มุ่งสู่การพัฒนาที่...ยั่งยืน

Lean Management for Environment

Ceramic Industry

Textile Industry

Pharmaceutical Industry

Beverage Industry

Metal Industry

มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (มสท.)

16/151 เมืองทองธานี ถ.บอนด์สตรีท
ต.บางพูด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120
โทรศัพท์ : 02-503-3333
โทรสาร : 02-504-4826-8
e-mail : info@tei.or.th

Lean Management for Environment

การจัดการสิ่งแวดล้อมและการป้องกันมลพิษที่ยั่งยืน

สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

คู่มือ Lean Management for Environment
สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

สิงหาคม พ.ศ. 2555

คู่มือ Lean Management for Environment สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

โดย มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์
มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย © พ.ศ. 2555
ห้ามทำการลอกเลียนไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายอักษร

จัดพิมพ์โดย

มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
16/151 เมืองทองธานี ถนนบอนด์สตรีท
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120
โทรศัพท์ 0-2503-3333 โทรสาร 0-2504-4826-8
Website: www.tei.or.th
e-mail: info@tei.or.th

พิมพ์ครั้งที่ 1
พ.ศ. 2555
จำนวน 145 เล่ม

คำนิยม

บริษัท ดาว เคมิคอล ประเทศไทย จำกัด ดำเนินธุรกิจเคมีภัณฑ์ในประเทศไทยมายาวนานกว่า 45 ปี ภายใต้ปณิธานที่เน้นนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยให้วิถีชีวิตของผู้คนมีคุณภาพและก้าวหน้าอย่างยั่งยืน โดยยึดหลักปฏิบัติ 3 ประการคือ (1) การให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม (2) การพัฒนาเศรษฐกิจ และ (3) การใส่ใจประชาชนและชุมชน (สังคม) รวมทั้งการพัฒนาบุคลากรทั้งภายในองค์กรและบุคลากรของประเทศ เพราะเราเชื่อว่าบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ มีคุณภาพ มีคุณธรรมและจริยธรรม เป็นฟันเฟืองสำคัญในการผลักดันและพัฒนาองค์กรและประเทศของเราให้ประสบความสำเร็จและเจริญรุ่งเรือง

ดังนั้น บริษัท ดาว เคมิคอล ประเทศไทย จำกัด จึงร่วมกับมูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และหุ้นส่วนเชิงสร้างสรรค์ไทย-สหรัฐ จัดตั้ง “โครงการฝึกอบรมการจัดการสิ่งแวดล้อมและการป้องกันมลพิษที่ยั่งยืน” ขึ้น โดยโครงการนี้ มุ่งหวังเพื่อส่งเสริมให้บุคลากรในอุตสาหกรรมที่สำคัญ ๆ ของประเทศมีศักยภาพด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นและเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมของไทยให้มุ่งไปสู่การพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นที่ยอมรับของชุมชนต่อไป

จากประสบการณ์ที่บริษัท ดาว เคมิคอล จำกัด ได้จัดโครงการลักษณะเดียวกันนี้ในประเทศจีนและประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี ทำให้เรามั่นใจว่าโครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมในบ้านเราเช่นกัน และด้วยประสบการณ์การทำงานด้านสิ่งแวดล้อมของมูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยที่มีมาเกือบ 20 ปี ทำให้การพัฒนาหลักสูตรและคู่มือฝึกอบรมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับอุตสาหกรรมในการดำเนินธุรกิจที่สามารถเติบโตควบคู่ไปกับการรักษาสิ่งแวดล้อมและความรับผิดชอบต่อสังคม เพราะการดูแลและรักษาสิ่งแวดล้อมนั้นมิใช่การเพิ่มต้นทุน แต่เป็นการให้ผลประโยชน์ตอบแทนมากกว่า เช่น การลดการปลดปล่อยมลพิษ และการลดการใช้พลังงาน สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ บริษัทฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยขับเคลื่อนและผลักดันให้อุตสาหกรรมไทยก้าวไปสู่ความยั่งยืนต่อไป

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณมูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม หุ้นส่วนเชิงสร้างสรรค์ไทย-สหรัฐ และคณะทำงานทุกท่านที่ได้ร่วมดำเนินโครงการและพัฒนาคู่มือฝึกอบรมนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ให้กับสังคมและประเทศชาติของเราอย่างแท้จริง

(นายจิรศักดิ์ สิงห์มณีชัย)

กรรมการผู้จัดการบริษัท ดาว เคมิคอล ประเทศไทย จำกัด

คำนำ

อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญและเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานหลายกลุ่มอุตสาหกรรมจึงได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมจากทางภาครัฐ โดยจะใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่จากภายในประเทศ มีการใช้พลังงานและแรงงานเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิต ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และส่งผลให้เกิดความสูญเสีย/ความสูญเปล่าจากกระบวนการผลิต รวมทั้งเกิดมลพาต่าง ๆ แต่ปัจจุบันลูกค้ามีความต้องการสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และมีการแข่งขันทางธุรกิจค่อนข้างสูง จึงทำให้ภาคอุตสาหกรรมเซรามิกต้องหันมาปรับตัวเพื่อความอยู่รอด การนำหลักการลีนมาประยุกต์ใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยมุ่งเน้นการกำจัดความสูญเสีย/สูญเปล่าหรือสิ่งที่ไม่เพิ่มคุณค่าในกระบวนการผลิต การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการองค์กรและการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ให้มีการใช้วัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ไรการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัด ลดพื้นที่และค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ลดเวลาที่ใช้ในการผลิต ซึ่งนำไปสู่การลดต้นทุนและการเพิ่มผลกำไรให้กับผู้ประกอบการและส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุดด้วย

ดังนั้น มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ร่วมกับ บริษัท ดาว เคมิคอล ประเทศไทย จำกัด กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และหุ้นส่วนเชิงสร้างสรรค์ไทย-สหรัฐ จึงได้จัดฝึกอบรมหลักสูตร “การจัดการสิ่งแวดล้อมและการป้องกันมลพิษที่ยั่งยืน สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก” และจัดทำคู่มือ “Lean Management for Environment สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก” ขึ้นมาประกอบการฝึกอบรมในหลักสูตรดังกล่าว เพื่อช่วยเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการสิ่งแวดล้อมและการป้องกันมลพิษที่ยั่งยืน และเสริมสร้างให้กลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิกได้ทราบถึงแนวทางในการดำเนินการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วยการประยุกต์ใช้ลีนพร้อมกรณีตัวอย่างของอุตสาหกรรมเซรามิก โดยมุ่งเน้นให้ผู้ผ่านการฝึกอบรมนำหลักการลีนมาประยุกต์ใช้และลงมือปฏิบัติอย่างจริงจังมากขึ้น ตลอดจนนำความรู้จากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญมาพัฒนาทักษะให้สามารถเผยแพร่ สร้างความเข้าใจ และถ่ายทอดองค์ความรู้ด้าน Lean Management for Environment ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งนำไปบริหารจัดการองค์กรด้านสิ่งแวดล้อม พลังงาน และความปลอดภัยภายในโรงงานให้มีประสิทธิภาพ ก้าวไปสู่การเป็นอุตสาหกรรมสีเขียว สังคมคาร์บอนต่ำ จนผลักดันไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในที่สุด

(ดร. ขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ์)

ผู้อำนวยการสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

สิงหาคม 2555

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา :

1.	ดร. ขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ์	ผู้อำนวยการสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
2.	คุณวรพงศ์ วรสุนทโรสถ	ผู้อำนวยการฝ่ายรัฐกิจสัมพันธ์ ภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และทวีปออสเตรเลีย บริษัท ดาว เคมิคอล ประเทศไทย จำกัด
3.	คุณภรณี กองอมรภิญโญ	ผู้จัดการฝ่ายสื่อสารองค์กร บริษัท ดาว เคมิคอล ประเทศไทย จำกัด
4.	ดร. สุชาติ เหลืองประเสริฐ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5.	คุณสมเจตน์ ทองคำวงศ์	ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย

บรรณาธิการบริหาร : ดร. ขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ์

กองบรรณาธิการ :

เรียบเรียงโดย ดร.น้ำผึ้ง วงษ์วานิช
คุณสรวงระวี คุณธนกาญจน์
คุณภัทรา ศรีสุทธิวรกุล
คุณจินตนา เจือตี๋
คุณกนกวรรณ หนูช่วย
คุณกุลธิดา สุขสมบูรณ์
คุณประวีรา โพธิสุวรรณ
คุณเสาวนีย์ บุญเชียงมา
คุณธนพร คำขจร
คุณพิมลพันธ์ อุดทาพันธ์

ออกแบบโดย คุณพชรฉัตร โพธิ์ชา

สารบัญ

			หน้า
สารบัญตาราง			**ii**
สารบัญรูป			**iii**
ศัพท์ที่ควรรู้/คำย่อ			**v**
บทที่	**1**	**บทนำ**	**1-1**
	1.1	ลีน คืออะไร	1-1
	1.2	ความสำคัญของลีนกับการจัดการสิ่งแวดล้อม	1-2
	1.3	การประยุกต์ใช้ลีนกับอุตสาหกรรมเซรามิก	1-3
บทที่	**2**	**อุตสาหกรรมเซรามิก**	**2-1**
	2.1	ภาพรวมทั่วไปของอุตสาหกรรมเซรามิก	2-1
	2.2	กระบวนการผลิต	2-13
	2.3	มลพิษและผลกระทบ	2-36
บทที่	**3**	**Lean Management for Environment สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก**	**3-1**
	3.1	การเตรียมองค์กรและการสร้างทีมงาน	3-1
	3.2	การชี้บ่งคุณค่า	3-6
	3.3	การประเมินโดยละเอียด	3-10
	3.4	การศึกษาความเป็นไปได้ของมาตรการ	3-27
	3.5	การลงมือปฏิบัติและการขับเคลื่อนกิจกรรมตามมาตรการ	3-39
	3.6	การทบทวนเพื่อปรับปรุงแผนและขับเคลื่อนอย่างต่อเนื่อง	3-40
บทที่	**4**	**เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก**	**4-1**
	4.1	การจัดการด้านวัตถุดิบและสารเคมี	4-2
	4.2	การจัดการด้านการน้ำใช้	4-17
	4.3	การจัดการด้านน้ำเสีย/ระบบบำบัดน้ำเสีย	4-24
	4.4	การจัดการด้านอากาศ	4-32
	4.5	การจัดการด้านเสียง	4-36
	4.6	การจัดการด้านพลังงาน	4-36
	4.7	การจัดการด้านของเสีย	4-55
	4.8	การจัดการด้านสุขภาพและความปลอดภัย	4-82

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3-1	การตั้งเป้าหมายเพื่อลดความสูญเปล่าและอุปสรรคในการทำงาน	**3-7**
ตารางที่ 3-2	ประเด็นปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเสียสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก	3-14
ตารางที่ 3-3	ตัวอย่างการกำหนดมาตรการ	3-19
ตารางที่ 3-4	ตัวอย่างการพิจารณามาตรการทางเลือก	3-27
ตารางที่ 3-5	ตัวอย่างการประเมินความเป็นไปได้ของมาตรการ	3-28
ตารางที่ 3-6	ตัวอย่างการประเมินทางเทคนิคสำหรับมาตรการของโรงงานสุขภัณฑ์	3-29
ตารางที่ 3-7	ผลการลดค่าใช้จ่ายโดยรวมของการดำเนินการตามมาตรการ	3-30
ตารางที่ 3-8	ตัวอย่างการประเมินทางสิ่งแวดล้อมของโรงงานสุขภัณฑ์	3-32
ตารางที่ 3-9	ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของโรงงานสุขภัณฑ์	3-34
ตารางที่ 3-10	ตัวอย่างการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัย	3-35
ตารางที่ 3-11	ตัวอย่างการสรุปการคัดเลือกมาตรการ	3-36
ตารางที่ 3-12	ตัวอย่างแผนการปฏิบัติงาน	3-39
ตารางที่ 3-13	ตัวอย่างแผนปฏิบัติการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิก	3-39
ตารางที่ 3-14	การเปรียบเทียบผล Lean Assessment ก่อน-หลังการปรับปรุง	3-43
ตารางที่ 4-1	ปริมาณสารโลหะหนักสำหรับภาชนะ	4-10
ตารางที่ 4-2	การเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ไประหว่างเทคนิคการเผาครั้งเดียวและการเผาสองครั้ง	4-38
ตารางที่ 4-3	การเปรียบเทียบสมรรถนะของเตาแบบที่ใช้ปัจจุบันกับแบบที่แนะนำ	4-46
ตารางที่ 4-4	อุณหภูมิการเผา/อบของวัสดุแต่ละชนิด	4-70

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1-1	ขั้นตอนการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมกับลีน 6 ขั้นตอนการดำเนินงานหลัก	1-3
รูปที่ 2-1	โครงสร้างอุตสาหกรรมเซรามิก	2-2
รูปที่ 2-2	เซรามิกกลุ่มก่อสร้าง	2-3
รูปที่ 2-3	เซรามิกประเภทสุขภัณฑ์	2-4
รูปที่ 2-4	เซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร	2-6
รูปที่ 2-5	เซรามิกประเภทของชำร่วยและเครื่องประดับ	2-8
รูปที่ 2-6	เซรามิกประเภทลูกไฟ	2-9
รูปที่ 2-7	เซรามิกสำหรับงานโครงสร้าง	2-10
รูปที่ 2-8	เซรามิกสำหรับงานโครงสร้างอื่น ๆ	2-11
รูปที่ 2-9	เซรามิกสำหรับอิเล็กโทรเซรามิก	2-11
รูปที่ 2-10	เซรามิกสำหรับทางด้านการแพทย์	2-12
รูปที่ 2-11	กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกในภาพรวม	2-14
รูปที่ 2-12	กระบวนการเตรียมเนื้อดิน	2-14
รูปที่ 2-13	กระบวนการบด/ย่อยสำหรับวัตถุดิบพวกที่มีความแข็งและบดย่อยยาก	2-16
รูปที่ 2-14	กระบวนการบด/ย่อยสำหรับวัตถุดิบที่บดย่อยได้ง่าย	2-16
รูปที่ 2-15	กระบวนการบด/ย่อยวัตถุดิบที่บดย่อยได้ง่าย	2-16
รูปที่ 2-16	เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการบด/ย่อยเพื่อลดขนาดวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ	2-17
รูปที่ 2-17	ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในหม้อบดใบเดียวกัน	2-18
รูปที่ 2-18	ขั้นตอนการบดผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดแยกแล้วผสมรวมกัน	2-19
รูปที่ 2-19	กระบวนการเตรียมแบบพิมพ์	2-19
รูปที่ 2-20	การเตรียมแบบพิมพ์เหมือนต้นแบบ	2-20
รูปที่ 2-21	การทำแบบพิมพ์ชั้นเดียว	2-20
รูปที่ 2-22	แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์	2-21
รูปที่ 2-23	การหล่อแบบเทออก	2-23
รูปที่ 2-24	การหล่อน้ำดินแบบหล่อตัน	2-24
รูปที่ 2-25	การขึ้นรูปด้วยเครื่องจิกเกอร์	2-25
รูปที่ 2-26	เครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน	2-25
รูปที่ 2-27	การขึ้นรูปกระเบื้องด้วยวิธีการอัด	2-26
รูปที่ 2-28	การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์งานปั้นอิสระงานศิลปะ	2-26
รูปที่ 2-29	การตัดขอบและแต่งรอยตะเข็บ	2-28
รูปที่ 2-30	การพ่นเคลือบผลิตภัณฑ์	2-30

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2-31	เตาซัทเทิ่น	2-33
รูปที่ 2-32	เตาอุโมงค์	2-34
รูปที่ 2-33	เตาเผาแบบโรลเลอร์	2-34
รูปที่ 2-34	เตาเผาแบบโรลเลอร์ฮาร์ด์	2-34
รูปที่ 2-35	วัตถุดิบ เชื้อเพลิง และของเสียของแต่ละกระบวนการผลิตเซรามิก	2-36
รูปที่ 2-36	ของเสียเซรามิกประเภทเศษเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารและเครื่องสุขภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน	2-37
รูปที่ 2-37	กระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดฝุ่น	2-38
รูปที่ 2-38	กระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดตะกอน	2-38
รูปที่ 2-39	การบำบัดน้ำเสีย และการปล่อยน้ำเสียออกสู่ลำธารสารธารณะ	2-39
รูปที่ 2-40	การตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องระบายอากาศเตาเผาเซรามิก	2-40
รูปที่ 2-41	การนำอากาศร้อนจากปล่องเตาเผาเซรามิกกลับมาใช้ใหม่ในการอบผลิตภัณฑ์	2-40
รูปที่ 3-1	ความคิดเห็นของผู้บริหารในการนำระบบลีนมาใช้ภายในองค์กร	3-2
รูปที่ 3-2	ตัวอย่างนโยบายการนำระบบลีนมาใช้ในการทำงานภายในองค์กร	3-2
รูปที่ 3-3	ตัวอย่างเป้าหมายของบริษัท	3-3
รูปที่ 3-4	ตัวอย่างทีมงานลีนของโรงงานเซรามิกแห่งหนึ่ง	3-4
รูปที่ 3-5	ตัวอย่างการทำ Lean Assessment ก่อนการดำเนินงานปรับปรุง	3-5
รูปที่ 3-6	การจัดฝึกอบรมให้ความรู้แก่พนักงานแต่ละแผนกเกี่ยวกับแนวคิดลีนและการจัดการสิ่งแวดล้อม	3-6
รูปที่ 3-7	กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิก	3-8
รูปที่ 3-8	ตัวอย่างการจัดทำแผนผังคุณค่าปัจจุบัน	3-11
รูปที่ 3-9	การจัดทำแผนผังคุณค่าปัจจุบันที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ และข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิก	3-12
รูปที่ 3-10	แผนผังคุณค่าปัจจุบันกับเส้นการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิก	3-13
รูปที่ 3-11	การทำแผนผังแสดงเหตุหรือผังก้างปลาสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก	3-17
รูปที่ 3-12	การเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาจากกระบวนการหล่อขึ้นรูปเซรามิกมอลไซด์	3-18
รูปที่ 3-13	การฝึกอบรมพนักงานทุกคนให้มีความสามารถเท่าเทียมกันภายใน 3 เดือน	3-22
รูปที่ 3-14	การยกเลิกแบบฟอร์มเก่าและใช้แบบฟอร์มใหม่	3-25
รูปที่ 3-15	การจัดทำแผนผังคุณค่าอนาคตสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิก	3-38

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 3-16	สภาพพื้นที่ห้องเก็บอุปกรณ์ก่อนและหลังปรับปรุง	3-40
รูปที่ 3-17	สภาพถังกวนก่อนและหลังปรับปรุง	3-40
รูปที่ 3-18	ตัวอย่างการทำ Lean Assessment หลังการดำเนินงานปรับปรุง	3-41
รูปที่ 4-1	เซรามิกชนิดคอร์เดียไรต์	4-8
รูปที่ 4-2	หลักการและเครื่องไฮโดรไซโคลน	4-9
รูปที่ 4-3	ตู้พ่นเคลือบชิ้นงาน	4-17
รูปที่ 4-4	ระบบบำบัดน้ำ	4-30
รูปที่ 4-5	สารดูดติดผิวชนิดต่าง ๆ	4-31
รูปที่ 4-6	เนื้อดินและของเสียที่เกิดจากขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงานเซรามิก	4-58

ศัพท์ที่ควรรู้/คำย่อ

Attributes R&R; Attributes Repeatability and Reproducibility	เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบข้อมูลว่าน่าเชื่อถือหรือไม่โดยการเก็บสถิติวัดค่าและเปรียบเทียบกับมาตรฐาน บางครั้งใช้แทนการสอบเทียบ โดยบ่งบอกผลออกมาในรูปของ Good และ Non-Good
Benchmark	เกณฑ์ในการเปรียบเทียบ
Borosilicate Frit	การหลอมให้กลายเป็นแก้วที่มีคุณสมบัติในการทนความร้อนสูง
Calcine	การเผาวัตถุจนสลายเป็นผงแล้วบดให้ละเอียด
Capacitor	ตัวเก็บประจุ
COE; Thermal expansion coefficient	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน
Compressive	ความกด แรงกด
Continuous Improvement	การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง
Cloud Computing Technology	การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ
Cristobalite	การเปลี่ยนรูปของโครงสร้างซิลิกาซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 1,470 – 1,710 องศาเซลเซียส
Cycle Time	รอบเวลาการทำงาน
Defloc/ Defloculant	สารช่วยกระจายลอยตัว เป็นสารเคมี ที่ช่วยให้อนุภาค เกิดการกระจาย ลอยตัว จะเป็นตัวช่วยทำให้ดิน และอนุภาคอื่น ๆ ลอยตัวในส่วนผสมของน้ำดิน และควบคุมการตกตะกอนให้เกิดน้อยลง
Dehydroxylation	การสลายตัวของน้ำในโครงสร้างผลึก
Delay Crazing	การทนทานต่อการแตกร้าวของเซรามิกเมื่อใช้งานไปนาน ๆ
Dry Process	การเตรียมเนื้อดินแบบแห้ง
Endothermic	ดูดความร้อน
Environmental, Health and Safety ; EHS	สัญลักษณ์แสดงกระบวน/กิจกรรมที่มีโอกาสเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ
Exhaust	อากาศที่ระบายทิ้ง

Extruding	การขึ้นรูปด้วยการอัดฉีด
Fast Firing	เทคโนโลยีการเผาเร็วของเซรามิก
Firing Curve	ตารางการเผาที่แสดงสภาวะเหมาะสมในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกแต่ละประเภท
FTA; Free Trade Area	เขตการค้าเสรี
Gasifier	การนำเชื้อเพลิงแข็งประเภทต่าง ๆ มาทำให้อยู่ในสถานะแก๊สที่สามารถนำมาเผาไหม้ ได้โดยง่าย
Girder	เหล็กยาว, เหล็กหลายชิ้นประกอบขึ้นเป็นท่อนยาว
Glassy Phase	ปริมาณเนื้อแก้ว
Glaze slip	เคลือบน้ำดิน
Green Body	ชิ้นงานหลังจากการขึ้นรูปก่อนนำไปเผา
Green Industry	อุตสาหกรรมสีเขียว คือ อุตสาหกรรมที่ยึดมั่นในการประกอบกิจการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการมุ่งเน้นในเรื่องของการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตและการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง รวมถึงความรับผิดชอบต่อสังคมทั้งภายในและภายนอกองค์กร ตลอดห่วงโซ่อุปทาน (ตามนิยามของกระทรวงอุตสาหกรรม)
Heat Exchanger	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
Hot Air	ลมร้อนเหลือทิ้ง
Internal Process	กระบวนการผลิตซึ่งต้องติดต่อกับแผนกต่าง ๆ ภายในโรงงานหรือองค์กร
IRR; Internal Rate of Return	อัตราตอบแทนการลงทุน
Jiggering	การขึ้นรูปโยอาศัยเครื่องจิกเกอร์
Kaizen Activity	กิจกรรมไคเซ็น เป็นกิจกรรมการปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นการมีส่วนร่วมของทุกคนเป็นหลัก
LCA; Life Cycle Assessment	การประเมินวงจรชีวิต
Lead Time	ระยะเวลาในการสั่งซื้อสินค้า ซึ่งรวมตั้งแต่ออกใบสั่งซื้อวัตถุดิบจนกระทั่งได้รับวัตถุดิบจากผู้ขายหรือโรงงาน

LOI; Loss Of Ignition	การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้
Mega Project	โครงการลงทุนขนาดใหญ่ของภาครัฐ
Moisture Expansion	การขยายตัวเนื่องจากความชื้น
MRP; Manufacturing Resource Planning	วิธีการวางแผนเพื่อใช้ทรัพยากรทั้งหมดขององค์กรในการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด
MSA; Measurement System Analysis	การวิเคราะห์ระบบการวัดถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด
NPV; Net Present Value	มูลค่าเงินปัจจุบัน
NVA; Non-value Added Activities	กิจกรรมไม่เพิ่มคุณค่า เป็นกิจกรรมที่สร้างความความสูญเปล่า/สูญเสียให้กับองค์กรและสินค้า/บริการ
OEM; Original Equipment Manufacturer	การรับจ้างผลิตสินค้าให้กับแบรนด์ต่าง ๆ ตามแบบที่ลูกค้ากำหนด
Over Firing	การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกที่อุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดไว้
Plastic Forming	การขึ้นรูปโดยอาศัยความเหนียว
Poka-Yoke	การป้องกันความผิดพลาด
Pottery Stone	หินพอตเตอรี่
Pre heating	การทำให้เตาร้อนก่อนนำชิ้นงานอบแห้ง
Productivity	มูลค่าของผลผลิต
Pulley	รอก
Pyrometric cone	อุปกรณ์วัดระดับความสามารถในการทนไฟของผลิตภัณฑ์
Pulley	รอก
Quick Changeover	การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว
Quartz Inversion	ช่วงที่อนุภาคดินของผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื่องจากการขยายตัวหรือหดตัวอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่จะเกิดที่อุณหภูมิ 600□C ซึ่งอาจก่อให้เกิดการแตกร้าวของชิ้นงานได้
QC; Quality Control	การควบคุมคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์
Regulator	ตัวควบคุมแรงดัน

Rework	การทำงานซ้ำ
Rheology	การเปลี่ยนรูปหรือลักษณะการเคลื่อนตัวของของเหลว (การไหล)
SEC; Specific energy	ค่าดัชนีการใช้พลังงาน
Scrap	ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิก เช่น เช่น เศษดินหล่อ เศษเหลือจากผลิตภัณฑ์ที่เผาแล้ว ซึ่งของเสียเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
Sinter	การเผาผลึก หรือ การเผาวัตถุในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิสูง ยิ่งเผานานเท่าไหร่ก็จะยิ่งทำให้การยึดตัวระหว่างอนุภาคมีความเหนียวแน่นและสุดท้ายก็จะได้ชิ้นงานที่มีค่ากำลังวัสดุสูงขึ้น
Slip Casting	การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน
Softening Point	จุดอ่อนตัวของเคลือบ หรือ อุณหภูมิที่เคลือบเริ่มมีการหลอมตัวในช่วงการเผาผลิตภัณฑ์
Spray Dryer	เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย
Standard Work/Standardized Work	มาตรฐานการทำงาน เช่น การจัดสถานที่ทำงานมีความปลอดภัย สะอาด และเป็นระเบียบ รวมทั้งมีการกำจัดสิ่งของที่ไม่จำเป็น
Supply Chain	ห่วงโซ่อุปทาน
Terra Cotta	กระเบื้องเนื้อแดงไม่เคลือบ ผลิตจากดินแดงหรือดินที่มีเปอร์เซ็นต์เหล็กออกไซด์สูง
TGA; Thermogravimetric Analysis	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน
Thixotropy	การเปลี่ยนแปลงความข้นเหนียวของน้ำดิน เช่น มีคามหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ โดยไม่มีการรบกวน
Throwing	การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน
Titration Curve	กราฟที่เขียนขึ้นระหว่างค่า pH ที่เปลี่ยนไปกับปริมาตรของสารที่ใช้ในการไตเตรท เช่น กรด หรือ เบส เป็นต้น เพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสม
TPM; Total Productive Maintenance	การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม
Vertrification	ช่วงการเผาที่ทำให้ส่วนผสมในเนื้อดินเริ่มหลอมละลาย เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสขึ้นไป

VSM; Value Stream Mapping	การจัดทำแผนผังแสดงขั้นตอนในการดำเนินงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การขั้นตอนการรับวัตถุดิบ จนถึงขั้นตอนการขนส่งผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้า รวมทั้งยังแสดงขั้นตอนต่าง ๆที่ก่อให้เกิดสูญเปล่า/สูญเสียอีกด้วย
Waste Heat Recovery	การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่
Wet Process	การเตรียมเนื้อดินแบบเปียก
Wetting agent	สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปเซรามิก
Yield	ผลผลิตที่ได้จริงจากการผลิต

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการดำเนินธุรกิจต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรง ต้นทุนการผลิตปรับตัวสูงขึ้น ภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ ตลาดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะความต้องการของลูกค้าที่ต้องการสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทำให้ภาคอุตสาหกรรมต้องหันมาปรับตัวเพื่อความอยู่รอด การนำหลักการลีนมาประยุกต์ใช้และลงมือปฏิบัติควบคู่กับการจัดการสิ่งแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการการลงทุน รวมถึงเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในตลาดโลกให้การดำเนินธุรกิจมีประสิทธิภาพและเกิดความยั่งยืน

1.1 ลีน คืออะไร

ลีน เป็นเครื่องมือหนึ่ง ที่มุ่งเน้นการขจัดความสูญเปล่า/สูญเสีย ที่เกิดขึ้นทั่วทั้งองค์กร เพื่อช่วยให้การใช้วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสียในวงจรการผลิตให้เหลือน้อยที่สุดหรือทำให้กระบวนการผลิตไม่มีของเสีย ช่วยปรับโครงสร้างของการผลิต ลดของเสียในระหว่างการผลิต รวมไปถึงจุดที่เกิดของเสียต่าง ๆ เช่น การรอคอย การขนส่ง สินค้าขาดสต็อก การผลิตเกินและสินค้าล้นสต็อก นอกจากนี้ยังลดความผันแปรในการผลิตตลอดทั้งกระบวนการ เช่น การบริหารวัตถุดิบ การสื่อสารในองค์การ การลดขั้นตอนในการผลิต ด้วยการนำเทคนิคและเครื่องมือต่าง ๆมาใช้ในกำจัดความสูญเปล่าเหล่านั่นออกไป และใช้ระบบการผลิตแบบทันเวลา ในปริมาณ เวลาและสิ่งที่ลูกค้าต้องการเท่านั้น โดยเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยให้องค์กรสามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลกำไร เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ตลอดจนเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในการดำเนินธุรกิจ

หลักการลีน ประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ 1. กำหนด/ระบุคุณค่า 2. การวิเคราะห์การไหลของคุณค่า 3. สร้างการไหลของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง 4. ใช้ระบบดึงเพื่อหลีกเลี่ยงการผลิตมากเกินไปและให้ทันเวลาพอดี และ 5. มุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ โดยรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถอ่านได้จากคู่มือ Lean Management for Environment

1.2 ความสำคัญลีนกับการจัดการสิ่งแวดล้อม

ลีน เป็นแนวทางหนึ่งในบริหารจัดการด้านการผลิตที่เน้นการสร้างประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตสูงสุด ลดการสูญเสียในวงจรการผลิตให้เหลือน้อยที่สุด หรือทำให้กระบวนการผลิตไม่มีของเสียและเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าอย่างต่อเนื่อง รวดเร็ว ทันเวลา ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลกำไรและผลลัพธ์ที่ดีทางธุรกิจ ในขณะเดียวกันก็ให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพควบคู่ไปด้วย แต่ทั้งนี้การบริหารจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยหลักการลีนนั้น แม้จะสามารถเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันให้เกิดการเติบโตและผลกำไร แต่ไม่ใช่คำตอบของการทำให้เกิดความยั่งยืนทางธุรกิจ จำเป็นจะต้องให้ความสำคัญกับการจัดการสิ่งแวดล้อมรวมทั้งมีความรับผิดชอบต่อสังคมด้วย ซึ่งจะช่วยสร้างโอกาสและรายได้เพิ่มขึ้นในทางธุรกิจ ในขณะเดียวกันยังช่วยในการปกป้องสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การปรับปรุง/เปลี่ยนกระบวนการผลิต การใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การลดการเกิดของเสีย/มลพิษให้น้อยที่สุดทุกขั้นตอน และการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในกระบวนการผลิต เป็นต้น ตลอดจนยังช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและยกระดับคุณภาพชีวิตและสังคมให้ดีขึ้น จะเห็นได้ว่า การนำหลักการลีนมาใช้ในองค์กรจะช่วยให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจแล้ว ประโยชน์ที่ได้ตามด้วย คือ ทำให้สิ่งแวดล้อมการทำงานดีขึ้นและปลอดภัยมากขึ้น พนักงานมีความเข้าใจและให้ความร่วมมือในการแก้ปัญหาขององค์กรมากขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยผลักดันองค์กรให้ก้าวไปสู่การเป็น “Green Industry” ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 และยุทธศาสตร์ของกระทรวงอุตสาหกรรมปี 2553-2557 รวมทั้งเป็นการต่อยอดไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในระดับองค์กรและประเทศต่อไปในอนาคต

ดังนั้น มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย จึงได้พัฒนาแนวทางการปฏิบัติเพื่อให้เป็นการบริหารจัดการองค์กรที่ครบวงจร โดยการนำหลักการลีนมาประยุกต์ใช้และลงมือปฏิบัติควบคู่กับการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็น 6 ขั้นตอนหลัก ดังรูปที่ 1-1 และ 21 ขั้นตอนย่อย ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

รูปที่ 1-1 ขั้นตอนการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมกับลีน 6 ขั้นตอนการดำเนินงานหลัก

1.3 การประยุกต์ใช้ลีนกับอุตสาหกรรมเซรามิก

ระบบการผลิตแบบลีน ถูกพัฒนาจากระบบการจัดการของบริษัทโตโยต้า ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม รวมถึงเป็นต้นแบบให้อุตสาหกรรมต่าง ๆ นำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารการจัดการผลิต โดยอุตสาหกรรมเซรามิกของไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญและเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานของหลายกลุ่มอุตสาหกรรม ซึ่งจะใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่จากภายในประเทศ มีการใช้พลังงานและแรงงานเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิต เดิมเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม [1]แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องจนเป็นหนึ่งในผู้ผลิตที่สำคัญในภูมิภาคเอเชีย และเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการนำระบบการผลิตแบบลีนเข้ามาประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ให้เกิดสภาพการทำงานที่ไหลอย่างต่อเนื่อง ลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า พร้อมทั้งขยายผลสู่บริเวณอื่น ๆ ไปจนถึง Supply Chain อันได้แก่ ลูกค้า ผู้ส่งมอบ และผู้รับเหมาช่วงการผลิต ทั้งนี้ แต่ละขั้นตอนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกนั้นก่อให้เกิดความสูญเสียมากมาย เช่น ปริมาณกากของเสียที่เป็นของแข็ง ฝุ่นและตะกอนจากกระบวนการผลิต ขาดมาตรฐานการทำงาน การวางสายการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

[1] วารสารที่สร้างความเป็นไปได้ของทุกธุรกิจไร้พรมแดน ฉบับที่6 (2011)

หากผู้ประกอบการมีการนำหลักการลีนควบคู่กับการใช้เครื่องมือของลีนที่เหมาะสมแล้ว จะช่วยทำให้ลดความสูญเปล่า/สูญเสียที่เกิดขึ้นทุกขั้นตอน ซึ่งนั้นหมายถึงประสิทธิภาพของงานที่ดีขึ้น ต้นทุนที่ลดลง มลพิษลดลง และผลกำไรที่เพิ่มขึ้นมาสู่องค์กรธุรกิจและพนักงานนั่นเอง

<u>ตัวอย่างบริษัทในอุตสาหกรรมเซรามิกที่นำลีนมาประยุกต์ใช้และประสบความสำเร็จ</u> เช่น

■ *บริษัท คราวน์เซรามิคส์ จำกัด*[2] ผลิตเครื่องเคลือบดินเผา(เซรามิก) นำระบบการผลิตแบบลีน มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของผลิตภัณฑ์ ด้วยการปรับปรุงกระบวนผลิตเพื่อลดการเกิดของเสีย เช่น การปรับขนาดปากกรีดดินเพื่อลดความหนาแน่นของดินที่จะส่งผลให้เกิดปัญหาของเสียชนิดเบี้ยวไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น การปรับเปลี่ยนตำแหน่งเครื่องจักรให้เหมาะสมกับขั้นตอนการทำงาน ทำให้สามารถลดระยะทางและจำนวนคนขนย้ายน้อยลง นอกจากนี้ยังมีการจัดฝึกอบรมให้พนักงานตรวจสอบชิ้นงานโดยการทำหลักเกณฑ์การตรวจสอบอย่างมีระบบ ซึ่งหลังจากการนำระบบการผลิตลีนมาประยุกต์ใช้ในการผลิต บริษัทสามารถลดสินค้าคงคลัง และงานที่รอทำการ Rework รวมถึงประสิทธิการตรวจสอบงานมีความผิดพลาดลดลงจากเดิม 31.4% เหลือ 10 % ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตซึ่งเป็นการเพิ่ม Yield ในการผลิต นอกจากนี้ยังทำให้พนักงานได้เรียนรู้ และหาวิธีแก้ปัญหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการผลิต ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อกำจัดความสูญเปล่านั้นด้วยตัวเอง

■ *บริษัท เซรามิคอุตสาหกรรมไทย จำกัด* [3] ผู้ผลิตและจำหน่ายกระเบื้องเซรามิค กระเบื้องปูพื้น ,บุผนัง ได้นำหลักการลีนมาใช้ปรับปรุงขั้นตอนการผลิต เพื่อลดระยะเวลาการปรับแต่งระหว่างการเปลี่ยนรุ่นในการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการลดปริมาณของเสีย โดยได้เลือกใช้ Quick Changeover, TPM และ Continuous Improvement มาช่วยในการปรับปรุงระบบ ซึ่งหลังจากนำระบบการผลิตลีนมาประยุกต์ใช้ในการผลิต ทำให้บริษัทสามารถลดขั้นตอนการเปลี่ยนรุ่นในการผลิตจากเดิม 220 นาที เหลือ 140 นาที พนักงานทำงานได้เร็วขึ้น และปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นน้อยลง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง

จะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมเซรามิกหลายแห่งมีการปรับกลยุทธ์การผลิตสู่การผลิตแบบลีน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน แต่การนำลีนมาใช้เพียงอย่างเดียว ไม่ใช่แนวทางสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนได้ ทั้งนี้ จะต้องนำประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมเข้ามาในการบริหารจัดการด้วย เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างความเจริญทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะนำมาสู่การพัฒนายั่งยืนอย่างแท้จริง

[2] http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Crown_ceramics.pdf

[3] http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Cotto.pdf

เอกสารอ้างอิงบทที่ 1

1. ธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน). “Lean for Green แนวคิดธุรกิจยั่งยืน” **วารสารที่สร้างความเป็นไปได้ของทุกธุรกิจไร้พรมแดน.** (6) : 4-5; 2011 .
2. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.โครงการให้คำปรึกษาแนะนำเชิงลึกแก่ SMEs ด้วยระบบ LEAN ปี 2552-2554.**บริษัท คราวน์เซรามิคส์ จำกัด.**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://lean.bsiddip.org (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
3. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.โครงการให้คำปรึกษาแนะนำเชิงลึกแก่ SMEs ด้วยระบบ LEAN. ปี2552-2554.**บริษัท เซรามิคอุตสาหกรรมไทย จำกัด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://lean.bsiddip.org (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).

