต่าง ๆ เช่น งานบ้านและสวนแฟร์ เป็นต้น อีกทั้งยังมี ดีลเลอร์ ที่รับไปขายตามที่แตกต่างกัน เช่น ตลาดจตุจักร และมีออร์เดอร์ทั้งชาวไทยและต่างชาติอีกมากมาย ซึ่งดีเฉลี่ยผู้ประกอบการที่ผลิตงานลักษณะนี้มีประมาณ มากกว่า 10 รายในเชียงใหม่ หากคิดเป็นกำไรโดยเฉลี่ย ประมาณ 250,000 บาท/ปี ต่อราย

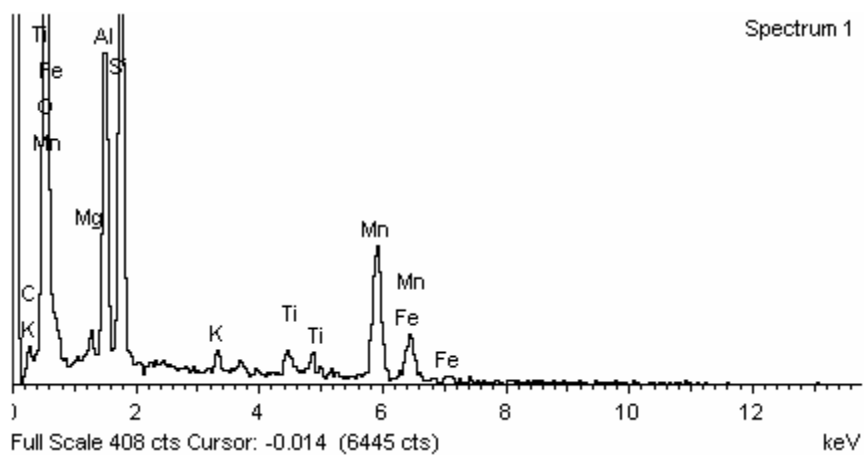
ดังได้กล่าวมาข้างต้นว่างานเอิร์ทเทิร์นแวร์ เป็นงานที่สร้างมาจากดินเหนียวคุณภาพดีแต่ในปัจจุบันแหล่งดินที่ใช้ทำงานดังกล่าวเหลือน้อยผู้ประกอบการจึงใช้ดินที่มีอยู่ทั่วไปมาสร้างผลงาน และผลปรากฏว่าเมื่อนำมาสร้างชิ้นงานแล้วนำไปเผาเสร็จ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 - 5 สัปดาห์ ในบรรยากาศที่มีความชื้นปรากฏว่าเกิดจุดดำทั่วบริเวณชิ้นงานและเมื่อทิ้งไว้นานขึ้นจุดดำจะแผ่ขยายวงกว้างออกไปเต็มชิ้นงาน ทำให้งานมีสีดำหมองคล้ำดังแสดงในรูปที่ 1 ไม่เป็นลักษณะของงาน เอิร์ทเทิร์นแวร์ หรือ เทอราคอตต้า และผลดังกล่าวทำให้ชิ้นงาน เกิดตำหนิถูกค้าเกิดความไม่พอใจต่อชิ้นงานจึงส่งผลให้ผู้ประกอบการประสบกับปัญหาชิ้นงานมีตำหนิจุดดำดังกล่าว

ในเบื้องต้นทีมผู้วิจัยได้ทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยใช้การวิเคราะห์ทางองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้เกิดจุดดำโดยเทคนิค EDS แล้วพบว่าเกิดจากออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็กซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดจุดดำดังแสดงในรูปที่ 2





EDS spectrum ของเนื้อผลิตภัณฑ์



EDS spectrum ของตำแหน่งจุดดำบนเนื้อผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2 ชิ้นงานที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค EDS ของเนื้อผลิตภัณฑ์และจุดดำ

ทางโครงการจะได้ทำการหาสาเหตุที่ทำให้เกิดจุดดำและคราบดำโดยจะพิจารณาถึงผลของขนาดอนุภาคแมงกานีสและเหล็กออกไซด์ ระยะเวลา อุณหภูมิ ความชื้น และหาแนวทางลดการเกิดตำหนิดังกล่าวบนผิวผลิตภัณฑ์

บทคัดย่อ

เครื่องปั้นดินเผาหรือเอิร์ทเทิร์นแวร์เป็นวัสดุเซรามิกที่ใช้อย่างกว้างขวางในการใช้เป็นภาชนะบนโต๊ะอาหารและอุปกรณ์ในการตกแต่ง เอิร์ทเทิร์นแวร์ที่มีสีแดงซึ่งผลิตจากดินแดงจะเป็นที่รู้จักคุ้นเคยและถูกพบโดยทั่วไป จุดดําเป็นตำหนิหลักที่พบในผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทิร์นแวร์ วัตถุประสงค์หลักในงานวิจัยนี้คือการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดตำหนิจุดดําและการหาวิธีการลดการเกิดตำหนิจุดดําในผลิตภัณฑ์ จากภาพถ่ายกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าจุดดําที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากสารประกอบออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็ก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลของขนาดอนุภาค องค์ประกอบทางแร่ องค์ประกอบทางเคมี และ สมบัติทางความร้อนของดินที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทิร์นแวร์ บิสกิตซึ่งเตรียมได้จากตัวอย่างดินที่มีช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ กัน และทำการเผาที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1000 องศาเซลเซียส โดยตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศที่แห้งและมีความชื้น ทำการติดตามจุดดําที่เกิดขึ้นตามระยะเวลาที่กำหนด จากผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบทางแร่ของดินตัวอย่างประกอบด้วยแร่หลักคือ เคโอลิไนท์ มัสโคไวท์ และควอตซ์ โดยมี ไพโรลูไซต์ รูไทด์ เฮมาไทด์เป็นแร่รอง จุดดําที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้สองกรณี กรณีแรกเกิดจากเกรนของควอตซ์ ไพโรลูไซต์ รูไทด์ เฮมาไทด์ ที่มีขนาดใหญ่กว่า 250 ไมครอน จุดดําที่เกิดขึ้นในอีกกรณีคาดว่าจะเกิดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทิร์นแวร์ ดินที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จะลดการเกิดจุดดําได้อย่างชัดเจน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าขนาดของเกรนแมงกานีสออกไซด์และเหล็กออกไซด์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 250 ไมครอนซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดจุดดําและสามารถแยกออกได้โดยเทคนิคการใช้ตะแกรงร่อน ในส่วนจุดดําที่เกิดจากการปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอน สามารถกำจัดออกได้โดยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

คำหลัก: เอิร์ทเทิร์นแวร์, ตำหนิ, จุดดํา, เหล็กออกไซด์, แมงกานีส ออกไซด์

Abstract

Earthenware is a common ceramic material, which is used extensively for pottery tableware and decorative objects. While red earthenware made from red clays is very familiar and commonly used. The black spot is the main defect of earthenware products. The main objectives of this research are to characterize the black spot defect in the earthenware product and to determine the procedure to remove this defect. From the SEM micrograph and EDS mode showed that the black spot defect are the compounds of iron and manganese oxides. Subsequently, particle size, mineralogy, chemical composition and thermal properties of local clay were investigated. The biscuit which prepared by different size of clay samples were fired at 800, 900 and 1000°C and left in dry and humidity atmosphere. The black spot were investigated during period of time. From the results, it was found that kaolinite, muscovite and quartz are the main minerals and pyrolusite, rutile and hematite are the minor compositions in this clay. The black spot can be classified in two categories: one is from the coarse grain of quartz, pyrolusite, rutile and hematite which is greater than 250 microns, another possibility is from the organic matter which deposit on the surface of earthenware product. The clay fractions which passed through 60, 100, 230 and 325 mesh sieve in the wet state were significantly decreased the black spot defect. It can be concluded that the most grains of quartz, manganese and iron oxides which cause black spot defect are larger than 250 microns and could be separated by sieving technique. The black spot from carbon compounds can be removed by 30% v/v hydrogen peroxide solution.

Keywords: earthenware, defect, black spot, iron oxide, manganese oxide

แบบสรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5)

สัญญาเลขที่ RDG5050124

ชื่อโครงการ การหาลักษณะเฉพาะของจุดตำหนิดำในผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

หัวหน้าโครงการ ดร. อภินันท์ นันทิยา

สถาบัน ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ 053 943405 **โทรสาร** 053 892262

E-mail anuntiya@chiangmai.ac.th

ความสำคัญ / ความเป็นมา

เครื่องปั้นดินเผาเนื้อดินแดงรู้จักกันในชื่อ เอิร์ทเทิร์นแวร์ และ เทอราคอตต้า สีของชิ้นงานจะมีลักษณะสีส้มสวยงามซึ่งผลิตมาจากดินเหนียวที่มาจากแหล่งดิน ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ งานเอิร์ทเทิร์นแวร์ และ เทอราคอตต้า ดังกล่าวเมื่อใช้กรรมวิธีผลิตแบบ Hand made สามารถสร้างรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากงานดังกล่าวเป็นที่ชื่นชอบของลูกค้าทั้งชาวไทยและต่างชาติ เพราะเป็นงานที่ได้สะท้อนวิถีชีวิต ภูมิปัญญา วัฒนธรรม ของท้องถิ่น โดยเฉพาะงานที่สีออกมาในด้านงานล้อเลียนที่ทำให้เกิดอารมณ์ขัน รูปสัตว์ ประติมากรรมประดับสวน ซึ่งก็ได้จัดเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ indoor กับ outdoor โดยเฉพาะงาน indoor ซึ่งต้องใช้ความสามารถของช่างปั้นที่ชำนาญจึงทำให้งานชนิดนี้มีราคาที่สูงขึ้นข้างแพงโดยเฉลี่ย 3500 - 7500 บาทต่อ 1 ตัวโดยมีขนาดความกว้างกับสูงประมาณ 30 × 60 cm และขึ้นอยู่กับงานที่มี design ที่แปลกใหม่ลักษณะรูปร่างรูปทรงที่แปลกใหม่ด้วย



ชิ้นงานตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 – 5 สัปดาห์
ความสูงประมาณ 50 cm ราคา
ประมาณ 3,500 บาท/ชิ้น



3 – 5 สัปดาห์เกิดจุดดำทั่วบริเวณงาน

รูปที่ 1 ลักษณะผลิตภัณฑ์และตำหนิจุดดำ

งานดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มของงาน OTOP ที่ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการให้อยู่ในระดับ 4 ดาว จึงเป็นการตอบสนองต่อ นโยบายของรัฐบาลได้เป็นอย่างดี โดยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2549 ที่ผ่านมางานดังกล่าวสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการในจังหวัดเชียงใหม่ได้ไม่น้อย ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากการขายหน้าร้าน ออกบู๊ทำงานต่าง ๆ เช่น งานบ้านและสวนแฟร์ เป็นต้น อีกทั้งยังมี ดีลเลอร์ ที่รับไปขายตามที่แตกต่างกัน เช่น ตลาดจตุจักร และมีออร์เดอร์ทั้งชาวไทยและต่างชาติอีกมากมาย ซึ่งดีเฉลี่ยผู้ประกอบการที่ผลิตงานลักษณะนี้มีประมาณ มากกว่า 10 รายในเชียงใหม่ หากคิดเป็นกำไรโดยเฉลี่ย ประมาณ 250,000 บาท/ปี ต่อราย

ดังได้กล่าวมาข้างต้นว่างานเอิร์ทเทิร์นแวร์ เป็นงานที่สร้างมาจากดินเหนียวคุณภาพดีแต่ในปัจจุบันแหล่งดินที่ใช้ทำงานดังกล่าวเหลือน้อยผู้ประกอบการจึงใช้ดินที่มีอยู่ทั่วไปมาสร้างผลงาน และผลปรากฏว่าเมื่อนำมาสร้างชิ้นงานแล้วนำไปเผาเสร็จ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 - 5 สัปดาห์ ในบรรยากาศที่มีความชื้นปรากฏว่าเกิดจุดดำทั่วบริเวณชิ้นงานและเมื่อทิ้งไว้นานขึ้นจุดดำจะแผ่ขยายวงกว้างออกไปเต็มชิ้นงาน ทำให้งานมีสีดำหมองคล้ำดังแสดงในรูปที่ 1 ไม่เป็นลักษณะของงาน เอิร์ทเทิร์นแวร์ หรือ เทอราคอตต้า และผลดังกล่าวทำให้ชิ้นงาน เกิดตำหนิถูกค้าเกิดความไม่พอใจต่อชิ้นงานจึงส่งผลให้ผู้ประกอบการประสบกับปัญหาชิ้นงานมีตำหนิจุดดำดังกล่าว

ในเบื้องต้นทีมผู้วิจัยได้ทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้เกิดจุดดำโดยเทคนิค EDS แล้วพบว่าเกิดจากออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็กซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดจุดดำดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชิ้นงานที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิค EDS
ของเนื้อผลิตภัณฑ์และจุดดำ

ทางโครงการจะได้ทำการหาสาเหตุที่ทำให้เกิดจุดดำและคราบดำโดยจะพิจารณาถึงผลของขนาดอนุภาคแมงกานีสและเหล็กออกไซด์ ระยะเวลา อุณหภูมิ ความชื้น และหาแนวทางลดการเกิดตำหนิดังกล่าวบนผิวผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์โครงการ

1. วิเคราะห์หาชนิดของแร่ที่มีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุของการเกิดตำหนิจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์รวมถึงความสามารถในการละลายของสารประกอบแมงกานีสในน้ำ
2. ศึกษาผลของขนาดอนุภาค ระยะเวลาและความชื้นที่มีต่อการเกิด ตำหนิจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์
3. หาแนวทางการแก้ไขตำหนิที่เกิดขึ้น

ผลที่ได้รับ	บรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่	โดยทำให้
ทราบชนิดของแร่ องค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการละลายของโลหะออกไซด์ที่เป็นสาเหตุการเกิดจุดดำและคราบดำในผลิตภัณฑ์	1-2	ทราบสาเหตุของการเกิดตำหนิจุดดำและคราบ ดำบนผิวของผลิตภัณฑ์
ทราบการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของดินตัวอย่างรวมถึงบรรยากาศและความชื้นที่มีต่อระยะเวลาการเกิดตำหนิที่ทำให้เกิดจุดดำและคราบดำในผลิตภัณฑ์	1-2	ทราบผลของอุณหภูมิการเผาที่มีต่อการเกิดตำหนิจุดดำและคราบ ดำบนผิวของผลิตภัณฑ์
ได้ข้อมูลที่เหมาะสมในการนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา	3	ทราบแนวทางการแก้ไขตำหนิที่เกิดขึ้น

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในจังหวัดเชียงใหม่มีลักษณะการผลิตเป็นอุตสาหกรรมครอบครัวขนาดเล็ก ซึ่งสืบต่อกันมาจากรบรรพบุรุษ การผลิตนั้นทำเฉพาะในครอบครัวและเครือญาติ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผลิตขึ้นได้จำหน่ายภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ แต่เนื่องจากผู้ประกอบการไม่สามารถควบคุมและรับประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจำหน่าย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายไปยังต่างประเทศเกิดการไม่ถูกยอมรับและส่งสินค้ากลับประเทศ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก

ประโยชน์จากโครงการวิจัยนี้ จะทำให้ทราบสาเหตุการเกิดตำหนิจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ผู้ประกอบการได้ให้ข้อมูล และเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เกิดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์และค่าใช้จ่ายของผู้ประกอบการ

การประชาสัมพันธ์

- เผยแพร่เอกสารผลงานวิจัย

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินการมา และ
ผลที่ได้รับตลอดโครงการ

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
เก็บตัวอย่างดินและ ผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจาก ผู้ประกอบการ	ได้ข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่าง ดินและผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิ จากผู้ประกอบการ	ดำเนินการตามแผน	
ตรวจสอบลักษณะโครงสร้าง จุลภาคของดินและผลิตภัณฑ์	สามารถสาเหตุเบื้องต้นของ ผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิ	ดำเนินการตามแผน	
วิเคราะห์ขนาดของอนุภาค ดินด้วยวิธี Laser Diffraction	ทราบช่วงขนาดของอนุภาคที่ ก่อให้เกิดตำหนิ	ดำเนินการตามแผน	
วิเคราะห์องค์ประกอบทาง เคมีของตัวอย่างดินด้วย XRF และวิเคราะห์องค์ประกอบ ทางแร่ ของตัวอย่างดินด้วย XRD	ทราบองค์ประกอบทางเคมี และทางแร่ของตัวอย่างดิน รวมถึงข้อมูลของแร่ที่เป็น สิ่งเจือปนทำให้เกิดตำหนิ	ดำเนินการตามแผน	
การวิเคราะห์การ เปลี่ยนแปลงทางความร้อน ด้วยเครื่อง (TGA)	ทราบการเปลี่ยนแปลงสมบัติ ทางกายภาพเมื่อตัวอย่างดิน ได้รับความร้อน	ดำเนินการตามแผน	
ตรวจสอบการละลายของ โลหะออกไซด์ที่เป็นสาเหตุให้ เกิดตำหนิ	ทราบข้อมูลการละลายของ สารประกอบออกไซด์ที่อาจ ก่อให้เกิดตำหนิ	ดำเนินการตามแผน	
ศึกษาผลของบรรยากาศและ ความชื้นที่มีต่อระยะเวลาการ เกิดตำหนิ	ทราบผลของบรรยากาศและ ความชื้นที่มีต่อระยะเวลาการ เกิดตำหนิ	ดำเนินการตามแผน	
สรุปโครงการและทำรายงาน ฉบับสมบูรณ์	สรุปโครงการและทำรายงาน ฉบับสมบูรณ์	ดำเนินการตามแผน	

1. บทนำและการทบทวนเอกสารวิชาการ

1.1 บทนำ

ภาชนะเซรามิกโดยทั่วไปในทางวิชาการเรียกว่าเซรามิกแบบดั้งเดิม ภาชนะเซรามิกเหล่านี้ ได้แก่ ถ้วย ชาม แจกัน กระถางต้นไม้ หม้อ ไห โอ่งน้ำ อ่างบัว เป็นต้น ภาชนะเซรามิกนี้ สามารถแบ่งออกตามประเภทของเนื้อวัสดุได้ 3 ประเภทหลัก คือ เอิร์ทเทินแวร์ (earthenware) สโตนแวร์ (stoneware) และพอร์ซเลน (porcelain)

ผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์ เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีประวัติการผลิตมายาวนาน เรียกกันทั่วไปว่า เครื่องปั้นดินเผา ทำจากวัตถุดิบคือดินเหนียวที่หาได้ในท้องถิ่น ส่วนใหญ่จะมีปริมาณธาตุเหล็กสูง นำมาขึ้นรูปโดยการปั้น แล้วเผาที่อุณหภูมิต่ำเพียง 900 – 1,100 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้ จะมีสีน้ำตาลแดง เนื้อหยาบ รูพรุนมาก ไม่สามารถป้องกันการดูดซึมน้ำได้ มีความแข็งแรงต่ำเนื่องจากยังเผาไม่ถึงจุดสุกตัว จึงแตกหักง่าย ทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีราคาถูก

สโตนแวร์เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ทำจากเนื้อดินขาวผสมกับหินฟันม้าและทราย ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีสีขาวออกเทา นำมาขึ้นรูปโดยการปั้นหรือหล่อจากน้ำสลิปแล้วเผาที่อุณหภูมิสูงกว่าเนื้อเอิร์ทเทินแวร์ โดยเผาที่ประมาณ 1,100 – 1,300 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อหยาบ ผิวขรุขระ มีรูพรุนน้อย ดูดซึมน้ำได้ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงกว่าผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์ จากการที่ต้องเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีราคาแพงขึ้น

ผลิตภัณฑ์ประเภทสุดท้ายคือ พอร์ซเลน ผลิตภัณฑ์นี้มีส่วนผสมเหมือนกับสโตนแวร์ แต่มีขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อนกว่า ในขั้นตอนการเผา เผาที่อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 1,250 องศาเซลเซียสขึ้นไป เพื่อให้ถึงจุดสุกตัว จึงมีความแข็งแรงสูงมาก เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและละเอียด ผิวเนียนเป็นมันวาว สวยงามเหมาะแก่การใช้ตกแต่งเป็นเครื่องประดับ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีราคาแพงมาก

ผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์

เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาในอุณหภูมิต่ำประมาณ 800 – 1,150 องศาเซลเซียส ลักษณะการปั้นค่อนข้างหนาเนื้อดินมีความพรุนตัวสูง เปราะแตกหักหรือบิ่นได้ง่ายเมื่อกระทบกัน ผลิตภัณฑ์ที่เผาในอุณหภูมิต่ำดูดซึมน้ำได้สูง 10 – 15 % เสี่ยงเคาะไม่ดังกังวานเนื่องจากเนื้อดินไม่แข็งแกร่ง ดินมีลักษณะเป็นสีทึบแสง เนื้อดินมีทั้งสีแดงอิฐ สีน้ำตาลหรือสีครีมหลังการเผา ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเคลือบจะใช้น้ำเคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำได้แก่ เคลือบตะกั่ว (Lead glaze) เคลือบบอแรกซ์

(Borax glaze) และเคลือบฟริต (Fritted glaze) ซึ่งเผาไม่เกิน 1,180 องศาเซลเซียส สีของน้ำเคลือบมีสีสดใสและมีความแวววาวสูง คุณสมบัติของเคลือบมีความแข็งแรงน้อย ผลิตภัณฑ์ที่เผาเคลือบในอุณหภูมิต่ำ ไม่ปลอดภัยในการใช้เป็นภาชนะใส่อาหาร เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ของตกแต่งหรืองานศิลปะ (Art ware) ผลิตภัณฑ์ประเภทเอร์ทเทินแวร์ได้แก่ หม้อน้ำ คนโท กระถางต้นไม้ กระเบื้องมุงหลังคา ตุ๊กตาและของประดับตกแต่ง

ผลิตภัณฑ์เอร์ทเทินแวร์จำแนกการผลิตได้เป็นหลายประเภทคือ

1. เอร์ทเทินแวร์จากดินธรรมชาติชนิดเดียว (Natural Earthenware)

ใช้ดินแดงที่หาได้ในท้องถิ่นเป็นวัตถุดิบในเนื้อดินโดยไม่มีส่วนประกอบของวัตถุดิบอื่น บางครั้งมีทรายอยู่ด้วยเพื่อลดการหดตัวของเนื้อดิน ซึ่งปกติจะเตรียมจากดินในท้องถิ่นเพียงชนิดเดียวไม่ต้องล้าง ทำเป็นผลิตภัณฑ์พวกกระถางต้นไม้ ตุ๊กตา หม้อน้ำ อิฐก่อสร้าง กระเบื้องดินเผา กระเบื้องมุงหลังคาและกระเบื้องเคลือบอุณหภูมิต่ำเป็นต้น ตัวอย่างเช่น

ผลิตภัณฑ์มาจอลิกา (Majolica)