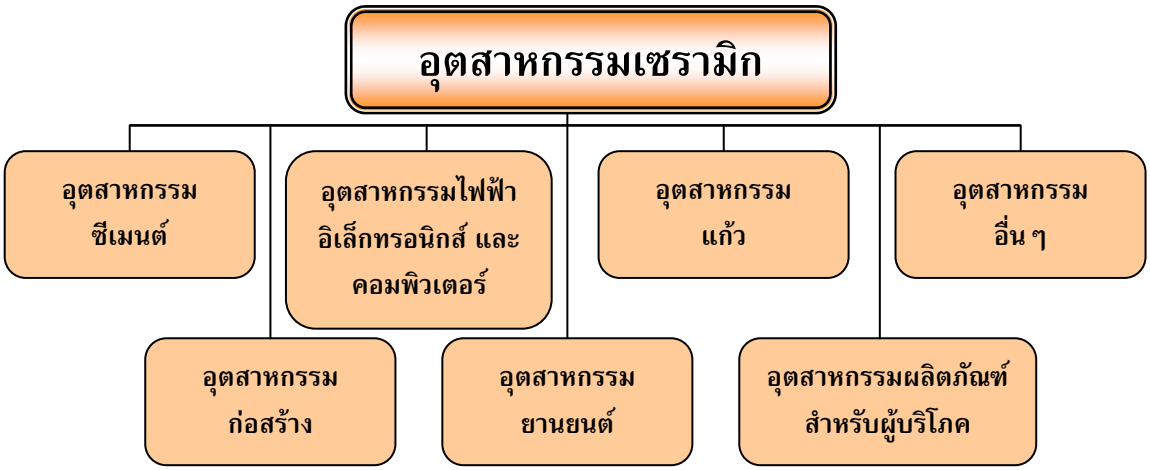
บทที่ 2

อุตสาหกรรมเซรามิก

2.1 ภาพรวมทั่วไปของอุตสาหกรรมเซรามิก

อุตสาหกรรมเซรามิก หมายถึง อุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นจากการนำสารอนินทรีย์พวกดิน หิน แร่ มาใช้เป็นวัตถุดิบ ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยการใช้ความร้อน เช่น อิฐ ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องถ้วยชาม แก้ว วัสดุทนไฟ วัสดุขัดชักเงา ปูนซีเมนต์ และปูนปลาสเตอร์ สุขภัณฑ์ต่าง ๆ แจกัน ของชำร่วย ตุ๊กตา และลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น

อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบในประเทศเป็นส่วนใหญ่ การผลิตจะใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก เป็นอุตสาหกรรมที่สนองนโยบายของรัฐในการสร้างงานและกระจายรายได้ไปสู่ภูมิภาค จึงนับว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอุตสาหกรรมหนึ่ง อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์มากมายหลายชนิด และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมเซรามิกจะนำไปใช้เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานของอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค ตลอดจนอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ฯลฯ แสดงดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 โครงสร้างอุตสาหกรรมเซรามิก[1]

ประเภทของอุตสาหกรรมเซรามิกประกอบด้วยอุตสาหกรรมเซรามิก 2 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมเซรามิกแบบดั้งเดิม และอุตสาหกรรมเซรามิกแบบใหม่

2.1 อุตสาหกรรมเซรามิกแบบดั้งเดิม[2] [3]

อุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมการผลิตเซรามิกแบบดั้งเดิมที่เน้นการใช้แรงงานในการผลิตค่อนข้างมากและสามารถพึ่งตนเองได้ทั้งในเรื่องของวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิต แบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมแบบดั้งเดิม ออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

2.1.1.1 กลุ่มเซรามิกกระเบื้อง

2.1.1.2 กลุ่มเซรามิกเครื่องสุขภัณฑ์

2.1.1.3 กลุ่มเซรามิกเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร

2.1.1.4 กลุ่มเซรามิกของชำร่วยและเครื่องประดับและเครื่องประดับ

2.1.1.5 กลุ่มเซรามิกลูกถ้วยไฟฟ้า

2.1.1.1 กลุ่มเซรามิกกระเบื้อง

อุตสาหกรรมเซรามิกประเภทกระเบื้องที่ใช้ในงานก่อสร้างมีคุณสมบัติเป็นสินค้ากึ่งแฟชั่นที่มีวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานได้หลากหลายรูปแบบทั้งปูพื้น บุผนัง และตกแต่งที่อยู่อาศัย คอนโดมิเนียม และอาคารสำนักงานต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสวยงามซึ่งโรงงานผลิตส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่และได้มาตรฐาน ใช้เงินลงทุนและเทคโนโลยีเข้มข้น โดยการนำเข้าเทคโนโลยี

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน กระทรวงพลังงาน.“เอกสารเผยแพร่โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ”. (2550)

[2] http://www.mne.eng.psu.ac.th/staff/lek_files/ceramic/u1-4.htm

[3] ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม “สถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทย” (2553)

การผลิตจากต่างประเทศ เช่น อิตาลี ซึ่งถือได้ว่าเป็นผู้นำทางด้านเทคนิคการผลิตกระเบื้องเซรามิกของโลก ทำให้กระเบื้องที่ผู้ผลิตไทยแต่ละรายผลิตได้นั้นมีคุณภาพและมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ โดยแหล่งที่ตั้งของโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิกขนาดใหญ่จะกระจายตัวอยู่ที่จังหวัดสระบุรี

(1) ประเภทอุตสาหกรรม

เซรามิกกระเบื้องสามารถแบ่งเป็น 4 ประเภท (ดังรูปที่ 2-2)

1) <u>กระเบื้องอิฐสำหรับปูพื้นผนัง</u> คือ ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุดของอุตสาหกรรมผลิตเซรามิกเพื่อการก่อสร้าง สามารถแบ่งประเภทโดยวัดจากอัตราการดูดซึมน้ำ เช่น แก้ว (อัตราการดูดซึมน้ำ <0.5 เปอร์เซ็นต์) กระเบื้องที่มีคุณสมบัติเหมือนแก้วกึ่งหนึ่ง (อัตราการดูดซึมน้ำแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 0.5-3 เปอร์เซ็นต์, 3-6 เปอร์เซ็นต์และ 6-10 เปอร์เซ็นต์)

2) <u>กระเบื้องขัดเงาและอิฐ</u> (อัตราการดูดซึมน้ำ >10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งในปัจจุบันกระเบื้องที่มีคุณสมบัติเป็นแก้วกึ่งหนึ่งซึ่งอัตราการดูดซึมน้ำ 3-10 เปอร์เซ็นต์

3) <u>เซรามิกกระจกเคลือบ</u> โดยกระจกที่ใช้ในการก่อสร้างซึ่งมีลักษณะการเลียนแบบกระจกสมัยโบราณที่มีอัตราการดูดซึมน้ำ < 12 เปอร์เซ็นต์ จะได้รับความนิยมมากที่สุด

4) <u>กระเบื้องสำหรับทำท่อ</u> ปัจจุบันถูกทดแทนด้วยวัสดุจำพวกพลาสติกและซีเมนต์ จึงกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกละเลยและเสื่อมความนิยมไปในที่สุด

รูปที่ 2-2 เซรามิกกลุ่มก่อสร้าง

(2) ภาพรวมด้านเศรษฐกิจ

1) <u>การส่งออก</u> โดยการส่งออกกระเบื้องปูพื้น บุผนัง และโมเสก จะส่งไปยังประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา จีน ออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร และประเทศในกลุ่มอาเซียน เมื่อเทียบกับไตรมาสก่อนมีการส่งออกลดลงแต่เมื่อเทียบกับระยะเดียวกันของปีก่อนการส่งออกเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามการขยายตัวของเศรษฐกิจโลก โดยทุกผลิตภัณฑ์มีการส่งออกเพิ่มขึ้น ยกเว้นกระเบื้องปูพื้นบุผนังที่การส่งออกลดลงในตลาดสหรัฐอเมริกาเป็นสำคัญ

2) <u>ความสามารถในการแข่งขัน</u> เป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มค่อนข้างสูง เนื่องมาจากการใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่มาจากภายในประเทศ และมีการใช้แรงงานฝีมือค่อนข้างมาก ซึ่งภาครัฐเล็งเห็นความสำคัญและพยายามให้การสนับสนุน เพื่อให้เกิดการเติบโตทางกลุ่มอุตสาหกรรมจึงได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์เซรามิก SMEs

โดยมีเป้าหมาย คือ คุณภาพและรูปแบบที่เป็นหนึ่งในอาเซียน ซึ่งในปี 2550 ที่ผ่านมามียุทธศาสตร์สำคัญ คือการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในภาพรวมด้านคุณภาพ รูปแบบบริการ ชื่อเสียง และตราสินค้า การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางด้านการตลาด อันได้แก่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่าง การสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ การสร้างช่องทางการตลาดให้เพิ่มมากขึ้น และการพัฒนาแนวความคิดให้ไทยเป็นศูนย์กลางแฟชั่นการตกแต่งบ้านของเอเชีย ซึ่งตั้งเป้าหมายมูลค่าการส่งออกรวมของกลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิกให้เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หรือ มูลค่ากว่า 25,000 ล้านบาท ในปี 2552 โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 10 เปอร์เซ็นต์

2.1.1.2 กลุ่มเซรามิกเครื่องสุขภัณฑ์

อุตสาหกรรมเซรามิกเครื่องสุขภัณฑ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ เพราะเป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งในอาคารและบ้านเรือนทุกประเภท ได้แก่ อ่างล้างหน้า อ่างล้างชาม ที่ปัสสาวะ ที่นั่งส้วม ถังพักน้ำรวมทั้งฝาปิด และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ที่ใส่สบู่ ที่ใส่กระดาษชำระ ที่วางของ เป็นต้น โรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่และได้มาตรฐาน ใช้เงินลงทุนและเทคโนโลยีเข้มข้น ตลอดจนมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอย่างต่อเนื่องจนสามารถผลิตเพื่อส่งออก นำเงินตราเข้าประเทศไทยได้ปีละกว่าพันล้านบาท

(1) ประเภทอุตสาหกรรม

เซรามิกสุขภัณฑ์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักตามชนิดของเนื้อดิน ดังนี้

1) <u>เซรามิกแบบพอร์ซเลน</u> ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ อ่างล้างหน้า โถชักโครก โถปัสสาวะ โถคอห่าน เครื่องกรองน้ำ ถังซักล้าง ถังน้ำ และอุปกรณ์ชิ้นเล็กๆ เช่น จานสบู่ ราวแขวนกระดาษและผ้า เป็นต้น

2) <u>เซรามิกแบบดินเผา</u> ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ อ่างล้างหน้า โถปัสสาวะแบบไม่กักน้ำ เครื่องกรองน้ำ ถังซักล้าง ถังน้ำ อ่างอาบน้ำ ห้องอาบน้ำฝักบัว และอุปกรณ์ชิ้นเล็กๆ (ดังรูปที่ 2-3)

รูปที่ 2-3 เซรามิกประเภทสุขภัณฑ์

(2) ภาพรวมด้านเศรษฐกิจ

1) <u>การส่งออก</u> ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกเครื่องสุขภัณฑ์รายใหญ่ของเอเชียแต่ปัจจุบันกำลังประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น โดยเฉพาะต้นทุนด้านพลังงานจากราคาน้ำมันที่ปรับตัวสูงขึ้น ทำให้ไทยเสียเปรียบคู่แข่งอย่างมาเลเซียที่มีแหล่งพลังงานเป็นของตนเองและยังเสียภาษีนำเข้าวัตถุดิบในอัตราที่ต่ำกว่าของไทย

นอกจากนี้การส่งออกเครื่องสุขภัณฑ์ของไทย ยังประสบกับปัญหาวัตถุดิบในประเทศมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผู้ผลิตมีภาระต้นทุนในการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบก่อนนำไปใช้ผลิต ยิ่งไปกว่านั้นการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เพื่อการส่งออกของไทยในปัจจุบันยังเป็นการรับจ้างผลิตตามแบบของต่างประเทศ ไม่มีการพัฒนาการออกแบบสินค้าใหม่ ๆ มากนัก ทำให้มูลค่าเพิ่มที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับต่ำ

ดังนั้น ผู้ผลิตและผู้ส่งออกไทยจึงต้องหันมาให้ความสำคัญกับการวิจัยและพัฒนาเพื่อยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ ที่สำคัญต้องเร่งพัฒนาบุคลากรให้มีความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ให้ทันสมัยและสอดคล้องกับความต้องการของตลาดเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเครื่องสุขภัณฑ์ของไทยให้มากที่สุด

2) <u>ความสามารถในการแข่งขัน</u> เป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันในประเทศค่อนข้างรุนแรงจากการขยายกำลังการผลิต การนำเข้าจากต่างประเทศเพื่อให้สินค้ามีความหลากหลายสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการแข่งขันด้านราคา

ผู้ประกอบการหลายรายมีการทำการตลาดเชิงรุกและเน้นตลาดระดับกลางถึงระดับบนมากขึ้นเพื่อที่จะยกระดับและสร้างมูลค่าให้กับสินค้าของตน พร้อมทั้งพัฒนาสินค้าใหม่โดยให้การลอกเลียนแบบทำได้ยากขึ้น การผลิตสุขภัณฑ์เพื่อส่งออกส่วนใหญ่จะเป็นการรับจ้างผลิตตามแม่แบบการส่งออกจึงเป็นการเพิ่มปริมาณมากกว่าราคา ตลาดส่งออกใหญ่ของอุตสาหกรรมนี้จะเป็นประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ออสเตรเลีย แคนาดา เยอรมนี ฮ่องกง ไต้หวัน เป็นต้น โดยการส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิก ไตรมาสที่ 1 ปี 2554 เมื่อเทียบกับไตรมาสก่อน เครื่องสุขภัณฑ์ มีการส่งออกลดลง แต่เมื่อเทียบกับระยะเดียวกันของปีก่อนการส่งออกเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามการขยายตัวของเศรษฐกิจโลก

2.1.1.3 กลุ่มเซรามิกเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร

เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานเข้มข้นใช้เงินลงทุนไม่มากและเทคนิคการผลิตไม่ซับซ้อน ส่วนใหญ่เป็นผู้ผลิตขนาดกลางและย่อม ซึ่งสินค้าที่ผลิตได้เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเอิร์ทเทนแวร์และสโตนแวร์ ที่มีคุณสมบัติจัดอยู่ในระดับปานกลางขณะที่ผู้ผลิตรายใหญ่ที่มีเงินลงทุนในการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตมีจำนวนน้อยราย สำหรับสถานที่ตั้งของโรงงานผลิตส่วนใหญ่จะกระจานตัวอยู่ทางภาคเหนือและรอบกรุงเทพมหานคร เนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบและการคมนาคมขนส่งสะดวก ซึ่งการผลิตจะเน้นเพื่อการส่งออกเป็นหลัก

(1) ประเภทอุตสาหกรรม [4] [5]

เซรามิกเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) <u>เอิร์ทเทนแวร์</u> เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีประวัติการผลิตกันมายาวนาน เรียกกันทั่วไปว่า เครื่องปั้นดินเผา ทำจากวัตถุดิบคือดินเหนียวที่หาได้ในท้องถิ่น ส่วนใหญ่จะมีปริมาณธาตุเหล็กสูง นำมาขึ้นรูปโดยการปั้น แล้วเผาที่อุณหภูมิต่ำเพียง 900-1,100 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีน้ำตาลแดง เนื้อหยาบ รูพรุนมาก ไม่สามารถป้องกันการดูดซึมของน้ำได้ มีความแข็งแรงต่ำเนื่องจากยังเผาไม่ถึงจุดสุกตัว จึงแตกหักง่าย ทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีราคาถูก

2) <u>สโตนแวร์</u> เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ทำจากเนื้อดินขาวผสมกับหินฟันม้าและทราย ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีสีขาว ออกเทา นำมาขึ้นรูปโดยการปั้นหรือหล่อจากน้ำสลิปแล้วเผาที่อุณหภูมิสูงกว่าเนื้อเอิร์ทเทนแวร์ โดยเผาที่ประมาณ 1,100-1,300 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เนื้อหยาบ ผิวขรุขระ มีรูพรุนน้อย ดูดซึมน้ำได้ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงกว่าผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทนแวร์ จากการที่ต้องเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ มีราคาแพงขึ้น

3) <u>พอร์ชเลน</u> เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ใช้คือ ดินขาว ดินเหนียว หรือบอลเคลย์ หิน ไชน่าสโตน แร่ฟันม้าและแร่ควอรตซ์ ผลิตภัณฑ์พอร์ชเลนใช้ในงาน ได้หลากหลายทั้งในชีวิตประจำวันและงานอื่นๆ โดยเผาที่ประมาณ 1,260-1,400 องศาเซลเซียส เป็นเซรามิกที่มีเนื้อสีขาว เคลือบผิวเป็นมัน โปร่งแสงมีความแข็งแกร่งเหมือนแก้วไม่ดูดซึมน้ำทนต่อการกัดกร่อนได้ดี เคาะมีเสียงดังกังวาน นับเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ดีที่สุด (ดังรูปที่ 2-4)

รูปที่ 2-4 เซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร

(2) ภาพรวมด้านเศรษฐกิจ

1) <u>การส่งออก</u> โดยการส่งออกเซรามิกเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารของไทย ต้องเผชิญกับภาวะการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงขึ้นจากคู่แข่งอย่างประเทศจีนและอินโดนีเซีย ที่สามารถขายสินค้าได้ในราคาถูกกว่าเพราะมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าไทย เฉพาะอย่างยิ่งด้านค่าจ้างแรงงาน ขณะที่ผู้ประกอบการไทยต้องเผชิญกับปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันของไทยลดลง โดยในปี 2554 คาดว่าจะมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากสภาวะเศรษฐกิจโลกฟื้นตัวประกอบกับลูกค้าหันมาสั่งสินค้าเพิ่มมากขึ้น และผู้ประกอบการไทยมีความได้เปรียบด้านรูปแบบสินค้าที่โดดเด่น มีดีไซน์และส่งมอบสินค้าตรงตามเวลา และการใช้

[4] http://www.material.chula.ac.th/RADIO45/July/radio7-3.htm

[5] http://www.prongdong.com/index.php?lay=show&ac=article&Ntype=31

ประโยชน์จากการเปิดเสรีทางการค้า (FTA) ที่ไทยมีกับต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย อินเดีย ASEAN เป็นต้น

2) <u>ความสามารถในการแข่งขัน</u> จากภาวการณ์แข่งขันของตลาดเครื่องใช้บนโต๊ะเซรามิกที่ยังคงมีความรุนแรงอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ผู้ประกอบการไทยจำเป็นต้องใช้กลยุทธ์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. การรองรับการแข่งขันภายใต้ระดับราคาที่แข่งขันได้ สำหรับกลยุทธ์ที่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เลือกใช้ยังคงเป็นกลยุทธ์ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นการแข่งขันกันในด้านการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง
2. การสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลา
3. การหลีกเลี่ยงการแข่งขันในตลาดระดับกลาง-ล่าง และยกระดับคุณภาพสินค้าให้ทัดเทียมกับสินค้าในตลาดระดับบน ตลอดจนการให้ความสำคัญกับการบรรจุหีบห่อ
4. การสร้างมูลค่าเพิ่มในตัวผลิตภัณฑ์ขึ้นไปอีก รวมถึงการสร้างเครื่องหมายการค้าที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเองแทนการรับจ้างผลิตอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

นอกจากนี้ กลยุทธ์ที่ผู้ประกอบการเลือกใช้ยังมีอีกหลายวิธี อาทิ การขยายช่องทางการจำหน่าย การทำตลาดเชิงรุก และการส่งเสริมการตลาด เป็นต้น โดยเป้าหมายสำคัญของการนำกลยุทธ์เหล่านี้มาใช้ก็เพื่อเพิ่มและรักษาส่วนแบ่งการตลาดไว้

2.1.1.4 กลุ่มเซรามิกของชำร่วยและเครื่องประดับ

เป็นอุตสาหกรรมเซรามิกที่เน้นการใช้แรงงานและความสามารถในการออกแบบให้มีลักษณะเฉพาะ ผู้ผลิตมีการแข่งขันทางด้านรูปแบบ ลวดลาย สีสัน คุณภาพ และราคาของสินค้า ส่วนใหญ่เป็นผู้ผลิตขนาดกลางและขนาดย่อยมีโรงงานกระจายตัวอยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบทางภาคเหนือ อาทิ จังหวัดลำปางและเชียงใหม่ รวมทั้งกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียงซึ่งการผลิตจะเน้นเพื่อการส่งออกเป็นหลัก

(1) ประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม

เซรามิกของชำร่วยและเครื่องประดับสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทของชำร่วย เช่น เชิงเทียบ ตลับใส่ของ รูปปั้นรูปต่าง ๆ นาฬิกา โคมไฟ กรอบรูป เป็นต้น และประเภทเครื่องประดับ ได้แก่ สร้อย ต่างหู แหวน ของตกแต่งเล็ก ๆ เป็นต้น (ดังรูปที่ 2-5)

รูปที่ 2-5 เซรามิกประเภทของชำร่วยและเครื่องประดับ

(2) ภาพรวมด้านเศรษฐกิจ

1) <u>การส่งออก</u> ในปี 2553 มีตลาดการส่งออกหลัก คือ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และเยอรมนี ที่ครองสัดส่วนกว่า 57.17 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าของชำร่วยและเครื่องประดับตกแต่งเซรามิก

ประเทศจีนและเวียดนามมีการพัฒนาศักยภาพการแข่งขันอย่างต่อเนื่องและมีบทบาทมากขึ้นในตลาดโลก ซึ่งศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกเห็นว่า ผู้ประกอบการและภาครัฐควรเร่งดำเนินการอย่างเร่งด่วนก่อนที่ประเทศคู่แข่งจะเข้ามาครอบครองตลาดสินค้าของชำร่วยและเครื่องประดับตกแต่งเซรามิกมากยิ่งขึ้น ด้วยการเร่งขยายตลาดให้กว้างโดยเฉพาะในตลาดระดับกลางถึงบน การหาพันธมิตรร่วมทุนชาวต่างชาติ การพัฒนารูปแบบให้ตรงกับความต้องการของตลาดกลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่ การสร้างมูลค่าเพิ่มและความแตกต่างให้แก่สินค้า รวมถึงการเข้าร่วมงานแสดงสินค้าในต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นเพื่อศึกษาสภาพตลาดและความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้ซื้อในแต่ละประเทศ

นอกจากนี้ผู้ประกอบการสินค้าของชำร่วยและเครื่องประดับตกแต่งเซรามิกไม่ควรปล่อยให้กระแสความนิยมในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์หายไป แต่ควรเร่งผลักดันสร้างชื่อสินค้าของชำร่วยและเซรามิกไทยให้เติบโตยิ่งขึ้น

2) <u>ความสามารถในการแข่งขัน</u> เป็นอุตสาหกรรมของผู้ผลิตในตลาดระดับกลางถึงล่าง เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศเป็นหลักและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนการประกอบกิจการไม่สูงมาก นอกจากนี้ยังเป็นตลาดที่มีผู้บริโภคไม่ยึดติดกับยี่ห้อทำให้ผู้ผลิตอาจจะต้องมีการดำเนินกลยุทธ์ลดราคาสินค้าตลาดระดับบนนั้นพบว่ามีอุปสรรคสำคัญคือรูปแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่าผู้บริโภคมีความยึดติดกับยี่ห้อมากกว่าสินค้าในตลาดระดับกลางและล่าง อีกทั้งการลงทุนต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูงเพื่อผลิตสินค้าให้ได้คุณภาพและแตกต่างโดดเด่นทำให้การเข้าสู่อุตสาหกรรมของผู้ผลิตในตลาดระดับบนอาจจะยากกว่าตลาดในระดับกลางและล่าง

ส่วนการแข่งขันในต่างประเทศนั้นมีการแข่งขันที่รุนแรงทั้งจากสินค้าที่ผลิตได้ภายในประเทศนั้น ๆ เอง และสินค้านำเข้าจากคู่แข่งโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากจีนซึ่งมีความได้เปรียบในเรื่องต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าไทย ทำให้จีนสามารถเสนอขายสินค้าได้ในราคาที่ถูกกว่า

ประกอบกับการพัฒนาการผลิตอย่างต่อเนื่องของจีน จนทำให้สินค้าที่ผลิตได้มีคุณภาพได้มาตรฐานทัดเทียมกับสินค้าของไทยมากขึ้น จึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภคในตลาดโลกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เวียดนามในช่วง 3-4 ปีที่ผ่านมา ก็เพิ่มบทบาทมากขึ้นโดยสามารถครองส่วนแบ่งตลาดเหนือไทยมาอย่างต่อเนื่อง

2.1.1.5 กลุ่มเซรามิกลูกถ้วยไฟฟ้า

เป็นอุตสาหกรรมเซรามิกที่ใช้เทคโนโลยีเข้มข้นในการผลิตจึงต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูง และเป็นการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า ทั้งนี้การผลิตร้อยละ 90 จะสนองความต้องการใช้ภายในประเทศในด้านกิจการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าและพลังงานเป็นหลัก เนื่องจากลูกถ้วยไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่เป็นฉนวนช่วยป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเสาไฟฟ้าสู่พื้นดินและจับยึดสายไฟฟ้า ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์และอุปทานต่อพลังงานไฟฟ้าย่อมส่งผลกระทบต่อเนื่องมายังอุตสาหกรรมลูกถ้วยไฟฟ้าด้วยเช่นกัน โดยโรงงานผลิตส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร นครปฐม และระยอง

(1) ประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม

เซรามิกลูกถ้วยไฟฟ้าสามารถแบ่งเป็น 7 ประเภท ได้แก่ ลูกถ้วยก้านตรง ลูกถ้วยแขวน ลูกถ้วยฟอกไทพ์ ลูกถ้วยโพสท์ไทพ์ ลูกถ้วยสำหรับสายยึดโยง ลูกถ้วยลูกกรอก และตัวแยกสายไฟฟ้า (ดังรูปที่ 2-6)

รูปที่ 2-6 เซรามิกประเภทลูกถ้วยไฟ

(2) ภาพรวมด้านเศรษฐกิจ

1) <u>การส่งออก</u> ในปี 2552 มีการชะลอตัวลงเนื่องจากได้รับผลมาจากวิกฤตการณ์ทางการเงินของสหรัฐฯ ทำให้มีการเน้นการส่งออกไปที่จีนเป็นหลัก โดยลูกถ้วยไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีสัดส่วนมูลค่าการส่งออกน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 5 เพราะส่วนใหญ่จะผลิตเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้าและพลังงานภายในประเทศเป็นหลัก

2) <u>ความสามารถในการแข่งขัน</u> เป็นอุตสาหกรรมที่ยังคงเติบโตต่อเนื่อง เนื่องจากมีการสนับสนุนจากนโยบายรัฐบาลในลักษณะ Mega Project ของภาครัฐ ทำให้มีส่วนแบ่งการตลาดมากที่สุดร้อยละ 55 โดยมีประเทศคู่แข่ง ได้แก่ มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และฝรั่งเศส

2.1.2 อุตสาหกรรมเซรามิกแบบใหม่

ในประเทศไทยสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกเพิ่งจะเริ่มมีการผลิต เนื่องจากต้องมีการลงทุนเกี่ยวกับเทคโนโลยีและวัตถุดิบที่สูงกว่าอุตสาหกรรมเซรามิกแบบดั้งเดิมทำให้มีผู้ผลิตทางด้านนี้ไม่มากเท่าที่ควร ดังนั้นจึงยังไม่มีการพัฒนาไปสู่การผลิตที่ใช้เทคโนโลยีในขั้นที่สูงขึ้นได้ เนื่องจากเซรามิกประเภทนี้ต้องใช้วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการมาแล้วเพื่อให้มีความบริสุทธิ์สูง ได้รับการควบคุมองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างจุลภาคอย่างแม่นยำ แบ่งประเภทอุตสาหกรรม ดังนี้

2.1.2.1 เซรามิกสำหรับงานโครงสร้าง

2.1.2.2 อิเล็กโทรเซรามิก

2.1.2.3 เซรามิกสำหรับงานทางด้านการแพทย์

2.1.2.1 เซรามิกสำหรับงานโครงสร้าง

เป็นกลุ่มที่ใช้ในงานที่ต้องการสมบัติทางกลที่ดีที่อุณหภูมิสูง ทนต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนได้ดี ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้ดี เป็นฉนวนความร้อน ตัวอย่างเซรามิกสำหรับงานโครงสร้าง เช่น ซิลิคอนคาร์ไบด์ สำหรับใช้ทำวัสดุสำหรับตัดแต่ง หัวพ่นไฟ ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เช่น ปลอกนำวาล์ว และซีลที่ทนแรงดันสูง ซิลิคอนไนไตรด์ สำหรับใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์กลไก เช่น ลูกปืน วาล์ว สลักลูกสูบ เบรคสำหรับรถยนต์ที่เป็น Exotic Car และใบพัดของเทอร์โบชาร์จเจอร์ และอะลูมินัมไนไตรด์ สำหรับใช้ทำแผ่นรองวงจรสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กรรไกรและมีดเซรามิกที่ทำด้วยเซอร์โคเนีย ซึ่งเป็นมีดเซรามิกที่มีความคมมาก และไม่ต้องลับ เนื่องจากเซอร์โคเนียมีความแข็งสูงและไม่สึกกร่อนง่ายจึงไม่ทำให้มีดทื่อ เป็นต้น (ดังรูปที่ 2-7)

รูปที่ 2-7 เซรามิกสำหรับงานโครงสร้าง

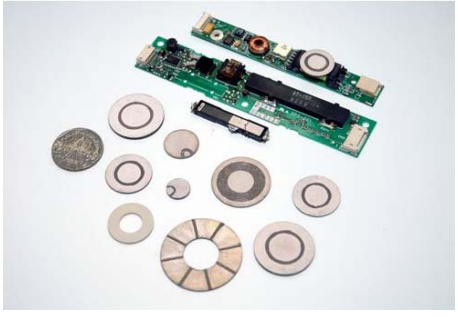
นอกจากนี้ ตัวอย่างเซรามิกสำหรับงานโครงสร้างอื่น ๆ เช่น ผิวของยานปูพื้นกระสวยอวกาศ ที่ทำด้วยแผ่นกระเบื้องเซรามิกขนาดเล็ก ๆ ซึ่งทนความร้อนสูงจำนวนมาก ตัวอย่างวัสดุที่ใช้ทำแผ่นเซรามิกดังกล่าว เช่น เส้นใยซิลิกาอะมอร์ฟัสความบริสุทธิ์สูงมาก และแผ่นกระเบื้องเล็ก ๆ ที่ทำด้วยเซอร์โคเนียทำให้ทนอุณหภูมิสูงได้

อีกตัวอย่างหนึ่งคือ ที่ท่อไอเสียรถยนต์จะมีเซรามิก ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า “แคตาไลติกคอนเวอร์เตอร์” ช่วยทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่เป็นพิษต่อมนุษย์ให้เป็นสารที่ไม่เป็นพิษ เช่น เปลี่ยนคาร์บอนมอนออกไซด์ให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น (ดังรูปที่ 2-8) วัสดุที่ใช้ทำแคตาไลติกคอนเวอร์เตอร์จะต้องมีคุณสมบัติที่สามารถทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันได้เป็นอย่างดี หมายถึงจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก ซึ่งวัสดุที่นิยมนำมาใช้ก็คือคอร์เดียไรท์นั่นเอง โดยแคตาไลติกคอนเวอร์เตอร์นั้นจะใช้คอร์เดียไรท์มาขึ้นรูปโดยการ Extrude เป็นรังผึ้ง เพื่อให้มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดี

รูปที่ 2-8 เซรามิกสำหรับงานโครงสร้างอื่น ๆ

2.1.2.2 อิเล็กโทรเซรามิก

เป็นกลุ่มที่ใช้สมบัติทางไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ แม่เหล็ก แสง เป็นหลัก เป็นกลุ่มเซรามิกที่มีมากมายหลายชนิด และครอบคลุมสมบัติด้านต่าง ๆ หลายอย่างได้แก่ ไฟฟ้า แม่เหล็ก แสง และความร้อน เป็นต้น เช่น ไดอิเล็กทริกเซรามิก อาทิ แบเรียมไททาเนต ($BaTiO_3$) สำหรับใช้ทำตัวเก็บประจุไฟฟ้า เพียโซอิเลคทริคเซรามิค ซึ่งเป็นเซรามิกที่สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานกลและพลังงานไฟฟ้ากลับไปมาได้ วัสดุนี้เมื่อให้แรงกลเข้าไปจะสามารถเปลี่ยนแรงกลเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ หรือในทางกลับกันสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลได้ เช่น เลดเซอร์โคเนตไททาเนต ($Pb(Zr,Ti)O_3$) สำหรับใช้ทำทรานดิวเซอร์ ชุดโหลดเซลส์สำหรับเครื่องชั่งขนาดใหญ่ ตัวจุดเตาแก๊ส หรือการ์ดวันเกิด ที่เมื่อเปิดแล้วมีเสียงเพลงดังขึ้นก็อาศัยหลักการของเพียโซอิเลคทริค นอกจากนี้อิเล็กโทรเซรามิกยังมีเซรามิกแม่เหล็ก เช่น เฟอร์ไรต์ ซึ่งใช้เป็นวัสดุบันทึกข้อมูล (ดังรูปที่ 2-9)



รูปที่ 2-9 เซรามิกสำหรับอิเล็กโทรเซรามิก

2.1.2.3 เซรามิกสำหรับงานทางด้านการแพทย์

เซรามิกถูกนำมาใช้ในวงการแพทย์เพิ่มขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติเด่น คือ มีความแข็งแรงสูง ทนทานต่อการสึกหรอได้ดี และมีความเฉื่อยทางชีวภาพ ได้แก่ พวกกระดูกเทียม ฟันปลอม ข้อต่อเทียม เช่น วัสดุที่เรียกว่า “ไฮดรอกซีอาพาไทต์” (ดังรูปที่ 2-10) ซึ่งทำมาจากกระดูกวัว กระดูกควายที่ผ่านการเผาแบบ Calcine เพื่อไล่สารอินทรีย์ภายในและนำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นกระดูก และนำไปเผาแบบ Sinter อีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากไฮดรอกซีอาพาไทต์เป็นเซรามิกประเภทหนึ่งที่สามารถสร้างพันธะเคมีกับเนื้อเยื่อในร่างกายได้ ทำให้เกิดการยึดแน่นระหว่างวัสดุและเนื้อเยื่อได้ดี การรักษาจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว

รูปที่ 2-10 เซรามิกสำหรับทางด้านการแพทย์

(1) ภาพรวมด้านเศรษฐกิจ[6]

1) <u>การส่งออก</u> อุตสาหกรรมเซรามิกของไทยจัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีการลงทุนของผู้ประกอบการส่วนใหญ่จากแหล่งเงินทุนภายในประเทศ และการร่วมทุนจากบริษัทข้ามชาติ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลายของผู้ประกอบการในกลุ่มผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และความหลากหลายของเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต ซึ่งมีส่วนช่วยในการสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการนำวัตถุดิบในประเทศมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เกิดการจ้างงาน และการกระจายรายได้ในระดับต่าง ๆ ทั้งระดับครัวเรือน ชุมชนขนาดเล็ก ที่มีคนงานไม่ถึง 10 คน ใช้เทคโนโลยีชาวบ้านจนถึงผู้ประกอบการขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ที่ใช้เทคโนโลยีเข้มข้นทำการผลิตเพื่อส่งออกเป็นหลัก

2) <u>ความสามารถในการแข่งขัน</u> เป็นอุตสาหกรรมเซรามิกพื้นฐานทางเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ มีมูลค่าการผลิตปีละหลายหมื่นล้านบาท มูลค่าการส่งออกหลายพันล้านบาท ดังนั้นอุตสาหกรรมเซรามิกจึงจัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญที่ภาครัฐให้การสนับสนุนและส่งเสริม เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่เชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้างอุตสาหกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรมการแพทย์ และอุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นต้น นอกจากนี้ อุตสาหกรรมเซรามิกยังเป็นอุตสาหกรรมที่มีประวัติศาสตร์ และฐานการผลิตในประเทศมานาน ใช้วัตถุดิบภายในประเทศเป็น

[6] กระทรวงอุตสาหกรรม “รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมรายไตรมาส ไตรมาส 2 ปี 2554 (เมษายน-มิถุนายน)” (2553)

ส่วนใหญ่ การผลิตจะใช้พลังงาน และแรงงานเป็นจำนวนมาก แต่เดิมเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม ผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการในประเทศ และทดแทนการนำเข้า ต่อมาได้พัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องจนเป็นหนึ่งในผู้ผลิตที่สำคัญในภูมิภาคเอเชีย

2.2 กระบวนการผลิต[7]

อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่มีความหลากหลายของผู้ประกอบการในกลุ่มผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และความหลากหลายของเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต ซึ่งสามารถสรุปกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกในภาพรวมของทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้ (รูปที่ 2-11)

ขั้นตอนที่ 1: กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

ขั้นตอนที่ 2: กระบวนการขึ้นรูปและตกแต่งชิ้นงาน

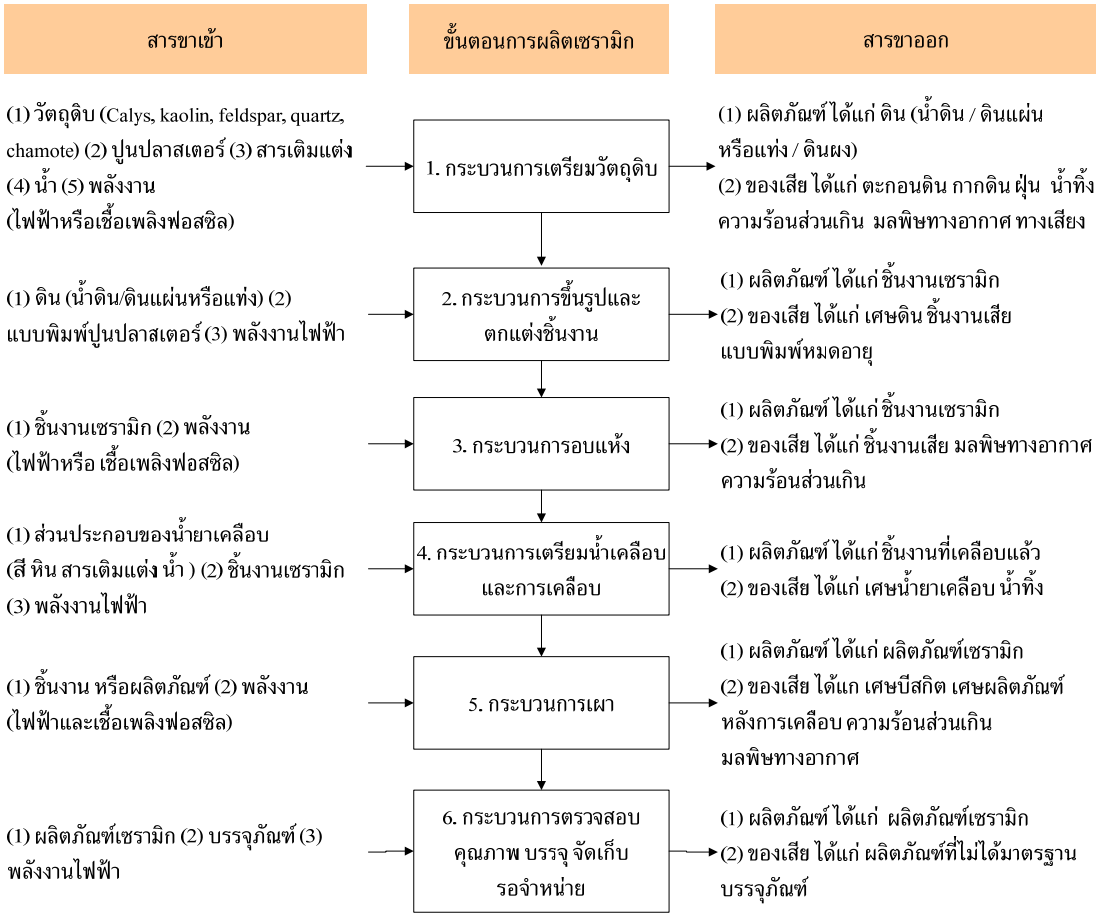
ขั้นตอนที่ 3: กระบวนการอบแห้ง

ขั้นตอนที่ 4: กระบวนการการเคลือบ

ขั้นตอนที่ 5: กระบวนการเผา

ขั้นตอนที่ 6: การตรวจสอบคุณภาพการบรรจุ การจัดเก็บและการรอจำหน่าย

[7] ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. “บทความวิชาการ เรื่อง ความเป็นมาของเซรามิกและการผลิตเบื้องต้น” (2553)

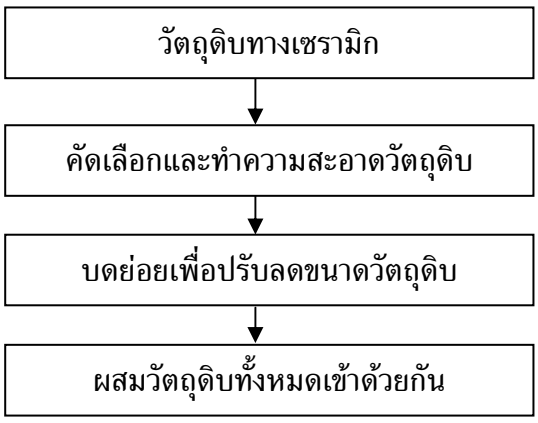


รูปที่ 2-11 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกในภาพรวม

ขั้นตอนที่ 1: กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

(1) การเตรียมเนื้อดิน/น้ำดิน

การเตรียมเนื้อดินเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตเซรามิก ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียม ดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 กระบวนการเตรียมเนื้อดิน

(1.1) วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นำมาใช้งานในการผลิตเซรามิกทุกชนิด มีแหล่งกำเนิดมาจากหินแม่หรือ Mother Rock ชนิดหินอัคนี หินแปร หินไรโอไลต์ เป็นต้น จากนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงผุพังสลายตัวเป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางเคมี ทางฟิสิกส์ ทางแร่ และสมบัติอื่น ๆ ที่แตกต่างกัน หลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลง ผุพังสลายตัวแล้ว วัตถุดิบบางชนิดอาจเกิดการเคลื่อนย้าย หรือเคลื่อนตัวไปรวมกันยังอีกแห่งหนึ่ง ไกลจากแหล่งกำเนิดเดิม หรือ อาจตกทับถมรวมกันอยู่ที่เดิมก็ได้ ตัวอย่างเช่น แร่ดินเมื่อเกิดขึ้นและยังคงสะสมตัวอยู่แหล่งเดิม จะเรียกว่า “ดินปฐมภูมิ” เช่น ดินขาว หินพอทเทอรี่ เป็นต้น แต่ถ้าดินที่เกิดการสลายตัวและมีการเคลื่อนย้ายไปตกทับถมห่างออกไป อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของลม หรือ น้ำจะเรียกดินนั้นว่า “ดินทุติยภูมิ” เช่น ดินดำ ดินเหนียว เป็นต้น ดินกลุ่มหลังนี้มักมีสีเข้มเพราะในระหว่างการเคลื่อนย้ายได้มีการนำเอาสิ่งเจือปนประเภทอินทรียวัตถุต่าง ๆ ผสมรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นจากวัตถุดิบทางธรรมชาติ ณ แหล่งกำเนิดต่าง ๆ จึงสามารถอธิบายหรือแบ่งกลุ่มวัตถุดิบให้เป็นที่เข้าใจอย่างเบื้องต้น ดังนี้

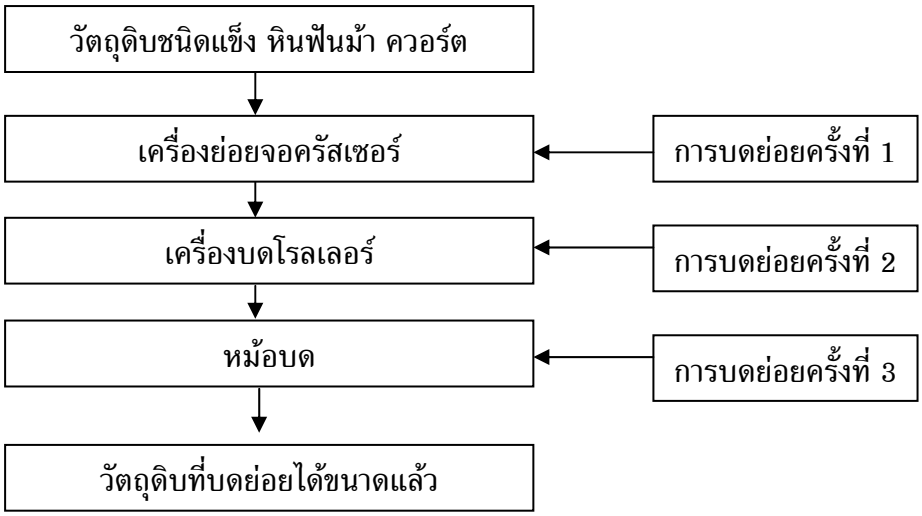
(1.2) การคัดเลือกและการทำให้วัตถุดิบมีความสะอาดขึ้น

เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเซรามิกแต่ละชนิดจะมีลักษณะที่ได้มาแตกต่างกัน เพราะความแตกต่างของแหล่งที่มา วัตถุดิบบางชนิดได้มาโดยตรงจากแหล่งกำเนิด เช่น ดินเหนียว ดินดำ ในขณะที่วัตถุดิบบางอย่างอาจผ่านกระบวนการผลิตเบื้องต้นมาบ้างแล้ว เช่น ดินขาวล้าง ซึ่งต้องผ่านกระบวนการล้างเพื่อคัดเอาทรายหยาบออก และหินฟันม้า หินควอร์ต อาจมีการบดย่อยเพื่อลดขนาด ดังนั้นก่อนนำวัตถุดิบมาใช้งานจึงต้องมีการตรวจสอบเบื้องต้นก่อน

(1.3) การบดย่อยเพื่อลดขนาดวัตถุดิบ

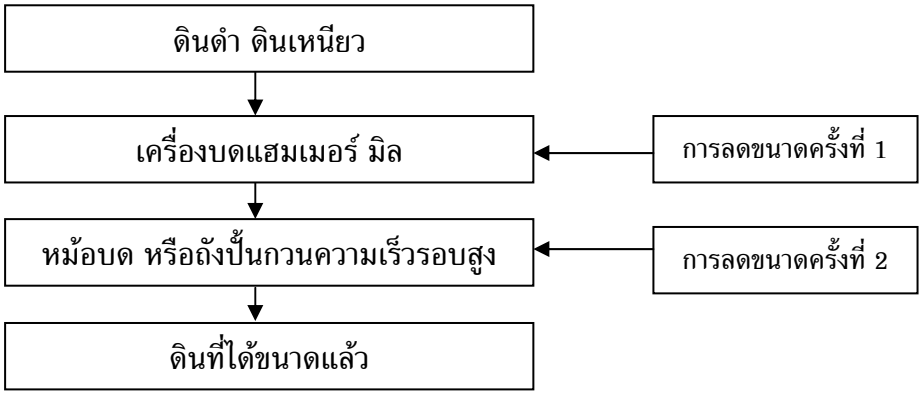
เนื่องจากคุณลักษณะของวัตถุดิบตั้งต้นที่ได้มาแตกต่างกัน บางชนิดเป็นผง บางชนิดเป็นก้อน บางชนิดเป็นหินแข็ง ดังนั้นเพื่อให้ส่วนผสมของเนื้อดินผสม รวมเป็นเนื้อเดียวกัน วัตถุดิบแต่ละชนิดจึงต้องผ่านการบดย่อยที่ดีมีความละเอียดตามที่ต้องการ โดยอาศัยเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เหมาะสม วัตถุดิบที่จะผ่านกระบวนการนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้

วัตถุดิบพวกที่มีความแข็งและบดย่อยยาก เช่น หินฟันม้า หินควอร์ต หินพอทเทอร์รี่ โดยมีขั้นตอนการบดย่อยวัตถุดิบแต่ละชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2-13

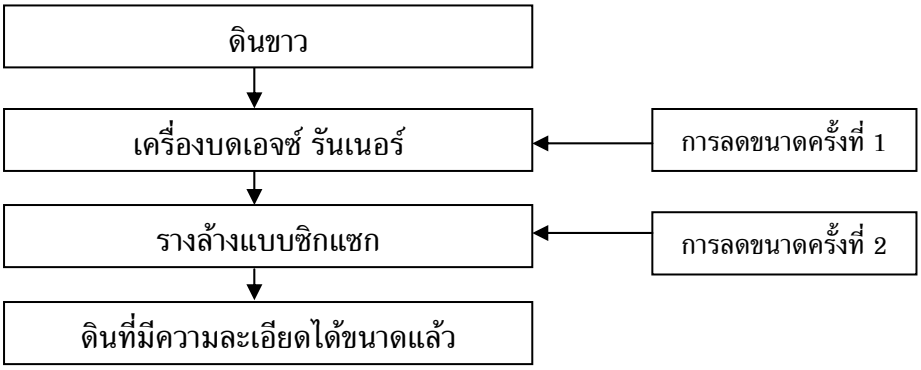


รูปที่ 2-13 กระบวนการบด/ย่อยสำหรับวัตถุดิบพวกที่มีความแข็งและบดย่อยยาก

(2) วัตถุดิบที่บดย่อยง่าย เช่น ดินขาว ดินดำ ดินเหนียว โดยมีขั้นตอนการบดย่อยวัตถุดิบแต่ละชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2-14 รูปที่ 2-15 และรูปที่ 2-16



รูปที่ 2-14 กระบวนการบด/ย่อยสำหรับวัตถุดิบที่บดย่อยได้ง่าย



รูปที่ 2-15 กระบวนการบด/ ย่อยวัตถุดิบที่บดย่อยได้ง่าย

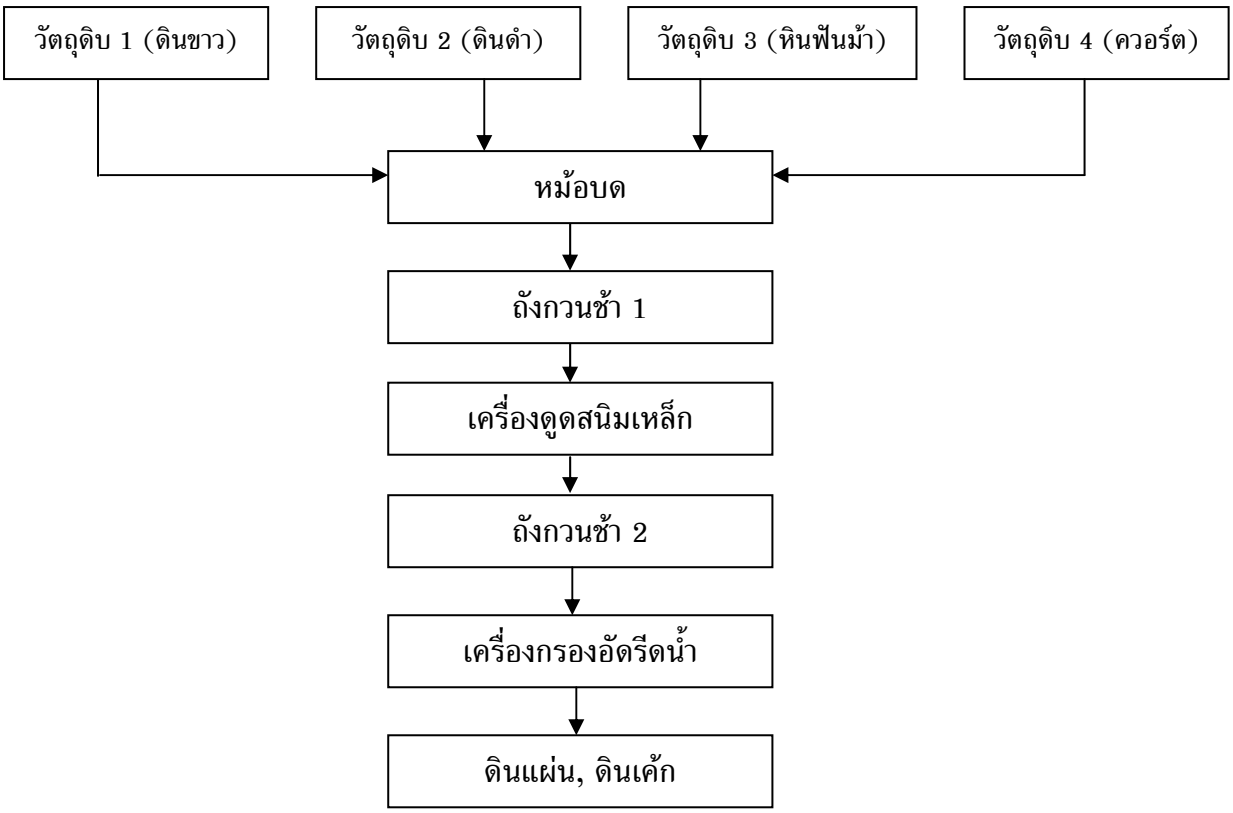
รูปที่ 2-16 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการบด/ย่อย เพื่อลดขนาดวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

(1.4) การผสมวัตถุดิบ

การเตรียมเนื้อดินปั้น/น้ำดิน โดยการผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดที่มีความละเอียดเหมาะสมและในสัดส่วนที่แน่นอนเข้าด้วยกัน มีจุดประสงค์เพื่อทำให้ได้เนื้อดินสำเร็จที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งการเตรียมเนื้อดินที่ต้องใช้วัตถุดิบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยทั่วไปจะมีกระบวนการผสมวัตถุดิบอยู่ 2 วิธี ด้วยกันคือ

1) การผสมวัตถุดิบทุกชนิดในหม้อบดใบเดียวกัน

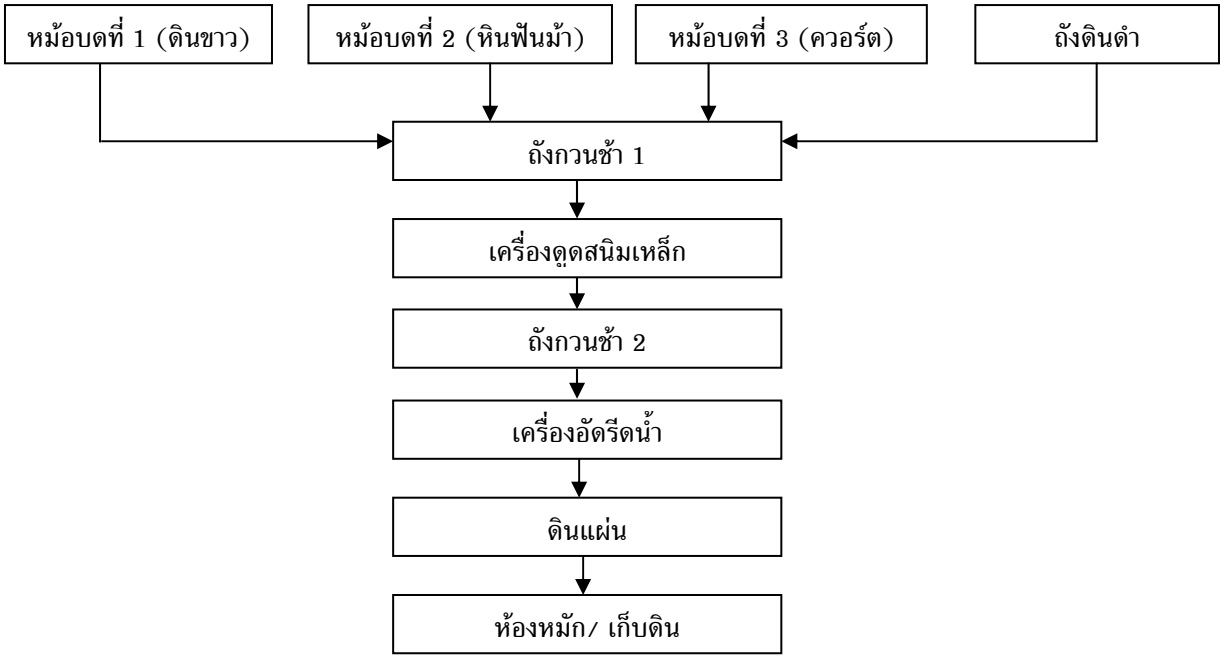
การผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดในหม้อบดใบเดียวกัน มีเทคนิคอยู่ที่ลำดับก่อนหลังของการเติมวัตถุดิบลงในหม้อบดโดยที่วัตถุดิบที่มีความแข็งมาก เช่น หินฟันม้า ควอร์ต ต้องใส่ลงในหม้อบดและบดก่อน เพื่อบดย่อยวัตถุดิบดังกล่าวให้มีความละเอียดในระดับหนึ่งก่อน จากนั้นจึงค่อยเติมดินขาวหรือวัตถุดิบที่บดง่ายตามลงไป สุดท้ายจึงเติมดินเหนียวหรือดินดำ เพราะดินตัวนี้มีความละเอียดสูงอยู่แล้ว จึงต้องการระยะเวลาการบดผสมไม่มากนัก ส่วนผสมที่ได้นี้เรียกว่า “น้ำดินเหลว” วัตถุดิบทั้งหมดเมื่อผสมเข้ากันดี มีความละเอียดตามกำหนด จะถูกถ่ายเทลงในถังกวนช้าอีกทอดหนึ่ง เพื่อกวนผสมให้วัตถุดิบทุกชนิดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงสูบน้ำดินจากถังกวนช้าผ่านเครื่องดูดสนิมเหล็ก เอาสนิมเหล็กที่มีผลต่อความขาวของเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกออกจากเนื้อดินให้มากที่สุด น้ำดินจะถูกเก็บรวมกันอีกครั้งในถังกวนช้าอีกถังหนึ่งเพื่อสูบน้ำดินส่งไปยังเครื่องอัดรีดน้ำออกจากน้ำดิน ดินที่ได้จะอยู่ในรูปดินแผ่นหรือดินเค้กชื้น สุดท้ายจึงนำดินแผ่นไปเก็บยังห้องหมักเก็บดินเพื่อรอเข้าสู่กระบวนการอื่นต่อไป (ดังรูปที่ 2-17)



รูปที่ 2-17 ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในหม้อบดใบเดียวกัน

2) การแยกบดวัตถุดิบแต่ละชนิดแล้วผสมรวมกัน

การผสมวัตถุดิบเพื่อทำเป็นเนื้อดินตามขั้นตอนนี้ ต่างจากการบดผสมวัตถุดิบแบบบดผสมรวมในหม้อบดเดียวกัน คือ ทำการแยกบดวัตถุดิบแต่ละชนิดแล้วจึงค่อยผสมรวมกันทีหลังในถังกวนช้า เทคนิควิธีการนี้วัตถุดิบจะถูกบดย่อยด้วยหม้อบดแต่ละหม้อแยกกัน จากนั้นควบคุมความหนาแน่น ความละเอียดให้ได้ตามกำหนด แล้วจึงผสมรวมกันโดยที่วัตถุดิบแต่ละชนิดยังเป็นน้ำดินเหลวอยู่ ส่วนขั้นตอนอื่นที่เหลือก็คล้ายคลึงกับวิธีการบดผสมรวม (ดังรูปที่ 2-18)

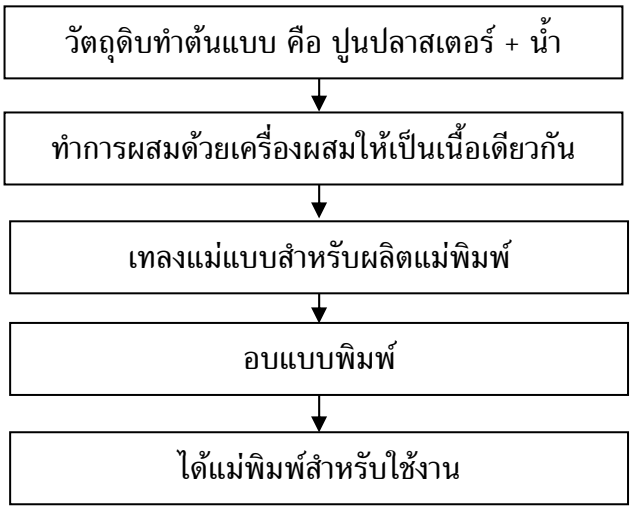


รูปที่ 2-18 ขั้นตอนการบดวัตถุดิบแต่ละชนิดแยกแล้วผสมรวมกัน

(2) การเตรียมแบบพิมพ์

สำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกกลุ่มเซรามิกสุขภัณฑ์และเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารซึ่งมีความหลากกลายของรูปแบบผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการผลิตจะมีขั้นตอนในการเตรียมแบบพิมพ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาตามรูปแบบที่ทางผู้ประกอบการต้องการ

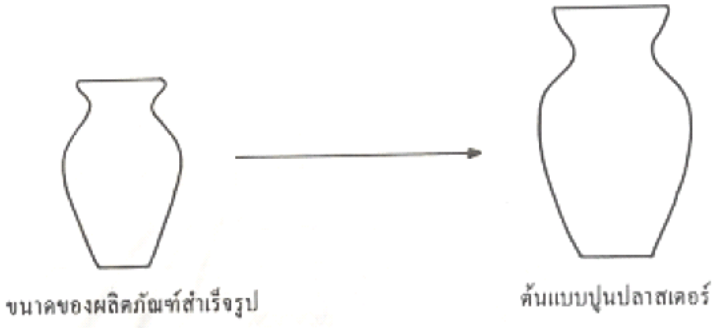
การเตรียมแบบพิมพ์ จะทำการผสมปูนปลาสเตอร์ตามอัตราส่วนที่กำหนดจากห้องทดลอง โดยใช้ปูนปลาสเตอร์ผสมกับน้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยา จากนั้นเทปูนปลาสเตอร์ที่ผสมแล้วเข้าไปในแม่แบบสำหรับผลิตแม่พิมพ์ เพื่อทำการขึ้นรูปเป็นแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับใช้งานส่งให้หน่วยงานหล่อต่อไป (ดังรูปที่ 2-19)



รูปที่ 2-19 กระบวนการเตรียมแบบพิมพ์

การเตรียมแบบพิมพ์แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนและเรียกตามลักษณะของแบบที่จะต้องทำขึ้นมา ดังนี้

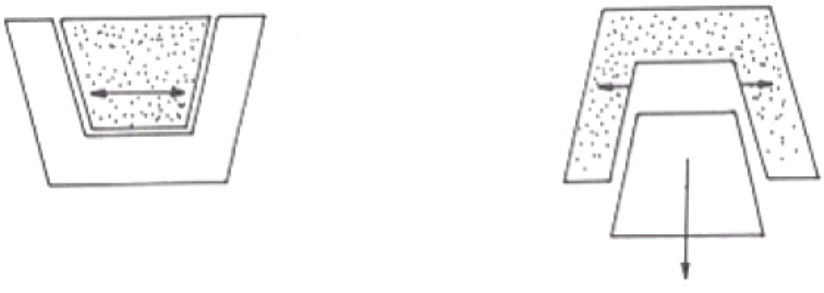
1) แบบเหมือนหรือต้นแบบ ส่วนใหญ่จะสร้างขึ้นด้วยการปั้นด้วยดินเหนียวหรือดินน้ำมัน การแกะสลักหรือการกลึงด้วยปูนปลาสเตอร์ให้มีรูปร่างเหมือนแบบที่ต้องการโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นแบบของผลิตภัณฑ์เครื่องดินเผาจะต้องขยายสัดส่วนให้มีขนาดใหญ่กว่าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ต้องการเนื่องจากมีการหดตัวของเนื้อดินในระหว่างการผลิต (ดังรูปที่ 2-20)



รูปที่ 2-20 การเตรียมแบบพิมพ์เหมือนต้นแบบ

2) แบบพิมพ์สำหรับต้นแบบ จากต้นแบบที่สร้างขึ้นแล้วก็จะนำมาพิจารณาแบ่งแนวรอยต่อของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เหมาะสม ให้มีชิ้นส่วนของแบบพิมพ์น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

3) การทำแม่พิมพ์ชั้นเดียว เมื่อเทปูนปลาสเตอร์ลงในแบบหรือลงบนแบบช่วงที่ปูนขยายตัวจะดันออกด้านข้างทำให้ถอดแบบได้ยาก แต่เมื่อปล่อยให้ปูนเย็นตัวลงจะหดลงทำให้ถอดแบบได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการทำแม่พิมพ์หรือแบบปูนปลาสเตอร์ที่เป็นการถอดแบบเพียงชิ้นเดียวจึงควรออกแบบให้มีรูปร่างง่ายขึ้น (ดังรูปที่ 2-21)



รูปที่ 2-21 การทำแบบพิมพ์ชั้นเดียว

4) การทำแม่พิมพ์มากกว่า 1 ชิ้น มีขั้นตอนดังนี้ (ดังรูปที่ 2-22)

4.1) นำต้นแบบที่ได้มาหล่อปูนปลาสเตอร์ ซึ่งการผสมปูนต้องให้มีความเหลวพอสมควรเพื่อการดันตัวออกของฟองอากาศได้ง่าย ช่วยให้แบบปูนปลาสเตอร์ที่ได้มีผิวงามเรียบ