ผลิตภัณฑ์ที่มีต้นกำเนิดในหมู่เกาะทางใต้ของอิตาลีในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 15 ใช้ดินแดงเนื้อละเอียดเป็นภาชนะรูปทรงต่างๆ แล้วเคลือบด้วยเคลือบสีขาวที่เผาอุณหภูมิต่ำ ซึ่งใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบหลักในน้ำเคลือบ สีขาวที่ใช้วัตถุดิบจากดินบุก จึงเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ที่ทำแถบเกาะมาจอลิกา อีกชื่อหนึ่งว่า ทินเกรซแวร์ (Tin – glazed ware) นิยมทำทั่วไปหลายแห่งในหมู่เกาะทางใต้ของอิตาลีในกลางคริสต์ศตวรรษที่ 16 ช่างปั้นอิตาลีได้นำเทคนิคมาจอลิกามาเผยแพร่ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เดลท์แวร์ (Delft ware) และต่อมาเทคนิคมาจอลิกานี้ก็ได้เผยแพร่มาถึงประเทศอังกฤษ ในคริสต์ศตวรรษที่ 17 ที่เมืองบริสตอลทางใต้ของอังกฤษและเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ว่า บริสตอลเกรซ (Bristol glaze)

2. เอร์ทเทินแวร์เนื้อละเอียด (Fine Earthenware)

ผลิตภัณฑ์เนื้อดินขาวเผาในอุณหภูมิต่ำ ซึ่งใช้ในการทำผลิตภัณฑ์หลายประเภทได้แก่ ผลิตภัณฑ์ถ้วยชาม กระเบื้องปูพื้นและกระเบื้องบุผนัง ผลิตภัณฑ์โดโลไมท์แวร์ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีเนื้อสีขาวซึ่งเผาในอุณหภูมิต่ำ

เนื้อดินทำผลิตภัณฑ์ถ้วยชามเนื้อขาวเผาในอุณหภูมิต่ำ

ใช้เนื้อดินขาวที่ล้างแล้วผสมกับวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวพวกเฟลด์สปาร์และควอทซ์ ทดสอบอัตราส่วนผสมของเนื้อดินโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมเผาอุณหภูมิตามต้องการ อาจเพิ่มวัตถุดิบที่มีความเหนียวพวกดินบอเคลย์ที่มีแร่เหล็กต่ำ เผาแล้วได้สีขาว

ตัวอย่างสูตรเนื้อดินเอร์ทเทินแวร์เนื้อละเอียด

สูตร เนื้อผลิตภัณฑ์ถ้วยชามสีขาวเผาในอุณหภูมิต่ำ 1,140 องศาเซลเซียส (ออกซิเดชัน)

(วัตถุดิบ)	(%)
ดินดำ (Ball clay) 2 – 3 ชนิด	25
ดินขาว (2 ชนิด)	25
ควอทซ์/ซิลิกา	35
เฟลด์สปาร์/หินโซนาสโตน	15

คุณสมบัติของดินเอร์ทเทินแวร์เนื้อละเอียด

ก่อนเผา - ความแข็งแรงของดินดิบ (Green strength)	32 – 42 กก./ซม ²
- ปริมาณน้ำในดินเหนียว	22 %
- การหดตัวเมื่อแห้ง	4.5 – 6 %
- สามารถเตรียมเป็นน้ำดินหล่อได้ดี ใช้โซเดียมซิลิเกตและโซเดียมคาร์บอเนต 1:1 ปริมาณ	0.08 – 0.12 %
หลังเผา – เผาดิบหรือเผาแกร่ง	1,140 องศาเซลเซียส
- เผาเคลือบ	1,080 องศาเซลเซียส
- เผาสีตกแต่ง	750 องศาเซลเซียส
- การดูดซึมน้ำ	8 %
- การขยายตัวของเนื้อดินขณะเผาแกร่ง 1,140 องศาเซลเซียสเท่ากับ 0.36 – 0.38 % ที่ 500 องศาเซลเซียส	
- การขยายตัวของเนื้อดิน ขณะเผาเคลือบ 1,080 องศาเซลเซียสเท่ากับ 0.30 – 0.32 % ที่ 500 องศาเซลเซียส	
- ความแข็งแรง	492 – 633 กก./ซม ²
- การหดตัวหลังการเผา	10 – 12 %
- ความทนทานต่อแรงกระแทกของขอบจาน	0.06 – 0.08 ฟุต
- การขยายตัวของเนื้อดินหลังการเผา	0.06 %
- ความหนาของเคลือบเมื่อเผาแล้ว	1 – 1.5 มม.

3. ทัลค์เอิร์ทเทินแวร์ (Earthenware Talc Bodies)

เนื้อดินทัลค์เอิร์ทเทินแวร์ มีคุณสมบัติทั่วไปเหมือนไวท์เอิร์ทเทินแวร์ แต่มีอัตราการขยายตัวของเนื้อดินต่ำกว่า 0.38 % ในขณะที่เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ธรรมดาจะขยายตัว 0.38 % ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ใช้ทำผลิตภัณฑ์กระเบื้องบุผนังที่เผาในอุณหภูมิต่ำ

ตัวอย่างสูตรเนื้อดินทัลค์เอิร์ทเทินแวร์

สูตร เนื้อดินทัลค์เอิร์ทเทินแวร์ 1,140 องศาเซลเซียส (ออกซิเดชัน)

(วัตถุดิบ)	(%)
ดินดำ (Ball clay) 2 ชนิด	27
ดินขาว	25
ทัลค์	37
ซิลิกา	20

คุณสมบัติของดินทัลค์เอิร์ทเทินแวร์

ก่อนเผา มีคุณสมบัติคล้ายดินเอิร์ทเทินแวร์เนื้อละเอียด ใช้เตรียมน้ำดินหล่อได้ดี

หลังเผา เผาดิบหรือเผาแกร่งที่ 1,140 องศาเซลเซียส และเผาเคลือบที่ 1,080 องศาเซลเซียส

4. วิทเทรียสเอิร์ทเทินแวร์หรือเอิร์ทเทินแวร์เนื้อแกร่ง (Vitreous Hotelware)

เป็นเนื้อดินที่ใช้ผลิตถ้วยชามเพื่อใช้ในโรงอาหารของวิทยาลัย โรงเรียน โรงพยาบาลและโรงแรมบางครั้งเรียกเนื้อผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ว่า ไฮเทลแวร์ (Hotelware) เนื้อดินวิทเทรียสไฮเทลแวร์นี้มีความแข็งแกร่งสูงกว่าดินเอิร์ทเทินแวร์ธรรมดาและไม่ดูดซึมน้ำ เนื่องจากเนื้อดินวิทเทรียสเป็นเนื้อกึ่งแก้ว

คุณสมบัติของดินเอิร์ทเทินแวร์เนื้อแกร่ง

ก่อนเผา มีคุณสมบัติคล้ายเนื้อดินไวท์เอิร์ทเทินแวร์ สามารถเตรียมน้ำดินหล่อได้

หลังเผา เผาดิบหรือเผาแกร่งที่	1,180 – 1,200 องศาเซลเซียส
เผาเคลือบที่	1,080 องศาเซลเซียส
การขยายตัวของเนื้อดิน	0.32 % ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส
ความแข็งแกร่งของเนื้อดิน	703 – 844 กก./ซม. ²
การดูดซึมน้ำ	ไม่เกิน 1 %
น้ำเคลือบ	ต้องไม่แตกราน

5. โดโลไมท์เอิร์ทเทินแวร์ (Dolomite Earthenware)

โดโลไมท์เอิร์ทเทินแวร์เป็นผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์เนื้อละเอียดมีสีขาวเหมือนงาช้าง เเผาในอุณหภูมิต่ำ 1,000 – 1,150 องศาเซลเซียส เมื่อเผาแล้วมีน้ำหนักเบาคล้ายปูนปลาสเตอร์ ดูดซึมน้ำค่อนข้างสูงเปราะแตกหักได้ง่ายเมื่อกระทบกัน นิยมใช้ทำของประดับตกแต่งและของที่ระลึกประเภทกิฟแวร์ (Gift ware) ตกแต่งสีได้เคลือบด้วยสีที่สดใส ไม่นิยมนำมาทำภาชนะใส่อาหาร การขึ้นรูปโดยทั่วไปใช้วิธีหล่อขึ้นดิน

ผลิตภัณฑ์โดโลไมท์นิยมนำมาตกแต่งด้วยสีสดใส โดยใช้พู่กันลม (Air brush) พ่นสีได้เคลือบสีสดใสสำหรับเผาในอุณหภูมิต่ำ แล้วนำไปชุบด้วยเคลือบใส เเผาในอุณหภูมิประมาณ 1,050 องศาเซลเซียส (ออกซิเดชัน)

6. เนื้อดินอะลูมินาเอิร์ทเทินแวร์ (Alumina Earthenware)

เนื้อดินอะลูมินาเอิร์ทเทินแวร์เป็นเนื้อดินที่ใช้ผลิตถ้วยชามที่ต้องการความแข็งแรงสูง และมีคุณสมบัติการขยายตัวเนื่องด้วยความร้อนต่ำ สีของเนื้อดินขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของอะลูมินา ที่เลือกใช้ ถ้าใช้วัตถุดิบคุณภาพต่ำสีของเนื้อดินจะออกสีฟางข้าว แต่ถ้าอะลูมินาคุณภาพดีมีความบริสุทธิ์สูง เนื้อดินที่เผาจะมีสีขาว

ภาชนะถ้วยชามที่ผลิตจากเนื้อดินอะลูมินานอกจากจะมีความแข็งแรงสูงแล้วยังมีน้ำหนักมากกว่าถ้วยชามเอิร์ทเทินแวร์ธรรมดาถึง 26 % เนื่องจากวัตถุดิบอะลูมินามีความถ่วงจำเพาะสูง เนื้อดินแน่นไม่ดูดซึมน้ำและมีแรงต้านทานต่อแรงกระแทกได้ดี ไม่เปราะแตกหักง่าย ทนทานกว่าเนื้อโบนไชน่าและเอิร์ทเทินแวร์

7. เทอราคอตตาร์

เทอราคอตตาร์เป็นเนื้อดินที่มีสีส้มถึงน้ำตาล เนื่องจากเหล็กที่มีปริมาณมากในดินที่ใช้ผลิต แต่ถ้ามีปริมาณเหล็กน้อยผลิตภัณฑ์จะมีสีขาวถึงเหลือง

สีและจุดต่างดำนหลังเผา

การพิจารณาสี และจุดต่างดำ (Specking) ที่แสดงหลังการเผา สามารถพิจารณาได้สองลักษณะคือ ลักษณะสีและจุดต่างดำนั้นเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ และลักษณะสีและจุดต่างดำเกิดจากมลทินชนิดใด ทั้งนี้การพิจารณาสีและจุดต่างดำจะใช้พิจารณาทั้งวัตถุดิบ เนื้อดินปั้น และสีเคลือบ โดยจุดประสงค์ของการพิจารณาอาจมีความแตกต่างกันดังนี้คือ

1. การพิจารณาสีและจุดต่างดำของวัตถุดิบ โดยทั่วไปจะใช้ทดสอบวัตถุดิบจำพวกดิน ไม่ว่าจะเป็นดินขาว หรือดินดำ เนื่องจากในดินจะมีปริมาณของทิตเนียมไดออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และแมงกานีสไดออกไซด์ โดยออกไซด์ทั้งสามชนิดนี้มีอิทธิพลต่อการเกิดสีของดิน นั่นคือ กรณีที่มีทิตเนียมไดออกไซด์ เกินร้อยละ 0.01 ทำให้เกิดสีฟ้า หากมีเหล็กออกไซด์มากกว่าร้อยละ 1.0 ทำให้เกิดสีน้ำตาลอ่อน ส่วนแมงกานีสไดออกไซด์ ทำให้เกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกัน หากมีใน ส่วนผสมเกินร้อยละ 0.1 ดังนั้นหากผู้ปฏิบัติต้องการผลิตเนื้อดินปั้นที่มีสีขาว จำเป็นต้องรู้ องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ หรือใช้การทดสอบเพื่อพิจารณาสีของวัตถุดิบได้ โดยที่ปริมาณ ของออกไซด์ทั้งสามชนิดไม่สามารถพิจารณาได้จากดินที่มาจากแหล่งจำเป็นต้องนำมาเผาที่ อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส เพื่อให้สารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีในดินถูกเผาไหม้หมดไป และ ออกไซด์แสดงสมบัติเรืองสีของตนออกมา ซึ่งดินขาวหลังเผาจะมีสีค่อนข้างขาวจนถึงขาวมาก ส่วน ดินดำจะมีสีครีมจนถึงสีขาว การพิจารณาสีหลังเผาอาจใช้ตาเปล่าพิจารณาและบันทึกเป็น ขาว มาก (Very White) ขาว (White) ขาวน้อย (Off White) หรือครีม (Cream) หรืออาจใช้เครื่องวัดสี โดยวัดค่าความขาวสว่าง (Brightness) ซึ่งพิจารณาการสะท้อนของแสง (Reflectance) เมื่อ เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่มีการสะท้อนของแสงสูงสุด (100%) (เครื่อง Elrepho Reflectance Photometer) นอกจากการพิจารณาสีหลังเผา ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของออกไซด์แล้ว หาก เหล็กออกไซด์อยู่ในรูปของ เฮมาไทต์ (Hematite) ลิโมนิต (Limonite) และพวกไมกา แล้วจะเกิด จุดต่างดำของเหล็กออกไซด์ รวมทั้งแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งจุดต่างดำนี้ พิจารณาได้โดยใช้ตา เปล่า หรือใช้แว่นขยาย และบันทึกเป็น ไม่มี (Non) มีเล็กน้อย (Few) มีปานกลาง (Moderate) หรือมีมาก (Many) ส่วนวัตถุดิบพวกหินก็จะมีการพิจารณาสีและจุดต่างดำหลังการเผาเช่นเดียวกัน เช่น หินฟันม้า หินเขียวหนุมาน เป็นต้นส่วนสีสำเร็จรูปจะพิจารณาเฉพาะสีหลังเผา

2. การพิจารณาสีและจุดต่างดำของเนื้อดินปั้น โดยที่สีและจุดต่างดำของเนื้อดินปั้นส่วน ใหญ่จะเกิดจากอิทธิพลของมลทินในวัตถุดิบ นอกจากนี้บรรยากาศในการเผาก็จะมีผลต่อสีของ เนื้อดินปั้นเช่นเดียวกัน การควบคุมให้เนื้อดินปั้นมีสีตามความต้องการ กระทำได้โดยการควบคุม คุณภาพของวัตถุดิบเป็นเบื้องต้น หลังจากนั้นหากพบว่าไม่มีสีไม่เป็นไปตามความต้องการ (ส่วนมาก คือสีขาว) จึงใช้เครื่องจักรช่วยกำจัดมลทิน เช่น เครื่องแยกเหล็ก รวมทั้งการใช้อุณหภูมิและ บรรยากาศการเผา การพิจารณาสีและจุดต่างดำหลังการเผาของเนื้อดินปั้นจึงมีจุดประสงค์เพื่อให้ สามารถกำจัดมลทิน และปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีคุณภาพตามความต้องการ ได้

3. การพิจารณาสีและจุดต่างดำของเคลือบ น้ำเคลือบที่ใช้งานเซรามิกจะเตรียมได้จาก วัตถุดิบที่มีคุณภาพ มีความบริสุทธิ์ นอกจากนั้น ยังมีส่วนผสมของสารให้สีในน้ำเคลือบ ที่เป็นตัว บิดบังอิทธิพลของมลทินในวัตถุดิบ ดังนั้นการพิจารณาสีและจุดต่างดำของเคลือบ จึงมีจุดประสงค์ เพื่อควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด นั่นคือ สีเหมือนเดิม ไม่พบจุดต่างดำ หรือมีจุด ต่างดำไม่ชัดเจน หรือมีไม่มากเกินไปมาตรฐาน เป็นต้น การพิจารณาสีของเคลือบจึงจำเป็นต้องมีการ เปรียบเทียบกับสีมาตรฐานที่ต้องการผลิต โดยใช้การเทียบสีด้วยสายตา อาจใช้แสงแดด หรือ แสงแดดเทียม แต่เพื่อไม่ให้มีปัญหาด้านการพิจารณาและการรายงานผล ควรใช้แสงแดดเทียมที่ ควบคุมอย่างดีในห้องเทียบสี ซึ่งหาสีเทาอ่อน พื้นโต๊ะในห้องต้องเป็นสีเทาอ่อน ผู้ทดสอบจะต้อง สวมเสื้อผ้าสีเทาอ่อน และไม่ให้มีวัตถุสีเข้มนอกจากแผ่นทดสอบอยู่ในบริเวณที่ทดสอบ สำหรับ แผ่นทดสอบและแผ่นสีมาตรฐานจะต้องแบนเรียบ แผ่นสีมาตรฐานจะต้องมีสีคงทน และมีขนาด เดียวกับแผ่นทดสอบ มีความเงา ตลอดจนลักษณะผิวใกล้เคียงกัน วางแผ่นทดสอบและแผ่นสี มาตรฐานไว้ติดกัน หากตรวจสอบโดยใช้แสงแดด ให้ตรวจดูแผ่นทดสอบ และแผ่นสีมาตรฐานใน ทิศทางที่ทำให้เกิดความแตกต่างของความเงาได้น้อยที่สุด แต่ถ้าตรวจสอบโดยใช้แสงแดดเทียมใน ห้องเทียบสี ให้ตรวจดูแผ่นทดสอบและแผ่นสีมาตรฐาน โดยมองทำมุม 45 องศากับลำแสง

1.2 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

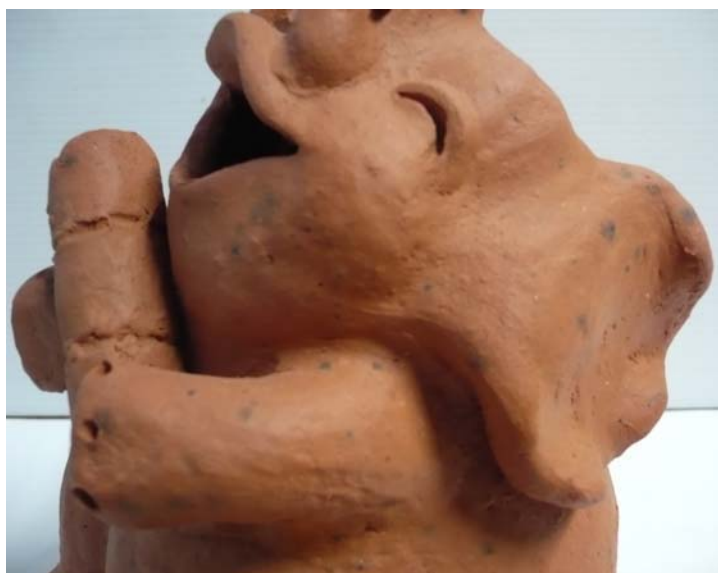
เครื่องปั้นดินเผาเนื้อดินแดงรู้จักกันในชื่อ เอิรท์เทินแวร์ และ เทอราคอตต้า สีของชิ้นงาน จะมีลักษณะสีส้มสวยงามที่ผลิตมาจากดินเหนียวที่มาจากแหล่งดิน ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เอิรท์ เทินแวร์ และ เทอราคอตต้า ดังกล่าวเมื่อใช้กรรมวิธีผลิตแบบ Hand made สามารถสร้างรายได้ ให้แก่ ผู้ประกอบการได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากงานดังกล่าวเป็นที่ชื่นชอบของลูกค้าทั้งชาวไทย และต่างชาติ เพราะเป็นงานที่ได้สะท้อนวิถีชีวิต ภูมิปัญญา วัฒนธรรม ของท้องถิ่นโดยเฉพาะงาน ที่สื่อออกมาในด้านงานลวดลายที่ทำให้เกิดอารมณ์ขัน รูปสัตว์ ประติมากรรมประดับสวน ซึ่งก็ได้ จัดเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ indoor กับ outdoor โดยเฉพาะงาน indoor ซึ่งต้องใช้ความสามารถ ของช่างปั้นที่ชำนาญจึงทำให้งานชนิดนี้มีราคาที่สูงกว่าช่างแพ่งโดยเฉลี่ย 3,500 – 7,500 บาทต่อ 1 ตัว โดยมีขนาดความกว้างสูงประมาณ 30 x 60 เซนติเมตร และขึ้นอยู่กับงานที่มี design ที่แปลก ใหม่ลักษณะรูปร่าง รูปทรงที่แปลกใหม่ด้วย

งานดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มของงาน OTOP ที่ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการให้อยู่ ในระดับ 4 ดาว จึงเป็นการตอบสนองต่อ นโยบายของรัฐบาลได้เป็นอย่างดี โดยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2549 ที่ผ่านมางานดังกล่าวสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการในจังหวัดเชียงใหม่ได้ไม่น้อย ทั้งนี้ก็ เนื่องมาจาก มีการขายหน้าร้าน ออกบู๊ทำงานต่าง ๆ เช่น งานบ้านและสวนแฟร์ เป็นต้น อีกทั้งยังมี

ดีลเลอร์ ที่รับไปขายตามที่แตกต่างกัน เช่น ตลาดจตุจักร และมือเอร์เดอร์ทั้งชาวไทยและต่างชาติชาติอีกมากมาย ซึ่งดีเฉลี่ยผู้ประกอบการที่ผลิตงานลักษณะนี้มีประมาณ มากกว่า 10 รายในเชียงใหม่ หากคิดเป็นกำไรโดยเฉลี่ย ประมาณ 250,000 บาท / ปี ต่อราย

ดังได้กล่าวมาข้างต้นว่างานเอร์ทเทินแวร์ เป็นงานที่สร้างมาจากดินเหนียวคุณภาพดีแต่ในปัจจุบันแหล่งดินที่ใช้ทำงานดังกล่าวเหลือน้อยผู้ประกอบการจึงใช้ดินที่มีอยู่ทั่วไปมาสร้างผลงาน และปรากฏว่าเมื่อนำมาสร้างชิ้นงานแล้วนำไปเผาเสร็จ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 – 5 สัปดาห์ ในบรรยากาศที่มีความชื้นปรากฏว่าเกิดจุดดำทั่วบริเวณชิ้นงานและเมื่อทิ้งไว้นานขึ้นจุดดำจะแผ่ขยายวงกว้างออกไปเต็มชิ้นงาน ทำให้งานมีสีดำหมองคล้ำดังแสดงในรูปที่ 1.1 ไม่เป็นลักษณะของงาน เอร์ทเทินแวร์ หรือ เทอราคอตต้า และผลดังกล่าวทำให้ชิ้นงานเกิดตำหนิ ลูกค้าเกิดความไม่พอใจต่อชิ้นงานจึงส่งผลให้ผู้ประกอบการประสบกับปัญหาชิ้นงานมีตำหนิจุดดำดังกล่าว

ในเบื้องต้นได้ทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยใช้การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้เกิดจุดดำโดยเทคนิค EDS แล้วพบว่าเกิดจากออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดจุดดำดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 ผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจุดดำและคราบดำบนผลิตภัณฑ์



รูปที่ 1.2 ชิ้นส่วนของจุดดำและคราบดำของผลิตภัณฑ์

การหาสาเหตุที่ทำให้เกิดจุดดำและคราบดำโดยจะพิจารณาถึงผลของขนาดอนุภาค แม่งกานีสและเหล็กออกไซด์ ระยะเวลา อุณหภูมิ ความชื้น และหาแนวทางลดการเกิดตำหนิ ดังกล่าวบนผิวผลิตภัณฑ์

1.3 ทบทวนเอกสารวิชาการ

พิมพัลค์ วัฒนภาส และสุมาลี ลิขิตวนิชกุล ได้วิจัยและพัฒนาเนื้อดินปั้นราชบุรี โดยการปรับปรุงวิธีการเตรียมเนื้อดินปั้นโองราชบุรี เพื่อลดตำหนิจุดขาวและตุ่มสีน้ำตาลในเนื้อดินโดยใช้วิธีการบดด้วยเครื่องบด Jaw crusher, Roller crusher กรองผ่านตะแกรง 6 เมช และใช้ทรายที่กรองผ่านตะแกรง 16 เมช ผสมกันในอัตราส่วนของดินต่อทราย เป็น 9 : 1 โดยน้ำหนัก ความชื้น 30 % พบว่าเนื้อดินที่ได้สามารถปั้นโองได้ดี ตำหนิและการแตกร้าวในผลิตภัณฑ์หลังเผาลดลงอย่างเห็นได้ชัด คุณภาพโดยรวมดีขึ้น

อรพิน สมมิตร ได้ปรับปรุงองค์ประกอบของดินแดงบ้านสันจกปก จังหวัดพระเยา เพื่อพัฒนาคุณภาพของเครื่องปั้นดินเผาโดยใช้ ดินโดโลไมท์ ดินคอมพาวด์ และดินโรงงานศรีวรรณเป็นส่วนผสม พบว่า การใช้ดินบ้านสันจกปก 80 % ผสมกับดินโดโลไมท์ 20 % เผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส จะได้สีดินเป็นสีแดงอิฐสวยงาม สีที่ได้ไม่เข้มจนเกินไป

ไพจิตร อังศิริวัฒน์ ได้พัฒนาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์จากแหล่งดินเหนียวปากเกร็ดซึ่งจัดเป็นดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีความเหนียวมากแต่มีการหดตัวสูงประมาณ 20 % ซึ่งมีโอกาสแตกร้าวสูง ให้มีค่าการหดตัวลดลงและมีความทนไฟสูงขึ้นโดยการใช้ดินขาวลำปาง ควอทซ์ และทัลคัม เป็นส่วนผสม พบว่า สูตรที่ดี คือมีอัตราส่วนผสมของดินเหนียวปากเกร็ดประมาณ 45 % ดินขาว

ลำปางประมาณ 20 % และควอทซ์ประมาณ 35 % สามารถนำไปขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนได้ดี เมื่อแห้งมีความแข็งแรงโดยมีค่าความแข็งแรงของเนื้อดินก่อนเผา ประมาณ $13 - 15 \text{ kg/cm}^2$ สามารถเผาได้ถึง 1,200 องศาเซลเซียส และมีค่าการหดตัวประมาณ 13 % สมบัติเชิงกลของดินกลุ่มเอิร์ทเทินแวร์ว่า มีค่าความแข็งแรงหลังเผาประมาณ $490 - 630 \text{ kg/cm}^2$ ดินที่มีค่าความแข็งแรงก่อนเผาสูง ก็มักจะมีคามเหนียวมาก มีอนุภาคที่ละเอียดมาก แต่ก็มักจะมีปัญหาเรื่องค่าการหดตัวสูง เช่น ดินดำ เป็นต้น โดยปกติ ดินที่นำมาปั้นด้วยแป้นหมุน มักจะมีน้ำอยู่ในดินที่เหมาะสมประมาณ 22 - 25 % สำหรับการปั้นด้วยมือมักจะใช้ดินที่มีน้ำน้อยกว่าและมีความแข็งมากกว่าเล็กน้อย เปรียบเทียบกับการขึ้นรูปด้วยจักรเกอร์ที่มักจะมีปริมาณน้ำในเนื้อดินอยู่ในช่วง 19 - 22 % ความเหนียวของดินขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ หรือความชื้นในดิน ความเหนียว หรือ Plasticity ของดิน เป็นสมบัติที่ทดสอบได้ค่อนข้างยาก แม้ในปัจจุบันมีวิธีในการทดสอบหลายวิธีแต่ก็ยังไม่มีความมาตรฐาน หรือเทคนิคการทดสอบใดที่ได้รับการยอมรับเป็นสากล เนื่องจากค่าความเหนียวขึ้นอยู่กับปัจจัยในการทดสอบหลายประการ เช่น ปริมาณความชื้นในดิน ระยะเวลา และ ความดันที่ใช้ในการทดสอบ เป็นต้น

สำหรับในดินแดงทั่วไป (terra - cotta clay) จะมีอัลคาไลน์ต่าง ๆ หลายชนิดในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอม ดังนั้นหากเผาสูงถึง 1,100 องศาเซลเซียส ดินมักจะยุบตัว เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส ดินจะหดตัวประมาณ 10 - 15 % ซึ่งนับว่าค่อนข้างสูงและอาจมีผลให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวหรือแตกร้าวได้ง่าย ดินเหนียวสีแดงที่เผาตั้งแต่ 750 - 1,000 องศาเซลเซียส มักจะยังมีค่าการดูดซึมน้ำสูงเกิน 7 % นอกจากนี้ยังได้ระบุอีกว่าในดินแดงมักจะมีหินปูนอยู่ถึงประมาณ 10 - 20 % ซึ่งเป็นปริมาณค่อนข้างสูง หากในดินมีปริมาณของหินปูนมากเกินไปมักทำให้เกิดปัญหากับผลิตภัณฑ์

ไพจิตร อังศิริวัฒน์ ได้อธิบายในสื่เชรามิกว่า แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ได้มาจากแร่ไพโรลูไซต์ (Pyrolusite) ซึ่งมีสีดำอมน้ำเงินเข้ม ปกติแมงกานีสให้สีน้ำตาลในเคลือบ แต่ในเคลือบที่มีโพแทสเซียมจะให้สีม่วง แมงกานีสมีหลายคุณภาพให้เลือกใช้ ซึ่งโดยทั่วไปมีแมงกานีสอยู่ประมาณ 45 - 65 % แมงกานีสที่คุณภาพไม่ดีเมื่อผสมในเคลือบ จะเกิดตำหนิฟองเดือดบนผิวเคลือบหลังการเผา ดังนั้นควรนำแมงกานีสไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้

แมงกานีสชนิดเป็นเม็ดทราย (Granular Manganese) ใช้ทำปฏิกิริยาให้เกิดเป็นจุดดำในเคลือบหรือเนื้อดิน แต่ถ้านำเคลือบไปเผาในอุณหภูมิสูงเกิน 1,080 องศาเซลเซียส จุดดำจะละลายหายไปในตัวเคลือบ แมงกานีสมีสมบัติเป็นตัวหลอมละลาย (Flux) ดังนั้นในเคลือบที่เติมแมงกานีสเป็นสารให้สีจะหลอมละลายในอุณหภูมิต่ำลง และไหลตัวมาก

John Dickerson ระบุว่าเนื้อดินปั้นที่ดีควรมีค่าการหดตัวของดินหลังตากแห้งระหว่าง 4 – 5 % และมีค่าการหดตัวหลังเผาประมาณ 12 – 15 %

สุทธิ วัฒนศิริเวช และคณะ ได้วิเคราะห์ตำหนักจากผลิตภัณฑ์ประเภทอิฐเทินแวร์ จากโรงงานในจังหวัดเชียงใหม่ ที่เนื้อดินมีการกะเทาะหลุด ด้วยเทคนิค SEM/EDS พบว่า บริเวณที่เป็นตำหนักซึ่งเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าเห็นเป็นเม็ดสีขาวนั้นมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งบ่งชี้ว่าในเนื้อดินมีแคลเซียมคาร์บอเนต (หินปูน) หรือแคลเซียมซิลเฟตปะปนอยู่ เมื่อได้รับความร้อนระหว่างการเผาที่ประมาณ 800 องศาเซลเซียส อนุภาคเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์ หลังจากนั้นเมื่อได้รับความชื้นจากอากาศเพิ่มมากขึ้น เกิดการบวมตัวและดันตัวของเนื้อดิน ทำให้เกิดเป็นตำหนักดังกล่าว

จากรายงานของ Sheffield pottery ได้กล่าวถึงสารประกอบโลหะออกไซด์ที่ทำให้เกิดสีในเนื้อดินปั้นและเคลือบ ในกรณีของแมงกานีสออกไซด์ (MnO_2) จะทำให้เกิดสีแดง น้ำเงิน ม่วงและดำ และยังเป็นสารที่ทำให้เกิดออกซิไดซ์ที่รุนแรงในเคลือบ ซึ่งขนาดอนุภาคของแมงกานีสออกไซด์จะมีผลต่อความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา ในส่วนของเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) จะเป็นสารที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้มในเนื้อดินปั้นและเคลือบ ถ้ามีปริมาณมากกว่า 4 % จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมและเพิ่มการไหลตัวของเคลือบ แต่ในกรณีของจุดดำซึ่งอาจจะเกิดจากสารอินทรีย์ที่ปนอยู่ในอนุภาคของดิน อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ทำการเผาผลิตภัณฑ์เร็วเกินไป ทำให้ไม่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ออกได้หมด จึงเหลือสารคาร์บอนอยู่ในผลิตภัณฑ์ ในกรณีของสารที่ให้สีในวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเซรามิกนอกจากที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วยังมีโลหะจำพวก Cr, Sn, Sb

โดยสรุปจากการทบทวนเอกสาร ทำให้ทราบถึงสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น เช่น ค่าการหดตัว ปริมาณความชื้น ปริมาณหินปูน ความแข็งแรงก่อนและหลังเผา และสารที่ทำให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์เซรามิกได้อย่างคร่าว ๆ อย่างไรก็ตาม เนื้อดินที่นำมาทำการปั้นเป็นผลิตภัณฑ์ เป็นดินที่มีความหลากหลาย และแต่ละท้องถิ่นที่ห่างไกลกัน เช่น จากประเทศอื่น หรือแม้แต่ภาคอื่น อาจมีความแตกต่างกันอย่างมาก ทั้งด้านองค์ประกอบทางแร่ องค์ประกอบทางเคมี ขนาดอนุภาคเป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของเนื้อดินปั้นรวมถึงจุดตำหนักที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาต่อไป

1.4 วัตถุประสงค์

- 1.4.1 วิเคราะห์หาชนิดของแร่ที่มีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุของการเกิดตำหนิจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์รวมถึงความสามารถในการละลายของสารประกอบแมงกานีสในน้ำ
- 1.4.2 ศึกษาผลของขนาดอนุภาค ระยะเวลาและความชื้นที่มีต่อการเกิดตำหนิจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์
- 1.4.3 หาแนวทางการแก้ไขตำหนิที่เกิดขึ้น

2. การทดลอง

2.1 เก็บตัวอย่างดินและผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจากผู้ประกอบการ

คณะผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างดินจากโรงงานเตรียมดิน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บดินที่ทางโรงงานร่อนผ่านตะแกรงขนาดรูเปิดขนาด 1 มิลลิเมตร และทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจาก โรงงานประติมากรรมดินเผาป่าตาล อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

2.2 ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินและผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบลักษณะทางจุลภาคของดินตัวอย่างและผลิตภัณฑ์หลังเผาด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscope (SEM) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตำหนิโดยเทคนิค EDS

2.3 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ทำการบดย่อยเพื่อให้ดินจากแหล่งดินซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ร่อนผงดินผ่านตะแกรงชนิดหยาบขนาด 60 เมช เพื่อแยกเอาเศษไม้ ก้อนกรวด หรือสิ่งปะปนอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่ออก เนื่องจากดินมีลักษณะที่ค่อนข้างหยาบจึงได้ใช้เทคนิคการหาปริมาณกากค้ำตะแกรง ร่อนร่วมกับเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ (Malvern รุ่น Mastersizer S) สำหรับการหาปริมาณกากค้ำตะแกรง ทำการชั่งดินผง 100 กรัม ผสมน้ำ 200 ml เทผ่านชุดตะแกรงร่อนขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช ตามลำดับ ฉีดพ่นน้ำบนตะแกรงทีละชั้น เพื่อชะให้อนุภาคดินไหลผ่านไปยังชั้นต่อไปได้ จากนั้นนำกากที่ค้ำตะแกรงแต่ละขนาดรวมทั้งอนุภาคที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 325 เมช ไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักแห้งของอนุภาคดินจากตะแกรงแต่ละชั้น ส่วนอนุภาคที่ผ่านตะแกรงร่อน ถูกนำไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคเฉลี่ยด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ในขั้นตอนต่อไป

2.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยรังสีเอกซ์

นำผงดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช อัดเป็นเม็ดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ใช้ความดันในการอัดขึ้นรูป 50 MPa นำขึ้นทดสอบไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนต์ (X-ray fluorescent – XRF: Horiba รุ่น MESA-500W) ค่าความต่างศักย์ของหลอดรังสีเอกซ์ที่ 50 กิโลโวลต์ ใช้ระยะเวลาในการทดสอบด้วยรังสีเอกซ์ 5 นาที ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction - XRD) สามารถระบุถึงชนิดของแร่ที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อดินตัวอย่างได้ ในการทดสอบนำผงดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช บรรจุในแผ่นบรรจุตัวอย่างชนิดผง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction – XRD: Phillips รุ่น X-Pert Pro MPD)

2.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนด้วยเครื่อง Simultaneous Thermal Analysis (STA): TA Instrument รุ่น SDT2960 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาและเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่หายไปหลังการเผาซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณสารที่หายไปในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ

2.7 การตรวจสอบการละลายของโลหะออกไซด์

นำดินตัวอย่างมาทำการกระจายตัวในน้ำที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เก็บน้ำดินที่เวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน จากนั้นตรวจสอบการละลาย (Solubility) ของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดตำหนิโดยใช้เทคนิค Atomic absorption spectroscopy (AAS): Perkin Elmer รุ่น AAnalyst 100

2.8 การศึกษาผลของบรรยากาศและความชื้นที่มีต่อระยะเวลาการเกิดตำหนิ

นำดินตัวอย่างก่อนและหลังการแยกแร่ที่เป็นสาเหตุของการเกิดตำหนิมาร่อนโดยตะแกรงและเครื่องแยกแม่เหล็กโดยทำการขึ้นรูปด้วยวิธี Hydraulic pressing จะได้ชิ้นงานมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 5 x 5 x 0.5 เซนติเมตร และทำการเผาที่อุณหภูมิในช่วง 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาไฟฟ้า และทำการเผาจากเตาของโรงงานของผู้ประกอบการโดยใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ทำการตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศและสภาวะที่บ่มด้วยไอน้ำและสังเกตตำหนิจุดดำและคราบดำที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์

2.9 แนวทางการแก้ไขตำหนิที่เกิดขึ้น

2.9.1 นำดินตัวอย่างที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จากนั้นทำการขึ้นรูปโดยวิธี Hydraulic pressing จะได้ชิ้นงานมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด $5 \times 5 \times 0.5$ เซนติเมตร และทำการเผาที่อุณหภูมิในช่วง 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาไฟฟ้าและเตาโรงงาน และทำการตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศและสภาวะที่บ่มด้วยไอน้ำและสังเกตตำหนิจุดดำและคราบดำที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์

2.9.2 นำดินตัวอย่างซึ่งผ่านการร่อนจากตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และทำการแยกสารประกอบหลักด้วยเครื่องแยกแม่เหล็กซึ่งมีความแรงในช่วง 4000-12000 gauss คำนวณหาปริมาณสารประกอบหลักที่สามารถแยกออกมาได้และทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโดยเทคนิค EDS

2.9.3 นำชิ้นงานที่มีจุดดำและคราบดำมาทำการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 30 % โดยปริมาตร สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์

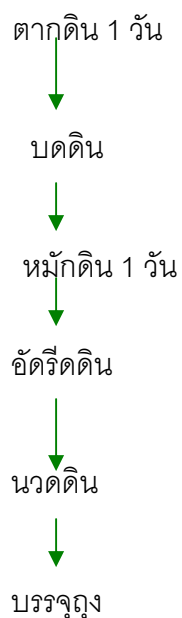
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 เก็บดินตัวอย่างและผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายจากผู้ประกอบการ

โรงงานเตรียมวัตถุดิบ

โรงงานเตรียมวัตถุดิบดินเหนียวเป็นโรงงานเล็กๆ ในหมู่บ้านในอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจะเตรียมดินเหนียวให้กับโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทเอิร์ทเทินแวร์ในหมู่บ้านเดียวกันนั้น โดยมีแหล่งดินจากแหล่งดินเหนียวทั่วไปตามท้องถื่นและในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ดินตัวอย่างมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนเพราะโดยมีความชื้นจำนวนหนึ่งและในก้อนดินจะสังเกตเห็นก้อนสีดำขนาดเท่าเม็ดทรายปนอยู่เป็นจำนวนมาก

กระบวนการเตรียมดิน



ข้อมูลจากการสอบถามเจ้าของโรงงานเตรียมวัตถุดิบเกี่ยวกับการเกิดจุดดำหนิดำ

1. ถ้าดินมีลักษณะเป็นก้อนสีดำตั้งแต่แรก แล้วนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ จะมีโอกาสพบจุดดำหนิดำและคราบดำบนผลิตภัณฑ์
2. เมื่อทางโรงงานได้นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดหยาบก่อน (รูเปิดขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร) จะพบว่าดินที่ค้ำตะแกรงจะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ และเมื่อนำดินนี้ไปผลิตผลิตภัณฑ์ จะพบดำหนิดำและคราบดำบนผลิตภัณฑ์น้อยลง
3. การเกิดจุดดำหนิดำและคราบดำบนผิวผลิตภัณฑ์ จะเกิดประมาณ 2 – 3 เดือนหลังทำการเผา

โรงงานประติมากรรมดินเผาปาตาล

โรงงานประติมากรรมดินเผาปาตาล ผลิตตุ๊กตาปั้นเอร์เทินแวร์ที่มีสีน้ำตาลแดง โดยจะผลิตจากดินเหนียวที่เตรียมได้จากโรงงานเตรียมวัตถุดิบ โดยจะมีกระบวนการผลิตดังรูป 3.2

กระบวนการผลิต



ข้อมูลจากการสอบถามเจ้าของโรงงานประติมากรรมดินเผาปาตาลเกี่ยวกับการเกิดจุดดำหนิดำ

1. ตุ๊กตาที่เผาทิ้งไว้ประมาณ 2 – 3 เดือน จะเกิดจุดดำและคราบดำ แต่ถ้าเป็นฤดูฝนที่มีความชื้นมากจะเกิดจุดดำและคราบดำเร็วขึ้น
2. ตุ๊กตาที่เผาสุกเกินไป จะทำให้เกิดจุดดำและคราบดำน้อยลง แต่สีของตุ๊กตาจะเป็นสีแดงซีด ซึ่งลูกค้าไม่พอใจ

จากการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เกิดตำหนิ ผู้ผลิตได้ใช้ดินเหนียวจากโรงงานเตรียมดินแล้วนำมาขึ้นรูป เมื่อเผาเสร็จและจัดวางผลิตภัณฑ์บริเวณหน้าร้าน เมื่อได้รับความชื้นและทำให้เกิดจุดดำหนิดำในผลิตภัณฑ์

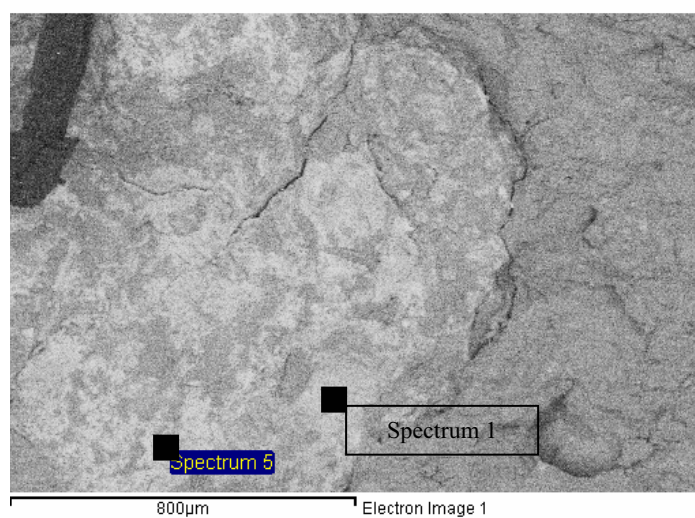


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมดินป่น

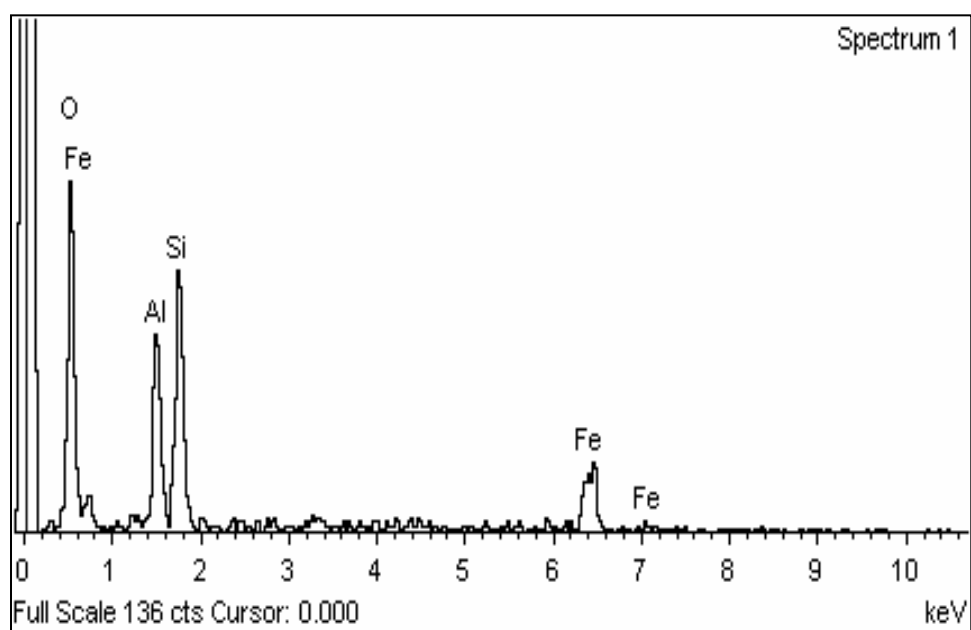


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาปาตาล

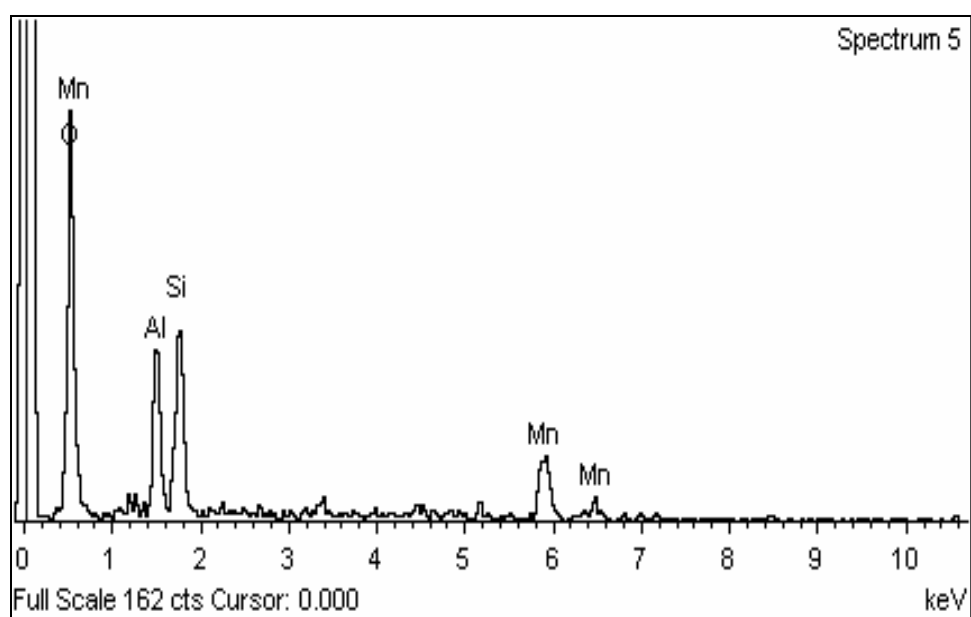
3.2 การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินและผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.3 ภาพถ่าย SEM (Back scattering) ของจุดดำของดินตัวอย่าง