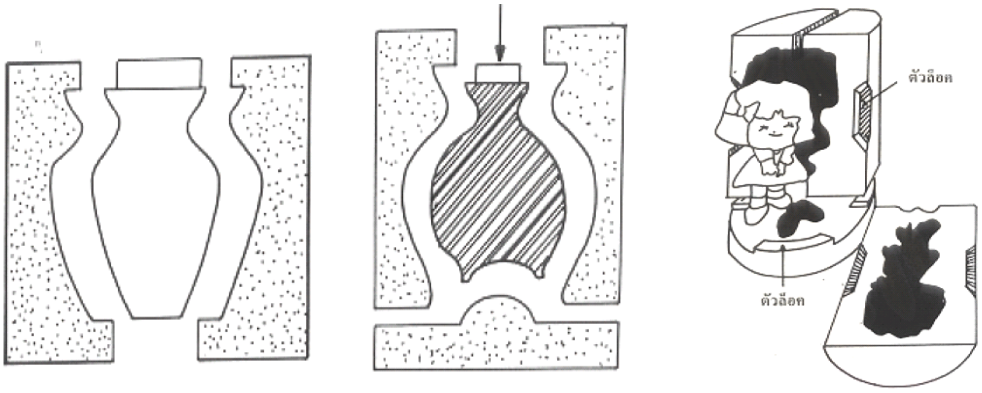
4.2) ก่อนหล่อแบบให้ทาน้ำสบู่ให้ทั่วและรอจนแห้งสนิทก่อนเทแบบนี้มิฉะนั้นแล้วน้ำสบู่จะกองอยู่ ทำให้เนื้อปูนไม่สามารถแทรกตัวเข้าไปได้ จะเกิดเป็นรอยย่นที่ผิวแบบ

4.3) บริเวณรอยต่อของแบบควรจะต่อกันสนิทเพื่อไม่ให้เป็นจุดเสียในการหล่อชิ้นงานเพราะบริเวณรอยต่อของแบบ ถ้าห่างมากจะทำให้ชิ้นงานเกิดจุดตัวและผนังไม่เรียบ

4.4) สร้างตัวล็อกสำหรับล็อกแม่พิมพ์ทุกชิ้น เป็นการสร้างส่วนยึดต่อระหว่างพิมพ์แต่ละชิ้นเพื่อให้ประกบสนิทกันพอดี

4.5) แม่แบบสำหรับผลิตแม่พิมพ์ ที่จริงแบบพิมพ์สำหรับต้นแบบนั้นก็คือแบบพิมพ์ปลาสเตอร์ที่จะนำไปใช้ในการผลิตได้ แต่ในการที่ทำแบบพิมพ์ปลาสเตอร์จำนวนมาก ๆ ได้นั้นจะต้องนำมาสร้างเป็นแบบไว้ก่อนเพื่อที่จะนำแม่แบบนี้ไปหล่อกลับเป็นจำนวนมากเท่าที่ต้องการจะใช้งานในการผลิตพร้อม ๆกัน แม่แบบนี้อาจจะสร้างขึ้นด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่มีความแข็งที่ผิวค่อนข้างดีและคงทนต่อการใช้งานหล่อปลาสเตอร์ระยะยาว เช่น ใช้ปูนปลาสเตอร์ชนิดแข็งพิเศษเป็นต้น แต่ทั้งหมดนี้จะต้องมีการพิจารณาสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้งาน เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวของแม่แบบอันจะมีผลทำให้แม่แบบปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตจากแม่พิมพ์จากวัสดุต่าง ๆ เหล่านี้ประกอบกันได้ไม่สนิท มีรอยรั่วหรือเกิดข้อบกพร่องอื่น ๆ ตามมาได้

4.6) แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับใช้งาน เป็นแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตออกมาจากแม่แบบและจะเป็นตัวที่นำไปใช้หล่อชิ้นงานได้ทันที



แม่พิมพ์ 2 ชิ้น **แม่พิมพ์ 3 ชิ้น** **แม่พิมพ์ 4 ชิ้น**

รูปที่ 2-22 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

ขั้นตอนที่ 2: กระบวนการขึ้นรูปและตกแต่งชิ้นงาน

(1) การขึ้นรูปแบบหล่อ

การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อดินเหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานที่ยาก มีรายละเอียดมากหรืองานที่ค่อนข้างซับซ้อน เช่น งานแกะสลัก ชิ้นงานที่มีรูปทรงเหลี่ยมหรือทรงอิสระต่าง ๆ เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ ชิ้นงานประเภทตั้งโต๊ะที่มีรูปทรงภายในกลวง เช่น กาน้ำชา-กาแฟ แจกัน ตุ๊กตาที่ระลึกต่าง ๆ การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดินจะต้องอาศัยแบบพิมพ์จำนวนมากในการผลิต ถ้าเป็นพิมพ์ขนาดใหญ่หล่อได้วันละ 1 ชิ้นต่อพิมพ์ แต่ถ้าเป็นพิมพ์ขนาดเล็ก 2 ชิ้นต่อพิมพ์ต้องเสียเวลาในการอบแห้งนาน

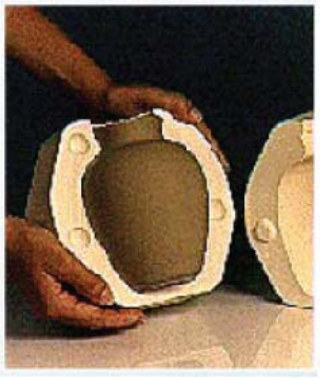
การเทน้ำดิน (น้ำสลิป) ลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์รูปทรงต่าง ๆ ที่ได้เตรียมไว้ แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะมีรูเล็ก ๆ สามารถดูดซึมน้ำได้ดี รอจนกระทั่งแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ดูดซึมน้ำออกจากดินหล่อ เกิดการจับตัวของเนื้อดินที่ผิวปูนด้านในขอบของพิมพ์ เหลือเป็นชิ้นดินที่ติดกับแบบซึ่งจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และทิ้งไว้จนได้ความหนาที่ต้องการในการหล่อ ห้องหล่อผลิตภัณฑ์จะถูกควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ตลอดจนการหมุนเวียนอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดน้ำของแบบหล่อปูนปลาสเตอร์ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหล่อแข็งตัวเร็วขึ้น หลังจากได้ความหนาตามต้องการแล้ว ถ่ายน้ำดินที่เหลือออกจากแบบหล่อ จากนั้นปล่อยชิ้นงานหล่อ ไว้ในแบบหล่อเพื่อให้ชิ้นงานมีความแข็งพอสมควรก่อนที่จะแกะชิ้นงานออกจากแบบหล่อ ตกแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อย ในขณะที่ยังหมาดอยู่ จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งในอากาศ เพื่อให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอ จึงนำไปอบชิ้นงานดินที่อุณหภูมิประมาณ 70 °C เป็นเวลาประมาณ 13-16 ชั่วโมง จนแห้งสนิท หลังจากนั้นนำมาตกแต่งครั้งสุดท้าย และส่งไปตรวจสอบความเรียบร้อยที่แผนกตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานดิน

วิธีการหล่อขึ้นรูปมี 2 แบบ ดังนี้

(1.1) การหล่อแบบเทออก การหล่อแบบเทออกจะใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกลวง ซึ่งเป็นการหล่อที่จะต้องเทน้ำดินส่วนเกินออกเมื่อหล่อได้ความหนาตามที่ต้องการจึงเทน้ำดินส่วนที่ไม่แข็งตัวออก ทิ้งผลิตภัณฑ์ไว้ในแบบพิมพ์เพื่อให้ปูนปลาสเตอร์ดูดซับน้ำออกจากดินต่อไปจนกระทั่งชั้นของดินแข็งตัวพอสมควรจนสามารถหยิบจับได้โดยไม่ยุบเสียรูปทรงจึงแกะพิมพ์ออก ชิ้นงานจะมีความหนาสม่ำเสมอเท่ากันตลอด นำชิ้นงานออกมาตากลมทิ้งไว้จนแห้งแล้วจึงทำการตกแต่งชิ้นงานต่อไป โดยปกติการหล่อแบบเทออกจะใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกลวง

(1) การเทน้ำดินใส่แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

(2) การเทน้ำดินส่วนเกินออก



(3) การแกะพิมพ์ออกจากแบบ

(4) การตกแต่งชิ้นงาน

รูปที่ 2-23 การหล่อแบบเทออก

(1.2) การหล่อน้ำดินแบบหล่อตัน

การหล่อน้ำดินแบบหล่อตัน เป็นการหล่อน้ำดินจนเต็มพิมพ์โดยไม่มีการเทน้ำดินส่วนที่เหลือออก วิธีการหล่อแบบนี้จะนำดินมาเทลงในแบบพิมพ์โดยการเทน้ำดินซึ่งมีเทคนิคในการเท คือต้องเทรูเดียวส่วนอีกรูเป็นตัวไล่อากาศจึงทำให้น้ำดินเข้าไปทั่วทั้งพิมพ์ เทจนน้ำดินล้นออกมาทางช่องหล่อ เมื่อหล่อได้ซักพักสังเกตดูที่น้ำดินในกรวยยุบตัวจนไม่ยุบตัวอีกแล้วแสดงว่าน้ำดินกลายเป็นดินเต็มพิมพ์แล้วจึงยกกรวยออกและปล่อยทิ้งเอาไว้รอให้พิมพ์ดูดน้ำจากน้ำดินจะทำให้ผลิตภัณฑ์หลุดร่อนได้ง่าย เมื่อได้ระยะเวลาจึงทำการแกะพิมพ์จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาเท่ากันทุกใบและได้ความหนาตามที่เรากำหนดหรือคำนวณเอาไว้

ปัจจุบันพิมพ์หล่อแบบตันไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนักเพราะมีเครื่องมือขึ้นรูปที่ทำให้ได้ปริมาณการผลิตมากกว่าวิธีการขึ้นรูปโดยใช้แบบพิมพ์ และการใช้งานสะดวกกว่า คือการใช้เครื่องอัดผลิตภัณฑ์ไฮดรอลิก

(1) การเทน้ำดินแบบหล่อตัน

(2) การแกะพิมพ์

รูปที่ 2-24 การหล่อน้ำดินแบบหล่อตัน

อุปกรณ์ที่ใช้:

อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อ จะประกอบด้วย

1. แบบพิมพ์ / แบบหล่อปูนปลาสเตอร์: ซึ่งจะสามารถใช้งานได้ประมาณ 40-60 ครั้ง
2. ตู้อบที่ใช้ในการอบชิ้นงานให้แห้งจะเป็นตู้อบที่ใช้ทั้งไฟฟ้าและเชื้อเพลิงฟอสซิล

(2) การขึ้นรูปแบบปั้น

การขึ้นรูปแบบปั้น เป็นวิธีการขึ้นรูปที่เก่าที่สุด เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์พวกจานขนาดใหญ่ เป็นต้น นำเนื้อดินที่เป็นแผ่นหรือเค้กไปอัดรีดด้วยเครื่องรีดดินดูดอากาศ เพื่อให้เนื้อดินแน่นเป็นเนื้อเดียว และมีการเรียงตัวของเนื้อดินในทิศทางเดียวกัน รวมทั้งเพื่อกำจัดฟองอากาศออกจากเนื้อดินจนหมด ดินที่ได้จะถูกรีดออกมาเป็นแท่งทรงกระบอกเมื่อต้องการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ก็ตัดแบ่งดินไปใช้ตามประเภทของการขึ้นรูปด้วยวิธีการขึ้นรูปดังนี้

1) การขึ้นรูปโดยอาศัยเครื่องจิกเกอร์ (ดังรูปที่ 2-25)

เป็นวิธีที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร การขึ้นรูปโดยวิธีนี้ดัดแปลงมาจากการขึ้นรูปโดยแป้นหมุน คือ เริ่มจากการวางเนื้อดินปั้นบนแบบปลาสเตอร์ซึ่งติดอยู่กับแป้นหมุนซึ่งมีแม่แบบพิมพ์รูปแบบต่าง ๆ แล้วใช้ใบมีดกรีดให้เนื้อดินได้รูปร่างตามความต้องการ จะได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งด้านหนึ่งจะเหมือนแบบปลาสเตอร์ ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเหมือนแม่แบบที่กดลงบนเนื้อดินปั้น

การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีรายละเอียดน้อย ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงกลมและแบน เช่น แก้ว ถ้วย ชาม จานชนิดต่าง ๆ เป็นต้น การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรจะสามารถผลิตได้อย่างรวดเร็วและปริมาณมาก การขึ้นรูปต้องอาศัยแบบพิมพ์ที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์และใบมีดที่ทำด้วยเหล็ก

รูปที่ 2-25 การขึ้นรูปด้วยเครื่องจิกเกอร์

2) **การขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน** (ดังรูปที่ 2-26)

สามารถขึ้นรูปได้เร็วกว่าวิธีจิกเกอร์ เนื่องจากแรงกดของเครื่องสูงกว่า และใบมีดที่ดัดแปลงเป็นหัวหมุนโลหะลักษณะเป็นจาน หรือแท่งสามารถหมุนรอบตัวเองได้ในขณะที่กดลงมาที่แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่หมุนไปพร้อม ๆ กันด้วยความเร็วต่างกัน การทำงานของหัวหมุนดีกว่าใบมีดแบบจิกเกอร์ เพราะสามารถกดดินได้สม่ำเสมอกว่าไม้ปากดินทำให้ดินเกิดแรงเค้น ลดการบิดเบี้ยวหลังการเผา เครื่องโรลเลอร์มีประสิทธิภาพในการผลิตสูงกว่าเครื่องจิกเกอร์ธรรมดามาก การทำงานง่ายเพราะไม่ต้องใช้ช่างที่มีผีมือในการขึ้นรูป สามารถผลิตชิ้นงานได้ดีทั้ง ๆ ที่เนื้อดินมีความเหนียวน้อย แต่ก็สามารถผลิตได้เร็วเป็น 6 เท่าของเครื่องจิกเกอร์ธรรมดา ดังนั้นจึงใช้เนื้อดินและแบบพิมพ์ในการผลิตต่อวันเป็นจำนวนมากซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีที่อบแห้งที่เพียงพอ

รูปที่ 2-26 เครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน

อุปกรณ์ที่ใช้: แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เครื่องจิกเกอร์ หรือเครื่องโรลเลอร์เฮดแมชชีน ตู้อบ

3) การขึ้นรูปโดยการอัด (ดังรูปที่ 2-27)

นำเนื้อดินหรือดินเค้กแผ่นไปผ่านกระบวนการอบให้เกือบแห้ง และย่อยเป็นผงหรือเป็นเม็ดขนาดเล็กหรือใช้วิธีสเปรย์น้ำดินให้เป็นผงฝุ่นดิน ควบคุมความชื้นของผงดินอยู่ที่ประมาณร้อยละ 8-10 จากนั้นจึงนำผงดินไปอัดขึ้นรูป ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปชนิดไฮดรอลิกหรือเครื่องอัดชนิดอื่น ๆ ตามแบบพิมพ์ที่ต้องการ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปโดยวิธีการนี้ เช่น กระเบื้องต่าง ๆ

การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดดินฝุ่นสามารถตัดปัญหาเรื่องเนื้อดินติดแบบพิมพ์ ผลิตภัณฑ์หดตัวมากขณะผึ่งแห้งและหลังการเผา การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้นิยมใช้ทำกระเบื้องปูพื้นหรือบุผนัง ต้องใช้เครื่องอัดที่มีกำลังแรงอัดสูงแต่เครื่องอัดที่มีประสิทธิภาพสูงมีราคาแพง ดังนั้นผลิตภัณฑ์กระเบื้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตสูง เพื่อควบคุมผิวหน้าเรียบไม่โค้งงอ ต้องหดตัวเท่ากันทุกแผ่น ต้องควบคุมอุณหภูมิการเผาให้เท่ากันรวมทั้งเครื่องเตรียมฝุ่นเพื่อการผลิต ทำให้มีราคาแพงมากไม่เหมาะกับการลงทุนโรงงานขนาดเล็ก

รูปที่ 2-27 การขึ้นรูปกระเบื้องด้วยวิธีการอัด

อุปกรณ์ที่ใช้: ประกอบด้วย เครื่องอัดไฮดรอลิก

4) งานปั้นอิสระ งานศิลปะ (ดังรูปที่ 2-28)

เป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ในลักษณะงานฝีมือ และเป็นงานศิลปะ เช่น การปั้นขึ้นรูปด้วยมือ งานแกะสลักดิน กระเบื้องประดับ เป็นต้น เนื้อดินที่ใช้อาจเป็นดินพื้นบ้าน หรือ ดินผสมสำเร็จรูป โดยน้ำดินมาวางบนแท่นหมุนไฟฟ้าแล้วทำการปั้นด้วยมือ

รูปที่ 2-28 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์งานปั้นอิสระ/ งานศิลปะ

อุปกรณ์ที่ใช้: แท่นหมุนไฟฟ้า

(3) การตกแต่งชิ้นงาน

การตกแต่งชิ้นงาน เป็นการแก้ไขชิ้นงานที่มีรอยตะเข็บ ผิวไม่เรียบ หรือการประกอบชิ้นงาน ให้เกิดความสมบูรณ์เพื่อให้ชิ้นงานเรียบร้อยก่อนที่จะนำไปเผา เนื่องจากเมื่อผ่านกระบวนการเผาแล้วจะไม่สามารถแก้ไขชิ้นงานได้อีก ซึ่งการตกแต่งชิ้นงานก่อนการเผาสามารถทำได้หลายขั้นตอนดังนี้

1) การตัดขอบและแต่งรอยตะเข็บ

ในงานที่ใช้วิธีการหล่อน้ำดินแบบเทออกก่อนที่จะถอดพิมพ์ออกต้องตัดส่วนเกินของชิ้นงานออกให้เรียบร้อย หลังจากถอดชิ้นงานออกจากแบบพิมพ์แล้ว ทิ้งชิ้นงานให้แห้งแล้วจึงขูดแต่งรอยตะเข็บที่เกิดจากรอยต่อของแบบพิมพ์ออกให้หมดอีกครั้ง

2) การขูดแต่งผิวผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีกลึง

วิธีนี้ต้องใช้เครื่องมือขูดที่มีความคมและแป้นหมุนช่วยในการแต่งก้นและแต่งผิวชิ้นงาน โดยขูดแต่งในขณะที่ชิ้นงานหมาด ๆ เกือบแข็ง การแต่งผลิตภัณฑ์ทำเพื่อวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ (1) แต่งผิวผลิตภัณฑ์ให้เรียบ ขจัดรอยตะเข็บ (2) ควบคุมความหนาบางของผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมอ

3) การติดส่วนประกอบของชิ้นงาน

การติดส่วนประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน เช่น การติดหูถ้วยกาแฟ หูจับเหยือก เป็นต้น โดยใช้น้ำดินข้นเป็นตัวประสานทำให้ขณะที่ชิ้นงานหมาด ๆ ยังมีความชื้นอยู่ ความชื้นจะต้องเท่ากันทั้งตัวและหู ปัจจุบันมีการคิดน้ำดินชนิดพิเศษสามารถติดชิ้นงานได้ในขณะที่แห้ง ในกรณีพื้นที่ในการต่อเชื่อมกว้างมากควรมีการขูดผิวให้เกิดรอยขรุขระก่อนทำการต่อเชื่อมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการยึดติดให้ดีขึ้น ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่การต่อเชื่อมแบบอัตโนมัติด้วยเครื่องถูกนำมาใช้แทนคน

4) การขัดแต่งผิวด้วยแปรงและฟองน้ำ (ดังรูปที่ 2-29)

ผลิตภัณฑ์ประเภทจานที่ขึ้นรูปด้วยวิธีจิกเกอร์ และโรลเลอร์เฮดแมชชีน จะต้องขัดแต่งส่วนเกินออกบริเวณขอบจานที่ติดกับแบบพิมพ์โดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติติดแปรงและแท่นหมุนจานตั้งไว้ประมาณ 10 ใบ โดยมีท่อลมสำหรับดูดฝุ่นซึ่งทำงานตลอดเวลาการตกแต่งขอบจานด้วยเครื่องนี้บางครั้งหลังการเผาดิบแล้ว ส่วนบริเวณภายในจานและด้านนอกลูบด้วยฟองน้ำแต่งผิวให้เรียบ

รูปที่ 2-29 การตัดขอบและแต่งรอยตะเข็บ

อุปกรณ์ที่ใช้: แป้นหมุน เครื่องชูขอบผลิตภัณฑ์ (ไฟฟ้า) เครื่องขูดผิวอัตโนมัติ แปรงและฟองน้ำ

ขั้นตอนที่ 3: กระบวนการอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วจะถูกนำมาไล่ความชื้นออกจากตัวผลิตภัณฑ์จนแห้งสนิทด้วยการอบแห้งก่อนที่จะนำไปเคลือบผิวต่อไป มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วจะบิดงอ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ระยะเวลาการอบแห้ง ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่ม ตัวอย่างการอบแห้งชิ้นงานกระเบื้องจะใช้อุณหภูมิประมาณ 180 °C ใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง ซึ่งจะไล่ความชื้นออกจากกระเบื้องจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 0.5 ในการอบแห้งจะมีวิธีการอบหลายวิธี ดังนี้

1) การอบแห้งแบบฮอทฟลอร์ดรายเออร์ การอบแห้งแบบนี้ใช้ห้องอบที่ได้รับความร้อนมาจากเตา ในส่วนของแก๊สที่ผ่านมาทางปล่องระบายความร้อนหรือวิธีอื่น ๆ ที่จะให้ความร้อนผ่านเข้ามาในห้องอบ ไอน้ำจากผลิตภัณฑ์ที่ระเหยออกมาทำให้บรรยากาศในห้องอบค่อนข้างชื้น จำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้นในห้องอบให้เหมาะสมและส่วนมากห้องอบแบบนี้ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่มาก

2) การอบแห้งแบบอาศัยความชื้นสัมพัทธ์ การอบแบบนี้อาศัยหลักที่ว่าของที่เปียกอยู่จะไม่มีการระเหยความถ้าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงมากแม้ว่าจะมีการเพิ่มอุณหภูมิก็ตาม

3) การอบแห้งโดยใช้กระแสไฟฟ้า อาศัยหลักการส่งกระแสไฟฟ้าผ่านเนื้อดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่ขึ้นรูปจากท่อนดินขนาดใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมฉนวนไฟฟ้าที่ใช้ท่อนดินที่ผ่านเครื่องรีดดินที่มีขนาดใหญ่มาก การอบแห้งแบบทั่วไปไม่สามารถทำให้แห้งในเวลาอันสั้นได้

4) การอบแบบการใช้รังสีอินฟราเรด ต้องมีแหล่งกำเนิดคลื่นใต้แสงหรือรังสีอินฟราเรดที่จะทำให้โมเลกุลของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดูดกลืนเข้าไปและเกิดพลังงานความร้อนขึ้น จนน้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ การอบแห้งวิธีนี้ค่อนข้างรวดเร็วและสม่ำเสมอ

5) การอบแห้งโดยการใช้คลื่นความถี่สูง ใช้หลักการเดียวกับวิธีการอบแบบอินฟราเรด แต่เปลี่ยนเป็นคลื่นวิทยุที่มีความเข้มมาก ๆ เช่น ไมโครเวฟแทน

อุปกรณ์ที่ใช้: เตาอบ (ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล/ ไฟฟ้า)

ขั้นตอนที่ 4: กระบวนการการเคลือบ

(1) การเตรียมน้ำยาเคลือบ

(1.1) วัตถุดิบ

น้ำยาเคลือบ ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างซิลิเกตกับสารช่วยหลอมละลายวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบถูกบดจนละเอียดมากกว่าดินหลายเท่าก่อนนำมาเคลือบบนดินเผาเป็นชั้นหนา 1-1.5 มม. ส่วนผสมของน้ำเคลือบแบ่งตามสมบัติทางเคมีได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สารช่วยลดอุณหภูมิการหลอมละลายของน้ำเคลือบ เช่น ออกไซด์โลหะแอลคาไลน์และแอลคาไลน์เอิร์ทรวมทั้งออกไซด์ของตะกั่ว สังกะสี และออกไซด์ที่ทำให้เกิดสี เช่น Na_2O, Li_2O, K_2O, CaO, ZnO เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 กลุ่มสารที่เป็นสารทนไฟและให้สี เช่น Al_2O_3, Sb_2O_3, Mn_2O_3

กลุ่มที่ 3 กลุ่มสารที่ช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์ทึบแสง เช่น SiO_2, TiO_2, CeO_2

นอกจากนี้ ก็ยังมีการใช้สาร CMC หรือ Sodium Carboxymethyl Cellulose มาเป็นน้ำยาเคลือบ เพื่อลดปัญหาสารเคลือบตกตะกอนเร็วเกินไป สารเคลือบแห้งแล้วเป็นฝุ่นหรือเป็นเกล็ดเมื่อชุบเคลือบไปแล้ว หรือปัญหาการเคลือบติดผิวผลิตภัณฑ์ที่จะเคลือบไม่ดี

(1.2) การเตรียมน้ำยาเคลือบ

ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมลงในหม้อบดซึ่งจะทำหน้าที่บดและผสมไปพร้อม ๆ กัน เมื่อได้ความละเอียดเท่าที่กำหนด ก็จะถ่ายน้ำยาเคลือบเพื่อผ่านตะแกรงกรองและเครื่องแยกสารติดแม่เหล็กแล้วเก็บไว้ในถัง หลังจากตรวจสอบคุณภาพของน้ำยาเคลือบดีแล้ว จึงนำไปใช้ในแผนกพ่นเคลือบต่อไป

อุปกรณ์: หม้อบดและผสมวัตถุดิบไฟฟ้า ตะแกรงกรอง เครื่องแยกสารติดแม่เหล็กและถังเก็บ

(1.3) การเคลือบ

การเคลือบผิว คือกระบวนการปกปิดหรือปกคลุมเนื้อผลิตภัณฑ์ไว้ด้วยแก้วบาง ๆ ด้วยน้ำยาเคลือบ ซึ่งการนำชิ้นงานมาเคลือบด้วยน้ำยาเคลือบ จะมีเทคนิคและวิธีการเคลือบขึ้นอยู่กับลักษณะและขนาดของผลิตภัณฑ์ เมื่อเคลือบแล้วต้องทิ้งให้ผลิตภัณฑ์แห้ง เช็ดก้นผลิตภัณฑ์ให้สะอาดก่อนเข้าเตาเผา ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้ว โดนเผาผ่านความร้อนอุณหภูมิสูง วัตถุดิบที่เป็น

แก้วในเคลือบเมื่อถึงจุดหลอมละลายชั้นของเคลือบจะกลายเป็นแก้วมันวาวติดอยู่กับผิวดิน โดยวิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิก ดังนี้

1) การพ่นเคลือบ จะเป็นวิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์กลุ่มของชำร่วย กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง เป็นต้น (ดังรูปที่ 2-30)

2) การชุบเคลือบ จะเป็นวิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เป็นต้น

รูปที่ 2-30 การพ่นเคลือบผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์: ตู้เคลือบ

ปัญหาที่เกิด:

- การสูญเสียน้ำยาเคลือบในระหว่างขั้นตอนการเคลือบ
- สารเคลือบตกตะกอนเร็วเกินไป
- สารเคลือบแห้งแล้วเป็นฝุ่นหรือเป็นเกล็ดเมื่อชุบเคลือบไปแล้ว
- ปัญหาการเคลือบติดผิวผลิตภัณฑ์ที่จะเคลือบไม่ดี

(1.4) การพิมพ์ลาย

การพิมพ์ลายจะใช้สำหรับผลิตภัณฑ์กระเบื้องปูพื้นและติดผนัง ซึ่งภายหลังการเคลือบสีแล้วนั้นจะผ่านเข้าเครื่องพิมพ์ลาย การพิมพ์ลายจะเหมือนกับการพิมพ์ผ้า คือ จะต้องเตรียมลายกระเบื้องลงบนแผ่นผ้า ซึ่งแผ่นผ้าจะถูกนำไปเป็นกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อนำไปติดตั้งอยู่กับเครื่องพิมพ์ ก่อนที่กระเบื้องจะเข้าเครื่องพิมพ์ลายจะต้องพ่นน้ำกาวลงบนหน้ากระเบื้องเวลาพิมพ์สีจะได้ยึดเกาะติดกับตัวกระเบื้อง จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการเผาต่อไป

ขั้นตอนที่ 5: กระบวนการเผาและตกแต่งชิ้นงาน

(1) กระบวนการเผา

การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกภายในเตาเผาภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนสภาพดินให้เป็นถาวรวัตถุที่มีความแข็งแกร่งเกิดความคงทนถาวรและสวยงาม

(1.1) สภาวะที่ใช้ในการเผาโดยทั่วไป

- การเผาแบบออกซิเดชัน เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และให้ออกซิเจนมากเกินพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะมีออกซิเจนเหลืออยู่ การปรับสภาวะของเตาเผาโดยการเปิดปล่องไฟให้กว้างขึ้นเพื่อให้อากาศภายนอกเตาถูกดูดเข้าสู่ภายในเตาทางช่องเผาไหม้หรือการเพิ่มปริมาณอากาศที่ผสมลงในเชื้อเพลิง อาจสังเกตได้จากเชื้อเพลิงมีการเผาไหม้ดีและรวดเร็ว ไม่มีควัน

- การเผาแบบรีดักชัน เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ เป็นการเผาผลิตภัณฑ์ในเตาเผาที่ลดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เข้าไปผสมกับเชื้อเพลิงซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะมีคาร์บอนมอนอกไซด์เหลืออยู่ ซึ่งที่อุณหภูมิสูงก๊าซนี้จะมีคุณสมบัติไวต่อการจับตัวของก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ในสารประกอบตัวอื่นในน้ำเคลือบและเนื้อดิน เพื่อให้ตัวเองกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในที่สุด ปฏิกิริยานี้จะเป็นผลทำให้สีของน้ำเคลือบและเนื้อดินเปลี่ยนไปในเตาเผามีออกซิเจนไม่เพียงพอ

- การเผาแบบนิวทรัล เป็นการเผาไหม้ที่สภาวะการเผาเป็นกลางระหว่างการเผาไหม้สมบูรณ์และการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ อาจสังเกตได้จากการที่ภายในเตาเผามีเปลวไฟน้อย สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ภายในค่อนข้างชัดเจน

(1.2) ขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก มี 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) การเผาดิบ

การเผาดิบ คือ การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกหลังจากการขึ้นรูปและตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นทีละน้อย การเผาบิสกิตอาจใช้ได้ ทั้งเตาฟืน เตาน้ำมัน และเตาแก๊ส ซึ่งการเผาต้องให้ระยะเวลาในการเผาเป็นไปอย่างช้า ๆ เพราะผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปแล้วยังมีความชื้นและสารอินทรีย์หลงเหลืออยู่ในชิ้นงาน ดังนั้นการเผาบิสกิตจึงเป็นการเผาไล่ความชื้นและสารอินทรีย์ก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ชุบเคลือบ

ชิ้นงานที่ผ่านการอบแล้วยังคงมีความชื้นและสารอินทรีย์อยู่ในชิ้นงาน การเผาไล่ความชื้น และสารอินทรีย์ก่อนนำไปชุบเคลือบเป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากช่วยลดปริมาณน้ำในชิ้นงานซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดแรงดันจนชิ้นงานอาจระเบิด ในการเผาเคลือบถ้าชิ้นงานถูกเผาดิบมาก่อนการเผาในช่วงแรกสามารถเร่งไฟให้เร็วขึ้นได้ การชุบเคลือบจะชุบได้ง่ายกว่าชิ้นงานที่ยังไม่ได้เผาดิบ สภาวะ

ของการเผาดิบ คือ การเผาแบบออกซิเดชันที่สภาวะนี้เพื่อเปลี่ยนเหล็กออกไซด์ในชิ้นงานให้อยู่ในรูปสารประกอบเฟอร์ริกออกไซด์

การเผาดิบ คือการเผาครั้งที่หนึ่งโดยยังไม่ได้ชุบน้ำยาเคลือบ สามารถเผาได้ที่อุณหภูมิต่ำหรือสูงก็ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้วจะมีความพรุนตัวสูงเนื่องจากการเผาดิบจะเผาที่อุณหภูมิต่ำ 750-800 °C ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดซึมน้ำยาเคลือบได้ดี เหมาะสำหรับผู้ไม่ชำนาญในการชุบเคลือบ เมื่อชุบเคลือบเสียจึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ไปล้างน้ำเคลือบออกผึ่งให้แห้งแล้วนำมาเคลือบใหม่ได้

สรุปการเผาดิบจะต้องเผาแบบสันดาปสมบูรณ์ ตั้งแต่ต้นจนจบ 24-750 °C ใช้เวลาประมาณ 6-7 ชั่วโมง ระวังไม่ให้เกิดเขม่าหรือควันสีดำจับผลิตภัณฑ์ และเตาเผาถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ควรอุ่นที่อุณหภูมิ 60-80 °C เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง ผึ่งในแสงแดดร้อนจัดอุณหภูมิประมาณ 50 °C ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปผลิตภัณฑ์อาจแตกได้ เผาเสร็จแล้วทิ้งให้เตาเย็นลงเท่ากับเวลาที่ทำการเผาห้ามเปิดเตาเผาก่อนอุณหภูมิ 150 °C ผลิตภัณฑ์กระทบอากาศเย็นนอกเตาจะทำให้แตกได้

2) การเผาเคลือบ

ชิ้นงานที่ผ่านการเผาดิบจะถูกนำมาชุบเคลือบแล้วเผาเพื่อให้เคลือบหลอมเป็นแก้วติดแน่นอยู่บนผิวชิ้นงาน การเผาเคลือบจะเผาที่อุณหภูมิเท่าใด ภายใต้สภาวะใดขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น การเผาผลิตภัณฑ์ปอร์ซเลน เริ่มต้นการเผาแบบออกซิเดชั่น ตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มจุดเตาจนถึงอุณหภูมิประมาณ 950 °C หลังจากนั้นจะเผาแบบรีดักชัน

จนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ต้องการ ภาชนะที่ชุบเคลือบแล้วทุกชิ้นต้องเช็ดก้นผลิตภัณฑ์ให้หมดเคลือบเพื่อป้องกันการหลอมละลายของเคลือบติดบนแผ่นรองเตาเผา ผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นจะต้องวางห่างกันเล็กน้อยไม่ให้น้ำเคลือบสัมผัสกันเพราะเคลือบจะหลอมติดกันเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง

ผลิตภัณฑ์ในเตาเผาควรวางห่างจากบริเวณหัวพ่นเล็กน้อย ถ้าผลิตภัณฑ์โดนเปลวไฟสีเคลือบจะด่างในเตาไฟฟ้าอย่าวางผลิตภัณฑ์ชิดขดลวดมากเกินไปเพราะเคลือบจะไหลติดขดลวดเสียหายได้ ผลิตภัณฑ์ใหญ่ควรวางไว้กลาง ๆ เตา ให้ได้รับความร้อนสม่ำเสมอลดความบิดเบี้ยวหลังการเผา

วงจรในการเผาเคลือบ

ช่วงที่ 1 อุณหภูมิห้อง 24-95 °C ใช้เวลา 5-6 ชั่วโมง

ช่วงที่ 2 อุณหภูมิห้อง 950 – 1,250 °C ใช้เวลา 3-5 ชั่วโมง

ช่วงที่ 3 เผาแช่อุณหภูมิคงที่ 1,250 °C ใช้เวลา 15 นาที

การเผาในบรรยากาศสันดาปไม่สมบูรณ์ ต้องใช้เวลาในการเผานานกว่าเตาไฟฟ้าเล็กน้อยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความจุของเตาเผา เตามีขนาดใหญ่จะต้องใช้เวลาในการเผานานขึ้น และแช่อุณหภูมิคงที่ไว้นาน 20-30 นาที โดยปกติเตาเผาทุกเตาบริเวณชั้นบนจะร้อนกว่าด้านล่าง 20-30 °C ผู้ใช้ควรสังเกตผลการเผาทุกครั้งเพื่อให้ทราบความแตกต่างของเตาเผาแต่ละเตา