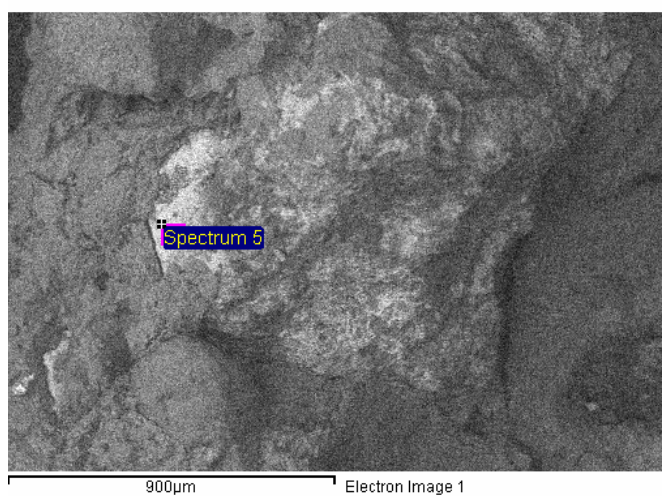
รูปที่ 3.4 EDS – Spectrum แสดงองค์ประกอบของจุดดำของดินตัวอย่างสเปกตรัมจุดที่ 1



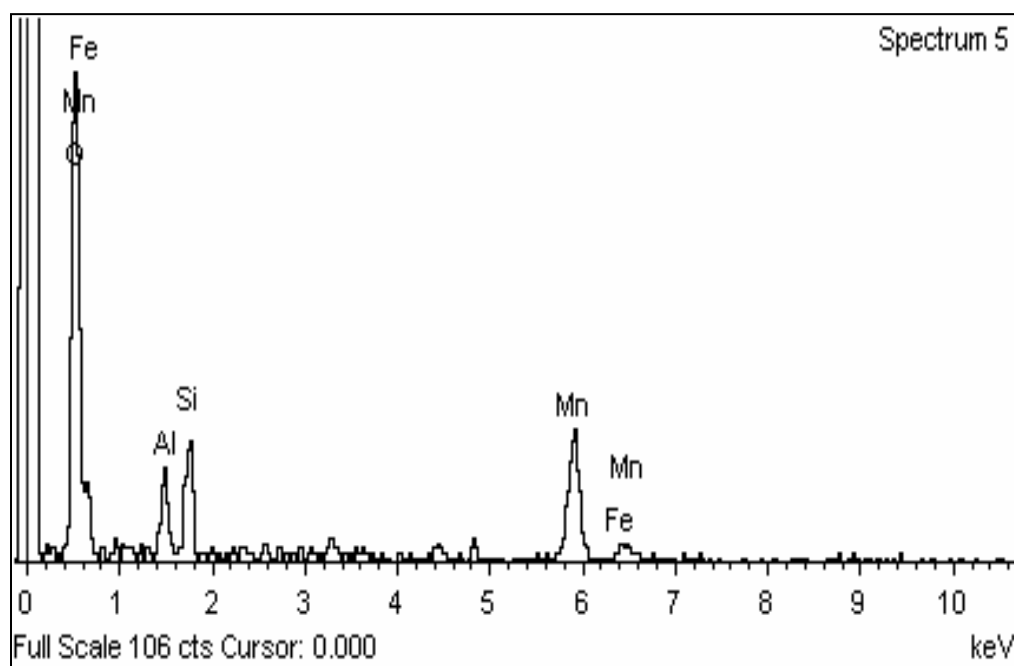
รูปที่ 3.5 EDS – Spectrum แสดงองค์ประกอบของจุดดำของดินตัวอย่างสเปกตรัมจุดที่ 5

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตำหนิดำของดินตัวอย่าง

ธาตุที่เป็น องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
	Spectrum 1	Spectrum 5
O	40.5	46.2
Al	17.7	11.5
Si	17.9	13.7
Mn	-	28.5
Fe	29.8	-
รวม	100	100



รูปที่ 3.6 ภาพถ่าย SEM (Back scattering) จุดตำหนิดำบนผิวของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.7 EDS – Spectrum แสดงองค์ประกอบของจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3.2 ปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตำหนิดำบนผลิตภัณฑ์

ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
O	42.8
Al	4.71
Si	7.19
Mn	41.8
Fe	3.34
รวม	100

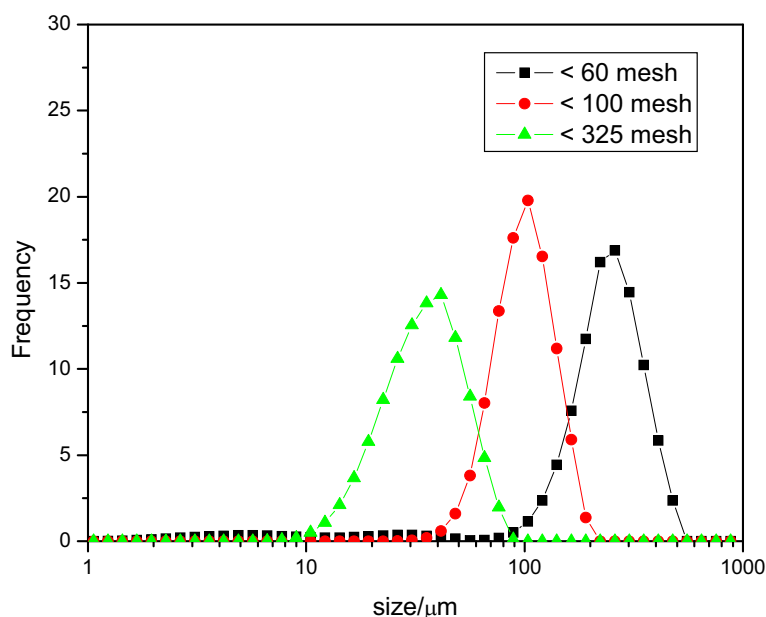
จากภาพถ่าย Back scattering จากกล้อง SEM พบว่าจุดดำในดินตัวอย่างมีลักษณะเป็นเม็ดสามารถเห็นเฟสของจุดดำแยกจากเนื้อดินอย่างชัดเจน เมื่อใช้เทคนิค EDS วิเคราะห์ตรงจุดดำพบว่าประกอบด้วยธาตุออกซิเจน, อลูมิเนียม, ซิลิกอน, เหล็ก และแมงกานีสเป็นองค์ประกอบ ซึ่งคณะผู้วิจัยคาดว่าออกไซด์ของเหล็ก และแมงกานีสน่าจะเป็นสาเหตุของการเกิดจุดดำบนผลิตภัณฑ์

จากภาพถ่าย Back scattering จากกล้อง SEM พบว่าจุดดำของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีลักษณะเป็นเกรนขนาด 900-1000 ไมครอนฝังอยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์และจะสามารถเห็นเฟสของจุดดำและเนื้อผลิตภัณฑ์แยกกันอย่างชัดเจนมาก และเมื่อใช้เทคนิค EDS วิเคราะห์จุดดำในผลิตภัณฑ์พบว่าประกอบด้วยธาตุชนิดเดียวกับในดินตัวอย่าง โดยจะมีปริมาณเหล็กและแมงกานีสอยู่ในปริมาณค่อนข้างจะมาก

3.3 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินด้วยปริมาณกากค้ำตะแกรงร่อน

ขนาดตะแกรง (เมช)	รวมกากค้ำตะแกรง (%)
60	5.5
100	9.3
230	6.5
325	8.5



รูปที่ 3.8 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินด้วยการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์

จากตารางที่ 3.3 ตัวอย่างดินกลุ่มที่ค้ำตะแกรงขนาด 60 และ 100 เมช มีปริมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนอนุภาคที่ค้ำตะแกรงขนาด 60 เมช จะประกอบด้วยเม็ดทรายที่มีขนาดค่อนข้างหยาบและมีสีขาว น้ำตาล และดำปะปนกัน ซึ่งจากการสอบถามผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์พบว่าเม็ดทรายที่มีขนาดใหญ่และมีสีดำถ้าปรากฏที่ผิวของผลิตภัณฑ์เมื่อทำการเผาผลิตภัณฑ์ที่ได้จะปรากฏจุดดำ ดังนั้นผู้ประกอบการบางแห่งจะต้องมีกระบวนการล้างดินที่ซื้อจากผู้ประกอบการผลิตดินและทำการร่อนแยกอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ออกก่อน จึงจะทำการปั้นขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ แต่จากการเก็บข้อมูลของคณะผู้วิจัยพบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะนำดินที่ซื้อจากผู้ประกอบการมาใช้โดยตรงจึงทำให้เกิดตำหนิจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่าง

ตารางที่ 3.4 องค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่าง

องค์ประกอบ (Wt %)	ดินตัวอย่าง ก่อนร่อน	ดินตัวอย่างร่อน ผ่าน 60 เมช	ดินตัวอย่างร่อน ผ่าน 100 เมช	ดินตัวอย่างร่อน ผ่าน 230 เมช	ดินตัวอย่างร่อน ผ่าน 325 เมช
Al ₂ O ₃	18.5	20.5	20.0	22.07	20.9
Fe ₂ O ₃	5.48	5.50	5.51	5.54	5.74
K ₂ O	1.95	2.07	2.07	2.06	2.09
MgO	0.33	0.42	0.42	0.46	0.52
MnO	0.13	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Na ₂ O	0.18	0.37	0.37	0.26	0.17
P ₂ O ₅	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
SiO ₂	66.3	63.2	63.1	60.8	61.3
TiO ₂	0.61	0.70	0.75	0.83	0.87
CaO	0.24	0.31	0.31	0.30	0.35
LOI	6.18	7.32	7.32	7.50	7.93
Total	100	100	100	100	100

จากผลการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางเคมีของดินที่ไม่ได้ร่อนผ่านตะแกรงจะมีปริมาณเหล็กและแมงกานีสออกไซด์อยู่ประมาณ 5.50 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำดินร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช ตามลำดับนั้น ทำให้ปริมาณของเหล็กออกไซด์เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่ปริมาณของแมงกานีสออกไซด์จะลดลงหลังจากร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช จากผลการทดลองอาจจะสรุปได้ว่าขนาดอนุภาคของสารประกอบเหล็กออกไซด์มีขนาดเล็กและจะปะปนอยู่กับดินทุกช่วงขนาดอนุภาค แต่ในส่วนของแมงกานีสออกไซด์จะมีอยู่ในส่วนของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 60 และ 100 เมช ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางแร่ซึ่งอนุภาคที่มีขนาดค้างตะแกรง 60 และ 100 เมช ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแร่ที่ควอตซ์และแร่ที่มีสารประกอบแมงกานีส

3.5 วิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางแร่ของดินตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ดินตัวอย่างด้วยเทคนิค XRD แสดงในภาพที่ 3.9 - 3.14 โดยในภาพรวมพบแร่ควอตซ์ มัสโคไวต์ และเคโอลิไนต์ เป็นแร่หลักและมีแร่รูไทด์ เฮมาไทต์และไพโรลูไซต์ในปริมาณเล็กน้อย

สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้แทนแร่ต่างๆ ดังที่ปรากฏ ในภาพที่ 3.1 มีดังนี้

Q = Quartz (SiO_2)

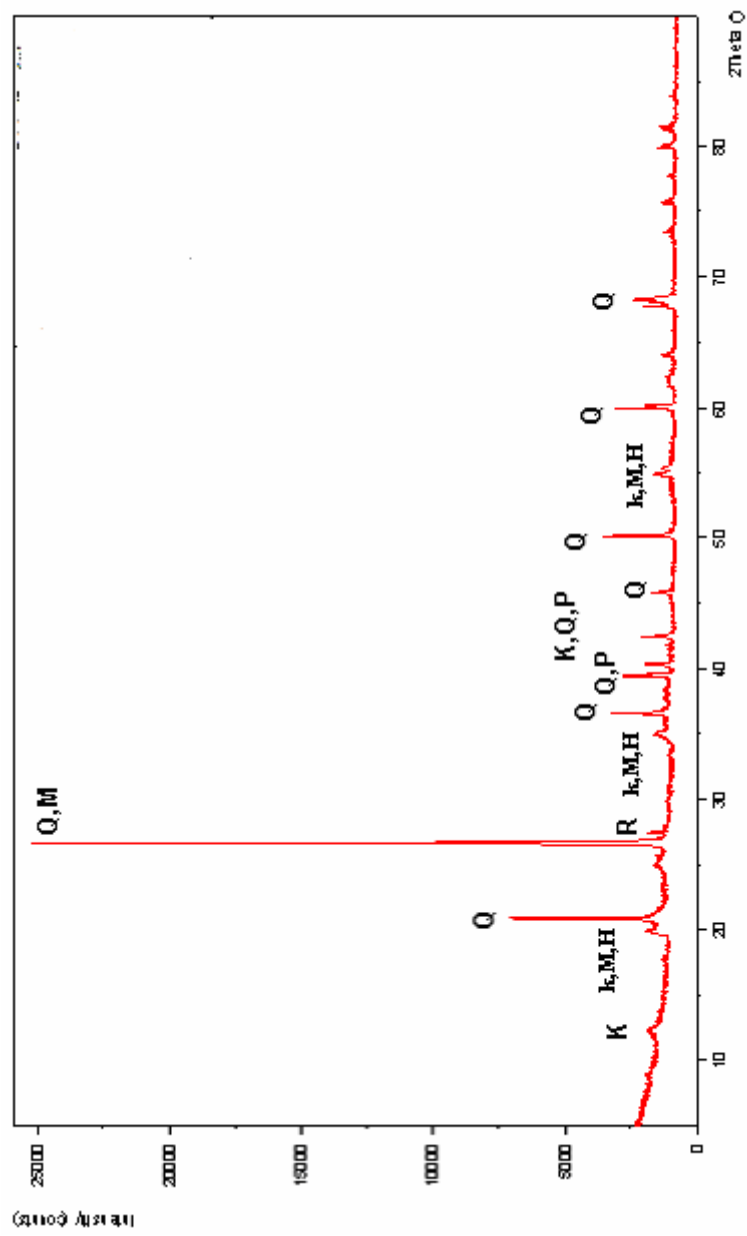
K = Kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

M = Muscovite $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$

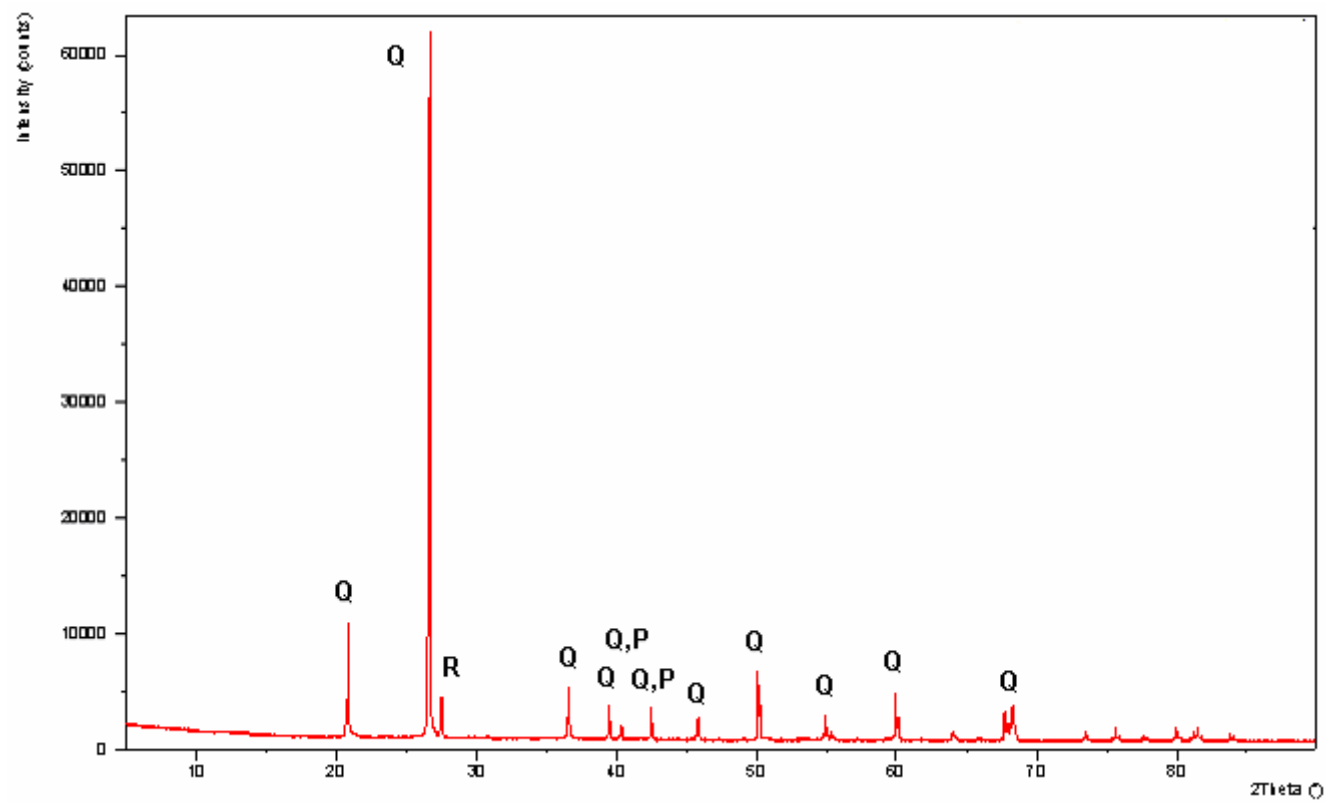
P = Pyrolusite (MnO_2)

R = Rutile (TiO_2)

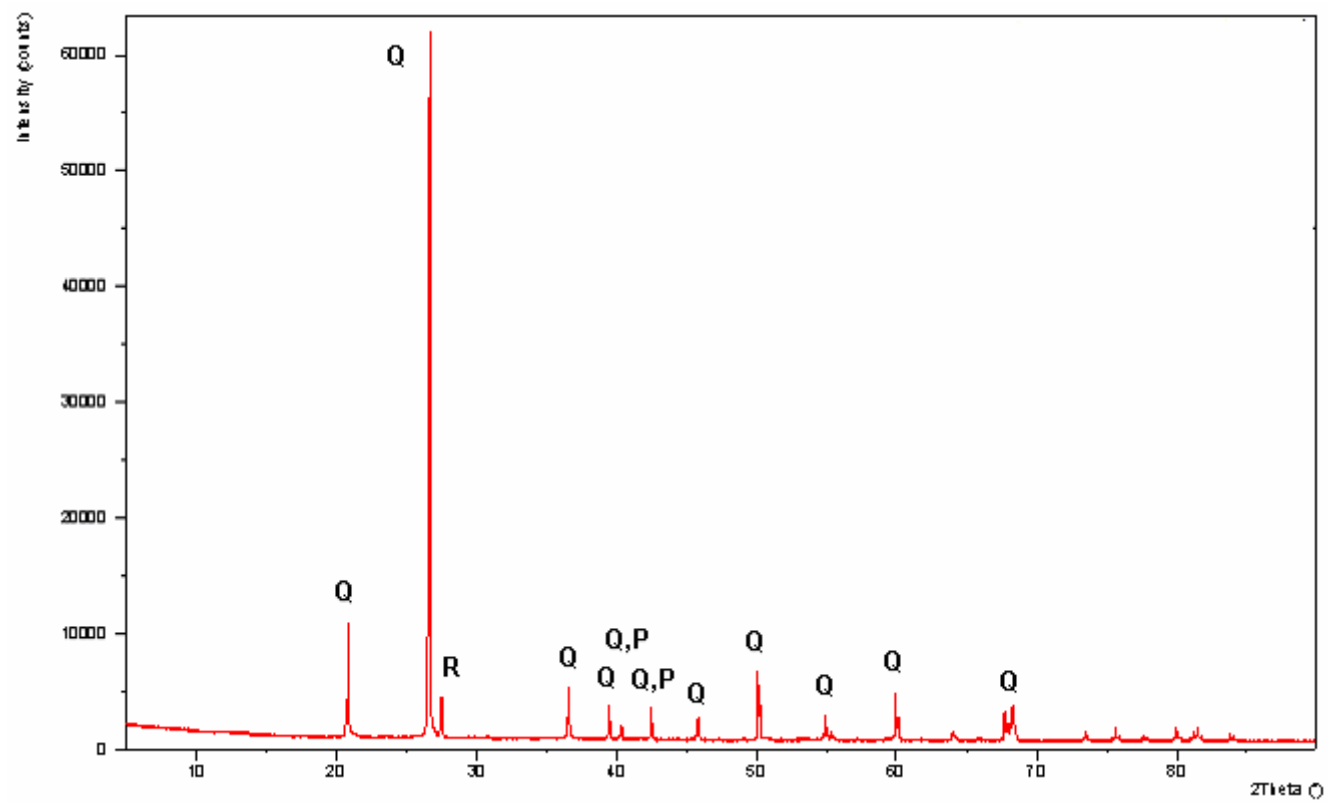
H = Hematite (Fe_2O_3)