3) การเผาตกแต่ง

การเผาผลิตภัณฑ์ที่มีการเขียนตกแต่งลวดลายด้วยสีเซรามิก หรือมีการตกแต่งลวดลายด้วยสติ๊กเกอร์ หรือรูปลอกซึ่งการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกดังกล่าว สามารถทำได้ทั้งการตกแต่งบนเคลือบ การตกแต่งใต้เคลือบ และการตกแต่งชนิดในเคลือบ

3.1) การเผาตกแต่งบนเคลือบ

ลวดลายทุกอย่างที่จะถูกตกแต่งบนผิวเคลือบที่ผ่านการเผาเคลือบแล้วจากนั้นจะถูกนำไปอบที่อุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้เผาตกแต่งขึ้นอยู่กับชนิดของสี หรือประเภทวัตถุดิบที่นำมาทำสีว่าจะสุกที่อุณหภูมิใด ซึ่งโดยมากจะเผาที่อุณหภูมิประมาณ 600 – 800 °C

3.2) การเผาตกแต่งใต้เคลือบ (ดังรูปที่ 2-31)

การตกแต่งลวดลายจะทำลงบนผิวชิ้นงานที่เผาบิสกิตแล้วจากนั้นจึงนำชิ้นงานที่ตกแต่งเขียนลายแล้วไปชุบเคลือบและเผาเคลือบที่อุณหภูมิที่เคลือบสุกตัวจะได้ลวดลายที่ตกแต่งแล้วปรากฏอยู่ใต้เคลือบ หรือชิ้นงานที่เผาเคลือบแล้วนิยมตกแต่งด้วยสีหรือติดรูปลอกที่ทำขึ้นสำหรับตกแต่งสีโดยเฉพาะติดลงไปบนภาชนะที่เผาเคลือบแล้วและนำไปเผาตกแต่งใต้เคลือบอีกครั้งเพื่อให้สิ่งตกแต่งติดทนนาน

รูปที่ 2-31 เตาซัทเทิ่น

รูปที่ 2-32 เตาอุโมงค์

รูปที่ 2-33 เตาเผาแบบโรลเลอร์

รูปที่ 2-34 เตาเผาแบบโรลเลอร์ฮาร์ด

(2) กระบวนการตกแต่ง

การตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความสวยงาม เพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ และเพิ่มความดึงดูดใจแก่ผู้พบเห็น การตกแต่งเซรามิกทำได้หลากหลายรูปแบบหลากหลายสไตล์ ได้แก่ การเขียนลวดลายด้วยสีเซรามิก การใช้สติกเกอร์ หรือ รูปลอกสำเร็จรูป หรือ ด้วยเทคนิคการขูด ขีด เจาะฉลุ ลวดลายลงบนผลิตภัณฑ์เซรามิกก็ได้ โดยประเภทของการตกแต่งจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) การตกแต่งบนเคลือบ (Over Glaze Decoration) จะเป็นการตกแต่งลวดลายทุกอย่างจะถูกตกแต่งบนผิวเคลือบที่ผ่านการเผาเคลือบแล้ว จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งแล้วไปอบที่อุณหภูมิที่ต้องการ เช่น ประมาณ 600- 800 °C และลวดลายที่เกิดขึ้นจะปรากฏบนผิวเคลือบ

2) การตกแต่งใต้เคลือบ (Under Glaze Decoration) จะเป็นการตกแต่งลวดลายจะทำลงบนผิวชิ้นงานที่เผาบิสกิตแล้ว จากนั้นจึงนำชิ้นงานที่ตกแต่งเขียนลายแล้วไปชุบเคลือบและเผาเคลือบที่อุณหภูมิที่เคลือบสุกตัวจะได้ลวดลายที่ตกแต่งแล้วปรากฏอยู่ใต้เคลือบ

อุปกรณ์ที่ใช้: สี สติกเกอร์ หรือรูปลอกสำเร็จรูป ซึ่งจะใช้คนในการตกแต่ง

ขั้นตอนที่ 6: การตรวจสอบคุณภาพ บรรจุ จัดเก็บและรอจำหน่าย

(1) การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบชิ้นงานสามารถเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) การตรวจสอบชิ้นงานดิน โดยชิ้นงานดินที่แห้งแล้วจากแผนกการขึ้นรูปจะได้รับการตรวจสอบความเรียบร้อย ก่อนนำชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบไปพ่นเคลือบสีต่าง ๆ การตรวจสอบดูรอยรั่ว รอยแตก อาศัยการสังเกตการดูดซึมของน้ำมันก๊าด นั้นคือส่วนรอยแตกจะดูดซึมน้ำมันได้มากจนเห็นเป็นรอยชัดเจน ผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิจะนำไปบดผสมกับวัตถุดิบอื่น เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้อีก ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบจะตกแต่งอีกเล็กน้อยก่อนการเคลือบสี

2) การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์ที่เผาแล้วทุกชิ้นจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณลักษณะทั่วไป มิติ และคุณสมบัติการใช้งาน เช่น การตรวจสอบการชะล้าง การทดสอบการรั่ว ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะส่งไปบรรจุเพื่อเตรียมการจัดส่งต่อไป ส่วนผลิตภัณฑ์ที่แตกหรือเสียหายไม่สามารถใช้งาน จะนำไปทุบทำลายทิ้ง หรือนำไปบดกลับมาใช้ใหม่

(2) การบรรจุ การหีบห่อ

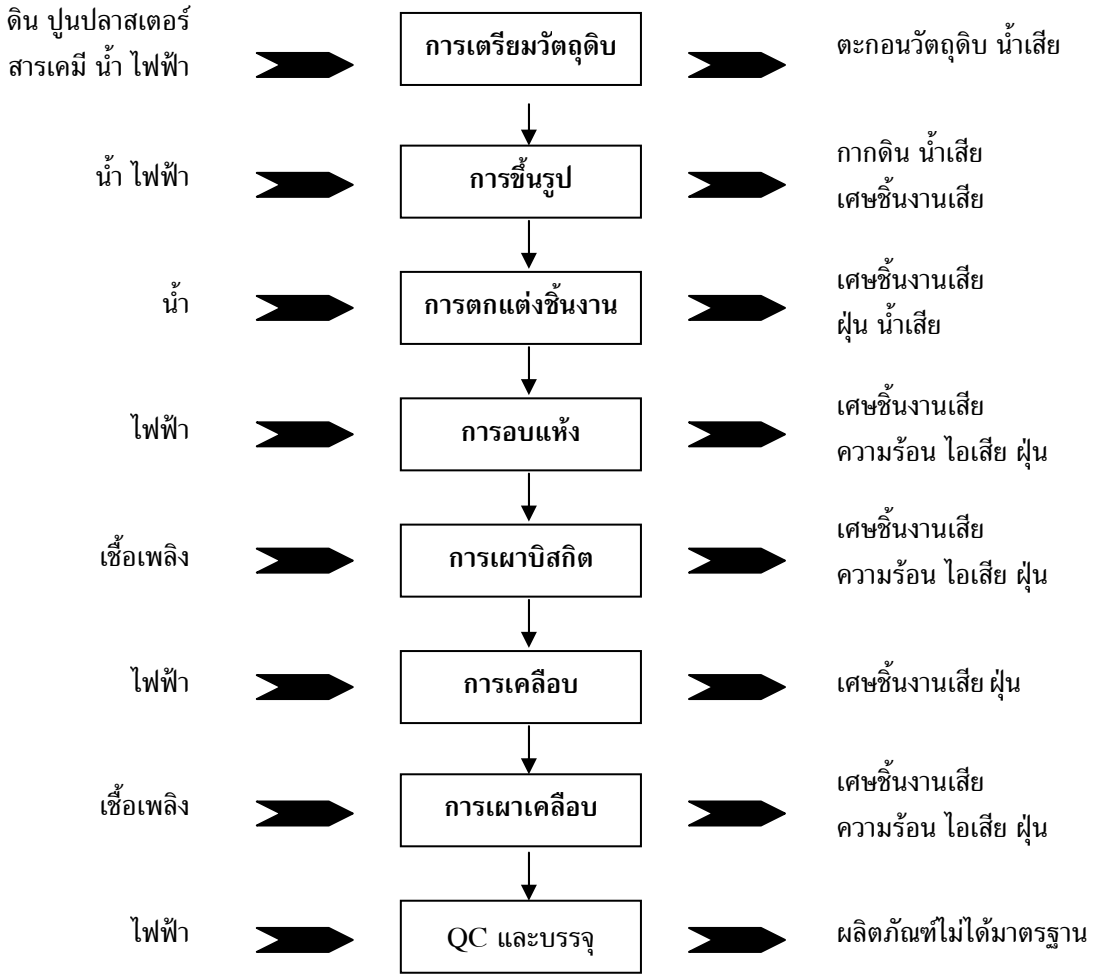
เป็นการป้องกันความเสียหายในเบื้องต้นให้กับผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ต้องการขนส่ง หรือจัดส่งให้กับลูกค้า ซึ่งรูปแบบของบรรจุภัณฑ์มีหลากหลายรูปแบบ เช่น เข่ง ลัง และกล่องกระดาษ

(3) การจัดเก็บและจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์จะถูกนำไปจัดเก็บที่โรงเก็บสินค้า โดยขนด้วยรถโฟคลิฟท์ รอนำไปจำหน่ายทั้งหน้าโรงงาน หรือ Outlet การจำหน่ายให้กับลูกค้าของตนเองโดยตรงและการจำหน่ายผ่านคนกลาง

2.3 มลพิษและผลกระทบ

อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษในด้านต่าง ๆ ได้แก่ กากของเสียอุตสาหกรรม ฝุ่น น้ำเสีย อากาศเสีย และของเสีย เป็นต้น โดยมลภาวะเหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท ดังรูปที่ 2-35 และตารางที่ 2-1



รูปที่ 2- 35 วัตถุดิบ เชื้อเพลิง และของเสียแของแต่ละกระบวนการผลิตเซรามิก[8]

[8] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, "คู่มือรูปแบบมาตรฐานการผลิตเซรามิกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อสนับสนุนการส่งออกโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด". (2554)

โดยมลพิษจากอุตสาหกรรมเซรามิก สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท ได้แก่

(1) กากของเสียที่เป็นวัตถุแข็ง

กากของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ กากของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาแล้วเป็น Scrap ที่มีตำหนิรุนแรงที่ไม่อาจขายได้ทั้งการเผาบิสกิต และการเผาเคลือบ แบบพิมพ์ปลาสเตอร์หมดอายุ อุปกรณ์เตาเผา แผ่นรองเผา และลูกกลิ้งเซรามิก (ดังรูปที่ 2-36)

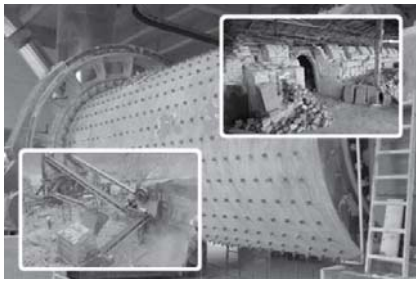
โดยทั่วไปแล้วทางโรงงานจะนำกากของเสียที่เป็นวัตถุแข็งไปฝังกลบในพื้นที่ต่าง ๆ เกิดเป็นค่าใช้จ่ายในการกำจัดที่สูง หากกระบวนการในการจัดเก็บและจัดการกากของเสียไม่เพียงพอต่อปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น หรือการจัดเก็บที่ไม่มีประสิทธิภาพย่อมส่งผลโดยตรงต่อชุมชนโดยรอบโรงงานและพื้นที่จัดการกากของเสีย รวมทั้งเกิดปัญหาด้านสุขอนามัยของชุมชน และปัญหาด้านอื่น ๆ ของชุมชน เช่น ปัญหาน้ำเสีย ปัญหาขาดแหล่งน้ำอุปโภค-บริโภคและการอุดตันของท่อระบายน้ำ เป็นต้น

รูปที่ 2-36 ของเสียเซรามิกประเภทเศษเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร และเครื่องสุขภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน

(2) ฝุ่นจากกระบวนการผลิต

ฝุ่นเกิดขึ้นมาจากการเตรียมวัตถุดิบ การบดแร่ กระบวนการขึ้นรูป และการตกแต่งชิ้นงานหลังการขึ้นรูป โดยส่วนใหญ่แล้วฝุ่นที่ได้จากกระบวนการบดแร่มักเป็นฝุ่นที่ละเอียดมาก โดยเฉพาะกระบวนการบดแห้งที่ใช้ลมในการคัดขนาด ซึ่งผู้ผลิตแร่ส่วนใหญ่ยังไม่มีระบบกำจัดฝุ่นที่ดีพอทำให้สิ่งแวดล้อมในโรงงานและรอบ ๆ เต็มไปด้วยมลภาวะจากฝุ่นซึ่งเป็นอันตรายอย่างมากต่อระบบทางเดินหายใจ นอกจากนี้ฝุ่นที่เกิดจากการเตรียมเนื้อดินแบบ Spray Dryer จากกระบวนการเตรียมเนื้อดินแบบแห้งจะทำให้เกิดฝุ่นเป็นจำนวนมาก ถึงแม้ว่าผู้ผลิตจะมีเครื่องมือในการดักฝุ่นเป็นอย่างดีแล้วก็ตาม

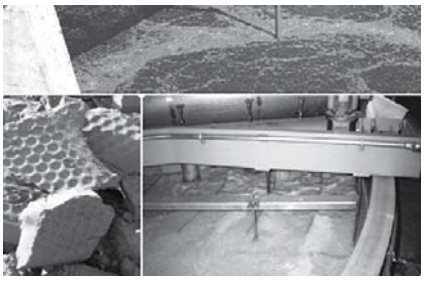
ฝุ่นละอองก่อให้เกิดปัญหามลพิษหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ และลดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งที่ดูดซับและหักเหแสงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบของฝุ่นละออง รวมทั้งทำให้เกิดความสกปรกแก่ตัวโรงงานและชุมชนโดยรอบ และเป็นอันตรายต่อมนุษย์โดยตรงเมื่อสูดเอาฝุ่นละอองเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคือง แสบจมูก ไอ จาม มีเสมหะ หรือมีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอด และทำอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ



รูปที่ 2-37 กระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดฝุ่น

(3) ตะกอนจากกระบวนการผลิต

อุตสาหกรรมเซรามิกจะมีตะกอนเกิดขึ้นจากกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ คือน้ำดินและน้ำเคลือบ ก่อให้เกิดกากค้างตะแกรงที่มีขนาดใหญ่เกินความต้องการ และเศษลูกบดที่สึกกร่อนจากการบดย่อย นอกจากนี้ตะกอนน้ำดินที่ได้จากการล้างพื้นหรือหม้อบดดิน ตะกอนของสีเคลือบจากการล้างหม้อบดและอุปกรณ์ในการเคลือบ ตะกอนจากกระบวนการผลิตประกอบด้วยน้ำที่ออกมาจากกระบวนการทั้งการเตรียมเนื้อดินและสีเคลือบ เนื้อดิน สีเคลือบ กากที่เหลือค้างบนตะแกรงในกระบวนการกรองน้ำดินและสีเคลือบ และสิ่งสกปรกที่ปนมากับการทำงานซึ่งโดยทั่วไปแล้วกากเหล่านี้ก็คือพวกวัตถุดิบที่เป็น Hard Materials และเศษลูกบดที่สึกหรอออกมาจากหม้อบดนั่นเอง หลายโรงงานจึงใช้วิธีการกำจัดโดยการเก็บเศษตะกอนเหล่านี้รวมกันเพื่อนำไปฝังกลบ และนำกลับไปผสมในกระบวนการผลิต ดังนั้นการจัดเก็บตะกอนเหล่านี้ต้องมีมาตรการที่ดี หากการจัดเก็บที่ไม่มีประสิทธิภาพย่อมก่อให้เกิดมลพิษทางดิน ทางน้ำ และส่งผลไปสู่ชุมชนโดยรอบโรงงาน



รูปที่ 2-38 กระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดตะกอน

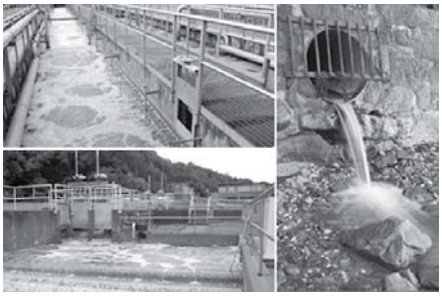
(4) น้ำเสีย

อุตสาหกรรมเซรามิกก่อให้เกิดน้ำเสียตั้งแต่ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการทำความสะอาดโรงงาน โดยเฉพาะน้ำเสียที่ปล่อยออกจากโรงงานผลิตเซรามิกก่อสร้างและสุขภัณฑ์ จะประกอบไปด้วยสารพิษที่เป็นอันตราย คือ สารแขวนลอยที่มีสารประกอบแร่ซิลิเกต เช่น ดินเหนียว ผลึกควอทซ์ แร่ฟันม้า และยังมีสารประกอบออกไซด์และคลอไรด์ โลหะหนักที่มาจากสารละลายจำพวกสี และสารเคลือบ นอกจากนี้การผลิตเซรามิกสุขภัณฑ์แบบขัดเงาจะมีน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการอบแห้ง และน้ำเสียที่เกิดจากการบด

และขัดเงา ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างมาก (เครื่องจักรไลน์การผลิตขัดเขาเซรามิกมีการใช้น้ำถึง 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

โดยจะพบว่าโรงงานขนาดใหญ่หรือโรงงานที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของนิคมอุตสาหกรรมมีระบบการบำบัดน้ำเสีย ก่อนการนำมาใช้ใหม่ภายในโรงงาน หรือการปล่อยออกนอกโรงงาน ในขณะที่โรงงานขนาดเล็กถึงขนาดกลางมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่มีการบำบัดน้ำเสีย โดยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะถูกปล่อยระบายสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดังแสดงในรูปที่ 2-39 หากการบำบัดไม่เหมาะสม อาจเกิดเป็นผลกระทบจากภาวะมลพิษทางน้ำ โดยเป็นแหล่งแพร่ระบาดของเชื้อโรค เกิดความรำคาญ เช่น กลิ่นเหม็น สูญเสียทัศนียภาพ และเกิดความไม่น่าดู เป็นต้น รวมทั้งน้ำเสียทำให้สัตว์น้ำหลายชนิดเกิดการตาย การย้ายถิ่นหรืออาจสูญพันธุ์ในที่สุด

นอกจากนี้น้ำเสียยังกระทบต่อการผลิตน้ำดื่มน้ำใช้เป็นอย่างยิ่ง เพราะแหล่งผลิตน้ำดื่มน้ำใช้ได้จากแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำลดลง



รูปที่ 2-39 การบำบัดน้ำเสีย และการปล่อยน้ำเสียออกสู่ลำธารสาธารณะ

(5) มลพิษทางอากาศ

จากการผลิตเซรามิกเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์หรืออุณหภูมิไม่สูงพอ ทำให้เกิดมลพิษ เช่น ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เขม่าและขี้เถ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เป็นต้น โดยพบว่ากระบวนการเผาที่ใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงมักเกิดปัญหามลพิษมากกว่าการใช้น้ำมันหรือก๊าซ เนื่องจากการควบคุมปริมาณเชื้อเพลิง อากาศ และอุณหภูมิในการเผาไหม้ให้มีความเหมาะสมได้ค่อนข้างยาก โดยมลพิษทางอากาศ ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบหายใจ มะเร็งผิวหนังระบบประสาท และอาจสะสมในเนื้อเยื่อร่างกาย สารพิษที่ระบายออกสู่บรรยากาศ บางชนิดคงตัวอยู่ในบรรยากาศได้เป็นเวลานาน และแพร่กระจายออกไปได้ไกล บางชนิดทำปฏิกิริยาต่อกันและเกิดเป็นสารใหม่ที่เป็นอันตราย เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีสารกำมะถันเจือปน เมื่อทำปฏิกิริยารวมตัวกับน้ำและกลั่นตัวเป็นฝน จะมีฤทธิ์เป็นกรด และหากมีปริมาณมากในบรรยากาศจะเป็นฝนกรดซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น

นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ออกไซด์ของไนโตรเจน เมื่อลอยขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศ จะปกคลุมมิให้รังสีความร้อนจากผิวโลกระบายขึ้นสู่บรรยากาศ

ระดับสูงขึ้นได้ ทำให้เกิดการสะสมความร้อนของผิวโลก หรือทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก การตรวจสอบมลพิษทางอากาศทำได้โดยการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องระบายอากาศเตาเผาเซรามิกมีลักษณะการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 2-40

รูปที่ 2-40 การตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องระบายอากาศเตาเผาเซรามิก

(6) พลังงานความร้อน

อุตสาหกรรมเซรามิกมีพลังงานความร้อนเหลือใช้จากเตาเผาเป็นปริมาณมาก ถ้าเป็นการเผาผลิตภัณฑ์แบบต่อเนื่องในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องและสุขภัณฑ์สระบุรี เป็นต้น มีการนำความร้อนเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ ดังแสดงในรูปที่ 2-41 เหลือความร้อนปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศเพียงเล็กน้อย ในขณะที่โรงงานขนาดกลางถึงเล็ก มีการเผาผลิตภัณฑ์แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเกิดพลังงานความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอและเพียงพอต่อการนำมาใช้ประโยชน์ พลังงานความร้อนเหล่านี้จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วน และปลดปล่อยพลังงานความร้อนที่เหลือออกสู่บรรยากาศ

รูปที่ 2-41 การนำอากาศร้อนจากปล่องเตาเผาเซรามิกกลับมาใช้ใหม่ในการอบผลิตภัณฑ์

7) มลพิษทางเสียง

มลพิษทางเสียงที่เกิดจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิก ได้แก่ แหล่งกำเนิดเสียงที่มาจากอุปกรณ์เครื่องจักรจำพวกปั๊มลม พัดลม และปั๊มสุญญากาศ และเสียงที่เกิดจากวัสดุหินซึ่งบุอยู่ด้านในของหม้อบด ซึ่งทำให้ความดังของเสียงถึง 80-120 เดซิเบล

เอกสารอ้างอิงบทที่ 2

1. China Eco-Efficiency Research Center (CERC). 1996.**"Cleaner Production Audit Guideline for Ceramics".**
2. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.**อุตสาหกรรมเซรามิกส์.** [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.dmr.go.th (วันที่ค้นข้อมูล 16 พฤศจิกายน 2554).
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.2550. **เอกสารเผยแพร่โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอโลหะ.** กรุงเทพฯ.
4. กระทรวงอุตสาหกรรม. 2554. **รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมรายไตรมาส ไตรมาส 2 ปี2554** (เมษายน-มิถุนายน) . กรุงเทพฯ.
5. ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.**ประเภทของเซรามิก.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.mne.eng.psu.ac.th (วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤศจิกายน 2554).
6. ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.2553. **สถานการณ์อุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ.
7. สมาคมศึกษานโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.2553.**รายงานโครงการจัดทำยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก (The Study of Ceramics Industry's Strategy).** กรุงเทพฯ.
8. สำนักนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 2 สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม.2553. **รายงานการศึกษาฉบับสมบูรณ์ โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาเซรามิกและแก้ว).** กรุงเทพฯ.
9. ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. **บทความวิชาการ เรื่อง ความเป็นมาของเซรามิกและการผลิตเบื้องต้น.**[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://ceramiccenter.dip.go.th (วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤศจิกายน 2554).
10. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553. **คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก.** กรุงเทพฯ.
11. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554. **คู่มือรูปแบบมาตรฐานการผลิตเซรามิกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อสนับสนุนการส่งออกโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด.** กรุงเทพฯ.

12. ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. **อุตสาหกรรมเซรามิกส์**. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: www.oie.go.th (วันที่ค้นข้อมูล 16 พฤศจิกายน 2554).

บทที่ 3

Lean Management for Environment สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

ในบทนี้ จะนำเสนอตัวอย่าง Lean Management for Environment สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกบางกระบวนการผลิต เพื่อให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับลีนมากขึ้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการสิ่งแวดล้อมในประเภทอุตสาหกรรมของตนเองได้ ซึ่งในที่นี้คือ “กลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิก” ให้สามารถปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตและปฏิบัติงานในขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างราบรื่น เกิดความสูญเสีย/ ความสูญเปล่าในแต่ละขั้นตอนให้น้อยที่สุด ซึ่งนั่นหมายถึงการที่องค์กรของท่านจะมีต้นทุนการผลิตที่ลดลง ลูกค้า/ ผู้รับมอบงานมีความพึงพอใจเพิ่มขึ้น และในขณะเดียวกันอาจมีผลกำไรเพิ่มขึ้น เกิดระบบการทำงานที่ราบรื่น คุณภาพชีวิตของพนักงานดีขึ้น ของเสียหรือมลพิษลดลง นอกจากนี้ยังได้รับการยอมรับของสังคมรอบข้างมากขึ้น ก้าวไปสู่การเป็นอุตสาหกรรมสีเขียว ตามนโยบายของภาครัฐ ธุรกิจสามารถแข่งขันได้และเกิดความยั่งยืนในที่สุด โดยองค์กรของท่านเริ่มต้นได้ด้วยแนวทางการปฏิบัติในการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมกับลีน 6 ขั้นตอนหลักและ 21 ขั้นตอนย่อย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การเตรียมองค์กรและการสร้างทีมงาน

ขั้นตอนนี้เป็นพื้นฐานสำคัญ ที่จะทำให้ผู้บริหารและพนักงานทุกคนในองค์กรตระหนักถึงความสูญเสียหรือความสูญเปล่าที่อาจจะเกิดขึ้นในธุรกิจและความจำเป็นที่ต้องจัดการสิ่งแวดล้อม สามารถแยกแยะงานที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าออกจากกัน สามารถจัดการกับความเปลี่ยนแปลงและปรับเปลี่ยนทัศนคติของพนักงานทุกระดับ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสนับสนุนจากผู้บริหารและการสร้างความร่วมมือ

ผู้บริหารมีบทบาทในการผลักดันและสนับสนุนการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยการประยุกต์ใช้ลีนให้ประสบผลสำเร็จเป็นไปอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน โดยอาศัยความมุ่งมั่นของผู้บริหาร การให้ความร่วมมือและการสนับสนุน เพื่อให้กิจกรรมดำเนินไปได้ ผู้บริหารสามารถแสดงความร่วมมือได้โดยการประกาศนโยบายขององค์กรอย่างเป็นทางการ แล้วระบุว่าจะนำลีนมาประยุกต์ใช้ในการจัดการองค์กรได้อย่างไร แสดงตัวอย่างความคิดเห็นของผู้บริหาร ดังนี้

> *"แนวคิดระบบการผลิตแบบลีนไม่ใช่เพียงการพัฒนาระบบคุณภาพขึ้นมาใหม่อีกระบบหนึ่งเท่านั้น แต่ระบบได้สอนให้ตัวพนักงานทุกคนเองเข้าใจถึงความสูญเปล่าต่าง ๆ ที่ไม่เกิดประโยชน์ ช่วยปลูกจิตสำนึกในการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่า ช่วยลดต้นทุนของบริษัทฯ และที่สำคัญเป็นการกระตุ้นตัวพนักงานเองให้ตื่นตัวกับการรักษาระบบที่เคยทำไว้อย่างเคร่งครัดและต่อเนื่องตลอดไป"*

รูปที่ 3-1 ความคิดเห็นของผู้บริหารในการนำระบบลีนมาใช้ภายในองค์กร

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/SUDCO.pdf

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดนโยบายและเป้าหมายขององค์กร

นโยบายเป็นเครื่องมือสำหรับผู้บริหาร การกำหนดทิศทางและเป้าหมายการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้ลีนเป็นกรอบชี้นำการปฏิบัติ ทั้งยังก่อให้เกิดเป้าหมายในการปฏิบัติงาน และนโยบายซึ่งจะกลายเป็นบทบัญญัติที่องค์กรจะต้องยึดถือปฏิบัติตาม ตัวอย่างนโยบายของโรงงานเซรามิกแห่งหนึ่ง ดังนี้

<u>นโยบายของบริษัท</u>

นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 บริษัทฯ ได้เข้าร่วมโครงการการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยเทคนิคลีน ทั้งนี้ บริษัทฯ ได้นำเครื่องมือของลีน มาประยุกต์ใช้ในการทำงานเพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการทำงาน โดยมีนโยบายดังนี้

"การดำเนินธุรกิจที่เติบโตอย่างต่อเนื่อง ด้วยการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและสร้างความหลากหลายในผลิตภัณฑ์ที่ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้ามากที่สุด"

รูปที่ 3-2 ตัวอย่างนโยบายการนำระบบลีนมาใช้ในการทำงานภายในองค์กร

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/CPM.pdf

สำหรับการกำหนดเป้าหมาย สามารถพิจารณาจากข้อกำหนด กฎหมาย ข้อบังคับหรือมาตรฐานสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก แล้วนำข้อมูลการผลิต มาตรฐานผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีที่มีอยู่ และความต้องการของลูกค้ามาพิจารณาประกอบ โดยเป็นเป้าหมายเชิงปริมาณ ที่สามารถวัดผล/ประเมินได้ชัดเจน อยู่ในกรอบของนโยบายองค์กร สามารถเข้าถึงและปฏิบัติได้จริง แสดงตัวอย่างเป้าหมายของโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิกแห่งหนึ่ง ดังรูปที่ 3-3

<u>เป้าหมายของบริษัท</u>

☺ ลดระยะเวลาปรับแต่งระหว่างเปลี่ยนรุ่นการผลิตลง 30 เปอร์เซ็นต์

☺ ลดระยะเวลาปรับตั้งที่ขั้นตอนการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dry) ลง 50 เปอร์เซ็นต์

☺ ลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและการปรับแต่งเครื่องจักรในกระบวนการคัดเลือกและจัดเรียงลง 20 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 3-3 ตัวอย่างเป้าหมายของบริษัท

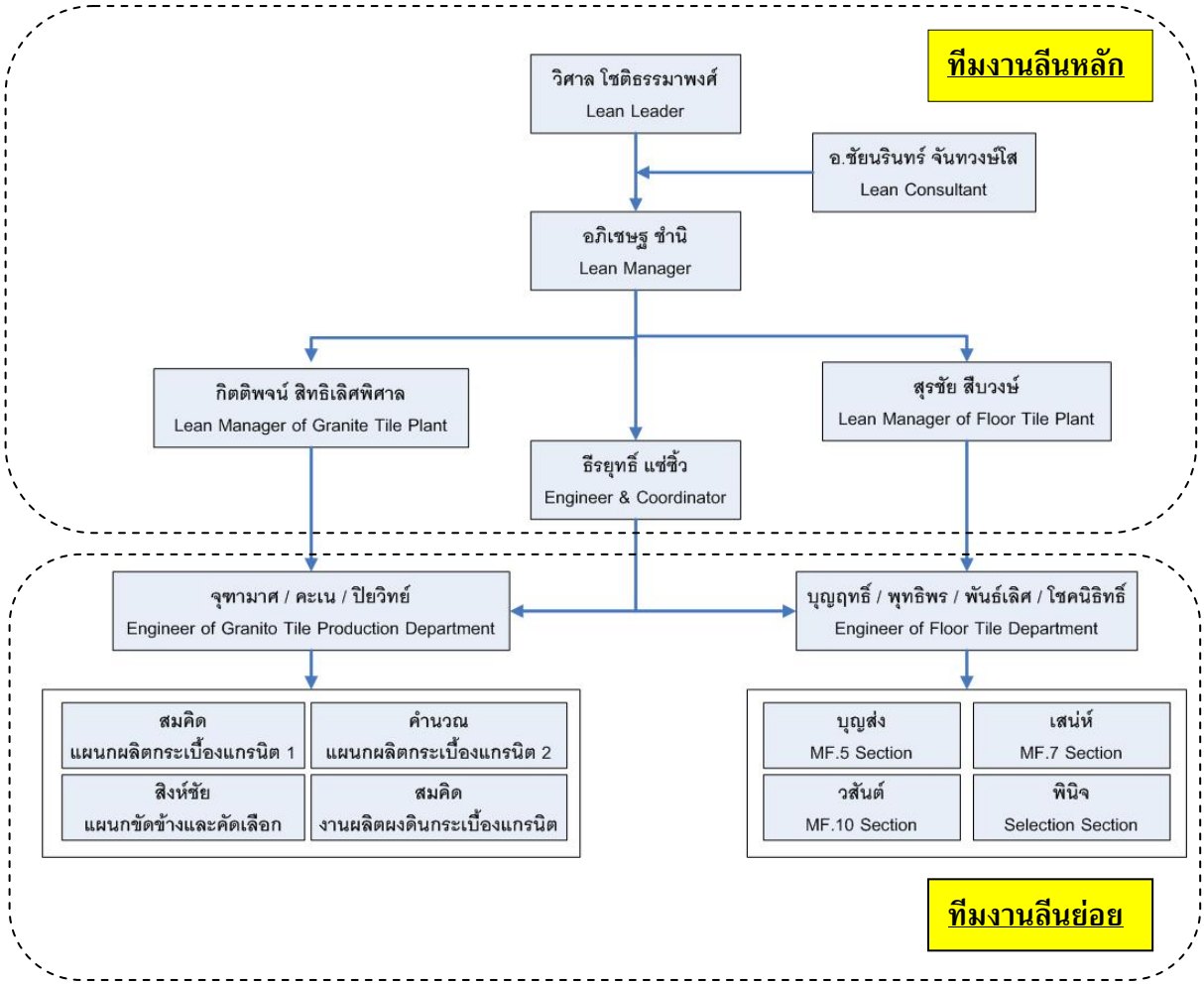
ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Cotto.pdf

ขั้นตอนที่ 3 จัดตั้งทีมงานหลักและทีมงานกลุ่มย่อย

หลังจากที่ได้ประกาศนโยบายสิ่งแวดล้อมขององค์กรแล้ว องค์กรนั้น ๆ จะต้องทำการจัดตั้งทีมงานลีนเข้ามารับผิดชอบการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ โดยการประยุกต์ใช้ลีนเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมนั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงาน โดยทีมงานจะมาจากทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำนวนสมาชิกจะขึ้นกับขนาดขององค์กรและกิจกรรมที่จะต้องทำ ทั้งนี้การจัดตั้งทีมงานลีน ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักสำคัญ คือ

ทีมงานลีนหลัก จะเป็นผู้ที่สามารถสร้างความร่วมมือของทุกหน่วยงานได้ สามารถควบคุมการดำเนินงานของทีมได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความมุ่งมั่นและเชื่อมั่นในผลสำเร็จของการประยุกต์ใช้ลีนเพื่อประโยชน์ในการจัดการสิ่งแวดล้อมขององค์กร โดยสมาชิกของทีมงานจะต้องประกอบด้วยหัวหน้าทีมงานลีนย่อย ซึ่งทีมงานหลักนี้จะมีหน้าที่ขับเคลื่อนกิจกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงานโดยใช้เทคนิคลีนมาประยุกต์ใช้ รวมทั้งประสานงานกับทีมงานลีนย่อยทุก ๆ กลุ่มที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ทีมงานลีนย่อย จะเป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์มีความรู้และเข้าใจกระบวนการผลิต ช่างสังเกตใฝ่รู้ และมีความรับผิดชอบ เป็นตัวแทนจากแต่ละฝ่าย เพื่อให้ได้ความคิดใหม่ ๆ และแตกต่างในการค้นหาปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาจากพื้นที่ทำงานที่พนักงานรับผิดชอบโดยใช้เทคนิค “การทำกิจกรรมกลุ่มย่อย” เพื่อเป็นการสร้างการมีส่วนร่วมและการทำงานเป็นทีมขององค์กร โดยมีตัวอย่างทีมงานลีนของโรงงานเซรามิกแห่งหนึ่ง ดังรูปที่ 3-4

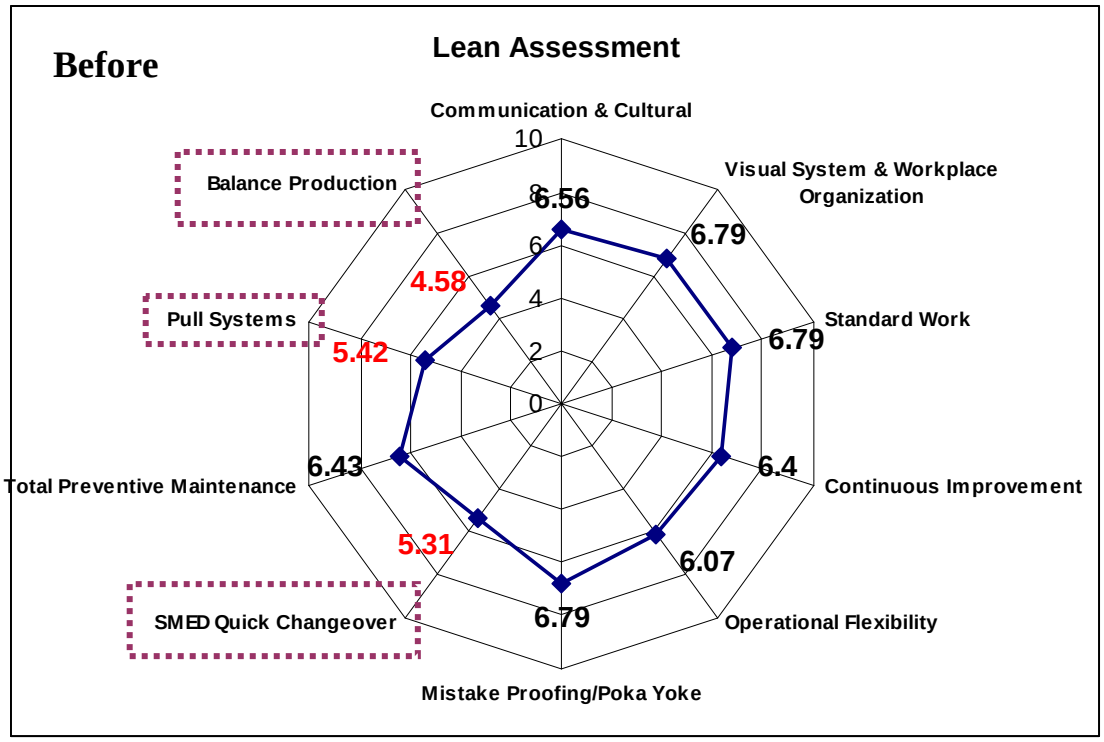


รูปที่ 3-4 ตัวอย่างทีมงานลีนของโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิกแห่งหนึ่ง

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Cotto.pdf

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ความพร้อมขององค์กร

เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้ทีมงานลีนทราบถึงจุดแข็งและจุดอ่อนขององค์กรหรือในพื้นที่ที่จะดำเนินการปรับปรุงว่าปัจจัยใดเป็นประเด็นที่จะได้รับการแก้ไขและปรับปรุงเป็นลำดับแรก ๆ โดยอาศัยหลักของ Lean Assessment มาช่วยในการประเมินความพร้อมขององค์กรเบื้องต้นก่อนที่จะดำเนินการปรับปรุง ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 ตัวอย่างการทำ Lean Assessment ก่อนการดำเนินงานปรับปรุง

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Cotto.pdf

จากรูปที่ 3-5 แสดงให้เห็นว่า เมื่อประเมินแล้วองค์กรนี้มีสัดส่วนของคะแนนน้อยที่สุด 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) การผลิตที่สมดุล 2) การปรับเปลี่ยนรุ่นที่รวดเร็ว 3) ระบบดึงงาน แสดงว่ายังขาดการจัดการที่ดีใน 3 ปัจจัยดังกล่าว จึงเป็นปัจจัยที่ควรได้รับการปรับปรุงมากที่สุดก่อน

อย่างไรก็ตาม สำหรับขั้นตอนการตรวจประเมิน ทุกคนในองค์กรจะต้องพึงรำลึกไว้เสมอว่าการดำเนินการดังกล่าวไม่ใช่การจับผิดหรือการกล่าวโทษผู้ใดว่าเป็นผู้ก่อให้เกิดปัญหาขึ้น แต่เป็นการสร้างความร่วมมือจากทุกระดับให้องค์กรเกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน

ขั้นตอนที่ 5 การพัฒนาบุคลากร

เพื่อให้พนักงานมีความรู้ ความเข้าใจ ตลอดจนสามารถหาและระบุที่มาของความสูญเสีย/ความสูญเปล่าที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งด้านการผลิตและด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นส่วนสนับสนุนและส่งเสริมให้องค์กรมีความพร้อมในการดำเนินงานต่อไปได้อย่างต่อเนื่องและราบรื่น โดยแนวทางการพัฒนาบุคลากรสามารถทำได้ดังนี้

- จัดฝึกอบรมให้ความรู้แก่พนักงานแต่ละแผนกเกี่ยวกับการนำแนวคิดลีนมาใช้ในองค์กร และการลดการใช้ทรัพยากร เช่น พลังงาน น้ำ เชื้อเพลิง เป็นต้น ตลอดจนการสร้างความตระหนักถึงการลดและขจัดความสูญเสีย/ ความสูญเปล่า ซึ่งเป็นความสิ้นเปลืองที่ไม่จำเป็นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดำเนินงานต่างๆ ในกระบวนการผลิตหรือองค์กร

รูปที่ 3-6 การจัดฝึกอบรมให้ความรู้แก่พนักงานแต่ละแผนกเกี่ยวกับแนวคิดลีนและการจัดการสิ่งแวดล้อม

- ปลูกจิตสำนึกและให้ความรู้ทั่ว ๆ ไปแก่พนักงาน สามารถทำได้ง่าย ๆ โดยผ่านกิจกรรมหรือสื่อต่าง ๆ ขององค์กร เช่น การเปิดวิดีทัศน์ การประชาสัมพันธ์เสียงตามสายระหว่างพักกลางวัน การจัดบอร์ดประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับผลการดำเนินงานหรือข้อเสนอแนะ/แนวปฏิบัติที่ดีในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยผลัดเปลี่ยนให้แต่ละแผนกได้มีส่วนร่วมในการนำเสนอผลการดำเนินงานก่อนและหลังที่ได้ดำเนินการปรับปรุง เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของพนักงาน
- การศึกษาดูงานโรงงาน/หน่วยงาน/องค์กรที่ประสบความสำเร็จด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม หรืออื่น ๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับองค์กรได้ในอนาคต

3.2 การชี้บ่งคุณค่า

ขั้นตอนที่ 6 การระบุคุณค่าของสินค้าหรือบริการ

เป็นการระบุคุณค่าของสินค้าหรือบริการจากมุมมองและความต้องการของลูกค้า โดยลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดรายละเอียดของสินค้าที่ต้องการ เช่น จำนวน รูปแบบ ส่วนประกอบ ระยะเวลาการส่งสินค้า เป็นต้น นอกจากนี้ อาจจะทำการเก็บข้อมูลทางการตลาด แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ทราบความต้องการของลูกค้าอย่างแท้จริง ทั้งนี้ กิจกรรมอะไรก็ตามที่ไม่ได้เพิ่มคุณค่าหรือกิจกรรมที่ไม่ใช่ความต้องการของลูกค้า ย่อมจะเป็นกิจกรรมที่สร้างความสูญเสีย/ความสูญเปล่าให้กับองค์กร เช่น การแก้ไขงาน การตรวจซ้ำ การหาข้อผิดพลาดของงาน เป็นต้น

ดังนั้นในขั้นตอนการระบุคุณค่าของสินค้าหรือบริการสำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมเซรามิกนั้น ในคู่มือนี้จะขอยกตัวอย่างบางกระบวนการของโรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิกแห่งหนึ่งในการค้นหาสาเหตุเพื่อลดความสูญเปล่า/ สูญเสียที่เกิดขึ้น จากการสำรวจข้อมูลในกระบวนการผลิต พบว่ามีอุปสรรคในการผลิตหลายอย่าง ได้แก่ ไม่สามารถควบคุมการผลิตให้คงที่ได้เนื่องจากมีการเปลี่ยนรุ่นในการผลิตบ่อยครั้ง การผลิตผงดินไม่ทันความต้องการในขั้นตอนการอัดแผ่นกระเบื้อง

การเทียบสีให้ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าและการส่งมอบสินค้าล่าช้าและไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการระบุคุณค่าของสินค้าตามความต้องการของลูกค้า โดยแสดงการตั้งเป้าหมายเพื่อลดความสูญเปล่าและอุปสรรคในการทำงานได้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การตั้งเป้าหมายเพื่อลดความสูญเปล่าและอุปสรรคในการทำงาน

ขั้นตอนการผลิต	การดำเนินงาน	เป้าหมาย
การอัดกระเบื้องและเคลือบสี	Granito (MF.9) ลดระยะเวลาการปรับแต่งระหว่างการเปลี่ยนรุ่นในการผลิตก่อนทำการผลิตให้ดีขึ้นในกระบวนการ Press	2.4 ชั่วโมง/ครั้ง 2 ครั้ง/วัน/7 เครื่อง
	Granito Porcelain (MF.10) ลดระยะเวลาการปรับแต่งระหว่างการเปลี่ยนรุ่นในการผลิตก่อนทำการผลิตให้ดีขึ้นโดยการเตรียมสีและอุปกรณ์	60 นาที/ครั้ง 120 ครั้ง/เดือน/8 เครื่อง
การเตรียมผงดิน	การเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการผลิต โดยการลดเวลาปรับตั้งที่ขั้นตอนการอบแห้งแบบพ่นฝอย	8 ชั่วโมง/วัน/2 เครื่อง
การคัดเลือกและจัดเรียง	Granito (MF.9) การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของเครื่องจักรโดยการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและการปรับแต่งเครื่องจักรในกระบวนการคัดเลือกและจัดเรียง	5.5% ของเวลาที่สูญเสียทั้งหมดในแผนกการคัดเลือกและจัดเรียง
	Granito Porcelain (MF.10) การลดของเสียที่เกิดขึ้นเกินข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณภาพของสินค้าที่ทำการผลิตหลักทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น 15%	ลดจำนวนสินค้าชั้นคุณภาพ B+C และ Scrap ลง 2%

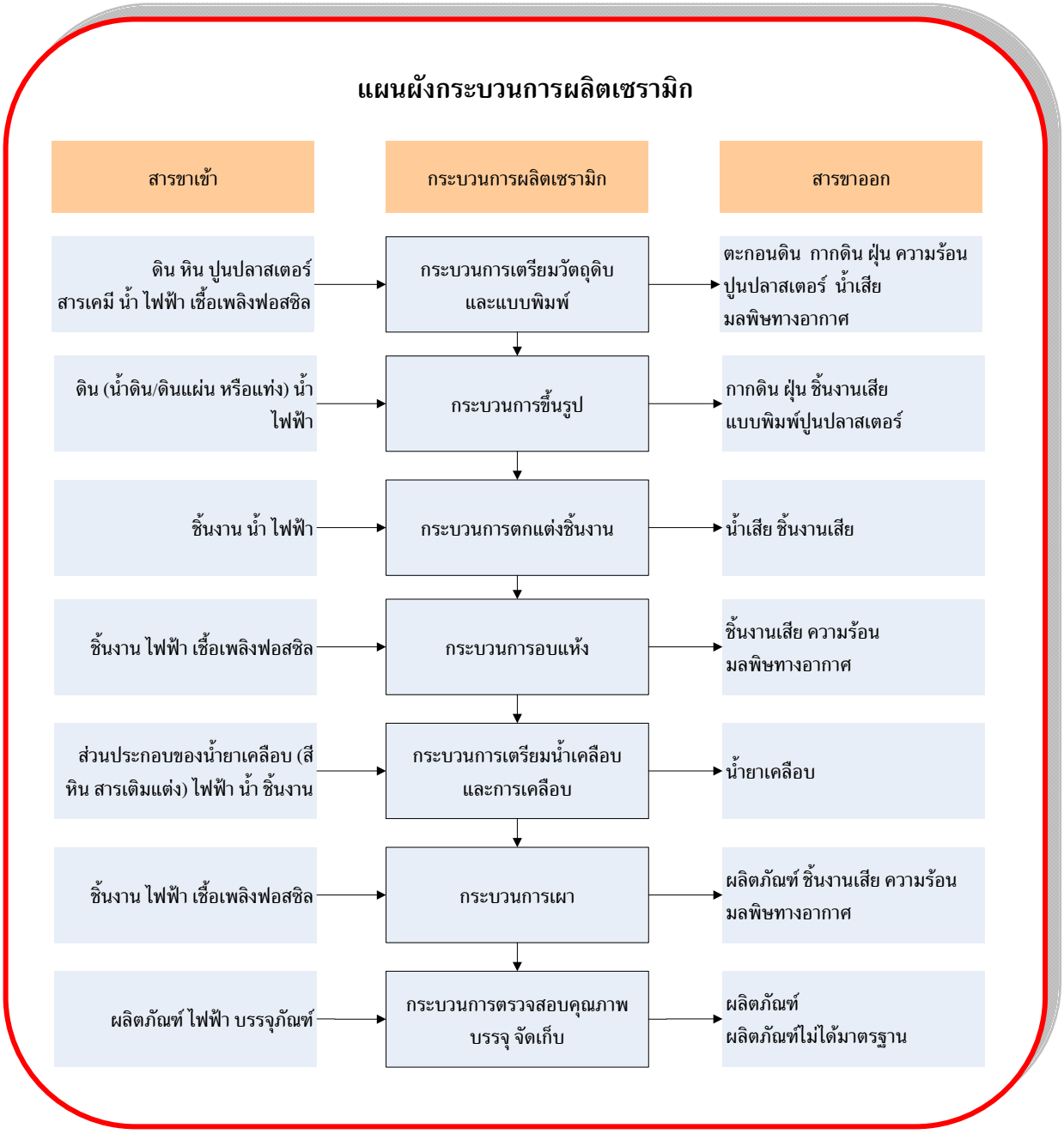
ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Cotto.pdf

ขั้นตอนที่ 7 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

เป็นการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลขององค์กร เพื่อนำไปใช้ในการจัดทำแผนผังคุณค่า (VSM) ในขั้นตอนต่อไป โดยงานในส่วนนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1) การรวบรวมเอกสารข้อมูลที่สำคัญ เช่น

- แผนผังบริเวณองค์กร จำนวนพนักงาน และการจัดองค์กร/โครงสร้างขององค์กร
- แผนภาพกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3-7
- ข้อมูลการใช้พลังงาน วัตถุดิบ น้ำ และของเสีย รวมถึงการบำบัด/กำจัด
- ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้และปริมาณความต้องการของลูกค้า
- ข้อมูลความปลอดภัยในการทำงานและสถิติต่าง ๆ
- แผนผังบริเวณใกล้เคียง แหล่งน้ำ การระบายน้ำ และชุมชนใกล้เคียง เป็นต้น



รูปที่ 3-7 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิก

ที่มา : http://www.deqp.go.th/website/20/images/stories/รูปแบบเซรามิก.pdf

2) เดินสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

การเดินสำรวจองค์กรช่วยให้เห็นภาพและเข้าใจกระบวนการผลิต รวมถึงแหล่งที่มาของการสูญเสีย/สูญเปล่า ซึ่งในการดำเนินงานในส่วนนี้ควรนำข้อมูลเชิงพื้นที่ของทีมงานลีนย่อยมาพิจารณาประกอบเพื่อให้สามารถเห็นภาพรวมทั้งองค์กรได้ชัดเจนขึ้น มีตัวอย่างของข้อสังเกตที่ได้จากการเดินสำรวจภายในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิก ได้ทำการจดบันทึกไว้ ดังนี้

รายการ	ใช่	ไม่ใช่
1. ส่วนพื้นที่เก็บวัตถุดิบ/สารเคมี		
☺ มีการจัดเก็บวัตถุดิบ เช่น ดิน ผงดิน สารเคมี สารเคลือบ และสีย้อม ในภาชนะหรือสถานที่ที่เหมาะสมหรือไม่		
☺ มีเครื่องมือ/อุปกรณ์สำหรับเหตุฉุกเฉิน (ถังดับเพลิง) หรือไม่ ถ้ามี การจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสม ทำให้สามารถหยิบใช้งานได้ทันท่วงทีหรือไม่		
☺ มีการติดฉลากเพื่อบ่งชี้ว่าถัง/ภาชนะนั้นบรรจุสารชนิดใดหรือเป็นอันตรายหรือไม่		
☺ มีการแยกเก็บระหว่างวัตถุดิบใหม่และวัตถุดิบที่ได้จากรีไซเคิลหรือไม่		
2. ส่วนของกระบวนการผลิต		
☺ ภายในโรงงานมีอากาศหมุนเวียนดีหรือไม่ เกิดอาการหายใจไม่ออกหรือร้อนเกินไปหรือไม่		
☺ ได้กลิ่นไหม้หรือกลิ่นผิดปกติในบริเวณโรงงานหรือไม่ (บ่งชี้ความผิดปกติของการเผา)		
☺ อุปกรณ์ที่ใช้ในการชั่งตวงวัดวัตถุดิบและสารเคมีอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่		
☺ พบฝุ่นละอองที่ฟุ้งจากการเตรียมวัตถุดิบและการเผาไหม้จากกระบวนการผลิตสูงเกินไปหรือไม่		
☺ เกิดอาการระคายเคืองตา จมูกหรือคอเมื่อก้าวเข้าไปในโรงงาน (บริเวณเคลือบผิวผลิตภัณฑ์) หรือไม่		
☺ ในกระบวนการเตรียมดิน มีฝาถังกวนดินปิดมิดชิดหรือไม่		
☺ ได้ยินเสียงดังจากการทำงานของเครื่องจักรที่ผิดปกติหรือไม่		
☺ สัมผัสได้ถึงการรั่วไหลตามข้อต่อต่าง ๆ ของระบบอัดอากาศภายในโรงงานหรือไม่		
☺ พนักงานส่วนใหญ่มีการสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมหรือไม่		
3. ส่วนการบำบัดของเสีย ได้แก่ มลพิษน้ำ มลพิษอากาศ ตะกอนดิน		
☺ โรงงาน/องค์กรมีการบริหารจัดสถานประกอบการที่ดีหรือไม่ เพื่อป้องกันการสูญเสียวัตถุดิบ การลดปริมาณของเสีย เป็นต้น		
☺ พนักงานในพื้นที่รับผิดชอบมีโอกาสแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับของเสียหรือการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นหรือไม่		
☺ มีการนำเศษตะกอนดินที่ติดตามเครื่องบด สายพานลำเลียงหรืออุปกรณ์อื่น ๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นใหม่หรือไม่		
4. ส่วนการจัดเก็บผลิตภัณฑ์และสินค้า		
☺ มีผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีรอยตำหนิหรือไม่ (เช่น รอยร้าว รูตัว P ฟองอากาศ จุดดำแดงบนผิวชิ้นงาน เป็นต้น)		
☺ มีการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ซ้อนกันหลายชั้นเกินไปหรือไม่ (บ่งชี้ถึงความเสี่ยงด้านความปลอดภัย)		
☺ แสงสว่างเพียงพอในการคัดแยกชิ้นงานดีและชิ้นงานเสียหรือไม่		
☺ ภายในโรงงานมีการกำหนดเส้นทางเดินรถโฟคลิฟท์ที่ชัดเจนหรือไม่		

3.3 การประเมินโดยละเอียด

การประเมินโดยละเอียดเป็นขั้นตอนการประเมินหาแหล่งกำเนิดและสาเหตุการสูญเสีย พร้อมทั้งกำหนดมาตรการหรือข้อเสนอในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการสูญเสียที่สามารถนำไปปฏิบัติ โดยสามารถแบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 8 การจัดทำแผนผังคุณค่าของแต่ละขั้นตอน

การจัดทำแผนผังคุณค่าของแต่ละขั้นตอน ทำให้สามารถทราบถึงแหล่งกำเนิดของเสียและความสูญเสีย/สูญเปล่า ช่วยให้แยกแยะการใช้พลังงานและวัตถุดิบ รวมถึงความไม่สมดุลที่เกิดขึ้นของแต่ละขั้นตอน

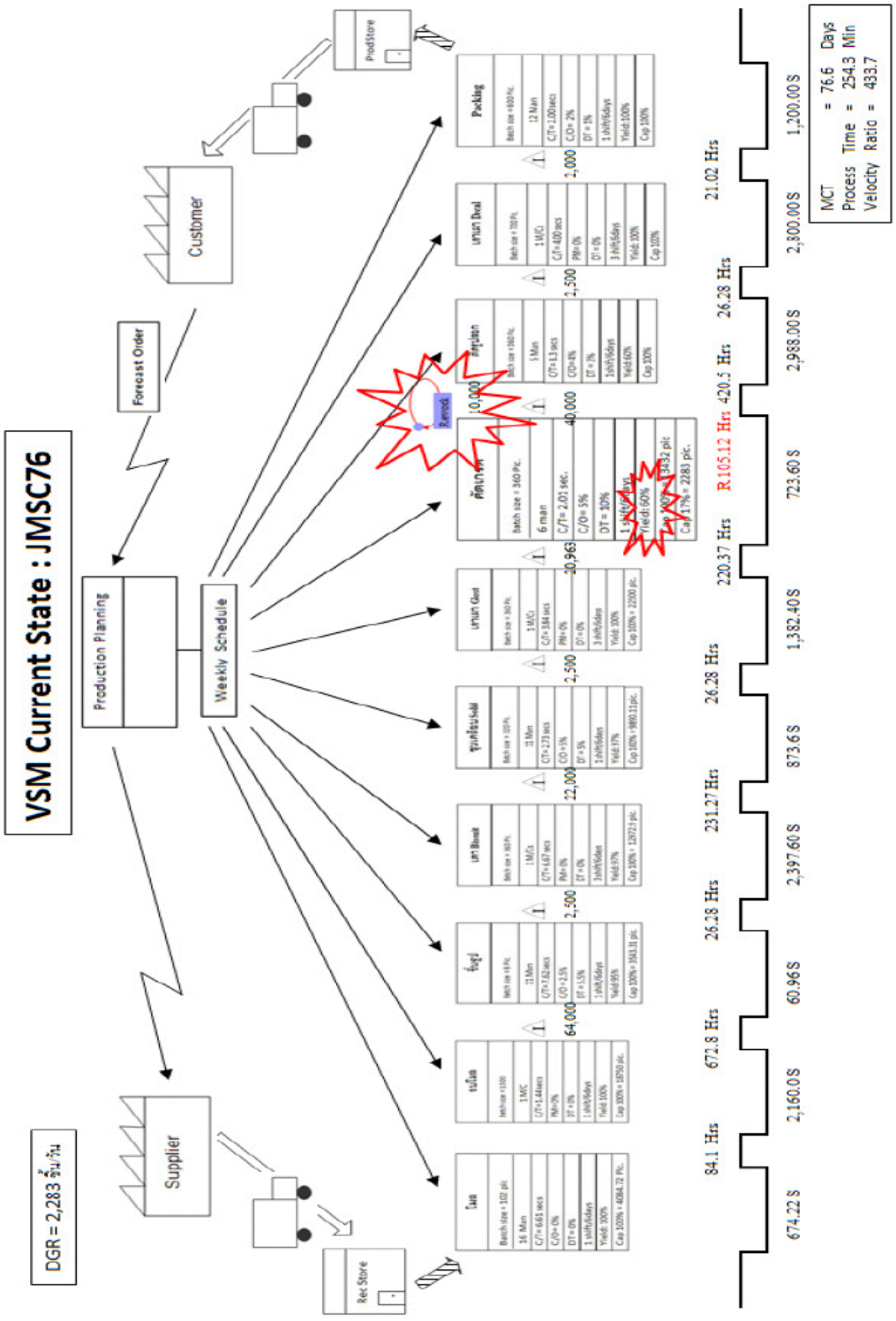
- **<u>การจัดทำแผนผังคุณค่าของแต่ละขั้นตอน (VSM)</u>**

เป็นการวิเคราะห์กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด และกิจกรรมไม่เพิ่มคุณค่าเพื่อระบุปัญหาและพยายามค้นหาความสูญเสีย/สูญเปล่าที่เกิดขึ้น โดยแบ่งการจัดทำแผนผังได้ ดังนี้

1. <u>การจัดทำแผนผังคุณค่าปัจจุบันแต่ละขั้นตอน</u> มีการดำเนินการจัดเก็บข้อมูลกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้ทราบถึงขั้นตอนการไหลของงาน การเชื่อมโยงระบบขนส่ง ปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ต่อการปฏิบัติงาน การเกิดของเสีย ความเหมาะสมของรอบเวลาการผลิตและเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด ตลอดทั้งกระบวนการดำเนินงาน โดยมีตัวอย่างแผนผังคุณค่าปัจจุบันในกระบวนการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิก ดังรูปที่ 3-8

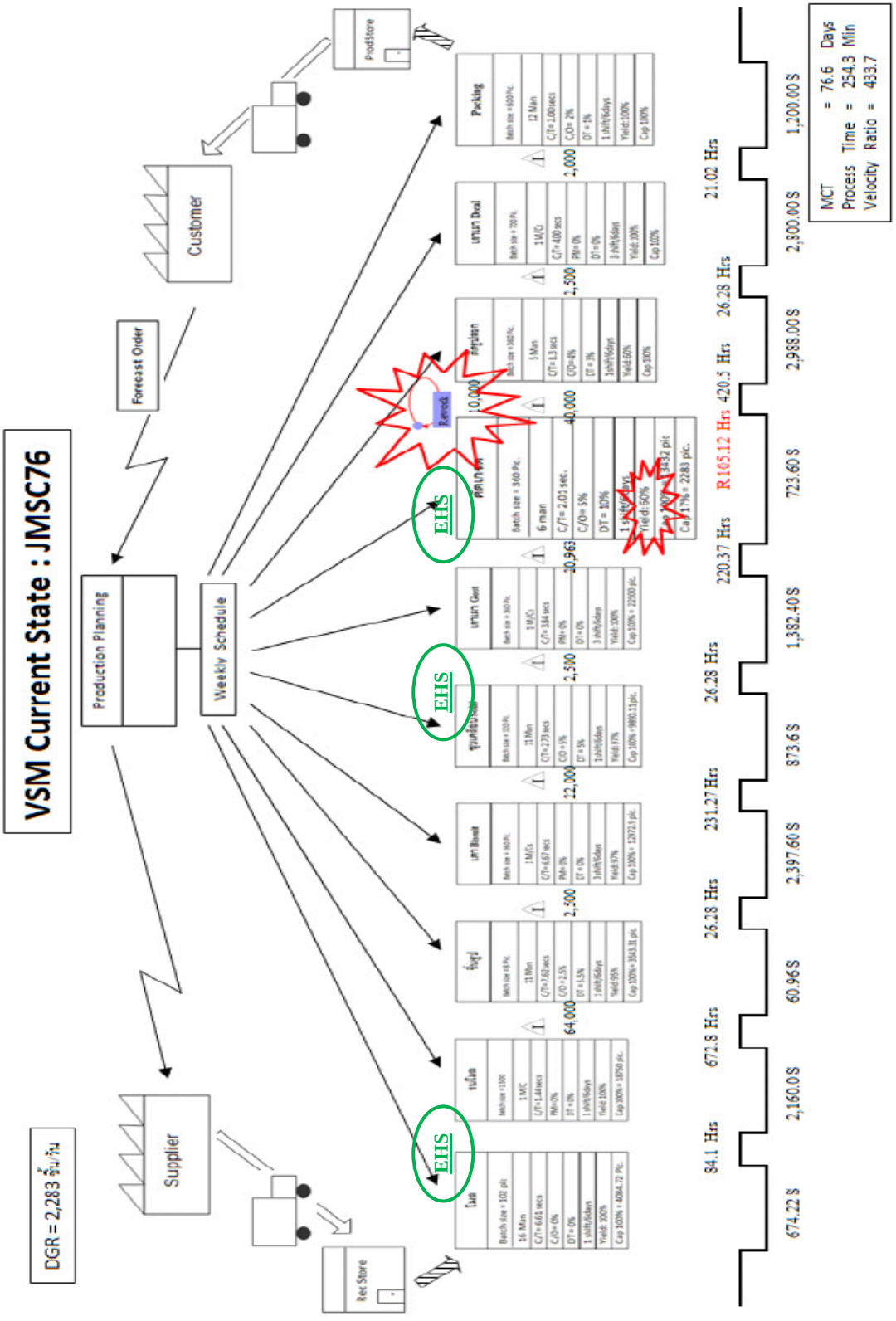
2. <u>การจัดทำแผนผังคุณค่าปัจจุบันพร้อมกับแสดงสัญลักษณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษและข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น</u> โดยสัญลักษณ์ “EHS”แสดงในขั้นตอนที่บ่งบอกว่ากระบวนการ/กิจกรรมที่มีโอกาสเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งอาจใส่ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นแต่ละขั้นตอน ดังรูปที่ 3-9

3. <u>การจัดทำแผนผังคุณค่าปัจจุบันกับเส้นการใช้วัตถุดิบ</u> เป็นการใส่ข้อมูลการใช้วัตถุดิบทุกขั้นตอน ซึ่งจะทำให้ทราบและสามารถคำนวณได้ว่ามีปริมาณของเสีย/มลพิษเกิดขึ้นเป็นจำนวนเท่าไร ดังรูปที่ 3-10 แสดงให้เห็นว่า มีการนำวัตถุดิบใส่ใน กระบวนการผลิตจำนวนต้องการเป็นจำนวนเท่าไร ใช้ไปจำนวนเท่าไร และเหลือเป็นของเสียจำนวนเท่าไร



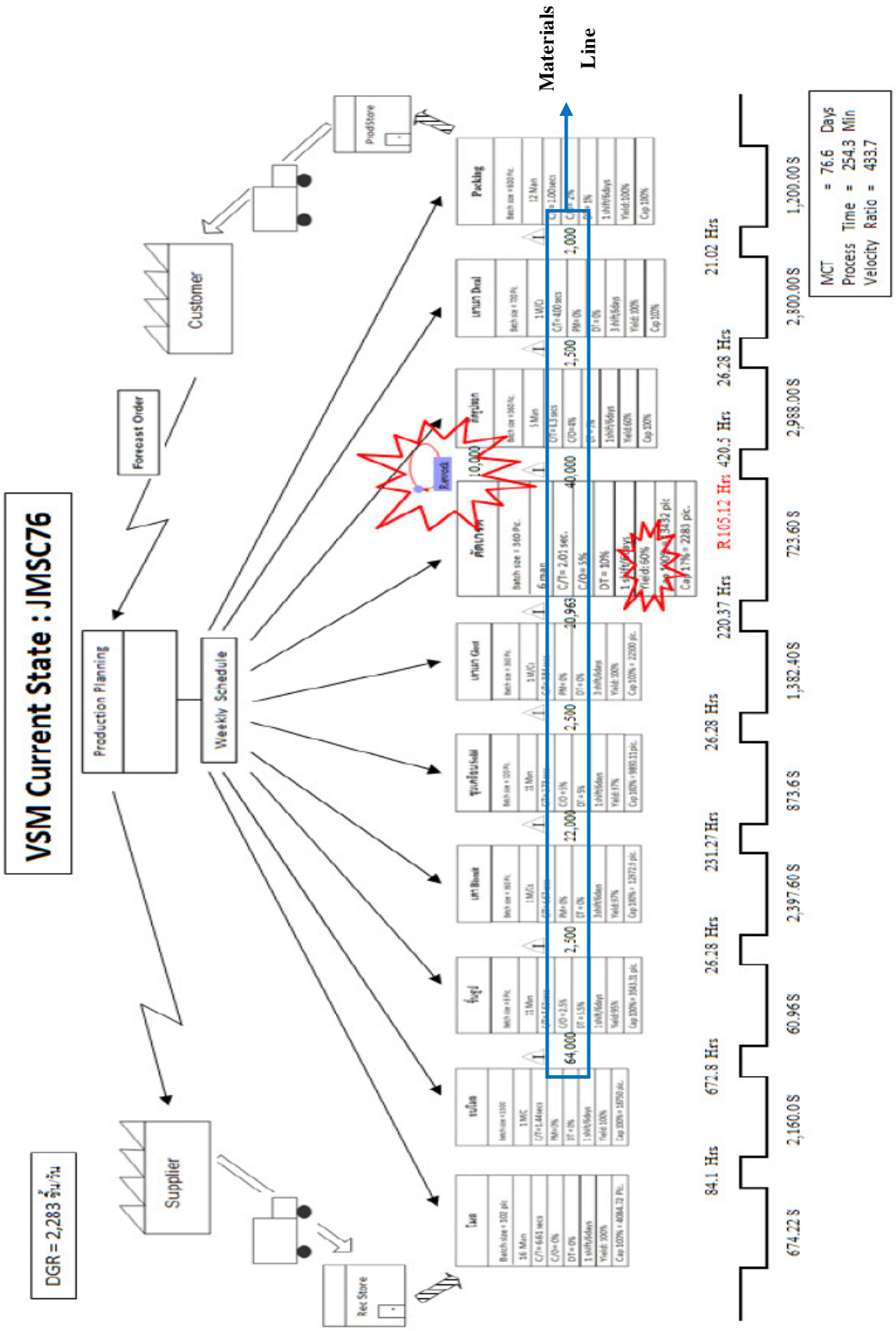
รูปที่ 3-8 ตัวอย่างการจัดทำแผนผังคุณค่าปัจจุบัน

ที่มา :. http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Crown_ceramics.pdf



รูปที่ 3-9 การจัดทำแผนผังคุณค่าปัจจุบันที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ และข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิก

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Crown_ceramics.pdf



รูปที่ 3-10 แผนผังคุณค่าปัจจุบันกับเส้นการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิก

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Crown_ceramics.pdf

จากข้อมูล VSM ของกระบวนการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิกและจากการเข้าพูดคุยกับพนักงานในสายการผลิต พบปัญหาที่สำคัญและข้อเสนอแนะสำหรับองค์กรนี้ คือ