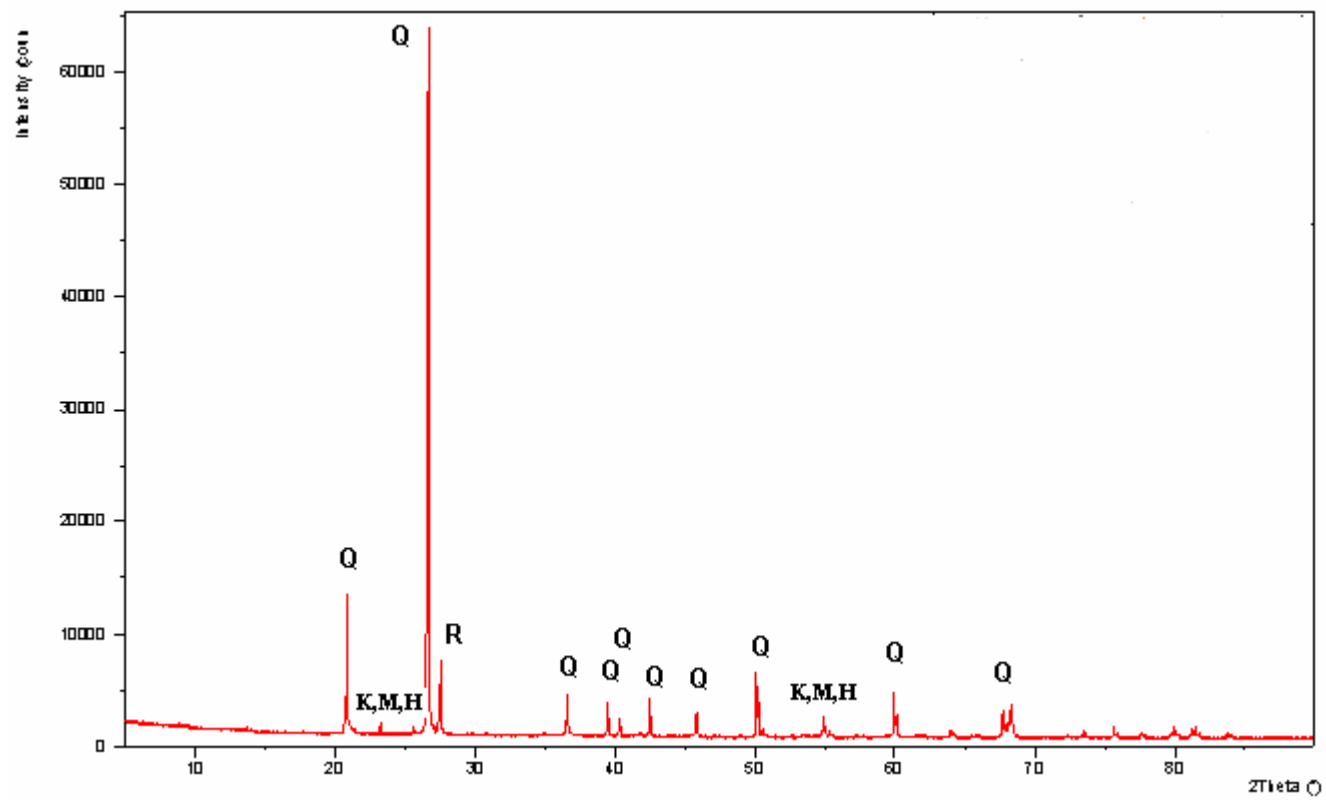
รูปที่ 3.9 Diffraction ของดินตัวอย่างก่อนร่อน



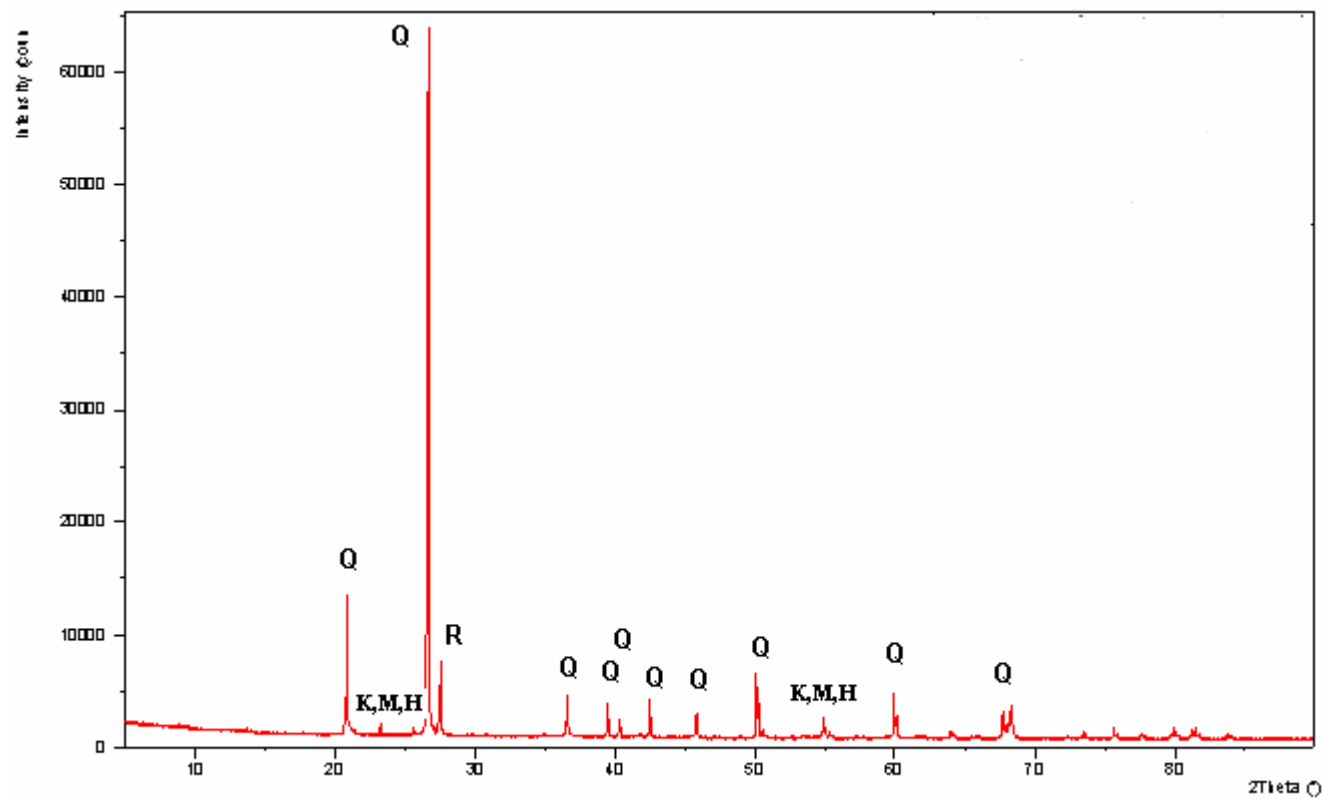
รูปที่ 3.10 Diffractogram ของดินตัวอย่างค้างตะแกรง 60 เมช



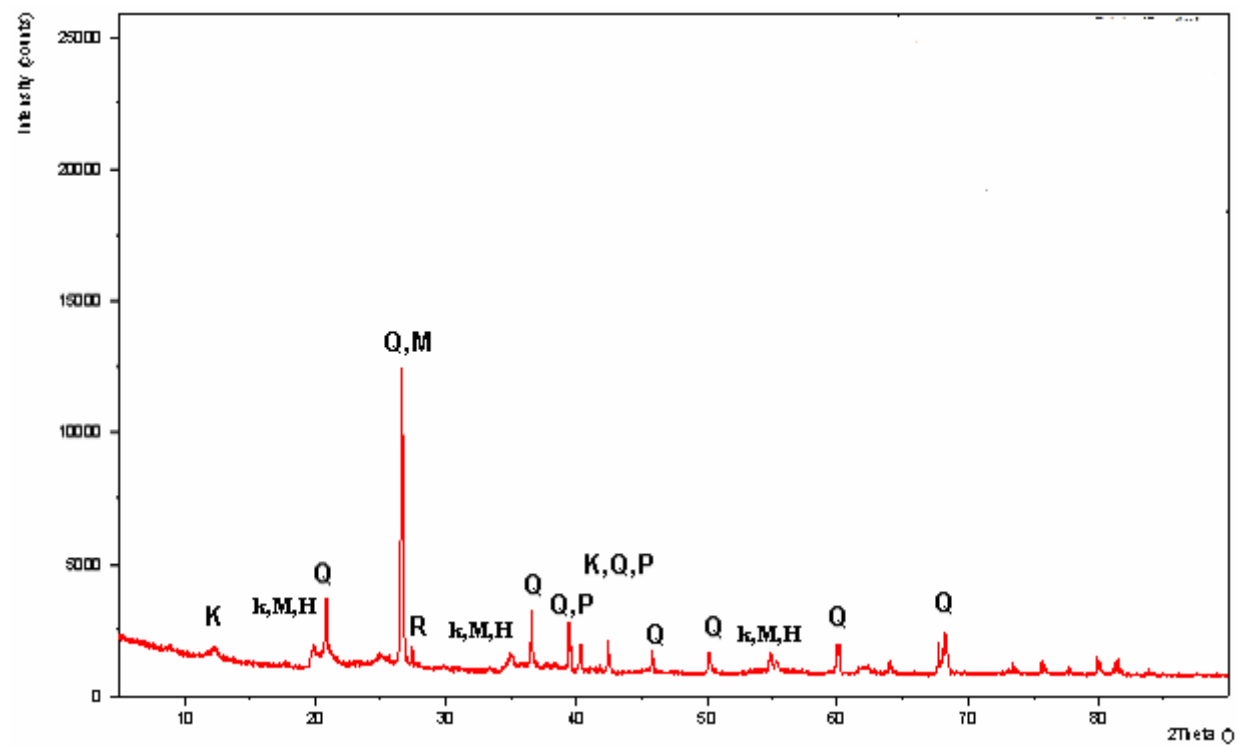
รูปที่ 3.11 Diffractogram ของดินตัวอย่างค้ำตะแกรง 100 เมช



รูปที่ 3.12 Diffractogram ของดินตัวอย่างค้ำตะแกรง 230 เมช



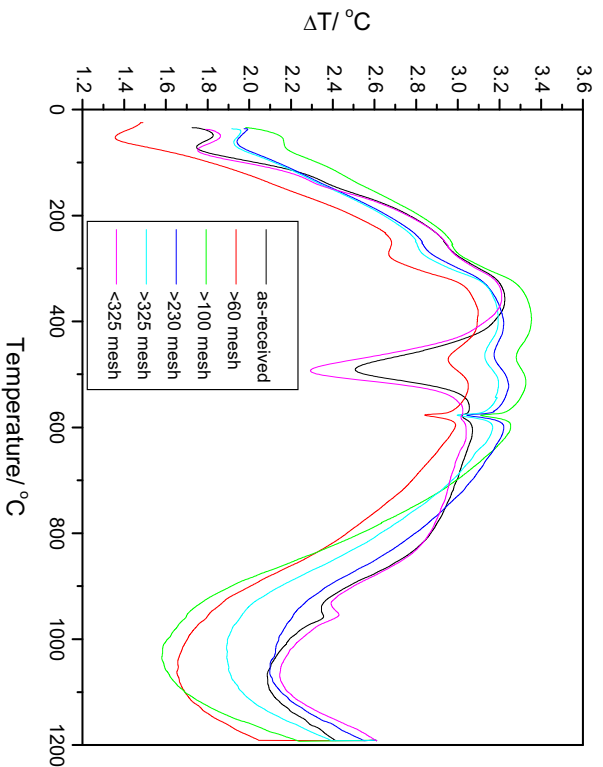
รูปที่ 3.13 Diffractogram ของดินตัวอย่างค้ำตะแกรง 325 เมช



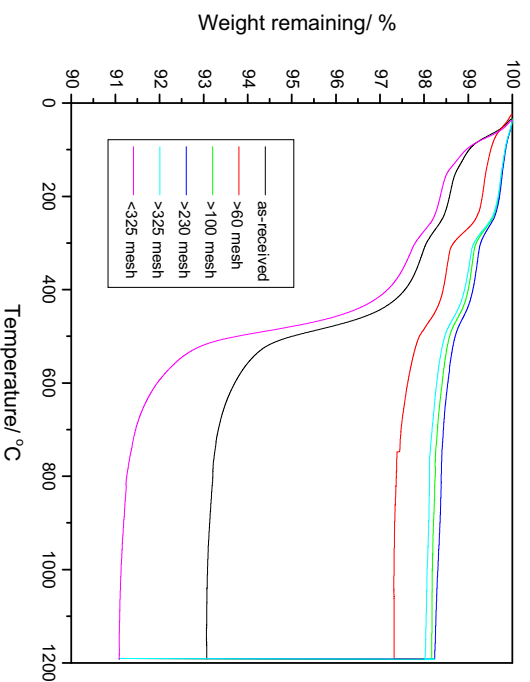
รูปที่ 3.14 Diffractogram ของดินตัวอย่างผ่านตะแกรง 325 เมช

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ของดินก่อนร่อนผ่านตะแกรง และดินที่ต่างตะแกรงขนาด 60, 100, 230, 325 เมช จะพบว่าจะประกอบด้วยแร่เคโอลิไนท์ มีสโตไวต์ ควอตซ์ เฮมาไทต์ ไพโรลูไซต์ และรูไทต์ และดินที่ต่างตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จะไม่พบแร่เคโอลิไนท์ แต่จะพบแร่ควอตซ์ รูไทต์ และไพโรลูไซต์ ดังนั้นในส่วนที่ต่างตะแกรงมีแนวโน้มจะมีปริมาณดินเคโอลิไนท์น้อยลงและมี แร่ควอตซ์ รูไทต์ และไพโรลูไซต์มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แต่ในส่วนของการประกอบเหล็กที่ตรวจพบจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีนั้นคาดว่าน่าจะมาจากแร่เฮมาไทต์และเหล็กที่ปนอยู่ในโครงสร้างของแร่สโตไวต์ เคโอลิไนท์ และควอตซ์ จากผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและองค์ประกอบทางแร่รวมถึงข้อมูลจากผู้ประกอบการอาจจะสรุปได้ว่ากลุ่มของแร่ควอตซ์ รูไทต์ ไพโรลูไซต์และเฮมาไทต์ ที่มีขนาดใหญ่อาจก่อให้เกิดจุดตำหนิตำมณผลิตภัณฑ์

3.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของดินตัวอย่าง



รูปที่ 3.15 ผลวิเคราะห์ DTA ของดินตัวอย่าง



รูปที่ 3.16 ผลวิเคราะห์ TGA ของดินตัวอย่าง

จากรูปที่ 3.15-3.16 ในช่วงอุณหภูมิต่างๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

ช่วงอุณหภูมิ 0 – 110 องศาเซลเซียส

- จะเกิดปฏิกิริยาแบบ Endothermic ของปฏิกิริยา Dehydration ของน้ำที่ผิวดินโดยจะมีการสูญเสียไอน้ำ

ช่วงอุณหภูมิ 250 – 350 องศาเซลเซียส

- จะเกิดปฏิกิริยาแบบ Exothermic เป็นการ burn out ของสารพวกสารอินทรีย์ในดิน

ช่วงอุณหภูมิ 450 – 550 องศาเซลเซียส

- จะเกิดปฏิกิริยาแบบ Endothermic ของปฏิกิริยา Dehydroxylation ของดิน

ช่วงอุณหภูมิ 550 – 600 องศาเซลเซียส

- จะเกิดปฏิกิริยาแบบ Endothermic ของปฏิกิริยา Inversion ของ SiO_2 ที่มีการเปลี่ยนแปลง

ของ SiO_2 จาก $\alpha - \text{SiO}_2$ ไปเป็น $\beta - \text{SiO}_2$

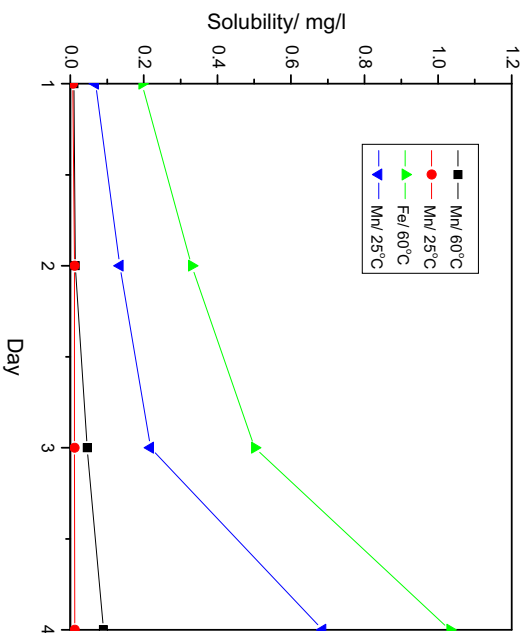
ช่วงอุณหภูมิ 950 – 980 องศาเซลเซียส

- จะเกิดปฏิกิริยาแบบ Exothermic ของเคโอไซด์ในดิน ที่มีการสร้างผลึกเป็นแบบสปีเนล

จากผลการวิเคราะห์จาก DTA และ TGA ของดินก่อนร่อน และดินคัดกรองขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช มีช่วงอุณหภูมิที่สังเกตเห็นคือ ช่วงอุณหภูมิ 450 – 550 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการเป็นการเกิด Dehydroxylation ของดิน โดยพบว่า ดินคัดกรองจะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมินี้ลดลง แต่ในทางตรงกันข้ามในช่วงอุณหภูมิ 550 – 600 องศาเซลเซียสดินต่าง

ตะแกรงจะมีแนวโน้มแสดงพฤติกรรมการเปลี่ยนเฟสของ SiO_2 จาก α - SiO_2 ไปเป็น β - SiO_2 มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์จาก XRF และ XRD ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุภาคที่ถูกแยกออกมาที่มีขนาดใหญ่จะประกอบไปด้วย ควอตซ์ เป็นเฟสหลัก ในช่วงอุณหภูมิ 950 – 980 องศาเซลเซียสซึ่งเคโอไลต์นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกเป็นแบบสปีเนลซึ่งจะเกิดขึ้นกับดินก่อนร้อนและดินที่ผ่านการร้อนจากตะแกรง 325 เมช

3.7 การละลายของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์



รูปที่ 3.17 ผลการละลายของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์

จากสมมติฐานการเกิดคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์หลังเผาเมื่อตั้งทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งคณะผู้วิจัยคาดว่าอาจจะเกิดมาจากการละลายของสารประกอบออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสในกระบวนการเตรียมดินและกระบวนการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ จึงได้ทำการทดสอบการละลายของสารประกอบออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสในน้ำที่อุณหภูมิห้องและที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน จากผลการทดลองพบว่า การละลายของเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียสมากกว่าที่อุณหภูมิห้อง และปริมาณการละลายจะขึ้นกับระยะเวลา โดยที่เหล็กออกไซด์จะสามารถละลายออกมามากกว่าแมงกานีสออกไซด์ แต่การละลายของทั้งเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์อยู่ในปริมาณที่น้อยมากจึงคาดว่าไม่น่าจะเป็นสาเหตุของการเกิดคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์ แต่คณะผู้วิจัยคาดว่าอาจเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวของเพอริกออกไซด์และคาร์บอนในบรรยากาศเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเตาฟืน

3.8 ผลของบรรยากาศและความชื้นที่มีต่อระยะเวลาการเกิดตำหนิ

การบ่มขึ้นทดสอบในที่ชื้น

ลักษณะการบ่มขึ้นในงานในความชื้น



รูปที่ 3.18 การบ่มขึ้นทดสอบ

การวางขึ้นทดสอบในบรรยากาศ

ลักษณะการวางขึ้นทดสอบในบรรยากาศ



รูปที่ 3.19 ขึ้นทดสอบในบรรยากาศ

ทำการติดตามและสังเกตขึ้นทดสอบที่ขึ้นจากดินที่ทำให้เกิดตำหนิ ทั้งที่ยังไม่ได้ร่อนและผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาดต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น แล้วเวลาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 สัปดาห์

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบขั้นตอนงานที่ไม่ได้อ่อนผ่านตะแกรงปมในขั้นหมักและวางใน
บรรยากาศ ที่อุณหภูมิการเผา 800 องศาเซลเซียส ในเตาเผาไฟฟ้า ณ เวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา	ลักษณะชิ้นทดสอบ	
	บ่มในที่ชื้น	บรรยากาศ
เริ่มต้น 0 สัปดาห์		
1 สัปดาห์		
2 สัปดาห์		

ระยะเวลา	ลักษณะหินทดสอบ	
	บ่มในที่ชื้น	บรรยากาศ
3 สัปดาห์		
4 สัปดาห์		
5 สัปดาห์		
6 สัปดาห์		

ระยะเวลา	ลักษณะหินทดสอบ	
	บ่มในที่ชื้น	บรรยากาศ
7 สัปดาห์		
8 สัปดาห์		
9 สัปดาห์		

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบขั้นตอนที่ผู้ไม่ได้รับอนุญาตและกรมให้รู้และลงใน
บรรยากาศ เฝ้าในตัวอย่างงาน ณ เวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา	ลักษณะขั้นตอนทดสอบ	
	บมในที่ชั้น	บรรยากาศ
เริ่มต้น 0 สัปดาห์		
1 สัปดาห์		
2 สัปดาห์		

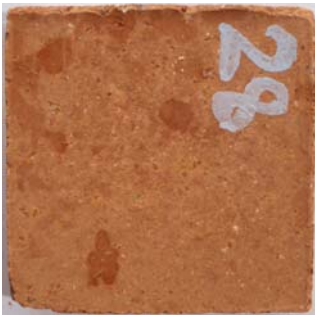
ระยะเวลา	ลักษณะหินทดสอบ	
	บ่มในตู้ขึ้น	บรรยากาศ
3 สัปดาห์		
4 สัปดาห์		
5 สัปดาห์		
6 สัปดาห์		

ระยะเวลา	ลักษณะขั้นตอนทดสอบ	
	บ่มในที่ชื้น	บรรจุภาภาค
7 สัปดาห์		
8 สัปดาห์		
9 สัปดาห์		

จากการเปรียบเทียบระยะเวลาของการเกิดตำหนิตำในขั้นตอนทดสอบที่ยังไม่ได้ร่อนผ่านตะแกรงและการเผาโดยเผาไฟฟ้าและเตาจากโรงงานโดยจะวางขั้นตอนทดสอบในบรรจุภาภาคและบ่มไว้ในที่ชื้น พบว่า ขั้นตอนทดสอบที่บ่มไว้ในที่ชื้นมีแนวโน้มปรากฏจุดตำหนิตำเร็วกว่า โดยจะเริ่มสังเกตเห็นประมาณช่วงสัปดาห์ที่ 2 – 3 แต่ขั้นตอนทดสอบที่วางไว้ในบรรยากาศจะสังเกตเห็นจุดตำหนิตำประมาณช่วงสัปดาห์ที่ 3 – 4 ขั้นตอนทดสอบที่เผาจากเตาโรงงานมีแนวโน้มจะเกิดจุดตำหนิตำเร็วกว่าขั้นตอนที่เผาจากเตาไฟฟ้า

3.8 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อระยะเวลาการเกิดดำหนิ

ตาราง 3.7 เปรียบเทียบชิ้นงานที่เผาที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1000 องศาเซลเซียส และ
ปมในชิ้น ฦ เวลาค้างๆ

ระยะเวลา	อุณหภูมิการเผา / องศาเซลเซียส		
	800 °C	900 °C	1000 °C
เดิมปม			
1 สัปดาห์			
2 สัปดาห์			
3 สัปดาห์			

ระยะเวลา	อุณหภูมิการเผา / องศาเซลเซียส		
	800	900	1000
4 สัปดาห์			
5 สัปดาห์			
6 สัปดาห์			
7 สัปดาห์			

ระยะเวลา	อุณหภูมิการเผา / องศาเซลเซียส		
	800	900	1000
8 สัปดาห์			
9 สัปดาห์			

การเผาชิ้นทดสอบอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 800, 900 และ 1000 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะทำให้สีของชิ้นทดสอบมีแนวโน้มที่จะเป็นสีส้มที่ชัดเจนจากสีส้มอิฐ จากที่ชิ้นงานที่เผาที่ 800 องศาเซลเซียส สังเกตเห็นจุดดำหม่นดำบนในระยะเวลาการอบ ช่วง 2 – 3 สัปดาห์ เมื่ออุณหภูมิการเผาสูงขึ้นระยะเวลาการเกิดดำหม่นดำบนขึ้น โดยจะสังเกตเห็นประมาณ 4 – 5 สัปดาห์ และปริมาณจุดดำหม่นดำที่ปรากฏจะมีปริมาณลดลง

3.9 แนวทางการแก้ไขโดยการร่อนดินผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ

การแก้ไขเบื้องต้นโดยนำดินตัวอย่างที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จะลดการเกิดการเกิดจุดดำได้อย่างชัดเจน โดยสังเกตจากดินค้ำตะแกรงที่มีเม็ดสีดำ ขนาดใหญ่ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดตำหนิในผลิตภัณฑ์



ดินค้ำตะแกรง 60 เมช



ดินค้ำตะแกรง 100 เมช



ดินค้ำตะแกรง 230 เมช

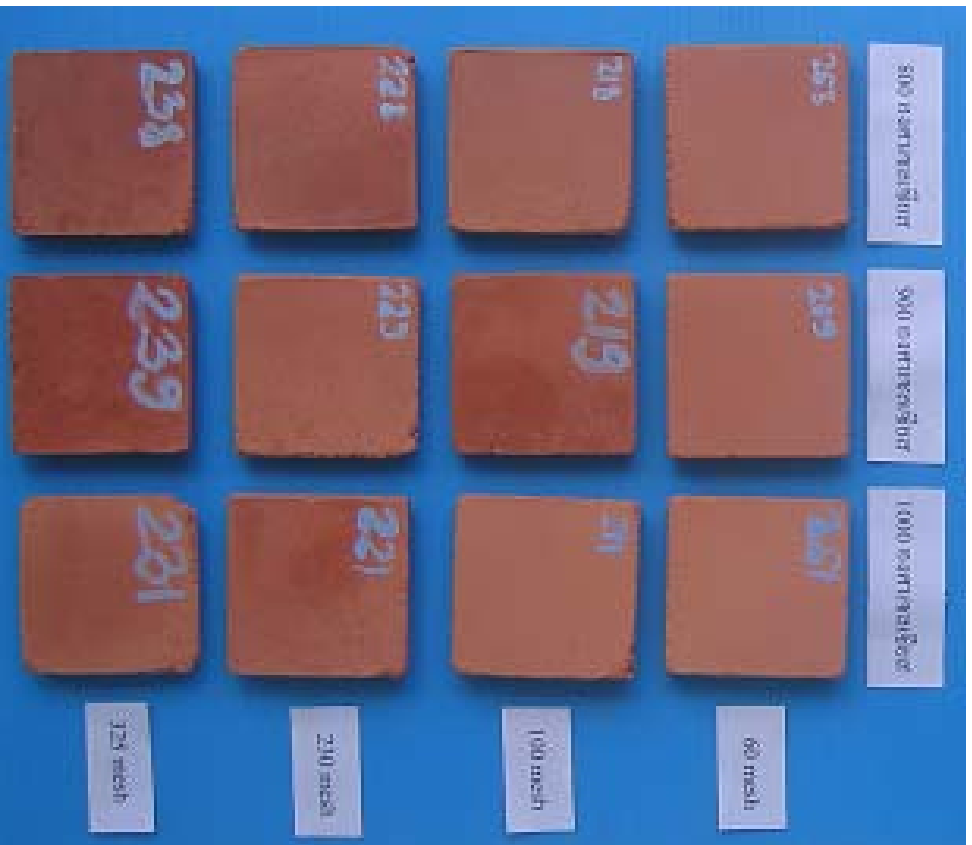


ดินค้ำตะแกรง 325 เมช

รูปที่ 3.20 ดินค้ำตะแกรงขนาดต่างๆ



รูปร่างก่อนผ่านการร่อนผ่านตะแกรง

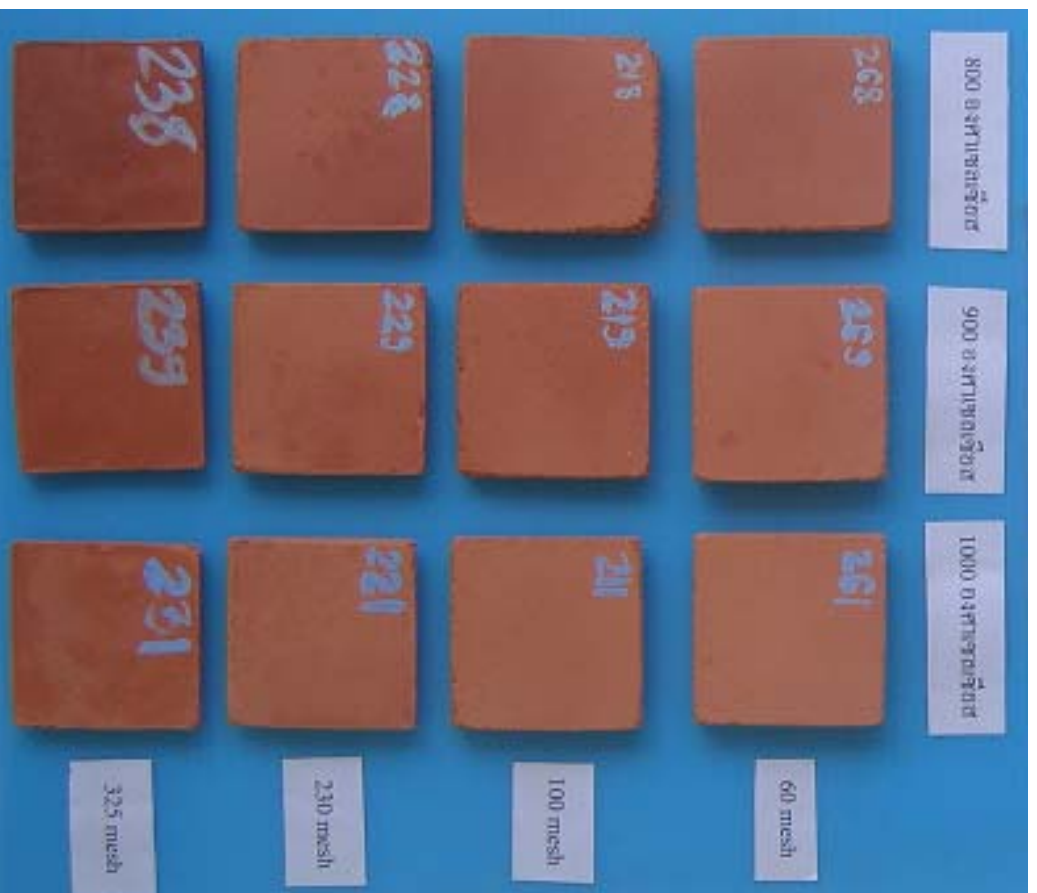


รูปร่างผ่านตะแกรงร่อนขนาดต่างๆ

รูปที่ 3.21 รูปร่างที่ผ่านการร่อนตะแกรงและเผาที่อุณหภูมิต่างๆ โดยเผาไฟฟ้าและตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์



รูปที่ 3.21 ชิ้นงานก่อนผ่านการร่อนผ่านตะแกรง



รูปที่ 3.22 ชิ้นงานผ่านการร่อนตะแกรงขนาดต่างๆ

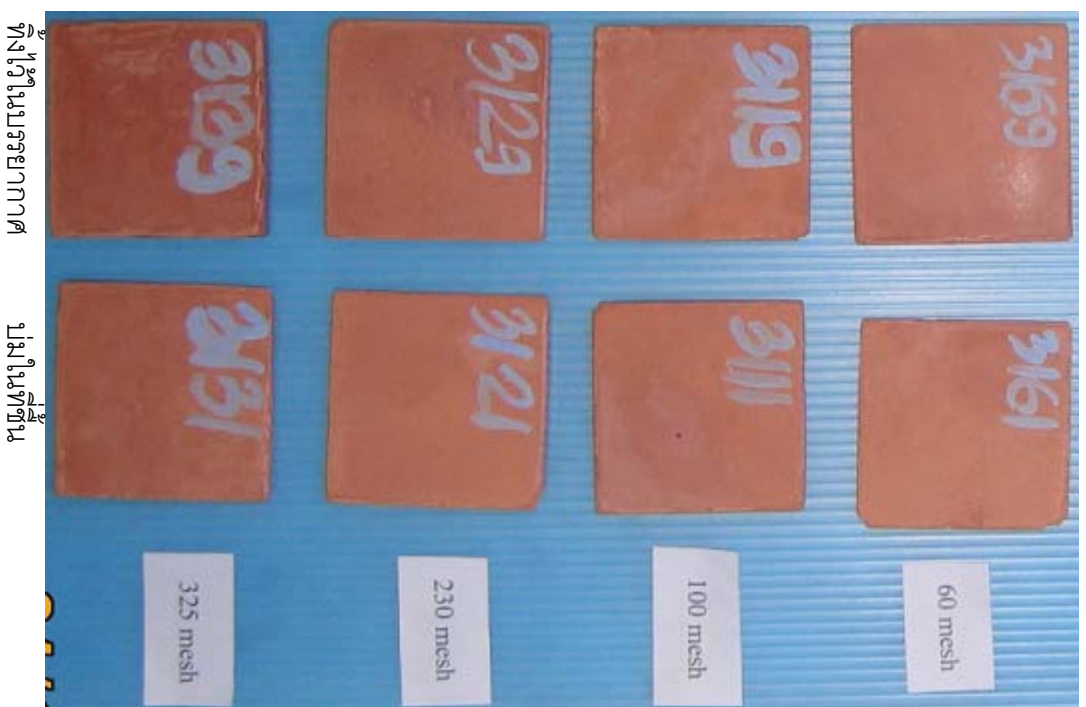
รูปที่ 3.22 ชิ้นงานที่ผ่านการร่อนตะแกรงและเผาโดยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่างๆ
ลงในที่ฐานเป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง



ชิ้นงานก่อนผ่านการร่อน
ผ่านตะแกรง

ทั้งไว้ในบรรยากาศ

ปิ้งในที่ชื้น



ทั้งไว้ในบรรยากาศ

ปิ้งในที่ชื้น

รูปที่ 3.23 ชิ้นงานที่ผ่านการร่อนตะแกรงและเผาในเตาเผาโรงงาน
โดยทั้งไว้ในบรรยากาศและปิ้งในที่ชื้นเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

การนำดินมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จะสามารถลดตำหนิจุดดำในชั้นทดสอบได้ โดยสังเกตจากชั้นทดสอบของดินที่ไม่ได้ร่อนจะมีจุดดำกระจายอยู่และชั้นทดสอบของดินที่ร่อนผ่านตะแกรงเมื่อระยะเวลาจากการบ่มเพิ่มขึ้นก็ยังไม่ปรากฏจุดดำเหมือนชั้นงานทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากอนุภาคขนาดใหญ่ของแอมงกานีสและเหล็กออกไซด์ถูกแยกออกไป

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการนำดินตัวอย่างไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จะสามารถลดตำหนิด้านผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์



รูปที่ 3.24 เครื่องแยกแม่เหล็ก



4000 gauss

7000 gauss

12000 gauss

nonmagnetic

ก. ดินค้ำตะแกรง 1 มิลลิเมตร



4000 gauss

7000 gauss

12000 gauss

nonmagnetic

ข. ดินค้ำตะแกรง 60 เมช



4000 gauss

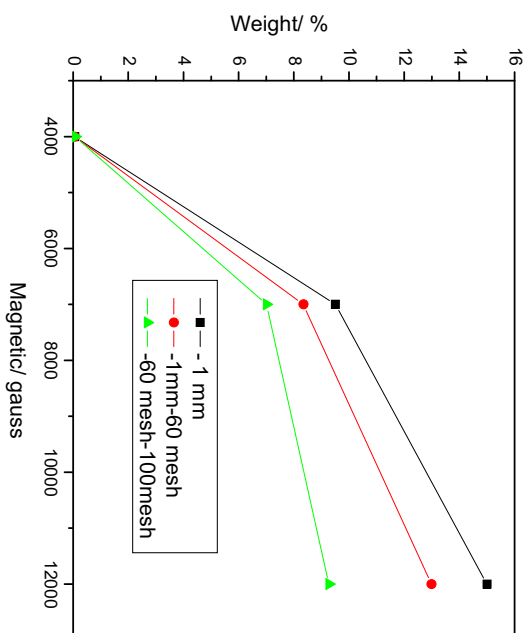
7000 gauss

12000 gauss

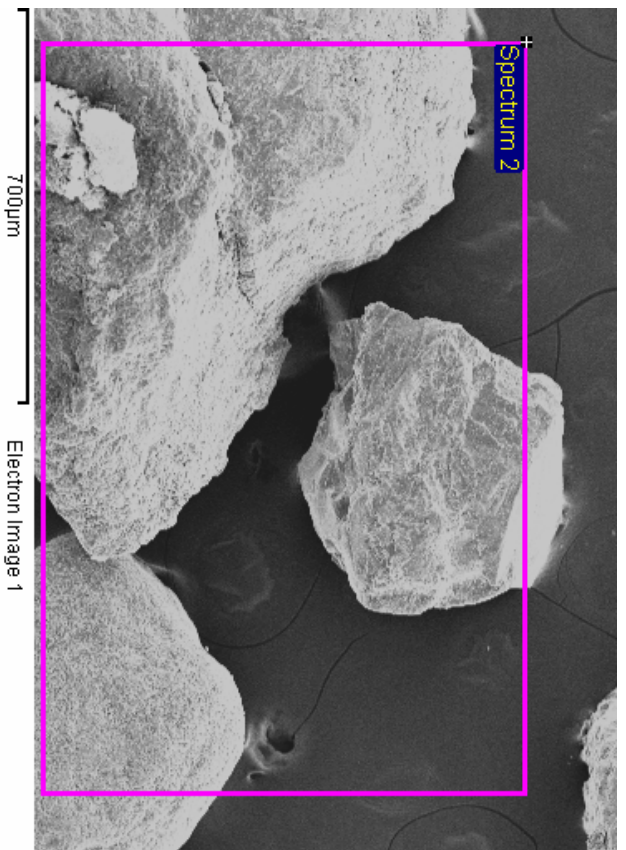
nonmagnetic

ค. ดินค้ำตะแกรง 100 เมช

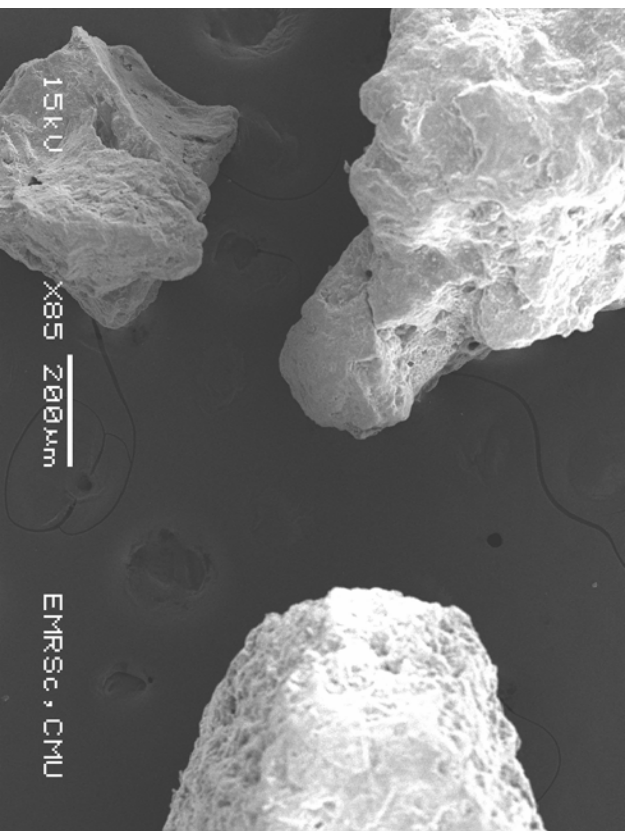
รูปที่ 3.25 ดินตัวอย่างที่ผ่านการแยกด้วยเครื่องแยกแม่เหล็ก



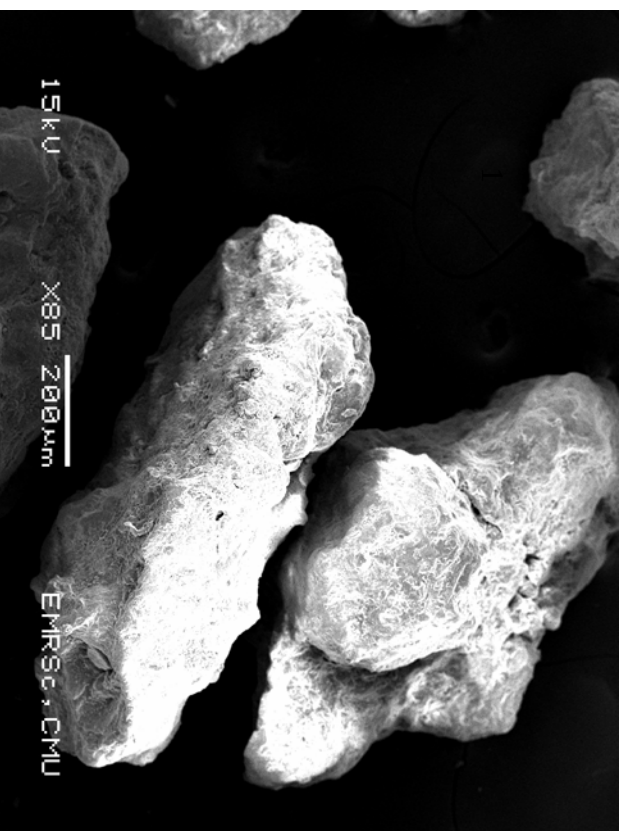
รูปที่ 3.26 น้ำหนักดินตัวอย่างที่ผ่านการแยกด้วยเครื่องแยกแม่เหล็ก



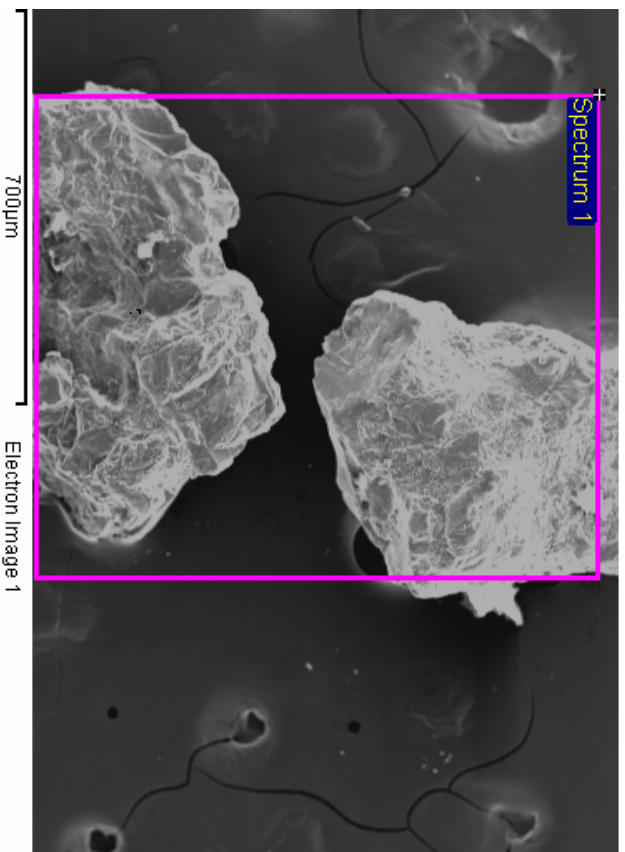
รูปที่ 3.27 ดินตัวอย่างรองผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร



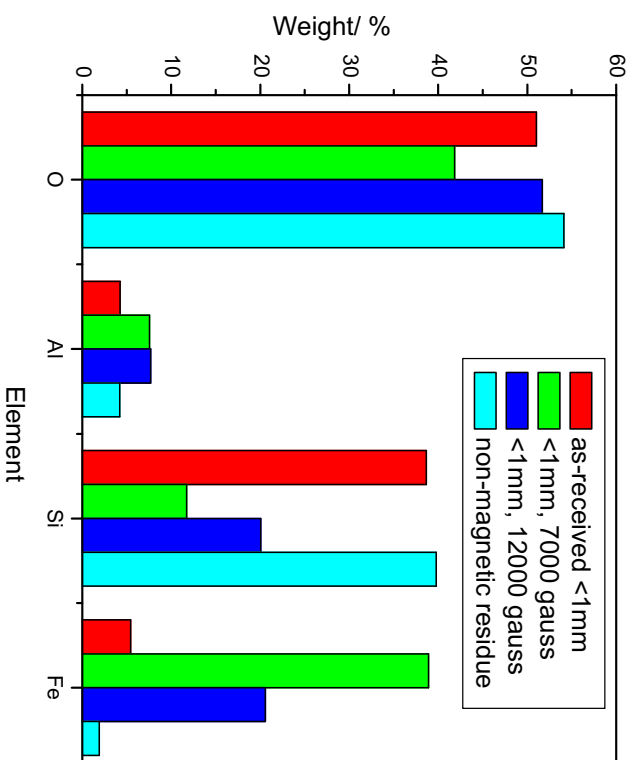
รูปที่ 3.28 ดินตัวอย่างร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร
และผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก 7000 gauss



รูปที่ 3.29 ดินตัวอย่างร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร
และผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก 12000 gauss