1. การผลิตของทุกๆ ผลิตภัณฑ์มีค่า Yield ต่ำมาก อันเนื่องมาจากสินค้าส่วนใหญ่ที่ผลิตออกมามีรอยตำหนิและรูปทรงบิดเบี้ยวไม่ได้มาตรฐาน เมื่อนำมาเขียนผัง VSM จึงมีข้อเสนอแนะให้มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบให้มีขนาดเหมาะสมและปรับปรุงถังใส่น้ำยาเคลือบไม่ให้มีตะกอนตกค้างที่ก้นถังขณะกวน หลังจากการปรับปรุงส่งผลให้สินค้าที่ผลิตได้มีค่า Yield สูงขึ้น
2. พนักงานตรวจสอบชิ้นงาน มีการตรวจชิ้นงานผิดพลาดสูง โดยบอกว่าชิ้นงานดีเป็นชิ้นงานเสีย และชิ้นงานเสียเป็นชิ้นงานดี จึงเสนอแนะให้ทำการสอนพนักงานตรวจสอบชิ้นงานใหม่และให้ใช้หลักเกณฑ์การตรวจสอบชิ้นงานอย่างมีระบบ

ขั้นตอนที่ 9 การหาสาเหตุของความสูญเสีย

เป็นการหาสาเหตุของของเสียและการสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน โดยมีหลักการพิจารณา ดังนี้

(1) ประเด็นปัญหาที่ควรพิจารณา

จะพิจารณาตามความสูญเปล่า 7 ประการ ซึ่งมีรายละเอียดตามคู่มือ Lean Management for Environment สำหรับคู่มือเล่มนี้จะกล่าวถึงประเด็นความสูญเปล่าบางประการที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมเซรามิก โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ประเด็นปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเสียสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

ประเด็นปัญหา	ความหมาย/ตัวอย่าง	ผลกระทบ	
		ทั่วไป[1]	สิ่งแวดล้อม[2]
ความสูญเปล่า 7 ประการ			
1) ความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป	- เกิดจากการผลิตเกินจำนวนที่สั่ง	- มีสินค้าเหลือในคลังสินค้าทำให้ สิ้นเปลืองพื้นที่จัดเก็บ - เกิดต้นทุนแรงงานและวัตถุดิบของสินค้าที่ค้างสต๊อก	- เกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงาน เพราะเซรามิกที่กองไว้เป็นจำนวนมากอาจล้มลงมาได้
2) ความสูญเปล่าจากการขนย้ายที่ไม่จำเป็น	- การเคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างการผลิตหลายครั้งโดยไม่จำเป็น	- เสี่ยงต่อการตกแตกหรือบิ่นเนื่องจากเซรามิกก่อนเผามีความเปราะบางมาก โดยเฉพาะของชิ้นใหญ่ที่มีน้ำหนักมาก	- อาจเกิดเศษวัสดุมีคมตกหล่นระหว่างการขนย้าย

[1] วารสารเซรามิกส์. "MUDA กับอุตสาหกรรมเซรามิก" (กันยายน-ธันวาคม 2551)

[2] U.S.EPA "The Lean and Environment Toolkit" (2007)

ประเด็นปัญหา	ความหมาย/ตัวอย่าง	ผลกระทบ	
		ทั่วไป[1]	สิ่งแวดล้อม[2]
3) ความสูญเปล่าจากการเก็บวัตถุดิบคงคลังมากเกินไป	- เกิดจากการสำรองวัตถุดิบไว้เป็นจำนวนมาก	- ต้นทุนบางส่วนจมอยู่กับค่าวัตถุดิบในคลัง - เกิดปัญหาการหาของไม่เจอและต้องซื้อใหม่ - เพิ่มต้นทุนการบริหารจัดการสต๊อกวัตถุดิบและแรงงาน	- วัตถุดิบและสารเคมีบางประเภทมีอายุการใช้งาน เช่น สารเคลือบ หากเก็บไว้นานเกินไปจะเสื่อมสภาพและอาจกลายเป็นของเสียอันตรายในที่สุด
4) ความสูญเปล่าจากการผลิตช้า	- การผลิตสินค้าที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของโรงงาน ไม่เป็นไปตามมาตรฐานและไม่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า (ผลิตไม่ได้ตามแบบ)	- ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นจากการ Rework	- เกิดของเสียจากสินค้าที่ผลิตไม่ได้มาตรฐาน - สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและความร้อนเพิ่มขึ้นจากการแก้ไขและซ่อมแซมชิ้นงาน ที่เสีย
5) ความสูญเปล่าจากการรอคอย	- เกิดจากการผลิตที่มีช่วงคอขวด ทำให้การผลิตในขั้นตอนถัดๆ ไปล่าช้าไปด้วย เช่น วางแผนการผลิตไม่ดีเพราะวัตถุดิบหมด เครื่องจักรไม่พร้อมใช้งาน	- เสียเวลาในการรอคอย - เสียโอกาสที่ไม่สามารถดำเนินการผลิตได้อย่างเต็มที่ - ส่งของไม่ทันเวลา	- เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจากกระบวนการผลิตที่ใช้เวลานานและการเปิดเครื่องจักรรอผลิตในขั้นถัดไป
6) ความสูญเปล่าจากกระบวนการผลิต	- ขั้นตอนการผลิตสินค้าที่ทำแล้วไม่ได้งานเพิ่มขึ้น เช่น การตรวจสอบผลิตภัณฑ์หลังเผาว่ามีรอยร้าวหรือไม่ เมื่อแยกแล้วไม่ได้ส่งไปเคลือบแต่เก็บเป็น สต๊อกไว้ เมื่อจะใช้ค่อยเอาออกมาแล้วตรวจสอบอีกครั้ง	- เสียเวลาในการผลิตและสิ้นเปลืองแรงงาน	- ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนเพิ่มขึ้นในการผลิต
7) ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว	- การเคลื่อนไหวของพนักงานในขณะผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดงาน เช่น การเก็บของใช้ไม่เป็นที่ การเคลื่อนย้ายของขนาดใหญ่น้ำหนักมาก ทำให้พนักงานเกิดความเมื่อยล้า	- เสียเวลาในการเคลื่อนไหวโดยไม่จำเป็น ทำให้การผลิตล่าช้าและไม่ได้ตามมาตรฐาน	- ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าจากการทำงานของพนักงานโดยไม่จำเป็น - การทำงานที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์

ประเด็นปัญหา	ความหมาย/ตัวอย่าง	ผลกระทบ	
		ทั่วไป[1]	สิ่งแวดล้อม[2]
ความสูญเปล่าอื่น ๆ			
ความสูญเปล่าจากวิธีปฏิบัติงาน	**<u>บุคลากร</u>** - การขาดบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญเฉพาะด้าน - การยึดถือวิธีการปฏิบัติดั้งเดิม - การขาดระบบการฝึกอบรม - การขาดสิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกอบรม - ความไม่มั่นคงของงาน - ความกลัวที่จะทำให้ความลับของบริษัทรั่วไหล - การมีบุคลากรไม่เพียงพอทำให้บุคลากรทำงานภายใต้แรงกดดัน - ความจำเป็นในการพึ่งพาแรงงานประจำหรือแรงงานจากสัญญาว่าจ้าง **<u>พนักงานขาดแรงจูงใจ</u>** - ขาดการชมเชยพนักงานที่ประพฤติดี - ขาดระบบการให้รางวัลหรือทำโทษพนักงาน - การให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตมากไป แต่ไม่ให้ความสำคัญกับบุคลากรไปพร้อมกัน - ขาดการยอมรับและความสนใจจากผู้บริหารระดับสูง		- ประสิทธิภาพการดำเนินงานต่ำหรือเพิ่มความยากให้กับงานมากขึ้น - ขาดพนักงานที่มีความสามารถและมีทักษะในการปฏิบัติงาน
ความสูญเปล่าจากเทคโนโลยี/อุปกรณ์	***<u>การใช้งานและบำรุงรักษา</u>*** - การขาดการตรวจวัดปริมาณจากการใช้น้ำ/อากาศ - การใช้งานเครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ - การใช้เครื่องจักรต่ำกว่าความจุของเครื่องที่กำหนดไว้ (ขาดประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องจักร/ อุปกรณ์ให้ถูกต้องหรือเป็นไปตามคุณสมบัติของเครื่อง) - ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อป้องกันการเสื่อม - การควบคุมสภาวะการผลิตไม่เหมาะสม - การรั่วของท่อวาล์วและข้อต่อต่าง ๆ ของเครื่องจักร - การหกของสารจากสายพาน ***<u>การออกแบบกระบวนการผลิต/เครื่องจักร</u>*** - เครื่องจักรที่ใช้ด้วยกันมีความ สามารถในการผลิต (ความจุ) ไม่สอดคล้องกัน - วัตถุดิบที่นำมาผลิตเครื่องจักร/อุปกรณ์ไม่มีคุณภาพ - เครื่องจักรที่ถูกออกแบบ บางประเภทต้องการการบำรุงรักษามาก - การนำขั้นตอนการผลิตที่ควรหลีกเลี่ยงมาใช้งาน - ขาดข้อมูลหรือความชำนาญในการออกแบบ ***<u>เทคโนโลยี</u>*** - การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมือนกันทั้งที่มีการเปลี่ยน		- ขาดความแน่นอนในการผลิต ทำให้ไม่สามารถสนับสนุนการผลิตอย่างต่อเนื่องได้

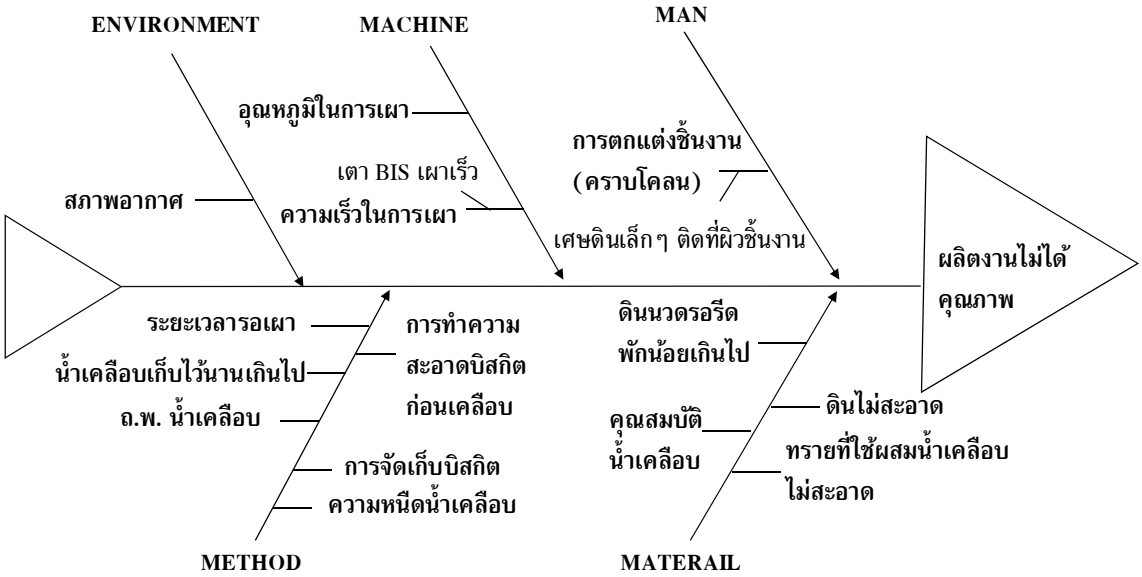
ประเด็นปัญหา	ความหมาย/ตัวอย่าง	ผลกระทบ	
		ทั่วไป[1]	สิ่งแวดล้อม[2]
	- ชนิดผลิตภัณฑ์/วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต - เทคโนโลยีที่ดีกว่ามีคุณภาพ จะมีราคาแพง - โรงงานมีขนาดเล็กทำให้มีพื้นที่ในการผลิตน้อย - ขาดข้อมูลที่เป็นประโยชน์		
ความสูญเปล่าจากของเสีย	- ขาดระบบการแยกของเสียที่ดี - การละเลยที่จะนำเอาวัสดุจากกระบวนการบางชนิดกลับมาใช้ใหม่ - การละเลยที่จะนำเอาพลังงานกลับมาใช้ใหม่ - มีการจัดการที่ไม่เหมาะสม		- อาจเกิดการปนเปื้อน - เสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดและบำบัดเพิ่มขึ้น

(2) การวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของความสูญเสีย /สูญเปล่า

หลังจากพบประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาประเด็นข้างต้นแล้ว จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง ด้วยผังก้างปลา และ Pareto Chart รายละเอียดดังนี้

➢ **แผนผังแสดงเหตุและผล หรือผังก้างปลา หรือผังอิชิกาวา**[3]

เป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดปัญหานั้น ซึ่งสิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็นทีมหรือเป็นกลุ่ม โดยปัญหาจะแสดงอยู่ที่หัวปลา และส่วนก้างปลาเป็นการรวบรวมสาเหตุของปัญหา ซึ่งตัวอย่างการทำผังก้างปลาสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก แสดงดังรูปที่ 3-11

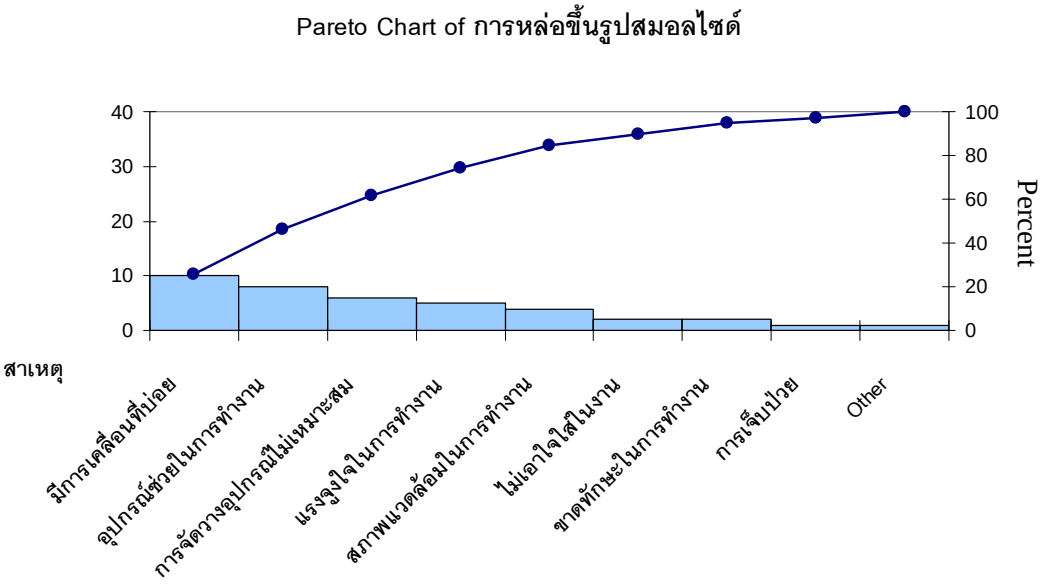


รูปที่ 3-11 การทำแผนผังแสดงเหตุหรือผังก้างปลาสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Crown_ceramics.pdf

[3] http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.html

➢ **Pareto Chart**[4] เป็นแผนภูมิแท่งทางสถิติที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพของการผลิต โดยอาศัยหลักการจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการผลิต เพื่อพิจารณาเลือกเรื่องที่มีความสำคัญมาก มาทำการแก้ไขปรับปรุงก่อน ดังตัวอย่างรูปที่ 3-12



Count	**10**	**8**	**6**	**5**	**4**	**2**	**2**	**1**	**1**
Percent	**25.6**	**20.5**	**15.4**	**12.8**	**10.3**	**5.1**	**5.1**	**2.6**	**2.6**
Cum%	**25.6**	**46.2**	**61.5**	**74.4**	**84.6**	**89.7**	**94.9**	**97.4**	**100**

รูปที่ 3-12 การเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาจากกระบวนการหล่อขึ้นรูปเซรามิกสมอลไซด์

ที่มา : http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2551/inma0851ps_ch5.pdf.

ขั้นตอนที่ 10 การกำหนดมาตรการ

การกำหนดมาตรการจัดการกับปัญหานั้นจะต้องสอดคล้องกับสาเหตุของประเด็นปัญหาที่วิเคราะห์ได้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตามประเด็นปัญหาหนึ่งอาจมีหลายสาเหตุ และในแต่ละสาเหตุอาจมีข้อเสนอมากกว่า 1 วิธีได้ จึงมีการรวบรวมข้อมูลและระดมความคิดเพื่อให้ได้มาตรการที่ดีที่สุด เพื่อให้เกิดการดำเนินงานที่ไหลอย่างต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-3

[4] http://www.ismed.or.th/SME2/src/upload/knowledge/117142387545d2828301395.pdf

➢ **การกำหนดมาตรการ**

ตารางที่ 3-3 ตัวอย่างการกำหนดมาตรการ

ประเด็นปัญหา	ตัวอย่างมาตรการและแนวทางป้องกันและแก้ไข [5]
ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น	
1) ความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป	▪ กำจัดจุดคอขวด โดยการศึกษาเวลาการทำงานของแต่ละขั้นตอนในการผลิตว่าทำงานสมดุลกันหรือไม่ หากพบว่าขั้นตอนใดมีกำลังการผลิตต่ำกว่าขั้นตอนอื่น ๆ ก็ให้จัดการแก้ไข ▪ ผลิตชิ้นงานในปริมาณที่ต้องการเท่านั้น ซึ่งจะทำให้งานระหว่างกระบวนการผลิตลดลงได้ ▪ พนักงานต้องดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ หากเครื่องจักรมีสภาพทรุดโทรมต้องซ่อมแซมบ่อย นอกจากจะเสียเงินและเวลาในการซ่อมแซมแล้ว ยังทำให้ผลิตของได้ล่าช้าไม่ทันความต้องการของลูกค้า หรือสินค้าที่ผลิตออกมามีคุณภาพต่ำ ▪ กำหนดการผลิตในแต่ละล็อตให้น้อยลง ▪ ลดเวลาตั้งเครื่องโดยปรับปรุงวิธีการทำงานและจัดลำดับขั้นตอนการทำงานให้เหมาะสม จัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมเพื่อลดเวลาในการหาสิ่งของ ▪ ฝึกพนักงานให้มีทักษะหลายอย่างในการปฏิบัติงาน เพื่อให้ทำงานได้หลายหน้าที่ เมื่อมีงานเร่งด่วนก็สามารถย้ายไปช่วยสถานีอื่น อันจะทำให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่องและลดปัญหาการผลิตที่ไม่เหมาะสมลงได้
2) ความสูญเปล่าจากการขนย้ายที่ไม่จำเป็น	▪ วางผังเครื่องจักรให้ใกล้กับบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดความสะดวกคล่องตัวในการปฏิบัติงานมากที่สุด ▪ พยายามลดการขนส่งซ้ำซ้อนกัน ▪ ใช้อุปกรณ์ในการขนถ่ายที่เหมาะสม
3) ความสูญเปล่าจากการเก็บวัตถุดิบคงคลังมากเกินไป	▪ กำหนดจุดต่ำสุดและสูงสุดในการจัดเก็บวัสดุแต่ละชนิด ▪ ใช้การควบคุมด้วยการมองเห็นเพื่อช่วยในการจัดเก็บและหยิบใช้ เช่น สี แผ่นป้าย ▪ การควบคุมปริมาณการสั่งซื้อจากอัตราการใช้ด้วยระบบที่ง่ายที่สุด ▪ ปรับปรุงระบบการจัดเก็บให้มีลักษณะเข้าก่อนออกก่อน

[5] http://boonchob.fix.gs/index.php?topic=112

ประเด็นปัญหา	ตัวอย่างมาตรการและแนวทางป้องกันและแก้ไข [5]
4) ความสูญเปล่าจากการผลิตซ้ำ	■ มีมาตรฐานของงาน วัสดุที่ถูกต้อง ■ พนักงานต้องปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามมาตรฐานตั้งแต่แรก ■ อบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ■ ดัดแปลงอุปกรณ์ให้สามารถป้องกันความผิดพลาดจากการทำงาน เช่น การดัดแปลงอุปกรณ์ให้ไม่สามารถใช้งานได้ หากชิ้นงานไม่สมบูรณ์ **เป็นต้น** ■ ตั้งเป้าหมายให้ผลิตของเสียเป็นศูนย์ ■ ให้มีการตอบสนองข้อมูลทางด้านคุณภาพอย่างรวดเร็ว ยิ่งสามารถทราบถึงสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้เร็วมากเท่าไร การแก้ไขก็จะง่ายขึ้นเท่านั้นและยังช่วยลดปริมาณการผลิตของเสียในลักษณะซ้ำๆ กันให้น้อยลงด้วย ■ ปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานและการผลิต ■ บำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพดี
5) ความสูญเปล่าจากการรอคอย	■ **จัดสมดุลของกระบวนการ ให้มีการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนให้มีรอบเวลาทำงานเท่ากันหรือสมดุลกัน** ■ **จัดวางผังแบบเซลลูล่า** ■ **ลดเวลาการตั้งเครื่องจักร** ■ **จัดกิจกรรม TPM** ■ **ฝึกให้พนักงานมีทักษะการทำงานหลายด้าน โดยใช้หลักความยืดหยุ่นของทรัพยากร** ■ **จัดกิจกรรมในช่วงเวลาว่างให้เกิดประโยชน์ เช่น กิจกรรม 5ส การฝึกอบรม การช่วยเหลือแผนกอื่นๆ**
6) ความสูญเปล่าจากกระบวนการผลิต	■ **ออกแบบกระบวนการดำเนินงานแบบแผนภาพกระบวนการไหล** ■ **กำจัดกิจกรรมในกระบวนการที่ไม่จำเป็นออก หรือรวมกระบวนการที่ไม่จำเป็นเข้าด้วย หรือจัดกระบวนการใหม่เพื่อให้มีประสิทธิผลตามที่วางแผนไว้** ■ **ปรับปรุงขั้นตอนการผลิตโดยใช้หลักการ ECSR** ■ **ลดเวลาการตั้งเครื่องจักรให้ใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด**
7) จากสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว	■ ศึกษาการเคลื่อนที่ ให้เกิดการเคลื่อนไหวน้อยที่สุด ■ จัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะสม เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ เสียงที่เหมาะสมต่อการทำงาน ■ ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ให้มีขนาด ความสูง น้ำหนักเหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ■ ทำอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ■ ออกกำลังกาย

ประเด็นปัญหา	ตัวอย่างมาตรการและแนวทางป้องกันและแก้ไข [5]
8) ความสูญเปล่าจากข้อบกพร่องของชิ้นส่วน	■ กำหนดมาตรฐานการทำงาน/ การตรวจสอบ/ การแก้ปัญหา ■ จัดทำคู่มือกระบวนการการดำเนินงานมาตรฐาน (SOP) ■ ใช้อุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด ■ ปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพ ■ ตั้งเป้าหมายให้ผลิตของเสียเป็นศูนย์ ■ หมั่นตรวจสอบเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ■ สร้างจิตสำนึกด้านคุณภาพ ■ อบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจ และสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้อง
ความสูญเปล่าอื่น ๆ	
ความสูญเปล่าจากเทคโนโลยี/ อุปกรณ์	■ เลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดรูปแบบใหม่ ซึ่งสามารถทดแทนรูปแบบเทคโนโลยีการผลิตที่มีอยู่เดิม เพื่อลดปริมาณการเกิดของเสีย และ/หรือทำให้การใช้ทรัพยากร (พลังงาน วัสดุ และน้ำ) ในการผลิตลดน้อยลง/ มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ■ ปรับปรุง/เปลี่ยนเครื่องจักร อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพแทน ■ ปรับการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ให้เหมาะสมและลดการใช้งานของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นลงอย่างมีประสิทธิภาพ
ความสูญเปล่าจากวิธีปฏิบัติงาน	■ จัดทำระบบบริหารจัดการองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น จัดทำแผนผังสายงาน จัดทำคู่มือสำหรับองค์กร จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติ กำหนดหลักเกณฑ์การคัดเลือกพนักงานเข้าทำงานให้ชัดเจน ■ ปรับปรุงการปฏิบัติงานของพนักงานให้ดีขึ้น เพื่อลดระดับการใช้แรงงานและพัฒนาประสิทธิภาพของแรงงาน ■ พัฒนาทักษะการบริหารจัดการของพนักงาน เพื่อลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดของเสียในห้องปฏิบัติการหรือกลุ่มปฏิบัติงาน ■ ฝึกอบรมพนักงาน โดยให้การอบรมทักษะที่หลากหลายเพื่อให้สอดคล้องกับความสมดุลของสายการผลิต ■ สร้างแรงจูงใจให้พนักงานเกี่ยวกับการลดของเสียและการปฏิบัติตามมาตรฐานโดยการให้รางวัลและมีบทลงโทษให้ชัดเจน
ความสูญเปล่าจากของเสีย	■ การหมุนเวียน/การใช้ซ้ำให้มากที่สุด ก่อนที่จะนำไปกำจัด/บำบัด

ในที่นี้คณะผู้เขียนจะขอยกตัวอย่างการกำหนดมาตรการในการจัดการความสูญเปล่าหรือของเสียแต่ละสาเหตุของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิก ดังนี้

➢ ตัวอย่างมาตรการของโรงงานผลิตอิฐบล็อก[6]

โรงงานอุตสาหกรรมผลิตอิฐบล็อกแห่งหนึ่ง ได้นำเครื่องมือลีนมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการทำงาน เนื่องจากโรงงานมีเวลาการหยุดเครื่องจักรมาก อันเป็นผลมาจากการไม่มีมาตรฐานการปฏิบัติงานและบุคลากรมีความสามารถไม่เพียงพอ ทำให้ยอดผลิตอิฐบล็อกไม่เพียงพอกับการจำหน่าย

หลังจากมีการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภูมิก้างปลาแล้ว และใช้เครื่องมือลีนในการปรับปรุง คือ Standardized Work จึงได้จัดทำมาตรฐานในการทำงานเพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการผลิตดังนี้

1. การปรับปรุงการคลุมผ้าใบเพื่อลดระยะเวลาการหยุดเครื่องจักรให้น้อยลง

มาตรฐานการทำงาน: กำหนดให้พนักงานขับรถยกเป็นผู้คลุมผ้าใบบ่มอิฐทุกวัน เวลา 11.30 น. และ 16.30 น.

2. การเพิ่มอุปกรณ์ความปลอดภัยที่เครื่องจักร

มาตรฐานการทำงาน: ปรับปรุงสถานีการทำงานให้เกิดความปลอดภัยโดใช้การ์ดกั้นจุดที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากเครื่องจักรเพื่อป้องกันอันตรายขณะพนักงานปฏิบัติงาน

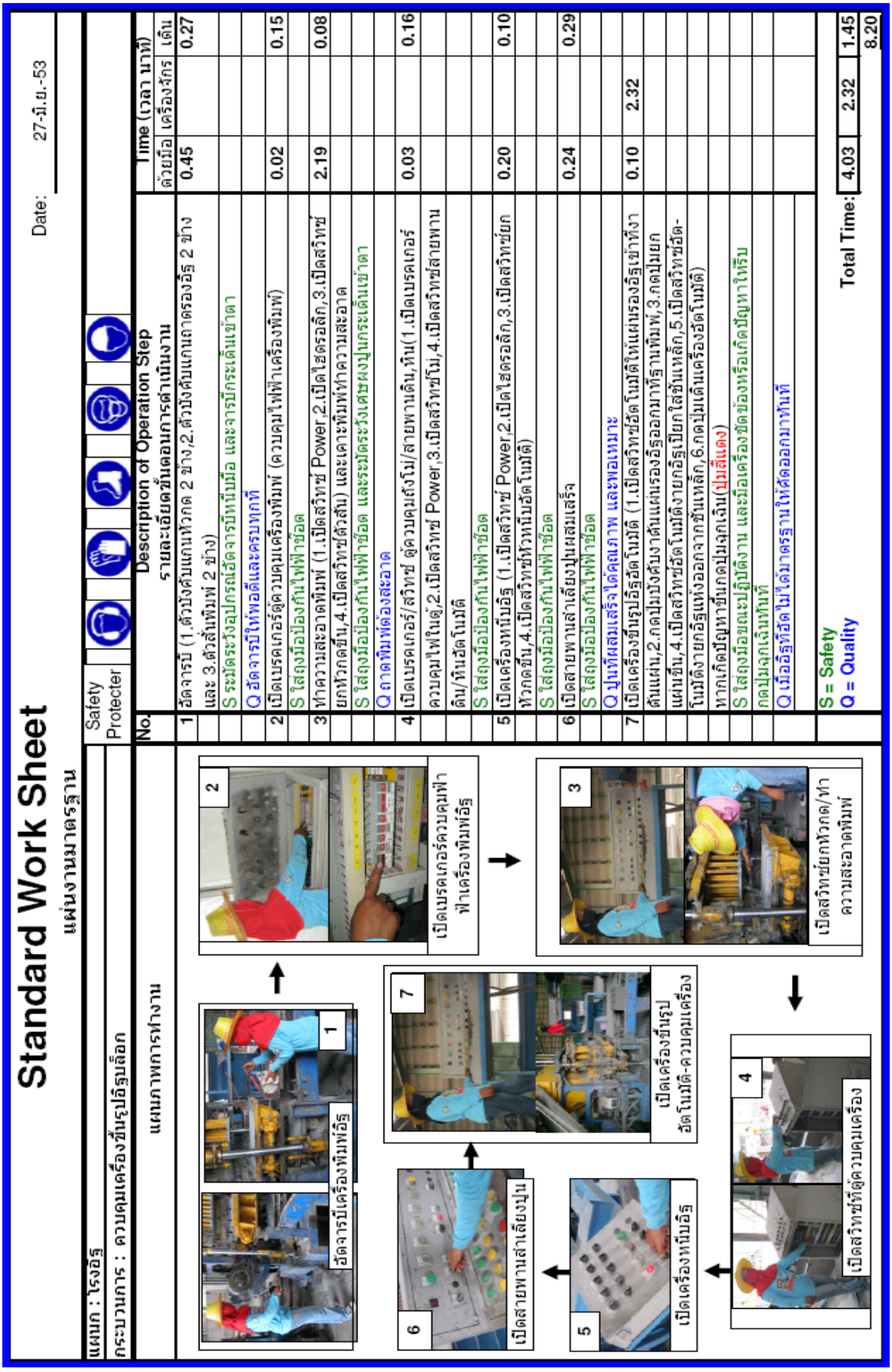
3. จัดทำคู่มือมาตรฐานการทำงานเพื่อฝึกอบรมพนักงาน

มาตรฐานการทำงาน: ฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติงานและพนักงานใหม่ให้มีการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานให้เกิดความสามารถได้เท่าเทียมกันและสามารถปฏิบัติในตำแหน่งต่าง ๆ แทนกันได้และรวดเร็วขึ้น

รูปที่ 3-13 การฝึกอบรมพนักงานทุกคนให้มีความสามารถเท่าเทียมภายใน 3 เดือน

[6] http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/SJC.pdf

ตัวอย่างการจัดทำคู่มือมาตรฐานการทำงานโดยจัดทำ Standard Worksheet



4. เปลี่ยนถังโม่เป็นแบบไม่จับปูน

มาตรฐานการทำงาน: จัดให้มีถังโม่ผสมสำรอง 1 ถัง และให้มีการเปลี่ยนถังโม่ทุก ๆ 6 เดือนต่อครั้ง

5. จัดให้มีกิจกรรม 5ส เพื่อดูแลเครื่องจักร

มาตรฐานการทำงาน: ให้มีการทำ 5ส ในพื้นที่การทำงานทุกวัน วันละ 5 นาทีก่อนกลับบ้าน

6. ปรับแต่งแม่พิมพ์เพื่อลดจำนวนเศษปูนที่ตกหล่น

มาตรฐานการทำงาน: จัดให้มีหวีแม่พิมพ์สำรองไว้ และเปลี่ยนหรือแก้ไขเมื่อช่องหวีแม่พิมพ์แตกหรือเสื่อมสภาพ

➢ ตัวอย่างมาตรการของโรงงานผลิตวัสดุทนไฟ[7]

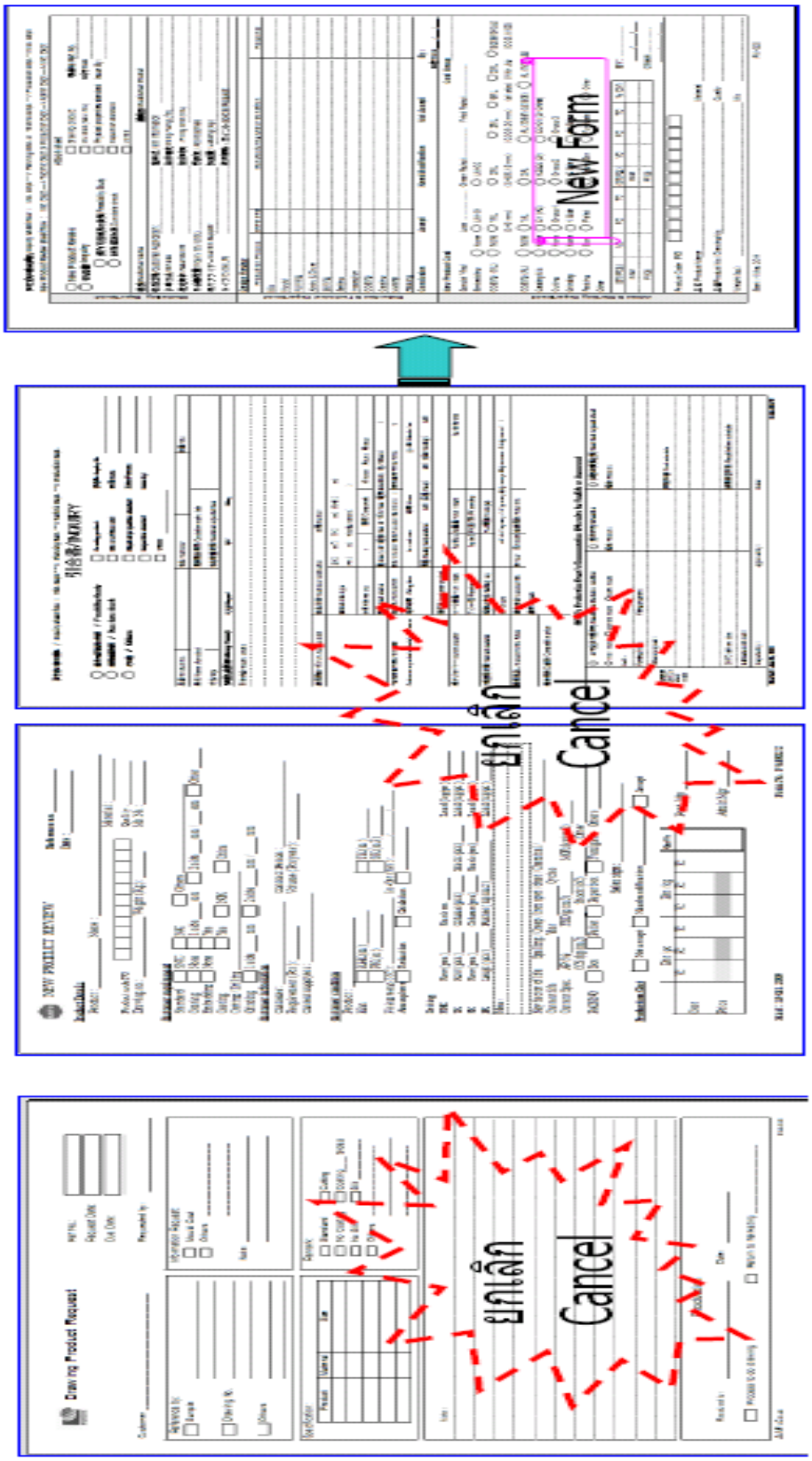
โรงงานผลิตวัสดุทนไฟ ใช้เป็นอุปกรณ์รองรับชิ้นงานในเตาเผาแห่งหนึ่ง ได้นำเครื่องมือลีนมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการทำงาน ได้ใช้เครื่องมือในการปรับปรุง คือ Pull Systems เนื่องจากมีขั้นตอนที่เป็นคอขวดของการผลิต ได้แก่ ของขาดสต๊อก การสิ้นเปลืองเวลาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังนั้นทางทีมงานจึงได้จัดปรับปรุงขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อลดขั้นตอนและเวลาที่ไม่จำเป็นออกและกำจัดคอขวด ดังนี้

1. การลดขั้นตอนและเวลาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่

ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ พบว่าใช้เวลานาน เนื่องจากมีหลายขั้นตอนในการพิจารณาและเอกสารมีการสูญหายเนื่องจากมีหลายแฟ้ม และมีงานประเภทออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ประมาณ 30-40 รายการต่อเดือน ใช้เวลาประมาณ 11,958 นาทีต่อรายการและมี Internal Process เท่ากับ 32 Step ดังนั้นจึงหามาตรการแก้ไขเพื่อลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น ดังนี้

- ยกเลิกการทำแบบฟอร์ม Drawing Request เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน
- ใช้แบบฟอร์มใหม่ที่รวมระหว่าง New Product Review และ Inquiry Sheet ช่วยลดขั้นตอนซ้ำซ้อนและลดเวลาลงได้
- ปรับขั้นตอนการ Flow ของเอกสาร โดยการทำ Tag Flow ในแฟ้มเอกสารและกำหนดตารางที่ชัดเจนในการเดินเอกสารเวียน

[7] http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Siam_NGK.pdf.