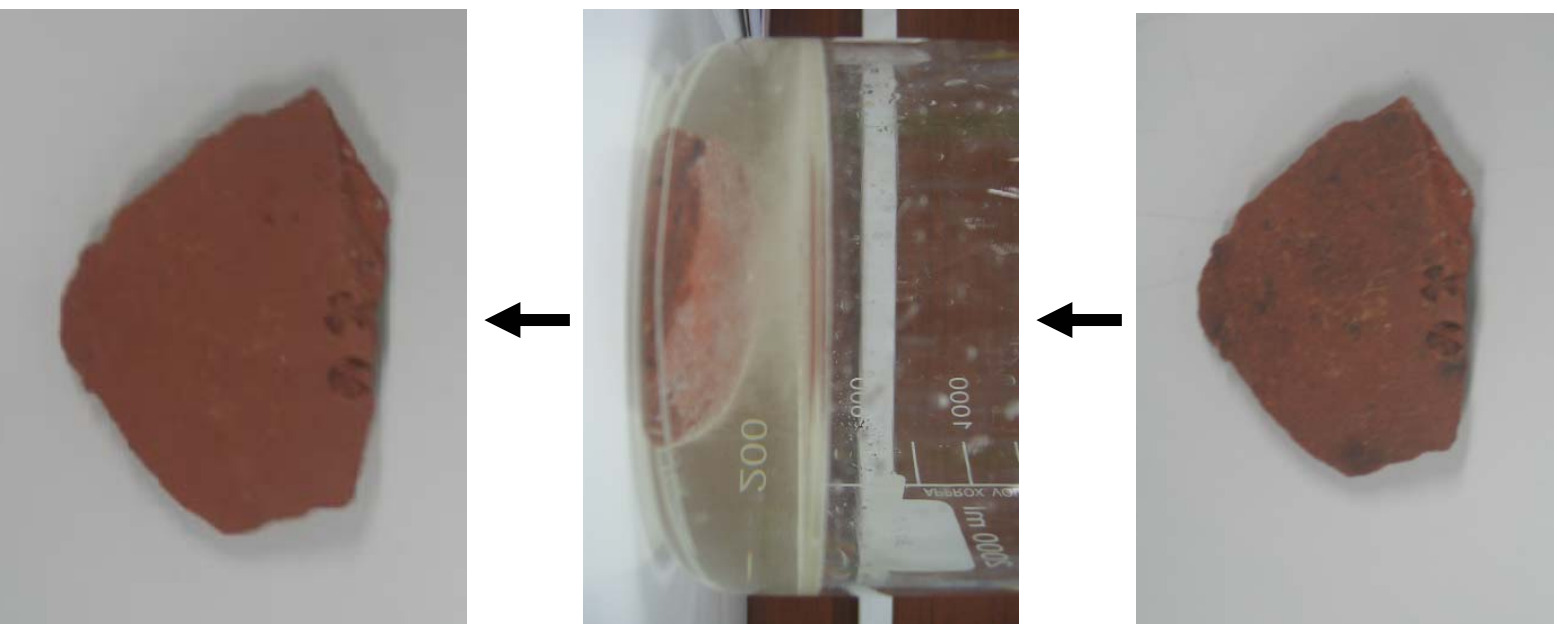


รูปที่ 3.30 ดินในส่วนที่เป็น nonmagnetic



รูปที่ 3.31 องค์ประกอบทางเคมีจากเทคนิค EDS ของดินตัวอย่างที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก

ดินที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็กที่มีขนาดความแรงของแม่เหล็ก 4000 -12000 gauss จาก ผลการทดลองพบว่าที่ความแรงแม่เหล็ก 7000 gauss จะสามารถแยกส่วนสารประกอบเหล็ก ออกมาได้มากที่สุดและเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.31 ปริมาณของซิลิกาอนจะลดลงมากที่สูงสุดที่ความแรง แม่เหล็ก 7000 gauss เช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารประกอบของเหล็กซึ่งอยู่ในรูปของแร่ เฮมาไทต์แล้วอาจจะปะปนอยู่กับแร่ควอตซ์ แต่กระบวนการแยกด้วยแม่เหล็กอาจจะไม่ เหมาะสมกับอุตสาหกรรมระดับท้องถิ่นหรือครัวเรือนเพราะถ้าจะแยกให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องทำการล้างดินก่อนทำการแยกด้วยแม่เหล็ก เนื่องจากดินบางส่วนจะปกคลุมผิวของแร่ ควอตซ์หรือแร่อื่นๆ ที่มีสารประกอบของเหล็กจะทำให้การดูดติดกับเครื่องแยกแม่เหล็กได้น้อยลง ซึ่งขั้นตอนการล้างดินเป็นการเพิ่มขั้นตอนและทำให้เสียเวลาและอาจจะไม่คุ้มกับราคาในการ จำหน่าย แต่ขั้นตอนการใช้แม่เหล็กแยกอาจจะเหมาะสมกับผู้ประกอบการที่ต้องการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเพื่อการส่งออก



รูปที่ 3.32 ขั้นตอนการกำจัดจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์
โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ 600

จากประเด็นปัญหาการดำเนินงานผลิตภัณฑ์จนถึงจุดคำที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุของอนุภาคขนาดใหญ่ของควอตซ์ และสิ่งเจือปนจากแร่เข้ามาไพบูลย์และไพบูลย์ จากการศึกษาพบว่าทั้งจุดคำและควอตซ์ด้านนี้ไม่สามารถกำจัดออกได้ด้วยกระบวนการแยกขนาดอนุภาคโดยการที่ใช้ตะแกรงหรือการเผาซ้ำ แต่เมื่อใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นออกซิเดนท์ที่แรงสามารถกำจัดจุดคำและควอตซ์ด้านนี้ได้ทั้งหมด คณะผู้วิจัยคาดว่าอาจเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวของเพอร์ริกออกไซด์และควอตซ์ในบรรยากาศเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเตาฟืนเป็นเชื้อเพลิงเป็นสาเหตุประกอบให้เกิดควอตซ์และเมื่อผลิตภัณฑ์หลังจากเผาตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศโดยเฉพาะที่มีความชื้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสีดำขึ้น

4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบลักษณะเฉพาะของดินตัวอย่างที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์ในอุตสาหกรรมท้องถิ่นในเขตอำเภอหางดงพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้จากสองสาเหตุคือ อนุภาคของแร่ควอร์ตซ์ แร่เข้ามาไพบูลย์และไพบูลย์ซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ที่อยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์หลังจากทำการเผาแล้วจะทำให้เกิดจุดดำบนผลิตภัณฑ์ และในส่วนจุดดำและควอตซ์ด้านนี้ไม่ได้เกิดจากอนุภาคของแร่ควอร์ตซ์ แร่เข้ามาไพบูลย์และไพบูลย์ซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ คาดว่าน่าจะเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเพอร์ริกที่เกิดจากการเผาโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง และเมื่อผลิตภัณฑ์หลังจากเผาตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศโดยเฉพาะที่มีความชื้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสีดำขึ้น

การลดตำหนิจุดดำที่เกิดขึ้นจากอนุภาคของแร่ควอร์ตซ์ แร่เข้ามาไพบูลย์และไพบูลย์ซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ทำได้โดยการที่ใช้ตะแกรงที่มีความละเอียดมากขึ้นจากการทดลองพบว่าดินที่ผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช ก็เพียงพอที่จะลดการเกิดจุดดำบนผลิตภัณฑ์ได้เกือบทั้งหมด แต่การเลือกใช้ตะแกรงแยกต้องคำนึงถึงขนาดของผลิตภัณฑ์ เพราะถ้าใช้ดินที่มีความละเอียดและควอตซ์ด้านนี้ประกอบเข้ากับการหัดตัวและการกร้าวของผลิตภัณฑ์ ในส่วนตำหนิจุดดำและควอตซ์ด้านนี้คาดว่าอาจเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวของเพอร์ริกออกไซด์และควอตซ์ในบรรยากาศเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเตาฟืนเป็นเชื้อเพลิงเป็นสาเหตุประกอบ เหล็กควอตซ์และเมื่อผลิตภัณฑ์หลังจากเผาตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศโดยเฉพาะที่มีความชื้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสีดำขึ้น การแก้ปัญหาจุดดำและควอตซ์ด้านนี้ควรจะต้องใช้สารที่มีสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดช่วยในการกำจัด

ข้อเสนอแนะแก่ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลของคณะผู้วิจัยพบว่าผู้ประกอบการที่เตรียมเนื้อดินป่นใช้ตะแกรงขนาดรูเปิดประมาณ 1 มิลลิเมตรทำการร่อนดินหลังการบด ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการแยกอนุภาคของแร่ควอร์ต แร่เฮมาไทต์และเฟโรลูไซต์ที่มีขนาดเล็กกว่าในปริมาณที่น้อยได้ อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการควรลดขนาดรูเปิดของตะแกรงๆ ให้เล็กลงระดับประมาณ 60 เมช ซึ่งจะลดต้นทุนได้ค่อนข้างมาก ถ้าต้องการดินซึ่งใช้เป็นตัวเติมในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพระดับการส่งออก ควรจะใช้เทคนิคขึ้นสูงเช่น ไฮโดรลน หรือ ไฮโดรลนแม่เหล็ก ซึ่งเทคนิคนี้จะสามารถแยกขนาดอนุภาคตามขนาดและความหนาแน่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของจุดด้อยและความด้อยซึ่งอาจจะเกิดจากเขม่าสารประกอบคาร์บอนในบรรยากาศเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเตาเผาเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งคณะผู้วิจัยคิดว่าเป็นสาเหตุที่สำคัญ ควรจะได้รับการศึกษาหาสาเหตุที่แท้จริงอย่างละเอียด ซึ่งอาจจะเกิดจากชนิดของแม่พิมพ์ที่ใช้ตัวเติมในการเผา

บรรณานุกรม

- ทวี พรหมพฤษย์, เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น, วิทยาลัยครูพระนคร บางเขน, โอเดียนส-ไตร, พ.ศ. 2523
- พิมพ์วิไลค์ วัฒนินาส และสุมาลี ลิขิตวินชกุล. (ม.ป.ป), การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงเนื้อดินปั้นราชบุรี., ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเคลือบดินเผา, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพฯ
- อรพิน สมมิตร., การปรับปรุงองค์ประกอบของดินแดงบ้านสันจกปก้างหวัดพระยาเพื่อพัฒนาคุณภาพเคลือบดินเผา., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พ.ศ. 2538
- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์., เนื้อดินเซรามิก, สำนักพิมพ์โอเดียนสไตร, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2541
- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์., ซีเซรามิก, สำนักพิมพ์โอเดียนสไตร, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2546
- อายวัฒน์ สว่างผล, วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์ สำนักพิมพ์โอเดียนสไตร, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2543
- สุธิ วัฒนศิริเวช, ดรุณี วัฒนศิริเวช และ ศรัณย์ ไปษะจินดา., รายงานการวิจัยเรื่อง การสำรวจด้านการจัดการและจำหน่ายผลิตภัณฑ์งานเซรามิกในจังหวัดลำปางและเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, พ.ศ. 2543
- Grim, R.E., (1968), "Clay Mineralogy", 2nd edn., McGraw-Hill, New York.
- Grim, R.E., (1961), "X-ray Identification and Crystal Structure of Clay Minerals", Mineralogical Soc., London.
- Brindley, G.W., and Brown, G. (1980), "Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification", Mineralogical Soc. Monograph No.5, Spottiswoode Ballantyne Ltd., London.
- Wilson, M.J., (1987), "A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy" Blackie and Son, Glasgow.
- Ryan, W., (1997), "Whitewares", Optichrome Ltd, Surrey.
- Mackenzie, R.C. (1957), "The Differential Thermal Investigation of Clay", ed. R.C. Mackenzie, Min. Soc., London.

វិទ្យាសាស្ត្រ

การหาลักษณะเฉพาะของจุดตำหนิตำในผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

อภินันท์ นันทิยา

ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

เครื่องปั้นดินเผาหรืออิฐที่เทิร์นแวร์เป็นวัสดุเซรามิกที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการใช้เป็นภาชนะบนโต๊ะอาหารและอุปกรณ์การตกแต่ง อิฐที่เทิร์นแวร์ที่มีสีแดงซึ่งผลิตจากดินแดงจะเป็นที่รู้จักคุ้นเคยและถูกพบโดยทั่วไป จุดตำหนิตำในหินหลักที่พบในผลิตภัณฑ์อิฐที่เทิร์นแวร์ วัสดุประเภทหลักในงานวิจัยนี้คือการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดตำหนิจุดตำ และการศึกษาวิธีการลดการเกิดตำหนิจุดตำในผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสาเหตุมาจากสารประกอบออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็ก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลของขนาดอนุภาค องค์ประกอบทางแร่ องค์ประกอบทางเคมี และ สมบัติทางความร้อนของดินที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อิฐที่เทิร์นแวร์ บัณฑิตซึ่งเตรียมได้จากตัวอย่างดินที่มีช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ กัน และทำการเผาที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1000 องศาเซลเซียส โดยตั้งทั้งไว้ในบรรยากาศที่แห้งและมีความชื้น ทำการติดตามจุดตำที่เกิดขึ้นตามระยะเวลาที่กำหนด จากผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบทางแร่ของดินตัวอย่างประกอบด้วยแร่หลักคือ เคโอลิไนท์ มัสโคไวท์ และควอตซ์ โดยมี ไพโรลูไซต์ รูไทด์ เฮมาไทต์เป็นแร่รอง จุดตำที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้สองกรณี กรณีแรกเกิดจากเกรนของควอตซ์ ไพโรลูไซต์ รูไทด์ เฮมาไทต์ ที่มีขนาดใหญ่มากว่า 250 ไมครอน จุดตำที่เกิดขึ้นในอีกกรณีคาดว่า จะเกิดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในผิวผลิตภัณฑ์อิฐที่เทิร์นแวร์ ดินที่ผ่านการผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จะลดการเกิดการเกิดจุดตำได้อย่างชัดเจน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าขนาดของเกรนแมงกานีสออกไซด์และเหล็กออกไซด์ที่มีขนาดใหญ่มากว่า 250 ไมครอนซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดจุดตำและสามารถแยกออกได้โดยเทคนิคการแช่ตะแกรงร่อน ในส่วนจุดตำที่เกิดจากการปนเปื้อนสารประกอบคาร์บอน สามารถกำจัดออกได้โดยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

Abstract

Earthenware is a common ceramic material, which is used extensively for pottery tableware and decorative objects. While red earthenware made from red clays is very familiar and commonly used. The black spot is the main defect of earthenware products. The main objectives of this research are to characterize the black spot defect in the earthenware product and to determine the procedure to remove this defect. From the SEM micrograph and EDS mode showed that the black spot defect are the compounds of iron and manganese oxides. Subsequently, particle size, mineralogy, chemical composition and thermal properties of local clay were investigated. The biscuit which prepared by different size of clay samples were fired at 800, 900 and 1000°C and left in dry and humidity atmosphere. The black spot were investigated during period of time. From the results, it was found that kaolinite, muscovite and quartz are the main minerals and pyrolusite, rutile and hematite are the minor compositions in this clay. The black spot can be classified in two categories: one is from the coarse grain of quartz, pyrolusite, rutile and hematite which is greater than 250 microns, another possibility is from the organic matter which deposit on the surface of earthenware product. The clay fractions which passed through 60, 100, 230 and 325 mesh sieve in the wet state were significantly decreased the black spot defect. It can be concluded that the most grains of quartz, manganese and iron oxides which cause black spot defect are larger than 250 microns and could be separated by sieving technique. The black spot from carbon compounds can be removed by 30% v/v hydrogen peroxide solution.

บทนำ

เครื่องปั้นดินเผาเนื้อดินแดงรู้จักกันในชื่อ เอิร์ท เทิร์นแวร์ และ เทอราคอตต้า สีของชิ้นงานจะมีลักษณะสีส้มสวยงามซึ่งผลิตมาจากดินเหนียวที่มาจากแหล่งดิน ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ งาน เอิร์ท เทิร์นแวร์ และ เทอราคอตต้าดังกล่าวเมื่อใช้กรรมวิธีผลิตแบบ Hand made สามารถสร้างรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากงานดังกล่าวเป็นที่ชื่นชอบของลูกค้าทั้งชาวไทยและต่างชาติ เพราะเป็นงานที่ได้สะท้อนวิถีชีวิต ภูมิปัญญา วัฒนธรรมของท้องถิ่นโดยเฉพาะงานที่สื่อออกมาในด้านงานหล่อเลียนที่ทำให้เกิดอารมณ์ขึ้น รูปสัตว์ ประติมากรรมประดับสวน ซึ่งก็ได้จัดเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ indoor กับ outdoor โดยเฉพาะงาน indoor ซึ่งต้องใช้ความสามารถของช่างปั้นที่ชำนาญจึงทำให้งานชิ้นนี้มีราคาที่สูงขึ้นข้างหนึ่งโดยเฉลี่ย 3500 - 7500 บาทต่อ 1 ตัวโดยมีขนาดความกว้างกับสูงประมาณ 30 x 60 cm และขึ้นอยู่กับงานที่มี design ที่แปลกใหม่ลักษณะรูปร่างทรงที่แปลกใหม่ด้วย

งานดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มของงาน OTOP ที่ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการให้อยู่ในระดับ 4 ดาว จึงเป็นการตอบสนองต่อ นโยบายของรัฐบาลได้เป็นอย่างดี โดยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2549 ที่ผ่านมางานดังกล่าวสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการในจังหวัดเชียงใหม่ได้ไม่น้อย ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากมีการขยายหน้าร้าน ออกไปงานต่าง ๆ เช่น งานบ้านและสวนแฟร์ เป็นต้น อีกทั้งยังมี ศิลเลอร์ ที่รับไปขายตามทีต่างๆ เช่น ตลาดจตุจักร และมีออร์เดอร์ทั้งชาวไทยและต่างชาติอีกมากมาย ซึ่งตัวเลขผู้ประกอบการที่ผลิตงานลักษณะนี้มีประมาณ มากกว่า 10 รายในเชียงใหม่ หากคิดเป็นกำไรโดยเฉลี่ย ประมาณ 250,000 บาท/ปี ต่อราย

ดังได้กล่าวมาข้างต้นว่างานเอิร์ท เทิร์นแวร์ เป็นงานที่สร้างมาจากดินเหนียวคุณภาพดีแต่ในปัจจุบันแหล่งดินที่ใช้ทำงานดังกล่าวเหลือน้อยผู้ประกอบการจึงใช้ดินที่มีอยู่ทั่วไปมาสร้างผลงาน และผลปรากฏว่าเมื่อมีมาสร้างชิ้นงานแล้วนำไปเผาเสร็จ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 - 5 สัปดาห์ ในบรรยากาศที่มีความชื้นปรากฏว่าเกิดจุดดำทั่วบริเวณชิ้นงานและเมื่อทิ้งไว้นานขึ้นจุดดำจะแผ่ขยายวงกว้างออกไปเต็มชิ้นงาน ทำให้งานมีสีดำหมองคล้ำดังแสดงในรูปที่ 1 ไม่เป็นลักษณะของงาน เอิร์ท เทิร์นแวร์ หรือ เทอราคอตต้า และผลดังกล่าวทำให้ชิ้นงาน เกิดตำหนิลูกค้าเกิดความไม่พอใจต่อชิ้นงานจึงส่งผลให้ผู้ประกอบการประสบกับปัญหาชิ้นงานมีตำหนิจุดดำดังกล่าว

วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์หาชนิดของแร่ที่มีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุของการเกิดตำหนิจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์
2. ศึกษาผลของขนาดอนุภาค ระยะเวลาและความชื้นที่มีต่อการเกิด ตำหนิจุดดำและคราบดำบนผิวของผลิตภัณฑ์
3. หาแนวทางการแก้ไขตำหนิที่เกิดขึ้น

วิธีการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินและผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจากผู้ประกอบการ

คณะผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างดินจากโรงงานเตรียมดิน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บดินที่ทางโรงงานอ่อนผ่านตะแกรงขนาดรูเปิดขนาด 1 มิลลิเมตร และทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจาก โรงงานประติมากรรมดินเผาไปศาล อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินและผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบลักษณะทางจุลภาคของดินตัวอย่างและผลิตภัณฑ์หลังเผาด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscope (SEM) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตำหนิโดยเทคนิค EDS

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ทำการบดย่อยเพื่อให้ดินจากแหล่งหนึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ร่อนผงดินผ่านตะแกรงชนิดหยาบขนาด 60 เมช เพื่อแยกเอาเศษไม้ ก้อนกรวด หรือสิ่งปะปนอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่ออก เนื่องจากดินมีลักษณะที่ค่อนข้างหยาบจึงได้ใช้เทคนิคการหาปริมาณการคั่งต่างตะแกรงร่อนร่วมกับเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ (Malvern รุ่น Mastersizer S) สำหรับหาปริมาณอนุภาคต่างตะแกรง ทำการชั่งดินผง 100 กรัม ผสมน้ำ 200 ml ผ่านชุดตะแกรงร่อนขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช ตามลำดับ วัดพ่นน้ำบนตะแกรงทีละชั้น เพื่อชะให้อนุภาคดินไหลผ่านไปยังชั้นต่อไปได้ จากนั้นนำกากที่คั่งตะแกรงแต่ละขนาดรวมทั้งหมดที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 325 เมช ไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24

ตัวโม่ง บันที่ก้าน้ำหนักแห่งของอนุภาคตินจากตะแกรงแต่ละชั้น ส่วนอนุภาคที่ผ่านตะแกรงรองอน ถูกนำไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคเฉลี่ยด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยรังสีเอกซ์

นำผงดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช อัดเป็นเม็ดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ใช้ความดันในการอัดขึ้นรูป 50 MPa นำชิ้นทดสอบไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซน (X-ray fluorescent – XRF: Horiba รุ่น MESA-500W) ค่าความต่างศักย์ของหลอดรังสีเอกซ์ที่ 50 กิโลโวลต์ ใช้ระยะเวลาในการทดสอบด้วยรังสีเอกซ์ 5 นาที ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction - XRD) สามารถระบุถึงชนิดของแร่ที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อดินตัวอย่างได้ ในการทดสอบนำผงดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช บรจุในแผ่นบรรจุตัวอย่างชนิดผง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction – XRD: Phillips รุ่น X-Pert Pro MPD)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนด้วยเครื่อง Simultaneous Thermal Analysis (STA): TA Instrument รุ่น SDT2960 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาและเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่หายไปหลังการเผาทิ้งจะสัมพันธ์กับปริมาณสารที่หายไปซึ่งอุณหภูมิต่างๆ

การตรวจสอบการละลายของโลหะออกไซด์

นำดินตัวอย่างมาทำการกระจายตัวในน้ำที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียสเป็นลำดับที่เวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน จากนั้นตรวจสอบการละลายของโลหะออกไซด์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดค่าหินโดยใช้เทคนิค Atomic absorption spectroscopy (AAS): Perkin Elmer รุ่น AAnalyst 100

การศึกษาผลของบรรยากาศและความชื้นที่มีต่อระยะเวลาการเกิดค่าหิน

นำดินตัวอย่างก่อนและหลังการแยกแร่ให้เป็นสาเหตุของการเกิดค่าหินมาอ่อนโดยตะแกรงและเครื่องแยกแม่เหล็กโดยทำการขึ้นรูปด้วยวิธี Hydraulic pressing จะได้ชิ้นงานมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 5 x 5 x 0.5 เซนติเมตร และทำการเผาที่อุณหภูมิในช่วง 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาไฟฟ้า และทำการเผาจากเตาของโรงงานของผู้ประกอบการโดยใช้แม่พิมพ์เป็นเชื้อเพลิงทำการตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศและสภาพที่บ่มด้วยไอน้ำและตั้งแบตเตอรี่จุดค่าและคราบค่าที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์

แนวทางการแก้ไขค่าหินที่เกิดขึ้น

นำดินตัวอย่างที่ผ่านการอ่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จากนั้นทำการขึ้นรูปโดยวิธี Hydraulic pressing จะได้ชิ้นงานมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 5 x 5 x 0.5เซนติเมตร และทำการเผาที่อุณหภูมิในช่วง 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียสโดยใช้เตาไฟฟ้าและเตาโรงงาน และทำการตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศและสภาวะที่บ่มด้วยไอน้ำ และสังเกตค่าหินจุดค่าและคราบค่าที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์

นำดินตัวอย่างซึ่งผ่านการอ่อนจากตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และทำการแยกตัวประกอบเหล็กด้วยเครื่องแยกแม่เหล็กซึ่งมีความแรงในช่วง 4000-12000 gauss ดำเนินหาปริมาณสารประกอบเหล็กที่สามารถแยกออกมาได้และทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโดยเทคนิค EDS

นำชิ้นงานที่มีจุดค่าและคราบค่ามาทำการเผานำในสภาวะละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 30 % โดยปริมาณสาร สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจุดค่าและคราบค่าบนผิวของผลิตภัณฑ์

ผลการทดลอง

เก็บดินตัวอย่างและผลิตภัณฑ์ที่มีค่าหินจาก

ผู้ประกอบการ

โรงงานเตรียมวัสดุอุป

โรงงานเตรียมวัสดุอุปดินเหนียวเป็นโรงงานเล็กๆ ในหมู่บ้านในอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจะมีเครื่องดินเหนียวให้กับโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทอิฐทึบทนแหรในหมู่บ้านเดียวกันนั้น โดยมีแหล่งดินจากแหล่งดิน

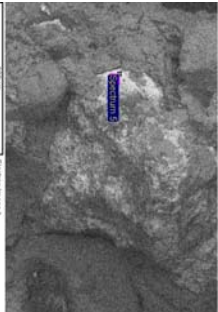
เหนียวทั่วไปตามท้องถื่นและในอำเภอต้นปาดอง จังหวัด
เชียงใหม่ ดินตัวอย่างมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนเพราะโดยมี
ความชื้นจำนวนมากหนึ่งและในก้อนดินจะสังเกตเห็นก้อนสีดำ
ขนาดเท่าเม็ดทรายปนอยู่เป็นจำนวนมาก

โรงงานประติมากรรมดินเผาปาดาล

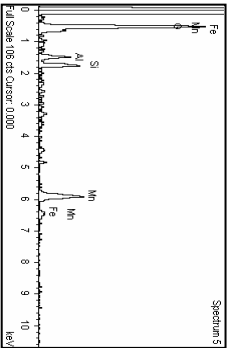
โรงงานประติมากรรมดินเผาปาดาล ผลิตภัณฑ์ตา
ปั้นอิฐทึบดินเผาที่มีสีน้ำตาลแดง โดยจะผลิตจากดินเหนียว
ที่เตรียมได้จากโรงงานเตรียมวัตถุดิบ

จากการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น
ผู้ผลิตได้ใช้ดินเหนียวจากโรงงานเตรียมดินแล้วนำมาขึ้นรูป
เมื่อเผาเสร็จและจัดวางผลิตภัณฑ์บริเวณหน้าร้าน เมื่อได้รับ
ความชื้นและทำให้เกิดจุดดำเหนียวในผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างจุลภาคของดินและ
ผลิตภัณฑ์



ภาพถ่าย SEM (Back scatter) จุดดำหน้าร้านผิวของ
ผลิตภัณฑ์

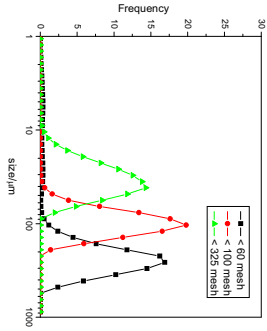


EDS - Spectrum แสดงองค์ประกอบของจุดดำบนผิวของ
ผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินด้วยปริมาณภาคข้างตะแกรงร่อน

ขนาดตะแกรง (เมช)	รวมภาคข้างตะแกรง (%)
60	5.5
100	9.3
230	6.5
325	8.5



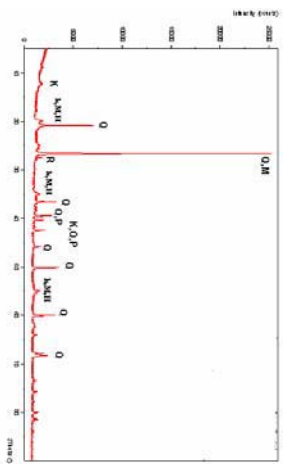
ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินด้วยการเปลี่ยนของแสง
เลเซอร์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่าง

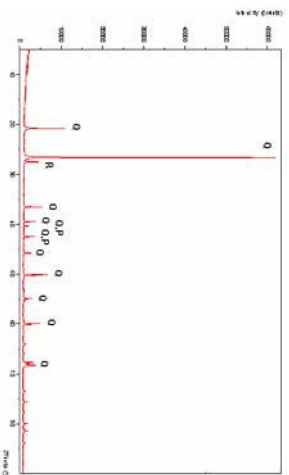
จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ
ดินที่ไม่ได้ร่อนผ่านตะแกรงจะมีปริมาณเหล็กและแมงกานีส
ออกไซด์อยู่ประมาณ 5.50 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำดิน
ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60,100, 230 และ 325 เมช
ไม่มากนัก แต่ปริมาณของเหล็กออกไซด์จะลดลง
หลังจากร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช จากผลการทดลอง
อาจจะสรุปได้ว่าขนาดอนุภาคของสารประกอบเหล็ก
ออกไซด์มีขนาดเล็กและจะปะปนอยู่กับดินหกช่วงขนาด
อนุภาค แต่ในส่วนของแมงกานีสออกไซด์จะมีอยู่ในส่วน
ของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 60
และ 100 เมช ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์
องค์ประกอบทางแร่ของอนุภาคที่มีขนาดตั้งแต่แกรง 60 และ
100 เมช ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแร่ควอตซ์และแร่ที่มี
สารประกอบแมงกานีส

องค์ประกอบทางแร่ของดินตัวอย่าง

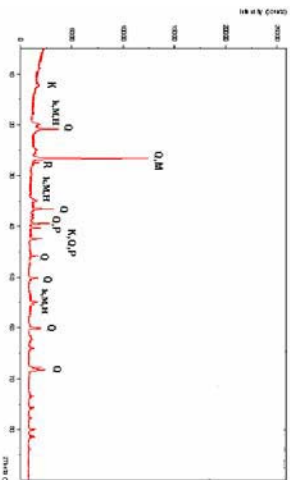
ผลการวิเคราะห์ดินตัวอย่างด้วยเทคนิค XRD
โดยในภาพรวมพบแร่ควอตซ์ มัสโคไวด์ และเคโอลิไนต์ เป็น
แร่หลักและมีแร่ซูไฟต์ เยเมนไทต์และไพโรลูไซต์ปริมาณ
เล็กน้อย สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้แทนแร่ต่างๆ ดังที่ปรากฏ
ในภาพที่ 3.1 มีดังนี้ Q = Quartz (SiO₂) M = Kcolinite
(Al₂Si₂O₅(OH)₄) M = Muscovite KAl₃Si₃AlO₁₀(OH)₂
P= Pyrolusite (MnO₂), R = Rutile (TiO₂), H = Hematite
(Fe₂O₃)



Diffraction pattern of the sample before aging



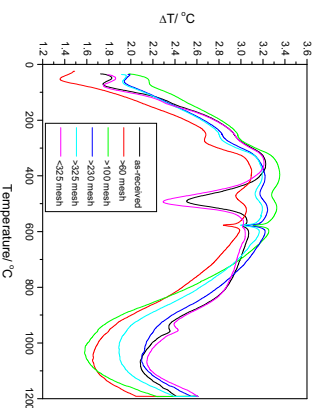
Diffraction pattern of the sample after 60 days



Diffraction pattern of the sample after 325 days

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ของดินก่อนผ่านผ่านตะแกรง และดินค้ำตะแกรงขนาด 60, 100, 230, 325 เมช จะพบว่าประกอบด้วยแร่เคโอลิไนท์ มัลลิตไนด์ ควอตซ์ เฮมาไทต์ไพไรไรต์ และไพไรไรต์ ดินนั้นในส่วนที่ค้ำตะแกรงมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเคโอลิไนท์ น้อยลงและมี แร่ควอตซ์ ไพไรต์ และไพไรไรต์เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในส่วนของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีนั้นคาดว่า จะมาจากแร่เฮมาไทต์และเหล็กที่ปนอยู่ในโครงสร้างของแร่ลิตไนด์ เคโอลิไนท์ และควอตซ์ จากผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและองค์ประกอบทางแร่รวมถึงข้อมูลจากผู้ประกอบการอาจจะสรุปได้ว่ากลุ่มของแร่ควอตซ์ ไพไรต์ ไพไรไรต์และเฮมาไทต์ ที่มีขนาดใหญ่ออกอให้เกิดขึ้นที่ด้านหน้าผลิตภัณฑ์

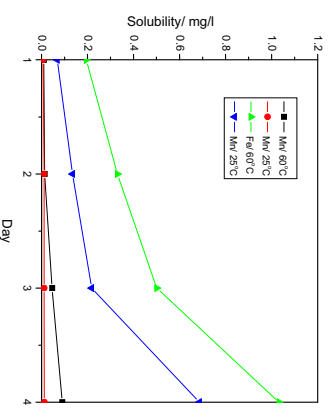
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของดินตัวอย่าง



DTA curve of the sample

จากผลการวิเคราะห์จากDTA และ TGA ของดินก่อน และดินค้ำตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช มีช่วงอุณหภูมิที่นำสังเกตคือ ช่วงอุณหภูมิ 450 – 550 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการเกิดการเกิด Dehydroxylation ของดิน โดยพบว่า ดินค้ำตะแกรงจะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมิที่ลดลง แต่ในทางตรงกันข้ามในช่วงอุณหภูมิ 550 – 600 องศาเซลเซียสดินค้ำตะแกรงจะมีแนวโน้มแสดงพฤติกรรมของการเปลี่ยนเฟสของ SiO_2 จาก α – SiO_2 ไปเป็น β – SiO_2 มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์จาก XRF และ XRD ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุภาคที่ถูกแยกออกมาที่มีขนาดใหญ่จะประกอบด้วย ควอตซ์ เป็นเฟสหลัก ในช่วงอุณหภูมิ 950 – 980 องศาเซลเซียสซึ่ง เคโอลิไนท์จะมีการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแบบสติเบลซึ่งจะเกิดขึ้นกับดินก่อนร้อนและดินที่ผ่านการร้อนจากตะแกรง 325 เมช

การละลายของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์



ผลการละลายของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์

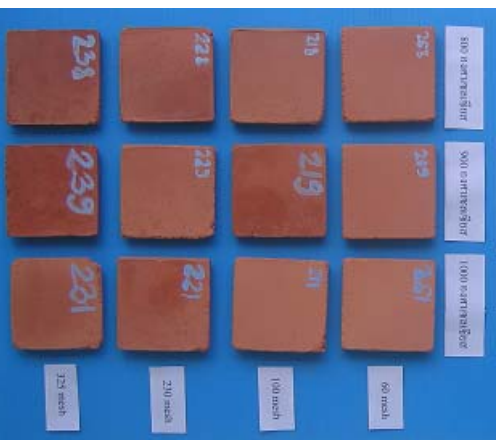
ผลของบรรยากาศและความชื้นที่มีต่อระยะเวลาการเกิดตำหนิ

จากการเปรียบเทียบเป็นระยะเวลาของการเกิดตำหนิตำ ในชั้นทดสอบที่ยังไม่ได้อุ่นผ่านตะแกรงและทำการเผาโดยเตาไฟฟ้า และเตาจากโรงงานโดยจะวางชั้นทดสอบ ในบรรยากาศและบ่มไว้ในที่ชื้น พบว่า ชั้นทดสอบที่บ่มไว้ในที่ชื้นมีแนวโน้มปรากฏจุดตำหนิตำเร็วกว่า โดยจะเริ่มสังเกตเห็นประมาณช่วงสัปดาห์ที่ 2 – 3 แต่ชั้นทดสอบที่วางไว้ในบรรยากาศจะสังเกตเห็นจุดตำหนิตำประมาณช่วงสัปดาห์ที่ 3 – 4 ชั้นทดสอบที่เผามาจากเตาโรงงานมีแนวโน้มจะเกิดจุดตำเร็วกว่าชั้นงานที่เผามาจากเตาไฟฟ้า

การเผาขึ้นทดสอบอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 800, 900 และ 1000 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะทำให้สีของชั้นทดสอบมีแนวโน้มที่จะเป็นสีส้มที่ลดลงจากสีส้มอิฐ จากที่ชั้นงานที่เผาที่ 800 องศาเซลเซียส สังเกตเห็นจุดตำหนิตำบ่มในระยะเวลากการบ่ม ช่วง 2 – 3 สัปดาห์ เมื่ออุณหภูมิการเผาสูงขึ้นระยะเวลาการเกิดตำหนิก็มากขึ้น โดยจะสังเกตเห็นประมาณ 4 – 5 สัปดาห์ และปริมาณจุดตำหนิตำที่ปรากฏจะมีปริมาณลดลง

แนวทางการแก้ไขโดยการร่อนดินผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ

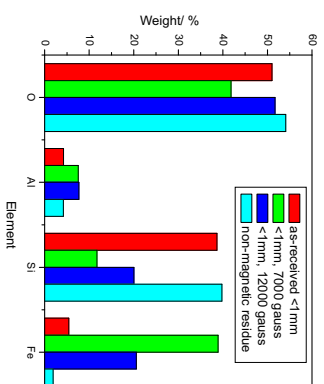
การแก้ไขเบื้องต้นโดยนำดินตัวอย่างที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จะลดการเกิดการเกิดจุดตำได้อย่างชัดเจน โดยสังเกตจากดินคั่งตะแกรงที่ไม่มีเม็ดสีดำขนาดใหญ่ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดตำหนิในผลิตภัณฑ์



ซึ่งงานนี้ผ่านการร่อนตะแกรงและเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยเตาไฟฟ้าและตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

การนำดินมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100,

230 และ 325 เมช จะสามารถลดตำหนิจุดตำในชั้นทดสอบได้ โดยสังเกตจากชั้นทดสอบของดินที่ไม่ได้อุ่นจะมีจุดตำกระจายอยู่และชั้นทดสอบของดินที่นำร้อนผ่านตะแกรงเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นก็จะไม่ปรากฏจุดตำหนิตำบนชั้นงานทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากอนุภาคขนาดใหญ่มกของแมงกานีสและเหล็กออกไซด์ที่ถูกแยกออกไป จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่ากรนำดินตัวอย่างไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60, 100, 230 และ 325 เมช จะสามารถลดตำหนิตำบนผลิตภัณฑ์เซิร์ทเทินเวอร์



องค์ประกอบทางเคมีจากเทคนิค EDS ของดินตัวอย่างที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็ก

ดินที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็กที่มีขนาดความแรงของแม่เหล็ก 4000 -12000 gauss จากผลการทดลองพบว่าที่ความแรงแม่เหล็ก 7000 gauss จะสามารถแยกส่วนสารประกอบเหล็กออกมาได้มากที่สุด

จากประเด็นปัญหาความคืบหน้าผลิตภัณฑ์รวมถึงจุดตำที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุของอนุภาคขนาดใหญ่ของควอตซ์ และสิ่งเจือปนจากแร่เยมาไทต์และไพไรต์ซึ่งจากการศึกษาพบว่าทั้งจุดตำและคราบดำนี้ไม่สามารถกำจัดออกได้ด้วยวิธีการแยกขนาดอนุภาคโดยการที่ใช้ตะแกรงหรือการเผาซ้ำ แต่เมื่อใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นออกซิไดซ์ที่แรงสามารถกำจัดทั้งจุดตำและคราบดำนี้ได้ทั้งหมด คณะผู้วิจัยคาดว่าคราบดำอาจเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวของเฟอร์ริกออกไซด์และคาร์บอนในบรรยากาศเผาไหม้ที่โมลโมรณในเตาฟืนเป็นเชื้อเพลิงเป็นสารประกอบ เหล็กคาร์ไบด์และเมื่อผลิตภัณฑ์ตั้งเผาตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศโดยเฉพาะที่มีความชื้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสีดำขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบลักษณะเฉพาะของดินตัวอย่างที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวลวีนอุตสาหกรรมท้องถิ่นในเขตอำเภอหางดงพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดจุดดำบนผิวของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้จากสองสาเหตุคือ อนุภาคของแร่ควอร์ต และเยมาไทต์และไฟโรลูไซต์ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ที่อยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์หลังจากทำการเผาแล้วจะทำให้เกิดจุดดำบนผลิตภัณฑ์ และในส่วนของค่าและคราบดำที่ไม่ได้เกิดจากอนุภาคของแร่ควอร์ต แร่เยมาไทต์และไฟโรลูไซต์ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ คาดว่าคราบดำอาจเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวของเฟอร์ริกออกไซด์และคาร์บอนในบรรยากาศเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเตาฟืนเป็นเชื้อเพลิงซึ่งเป็นสารประกอบ เหล็กคาร์ไบด์และเมื่อผลิตภัณฑ์หลังเผาตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศโดยโดยเฉพาะที่มีความชื้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสีดำขึ้น

การลดต้นทุนจุดดำที่เกิดขึ้นจากอนุภาคของแร่ควอร์ต แร่เยมาไทต์และไฟโรลูไซต์ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ทำได้โดยการใช้ตะแกรงที่มีความละเอียดมากขึ้นจากการทดลองพบว่าดินที่ผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช ก็เพียงพอที่จะลดการเกิดจุดดำบนผลิตภัณฑ์ได้เกือบทั้งหมด แต่การเลือกใช้ตะแกรงแยกต้องคำนึงถึงขนาดของผลิตภัณฑ์ เพราะถ้าใช้ดินที่มีความละเอียดมากเกินไปก็อาจจะเกิดต่อการหดตัวและการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ ในส่วนด้านหนึ่งลดค่าและคราบดำที่คาดว่าคราบดำอาจเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวของเฟอร์ริกออกไซด์และคาร์บอนในบรรยากาศเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเตาฟืนเป็นเชื้อเพลิงเป็นสารประกอบเหล็กคาร์ไบด์และเมื่อผลิตภัณฑ์หลังเผาตั้งทิ้งไว้ในบรรยากาศโดยเฉพาะที่มีความชื้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสีดำขึ้น การแก้ปัญหาจุดดำและคราบดำลักษณะนี้ต้องให้สารที่มีสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดช่วยในการกำจัด

ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลของผู้วิจัยพบว่าผู้ประกอบการที่เตรียมเนื้อดินป็นใช้ตะแกรงขนาดลูบปิดประมาณ 1 มิลลิเมตรทำการร่อนดินหลังการบด ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการแยกอนุภาคของแร่ ควอร์ต แร่เยมาไทต์และไฟโรลูไซต์ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้ประกอบการควรลดขนาดลูบปิดของตะแกรงให้เล็ก

ลดระดับประมาณ 60 เมช ซึ่งจะลดต้นทุนได้ค่อนข้างมาก ถัดต้องการดินซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์มีคุณภาพระดับการส่งออกควรจะให้เทคนิคขั้นสูงขึ้นเช่น ไซโคลน หรือ ไซโคลนแม่เหล็ก ซึ่งเทคนิคนี้จะสามารถแยกขนาดอนุภาคตามขนาดและความหนาแน่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของจุดดำและคราบดำซึ่งอาจจะเกิดจากเยมาสารประกอบคาร์บอนในบรรยากาศเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเตาฟืนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งคณะผู้วิจัยคิดว่าเป็นสาเหตุที่สำคัญ ควรจะได้มีการศึกษาหาสาเหตุที่แท้จริงอย่างละเอียด ซึ่งอาจจะเกิดจากชนิดของไม้ฟืนที่เป็นวัตถุดิบในการเผา

เอกสารอ้างอิง

1. ทวี พรหมพฤกษ์, เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น, วิทยาลัยครูพระนครศรี บางเขน, โอเดียนส-ไตร์, พ.ศ. 2523
2. พิงพวัลต์ วัลธโนมาส และสุมาลี ลีลิตวินิชด., (ม.ป.ป.), การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงเนื้อดินปั้นร่าบุรี., ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, กรมวิทยาศาสตร์บริการ., กรุงเทพฯ
3. อรพิน สมมิตร., การปรับปรุงองค์ประกอบของดินแดงบ้านสันจากปากวังวัดพระยาเพื่อพัฒนาคุณภาพเครื่องปั้นดินเผา., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พ.ศ. 2538
4. ไพจิตร อังศิริวัฒน์., เนื้อดินทราย, สำนักพิมพ์โอเดียนสไตร์, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2541
5. ไพจิตร อังศิริวัฒน์., สีเซรามิก, สำนักพิมพ์โอเดียนสไตร์, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2546
6. อายวิวัฒน์ สว่างผล, วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์ สำนักพิมพ์โอเดียนสไตร์, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2543
7. สุชี วัฒนศิริเวช, ดรุณี วัฒนศิริเวช และ ศรัณย์ ปะยะจินดา., รายงานการวิจัยเรื่อง การสำรวจด้าน การจัดการและคำทวนในผลิตภัณฑ์ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางและเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, พ.ศ. 2543
8. Grim, R.E., (1968), "Clay Mineralogy", 2nd edn., McGraw-Hill, New York.

9. Grin, R.E., (1961), "X-ray Identification and Crystal Structure of Clay Minerals", Mineralogical Soc., London.
10. Brindley, G.W., and Brown, G. (1980), "Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification", Mineralogical Soc. Monograph No.5, Spottiswoode Ballantyne Ltd., London.
11. Wilson, M.J., (1987), "A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy" Blackie and Son, Glasgow.
12. Ryan, W., (1997), "Whitewares", Optichrome Ltd, Surrey.
13. Mackenzie, R.C. (1957), "The Differential Thermal Investigation of Clay", ed. R.C. Mackenzie, Min. Soc., London.