รูปที่ 3-14 การยกเลิกแบบฟอร์มเก่าและใช้แบบฟอร์มใหม่

2. การลดการรอคอยอุปกรณ์และวัสดุในการบรรจุเนื่องจากของขาดสต๊อก

ในขั้นตอนการบรรจุสินค้า เนื่องจากขาดการประสานงานในการเดินเอกสาร รวมทั้งการอนุมัติและจัดเก็บเอกสารต่าง ๆ ไม่เป็นระบบระเบียบ จึงเกิดความล่าช้าในการดำเนินงานและทำให้เกิดการสูญเปล่าในการผลิต ดังนั้นจึงมีมาตรการแก้ไข ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- ลดขั้นตอนการออกใบขอซื้อและเอกสาร Mail Box โดยสั่งปริ้นท์มาที่เครื่องถ่ายเอกสาร กำหนดวันละ 2 รอบ เช้า-บ่ายแทน
- เปลี่ยนขั้นตอนการอนุมัติ PR จากเดิมฝ่ายบริหารเป็นแผนกจัดซื้อ
- ลดเวลาอนุมัติใบสั่งซื้ออนุมัติทุก 2 ชั่วโมง
- วางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) ทุกวันจันทร์และออกรูป MRP ใหม่ เพื่อให้รายละเอียดยอดสั่งซื้อคงค้างด้วย
- Stamp "Urgent" ในเอกสาร PR กรณีเร่งด่วน
- ยอดปริมาณการใช้ใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ในปัจจุบัน
- กำหนดยอด min-max ใหม่ โดยพิจารณาจากยอดการใช้และ Lead Time
- จัดเก็บสินค้าใหม่ ให้หาง่ายขึ้น

ขั้นตอนที่ 11การคัดเลือกมาตรการทางเลือก

การคัดเลือกและเรียงลำดับมาตรการ เพื่อจะนำไปศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) จัดกลุ่มมาตรการ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยจัดกลุ่มในแต่ละหน่วยปฏิบัติการให้เป็นระบบและไม่ควรตัดมาตรการใด ๆ ทิ้ง ยกเว้นเห็นเด่นชัดว่ามาตรการนั้นเป็นไปไม่ได้

2) เรียงลำดับมาตรการ เป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากข้อเสนอมักมีค่อนข้างมาก การเรียงลำดับจะช่วยให้สามารถเลือกพิจารณาศึกษามาตรการที่สำคัญ และเกิดประโยชน์มากที่สุดก่อนโดยมีหลักการพิจารณา 4 ประการ ดังนี้

- ความเป็นไปได้ เช่น มีผู้ผลิตอุปกรณ์ที่จำเป็น มีการนำข้อเสนอเทคโนโลยีนี้ไปปฏิบัติแล้ว มีผู้รู้และให้คำปรึกษา เป็นต้น
- ความเหมาะสม เช่น เหมาะกับการผลิตและผลิตภัณฑ์ เหมาะกับวัฒนธรรมขององค์กร ไม่ต้องดัดแปลงมาก เป็นต้น
- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากน้อยเพียงไร ลดปัญหาความเป็นพิษและความเสี่ยงของพนักงาน เป็นต้น
- ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ เช่น การลงทุนค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุนมากหรือน้อยเพียงใด เป็นต้น

ในการพิจารณาทางเลือก ควรให้ทีมงานทุกคนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่อการหาแนวทางแก้ไข การหาข้อมูลจากหน่วยงานอื่น ประกอบการพิจารณาทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ เพื่อคัดเลือกให้เหลือเฉพาะข้อเสนอที่โรงงานสามารถนำไปปฏิบัติได้ในระยะเวลาอันสั้น โดยมีตัวอย่างการพิจารณาทางเลือกสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุตสาหกรรมเซรามิก ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างการพิจารณามาตรการทางเลือก

มาตรการ	คะแนนการคัดเลือก*				คะแนนรวม
	โอกาสในการทำที่เห็นได้ชัด	ความสนใจ/ความร่วมมือ	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	การลงทุน**	
1. ซ่อมชุดโกยหิน-ทราย	3	4	4	3	14
2. ปรับตั้งและเปลี่ยนใบกวน กวาดพื้น, แขนกวน	4	4	2	3	13
3. ซ่อมและปรับปรุงฝาโม่	1	2	4	1	8
4. ซ่อมและเปลี่ยนไลเนอร์พื้น	1	2	3	1	7
5. ซ่อมระบบไฮดรอลิกปิด-เปิดประตูคอนกรีต	1	1	2	1	5
6. ซ่อมชุดกระบอกลม	4	2	1	4	11
7. ซ่อมและปรับตราชั่งหิน-ทราย	1	1	4	1	7
8. ซ่อมปะผุประตูหิน-ทราย	4	4	1	3	12

หมายเหตุ *การให้คะแนน 1 คะแนน = ต่ำ 2 คะแนน = ปานกลาง 3 คะแนน = สูง 4 คะแนน = สูงมาก

**เฉพาะการลงทุน 1 คะแนน = ลงทุนสูงมาก 2 คะแนน = ลงทุนสูง 3 คะแนน = ลงทุนปานกลาง 4 คะแนน = ลงทุนต่ำมาก

มาตรการทางเลือกที่ควรนำไปประเมินโดยละเอียดต่อ คือ มาตรการที่องค์กรให้ความสำคัญในการปรับปรุงเป็นอันดับต้น ๆ ได้แก่ มาตรการที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มาก ใช้เงินลงทุนในการปรับปรุงต่ำ มีโอกาสสำเร็จเห็นผลชัดเจน และเป็นมาตรการที่คนในองค์กรมีความสนใจให้ความร่วมมือสูง

3.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของมาตรการ

การศึกษาความเป็นไปได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกมาตรการที่เป็นไปได้สำหรับลงมือปฏิบัติพร้อมกับผลที่คาดว่าจะได้รับจากแต่ละมาตรการโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 12 การประเมินเบื้องต้น

การพิจารณาการประเมินมาตรการเบื้องต้น แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

☺ มาตรการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ทันที เนื่องจากมีผลประโยชน์ชัดเจน สามารถดำเนินการได้ง่าย รวมทั้งมีค่าใช้จ่ายต่ำหรือไม่มีเลย

☺ มาตรการที่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากเห็นผลประโยชน์ชัดเจน แต่ไม่ทราบถึงความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

☺ มาตรการที่ไม่ชัดเจนหรือไม่เหมาะสม/เป็นไปไม่ได้ ให้ตัดมาตรการเหล่านี้ออกไป

ตัวอย่างการประเมินความเป็นไปได้ของการนำการจัดการสิ่งแวดล้อมกับลีนมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก แสดงดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ตัวอย่างการประเมินความเป็นไปได้ของมาตรการ

มาตรการ	หน่วยผลิต	ปฏิบัติได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
<u>การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง</u>					
1. ลดเวลาการเตรียมเนื้อดิน	หน่วยงานเตรียมน้ำดิน	✓			บริษัทในเครือเดียวกันทำแล้วได้ผลดี ขยายผลได้
2. ลดฝุ่นในขั้นตอนปั๊มขึ้นรูปกระเบื้อง	หน่วยงานขึ้นรูป		✓		ต้องศึกษาการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นให้เหมาะสมกับพื้นที่การผลิต
3. ลดการใช้คนในการตรวจสอบคุณภาพ	หน่วยงานควบคุมคุณภาพ			✓	ยังไม่มีเทคโนโลยีทดแทน
<u>การบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเอง</u>					
4. จัดกิจกรรม 5ส เพื่อดูแลเครื่องจักรและใช้อุปกรณ์ได้อย่างสะดวก	ทุกหน่วยงาน	✓			ให้พนักงานทำ 5ส ในพื้นที่ของตนเอง 5 นาทีต่อวัน
<u>การบำรุงรักษาตามแผน</u>					
5. การบำรุงรักษาแกนเพลาเครื่องด้วยการอัดจารบีเสียเวลาเปิด-ปิดแกนเพลาประมาณ 3-6 ชั่วโมง	หน่วยงานขึ้นรูป	✓			ความถี่ตามคู่มือเครื่องจักรกำหนดให้ (ทุก 3 เดือน)

ขั้นตอนที่ 13 การประเมินทางเทคนิค

เป็นการประเมินผลกระทบมาตรการต่อกระบวนการ ต่อผลิตภัณฑ์ ต่อกำลังการผลิตและความปลอดภัย เป็นต้น วิธีการประเมินอาจดำเนินการในลักษณะของการทดสอบในห้องปฏิบัติการหรือบริเวณบางส่วนของสายการผลิต หรืออาศัยข้อมูลและประสบการณ์ของบริษัทอื่นหรือจากผู้ผลิต นอกจากนี้ยังอาจจำลองกระบวนการผลิตก่อนเพื่อหาภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมเพื่อสร้างความมั่นใจก่อนลงมือปฏิบัติจริง รายละเอียดการประเมินทางเทคนิคควรปฏิบัติตามหัวข้อต่อไปนี้

1) การแจกแจงรายละเอียดของข้อเสนอ เช่น เปลี่ยนวัตถุดิบ เปลี่ยนเทคโนโลยี/อุปกรณ์ เกณฑ์การผลิต เป็นต้น

2) รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง เช่น ลักษณะทั่วไปของอุปกรณ์ แผนภูมิกระบวนการ วิธีปฏิบัติงาน ตารางการผลิต พื้นที่และสาธารณูปโภคที่ต้องการ เป็นต้น

3) ผลกระทบต่อช่วงเวลาหยุดการผลิต ต่ออัตราการผลิต ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น

4) ผลกระทบต่อการบำรุงรักษา พื้นที่ขนส่งเก็บวัสดุ ห้องปฏิบัติการ จำนวนพนักงาน และการฝึกอบรม

5) ผลกระทบทางกฎหมาย เช่น กฎหมายความปลอดภัย กฎหมายสิ่งแวดล้อม ฯลฯ

ทั้งนี้ เมื่อประเมินทางเทคนิคแล้ว เราจะแบ่งมาตรการออกเป็น 3 กลุ่มคือ

☺ มาตรการที่มั่นใจว่าสามารถดำเนินการให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ

☺ มาตรการที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม

☺ มาตรการที่ไม่สามารถปฏิบัติได้หรือไม่แน่ใจทางเทคนิค โดยให้ตัดข้อเสนอเหล่านี้ทิ้งไป

ตารางที่ 3-6 ตัวอย่างการประเมินทางเทคนิคสำหรับมาตรการของโรงงานสุขภัณฑ์

รายละเอียดมาตรการ	รูปแบบการเปลี่ยนแปลง	เกณฑ์การประเมิน (คะแนน*)			คะแนนรวม	ดำเนินการได้ตามเป้าหมาย	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้/ไม่แน่ใจทางเทคนิค
		ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต	ผลกระทบต่อการบำรุงรักษา	ผลกระทบทางกฎหมาย				
ปรับลด Cycle Time และน้ำหนักกระเบื้อง	ปรับระยะเวลาการเผาให้สัมพันธ์กับน้ำหนักของชิ้นงาน	2	2	1	5	✓		

ขั้นตอนที่ 14 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์เป็นการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลเพื่อคำนวณเงินลงทุนทั้งหมด ซึ่งเป็นผลรวมของค่าปรับปรุงสถานที่ ค่าอุปกรณ์การผลิต อะไหล่ ค่าวัสดุก่อสร้าง ค่าติดตั้งสาธารณูปโภค ค่าก่อสร้างคุมงาน ค่าที่ปรึกษา ดอกเบี้ย ฯลฯ รวมทั้งค่าใช้จ่ายดำเนินการที่อาจเพิ่มขึ้นหลังจากการติดตั้ง นอกจากเงินลงทุนแล้วจะต้องคำนวณค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตที่ประหยัดได้จากการดำเนินตาม

มาตรการ ได้แก่ ลดค่าบำบัดของเสีย ลดค่าวัตถุดิบและพลังงาน กำไรจากคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น กำไรจากค่าผลิตและค่าบำรุงรักษา กำไรจากผลผลิตและ/หรือผลพลอยได้ที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น

2) วิเคราะห์ผลกำไร ซึ่งเราวิเคราะห์ได้จากระยะเวลาคืนทุน หรือมูลค่าเงินปัจจุบัน (NPV) หรืออัตราตอบแทนการลงทุน (IRR) ซึ่งโดยปกติแล้วถ้ามีค่า NPV ต่ำ และค่า IRR สูง จะเป็นมาตรการที่น่าลงทุนและเหมาะสมที่จะนำไปปฏิบัติ โดยรายละเอียดการคำนวณสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในคู่มือ Lean Management for Environment สามารถใช้เอกสารหมายเลข 14-1, 14-2, 14-3, 14-4, 14-5, 14-6 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ ภาคผนวก ข: แบบฟอร์มประเมินการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม เป็นแนวทางสำหรับการประเมินได้

สำหรับคู่มือเล่มนี้จะกล่าวถึงการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายก่อนและหลังในการดำเนินการตามมาตรการหนึ่งของอุตสาหกรรมเซรามิก ดังตัวอย่างต่อไปนี้

***ตัวอย่าง*: ระบุ Base lined / Target / Result ของปัญหาที่เกิดขึ้น และ Cost Saving (บาท/ปี) หรือผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)**

ตารางที่ 3-7ผลการลดค่าใช้จ่ายโดยรวมของการดำเนินการตามมาตรการ

กิจกรรมการปรับปรุง	Base lined (ชม.)	Target (ชม.)	Result (ชม.)	Diff	Cost Saving (บาท/ปี)
1. การเพิ่มประสิทธิภาพของแท่นผลิต	78.1	89.82	90.00	+11.90	214,413,480
2. การเพิ่มประสิทธิภาพของรถรับส่งปูน	29.99	34.49	50.00	+20.01	-
3. การเพิ่มประสิทธิภาพของชุดโม่	54	89.82	90.00	-	4,869,750
4. ชั่วโมงการหยุด	131.55	111.81	94.10	**37.45**	-
รวมผลประหยัดได้					**219,283,230**

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/CPM.pdf
หมายเหตุ การคำนวณต้นทุนที่สามารถลดได้ มีรายละเอียดดังนี้

เวลาการหยุดเครื่องลดลง 37.45 ชั่วโมง คิดเป็น 2,265 นาที ในการผสม 1 ครั้ง/คิว ใช้เวลาประมาณ 2 นาที เท่ากับสูญเสียโอกาสในการผลิตไปจำนวน 1,132.5 คิว หรือคิดเป็นมูลค่าของรายได้เป็นจำนวนเงิน 1,132.5 x 4,300 = 4,869,750 บาท/ปี

หลังจากทำการปรับปรุงการผลิตคอนกรีตสูงขึ้นจำนวน 153.90 คิว/วัน ราคาขาย 4,300 คิว/วัน เพราะฉะนั้นคิดเป็นมูลค่าผลผลิต 219,283,230 บาท/ปี

ขั้นตอนที่ 15 การประเมินทางสิ่งแวดล้อม

การประเมินทางสิ่งแวดล้อมเป็นการประเมินผลกระทบของมาตรการต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการประเมินทำได้ 3 ระดับ คือ

1) การประเมินความเสี่ยงในแง่ของการใช้ทรัพยากร และการก่อให้เกิดมลพิษ

2) การประเมินละเอียดถึงผลขององค์ประกอบในสารป้อนเข้าและสารขาออกใหม่ที่ใช้

3) การประเมินวงจรชีวิต (LCA)

โดยทั่วไปวิธีแรกก็เพียงพอในการประเมินทางสิ่งแวดล้อม เมื่อประเมินทางสิ่งแวดล้อมแล้วจะสามารถแบ่งมาตรการออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

☺ มาตรการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

☺ มาตรการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง

☺ มาตรการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก

จากมาตรการ Kaizen Activities ที่ได้ดำเนินการเพื่อลดความสูญเปล่า สามารถประเมินผลกระทบของมาตรการต่อสิ่งแวดล้อมได้ดังนี้

1) การลดงานที่ไม่ได้มาตรฐาน

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิกแห่งหนึ่ง พบว่าการผลิตของทุก ๆ ผลิตภัณฑ์มีค่า Yield ต่ำมาก ซึ่งมีค่าประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น อันเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ไม่ได้มาตรฐาน โดยของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่คือ รูตัว P และรูปทรงบิดเบี้ยว

มาตรการแก้ไขของเสียชนิดรูปตัว P คือ การเปลี่ยนขนาดถังกวนน้ำเคลือบจากเดิมถังขนาดใหญ่ให้เป็นถังขนาดเล็กลงเพื่อให้น้ำเคลือบเป็นเนื้อเดียวกันมากยิ่งขึ้นในขณะกวนน้ำเคลือบ ซึ่งหลังจากทดลองพบว่า ของเสียชนิดรูตัว P มีจำนวนลดลงจาก 9.1 เปอร์เซ็นต์ เป็น 3.88 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงถึง 2.83 เปอร์เซ็นต์ และมาตรการแก้ไขของเสียรูปทรงบิดเบี้ยว คือ การปรับขนาดปากรีดดินจากเดิม 3 ปาก เป็น 2 ปาก เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความหนาแน่นของดิน ทำให้ของเสียชนิดนี้ลดลงจาก 8.3 เปอร์เซ็นต์ เป็น 5.47 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลง 2.83 เปอร์เซ็นต์ จากการประเมินจะเห็นได้ว่ามาตรการดังกล่าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

2) การลดเวลาสูญเสียจากการทำงานของพนักงาน

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตแห่งหนึ่ง พบว่าในขั้นตอนการผสมปูน ถังโม่มักมีเศษปูนเกาะหนาสะสมมาก จึงต้องใช้เวลาในการเคาะทำความสะอาดถังโม่ในแต่ละวันนาน 30 นาที

มาตรการแก้ไข คือ การเปลี่ยนถังโม่เป็นแบบไม่จับปูนเพื่อลดจำนวนเศษปูนที่เกาะถัง ทำให้ระยะเวลาในการใช้งานถังโม่ในการเคาะทำความสะอาดลดลงเหลือวันละ 10 นาที และกำหนดมาตรฐานในการทำงาน โดยจัดให้มีถังโม่ผสมสำรอง 1 ถัง และให้มีการเปลี่ยนถังโม่ทุก ๆ 6 เดือน/ครั้ง นอกจากนี้ยังทำให้ของเสียที่เกิดจากเศษปูนและการใช้น้ำทำความสะอาดลดลงด้วย จากการประเมินจะเห็นได้ว่ามาตรการดังกล่าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

3) การลดเวลาสูญเสียจากการทำงานของเครื่องจักร

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตแห่งหนึ่ง พบว่าแม่พิมพ์มีการชำรุด ทำให้ปูนที่อัดหล่นออกมาจากเครื่องมาก

มาตรการแก้ไข คือ ทำการปรับแต่งแม่พิมพ์ โดยเปลี่ยนปรับปรุงช่องหวีแม่พิมพ์ใหม่ และจัดให้มีแม่พิมพ์สำรองไว้ รวมทั้งเปลี่ยนหรือแก้ไขเมื่อช่องหวีแม่พิมพ์แตกหรือเสื่อมสภาพ ซึ่งสามารถลดจำนวนเศษปูนที่ตกหล่นลงได้ โดยก่อนปรับปรุงมีของเสียจากเศษปูนเท่ากับ 1,360 กิโลกรัม หลังปรับปรุงของเสียจากเศษปูนลดลงเหลือ 680 กิโลกรัม สามารถลดไปได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นมูลค่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้น 127,670 บาท/ปี จากการประเมินจะเห็นได้ว่ามาตรการดังกล่าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

ตารางที่ 3-8 ตัวอย่างการประเมินทางสิ่งแวดล้อมของโรงงานสุขภัณฑ์

มาตรการ: กำหนดระยะเวลาในการปรับลด Cycle Time และน้ำหนักกระเบื้อง		
การประเมินความเสี่ยงในการใช้ทรัพยากรและการก่อให้เกิดมลพิษ	**ใช่**	**ไม่ใช่**
1. เป็นมาตรการที่ลดความเป็นพิษและการเกิดของเสียจากแหล่งกำเนิดหรือไม่	1	
2. เป็นมาตรการที่ลดการเกิดมลภาวะทางน้ำหรือไม่	1	
3. เป็นมาตรการที่ลดการเกิดมลภาวะทางอากาศหรือไม่	1	
4. เป็นทางเลือกที่ลดปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือไม่	1	
5. เป็นมาตรการที่ลดปริมาณการใช้พลังงานหรือไม่	1	
6. ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างอื่น ๆ อีกหรือไม่		0
7. เป็นมาตรการที่เพิ่มโอกาสการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่หรือไม่	1	
8. เป็นมาตรการที่ก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นไปตามกฎหมายหรือไม่		0
9. เป็นมาตรการที่ทำให้ลดการใช้วัตถุดิบหรือไม่ (ต่อหน่วยผลผลิต)	1	
10. เป็นมาตรการที่ทำให้ลดปริมาณการใช้สารเติมแต่งในกระบวนการผลิตหรือไม่ (ต่อหน่วยผลผลิต)	1	
11. อื่น ๆ (ถ้ามี)		
คะแนนรวม	8	
การให้คะแนน 0 คะแนน = ไม่ใช่ 1 คะแนน = ใช่		

จากการประเมินได้ผลรวม 8 คะแนน ซึ่งแสดงว่าเมื่อโรงงานผลิตสุขภัณฑ์ดำเนินการตามมาตรการกำหนดระยะเวลาในการปรับลด Cycle Time และน้ำหนักกระเบื้อง จะทำให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มาก เนื่องจากมีการใช้ทรัพยากรน้อยลงและเกิดของเสียน้อยลง

ขั้นตอนที่ 16 การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัย [8] [9]

เป็นการประเมินผลกระทบของมาตรการต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัย ซึ่งควรพิจารณาประเด็นดังนี้

- สภาพแวดล้อมในการทำงาน เช่น การตรวจวัดระดับเสียง การตรวจวัดสภาพความร้อน การตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง การระบายอากาศ
- การประเมินคุณภาพอากาศในสถานที่ทำงาน
- ประเมินสภาพการทำงาน
- ประเมินความเสี่ยงและอันตราย
- ความปลอดภัยของเครื่องจักร
- ประวัติการตรวจสุขภาพของพนักงาน

จากมาตรการ Kaizen Activities ที่ได้ดำเนินการเพื่อลดความสูญเปล่า สามารถประเมินผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยได้ดังนี้

1) ลดเวลาสูญเปล่าในการเตรียมงาน

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตแห่งหนึ่ง พบว่า บริเวณเตรียมอุปกรณ์การผลิต มีน้ำท่วมขังและดินโคลนทับถม ทำให้การจัดการยากและหยิบ Girder มาใช้งานลำบาก มาตรการแก้ไข คือ ทำชั้นวางหัวแบ่ง Girder จักเก็บแยกขนาด ทำความสะอาด ปรับปรุง ให้พนักงานสามารถหยิบจับและสะดวกต่อการใช้งาน จากการประเมินจะเห็นได้ว่ามาตรการดังกล่าวมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยน้อย

2) ลดการสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิกแห่งหนึ่ง พบว่า มีการใช้พนักงานจำนวนมากในการเคลื่อนย้ายของจากจุด Stamp ไปยังตำแหน่ง Packing มาตรการแก้ไข คือ การย้ายเครื่อง Stamp ไปยังตำแหน่ง Packing ทำให้ระยะทางลดลง ดังนั้นจึงทำให้คนขนย้ายของน้อยลงและลดความเมื่อยล้าจากการขนย้ายลงได้ โดยสามารถลดจำนวนพนักงานขนของจาก 11 คน เหลือเพียง 3 คน จากการประเมินจะเห็นได้ว่ามาตรการดังกล่าวมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยน้อย

---

[8] http://www.shawpat.or.th/web/profes.html

[9] http://www.idis.ru.ac.th/report/index.php?topic=1938.0

ตารางที่ 3-9 ผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัยของโรงงานสุขภัณฑ์

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
1. สายพานลำเลียง	1.1 ลูกกลิ้งหนีบ/ดึงอวัยวะ	☺ บาดเจ็บ/สูญเสียอวัยวะ
	1.2 ฝุ่นฟุ้งกระจาย	☺ พนักงานเจ็บป่วย/โรคปอด
2. เครื่องบด	2.1 เครื่องบดหนีบ/ดึงอวัยวะ	☺ บาดเจ็บ/สูญเสียอวัยวะ
	2.2 ฝุ่นฟุ้งกระจาย	☺ พนักงานเจ็บป่วย/โรคปอด
	2.3 เสียงดังจากเครื่องจักรที่มีการบดและระบบพัดลม	☺ สูญเสียการได้ยิน
3. การขึ้นรูปโดยแรงงานมือ/เครื่อง	3.1 มือถูกกดทับ	☺ บาดเจ็บ
4. เตาอบ/เตาเผา	4.1 ก๊าซหุงต้มรั่ว/ระเบิด	☺ บาดเจ็บ/เสียชีวิต
	4.2 เสียงดังจากเครื่องดูดอากาศเข้าห้องเผาไหม้ของเตาเผา	☺ สูญเสียการได้ยิน
5. การขนย้ายผลิตภัณฑ์ไปจัดเก็บโดยรถฟอล์คลิฟท์	5.1 เฉี่ยวชนพนักงาน	☺ บาดเจ็บ/เสียชีวิต
6. พื้นที่เก็บสารเคมีต่างๆ (สารเคลือบ/สารเติมแต่ง)	6.1 การรั่วไหล/หกหล่น	☺ บาดเจ็บ
7. ห้องเก็บถังก๊าซหุงต้ม (กรณีถังเก็บและจ่ายก๊าซ)	7.1 ถังเก็บและจ่ายก๊าซไม่ได้มาตรฐาน	☺ เกิดไฟไหม้/ระเบิด
	7.2 สถานที่/วิธีจัดเก็บไม่เหมาะสม	☺ เกิดการรั่วไหล/ระเบิด
8. ถังก๊าซหุงต้ม	8.1 ถังก๊าซไม่ได้มาตรฐานเหมาะสม	☺ เกิดไฟไหม้/ระเบิด
	8.2 สถานที่/วิธีการจัดเก็บไม่ถูกต้อง	☺ เกิดการรั่วไหล/ระเบิด
	8.3 การลำเลียงที่ไม่ถูกต้อง	☺ บาดเจ็บ/ของเสียหาย
9 ระบบไฟฟ้า	9.1 วัสดุอุปกรณ์/ส่วนประกอบต่างๆ ไม่ได้มาตรฐาน	☺ วัสดุอุปกรณ์ชำรุด/เสื่อมสภาพได้ง่าย เป็นอันตรายต่อพนักงานอาจเกิดไฟฟ้าลัดวงจร
	9.2 แบบแปลนระบบไฟฟ้าไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง	☺ คนงานอาจต่อสายไฟ หรือตัดกระแสไฟฟ้าผิดพลาด
	93 ไม่มีการตรวจสอบระบบไฟฟ้า	☺ เกิดอันตรายจากการปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า

ที่มา : www.http://www2.diw.go.th/I_Standard/index.html

ทั้งนี้ เมื่อประเมินผลกระทบของมาตรการต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยแล้ว จะสามารถแบ่งมาตรการออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

☺ มาตรการที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยน้อย

☺ มาตรการที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยปานกลาง

☺ มาตรการที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยมาก

จากการปรับปรุงกระบวนการทำงานตามมาตรการต่าง ๆ เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีการจัดวางเครื่องจักร ปรับพื้นที่ ปรับปรุงอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน ลักษณะของท่าทางการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงานให้ดีขึ้นด้วย โดยมาตรการแก้ไขมีการปรับเปลี่ยนการดำเนินการตามที่คู่มือกำหนดหรือระบุไว้อย่างครบถ้วน และลดระยะเวลาในการดำเนินงานให้มากขึ้น จากการประเมินมาตรการดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยน้อย

ตารางที่ 3-10 ตัวอย่างการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัย

มาตรการ : กำหนดระยะเวลาในการปรับลด Cycle Time และน้ำหนักกระเบื้อง		
	ใช่	**ไม่ใช่**
1. เป็นมาตรการที่ส่งผลกระทบต่อระดับเสียงในการทำงานหรือไม่	1	
2. เป็นมาตรการที่ส่งผลกระทบต่อความร้อนในการทำงานหรือไม่		0
3. เป็นมาตรการที่ส่งผลกระทบต่อแสงสว่างในการทำงานหรือไม่		0
4. เป็นมาตรการที่ส่งผลกระทบต่อการระบายอากาศในการทำงานหรือไม่		0
5. เป็นมาตรการที่มีความอันตรายต่อสุขภาพของคนงานหรือไม่	1	
6. เป็นมาตรการที่มีความเสี่ยงต่อการทำงานของคนงานหรือไม่	1	
7. เป็นมาตรการที่ส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจของคนงานหรือไม่	1	
8. เป็นมาตรการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยต่อคนในชุมชนรอบข้างหรือไม่		0
9. อื่น ๆ (ถ้ามี)		
คะแนนรวม	4	
การให้คะแนน 0 คะแนน = ไม่ใช่ 1 คะแนน = ใช่		

จากการประเมินผลกระทบมาตรการกำหนดระยะเวลาในการปรับลด Cycle Time และน้ำหนักกระเบื้อง ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยในระดับปานกลาง จะเห็นได้ว่าส่งผลกระทบต่อการทำงานของพนักงานในเรื่องเสียง ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ความเสี่ยงในการทำงาน และส่งผลต่อสภาพจิตใจ

ขั้นตอนที่ 17 การสรุปคัดเลือกมาตรการ (การจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน)

การสรุปคัดเลือกมาตรการ คือ การกำหนดว่ามาตรการใดหรือทางเลือกใดควรดำเนินการก่อนหลัง โดยข้อเสนอที่ไม่เหมาะสม หรือยังไม่พร้อมที่จะนำไปดำเนินการ จะถูกเก็บรวบรวมไว้ประยุกต์ใช้ในโอกาสต่อไป โดยการคัดเลือกมาตรการเพื่อนำไปปฏิบัติ มีแนวทางดังต่อไปนี้

<u>การคัดเลือกมาตรการที่เป็นไปได้และเป็นไปไม่ได้</u> โดยการตัดมาตรการที่ไม่เหมาะสมทางเทคนิคและสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยก่อน มาตรการที่เหลือจึงเป็นข้อเสนอที่เป็นไปได้ ให้นำมาเปรียบเทียบกันในเรื่องความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อจัดลำดับก่อนหลัง (ดังรูปที่ 3-15)

<u>การเรียงลำดับข้อเสนอ</u> โดยอาจใช้สามัญสำนึก หรือเกณฑ์การให้คะแนน โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ในภาพรวม เกณฑ์การพิจารณาและน้ำหนักคะแนน นั้นขึ้นอยู่กับการกำหนดของทีมงานลีน และความเหมาะสมของโรงงาน โดยควรพิจารณาให้คะแนนอย่างรอบคอบ

<u>การบันทึกผลข้อเสนอ</u> เมื่อได้สรุปผลการศึกษาที่ผ่านการประเมินทุกขั้นตอนและให้คะแนนคัดเลือกแล้วนั้น ควรจัดทำเป็นเอกสารรายงานเสนอผู้บริหารเพื่อขออนุมัติในการลงมือปฏิบัติการ โดยเนื้อหาสาระในรายงานบันทึกผลข้อเสนอต่อผู้บริหารควรประกอบไปด้วยประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ปริมาณวัตถุดิบ/ทรัพยากร/พลังงานและของเสียที่คาดว่าจะลดลงได้
- ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้รับ ทั้งที่คำนวณเป็นตัวเงินและข้อดีอื่น ๆ
- เงินลงทุนและแหล่งทุน ระยะเวลา และความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้น
- วิธีการเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้มาตรการ
- ความสามารถในการแข่งขันของบริษัทที่คาดหวัง

ตารางที่ 3-11 ตัวอย่างการสรุปการคัดเลือกมาตรการ

มาตรการ	ความเป็นไปได้		คะแนนการคัดเลือก				คะแนนรวม *	อันดับ
	เป็นไปได้	เป็นไปไม่ได้	ด้านเทคนิค	ด้านเศรษฐศาสตร์	ด้านสิ่งแวดล้อม	ด้านสุขภาพและความปลอดภัย		
1. ซ่อมชุดโกยหิน-ทราย	✓		3	4	4	3	14	1
2. ปรับตั้งและเปลี่ยนใบกวน กวาดพื้น แขนกวน	✓		4	4	2	3	13	2
3. ซ่อมและปรับปรุงฝาโม่	✓		1	2	4	2	8	6
4. ซ่อมและเปลี่ยนไลเนอร์พื้น	✓		1	2	3	2	8	6
5. ซ่อมระบบไฮดรอลิกปิด-เปิดประตูคอนกรีต	✓		1	1	2	3	5	7
6. ซ่อมชุดกระบอกลม	✓		4	2	1	3	10	4
7. ซ่อมและปรับตราชั่งหิน-ทราย	✓		1	1	4	3	9	5

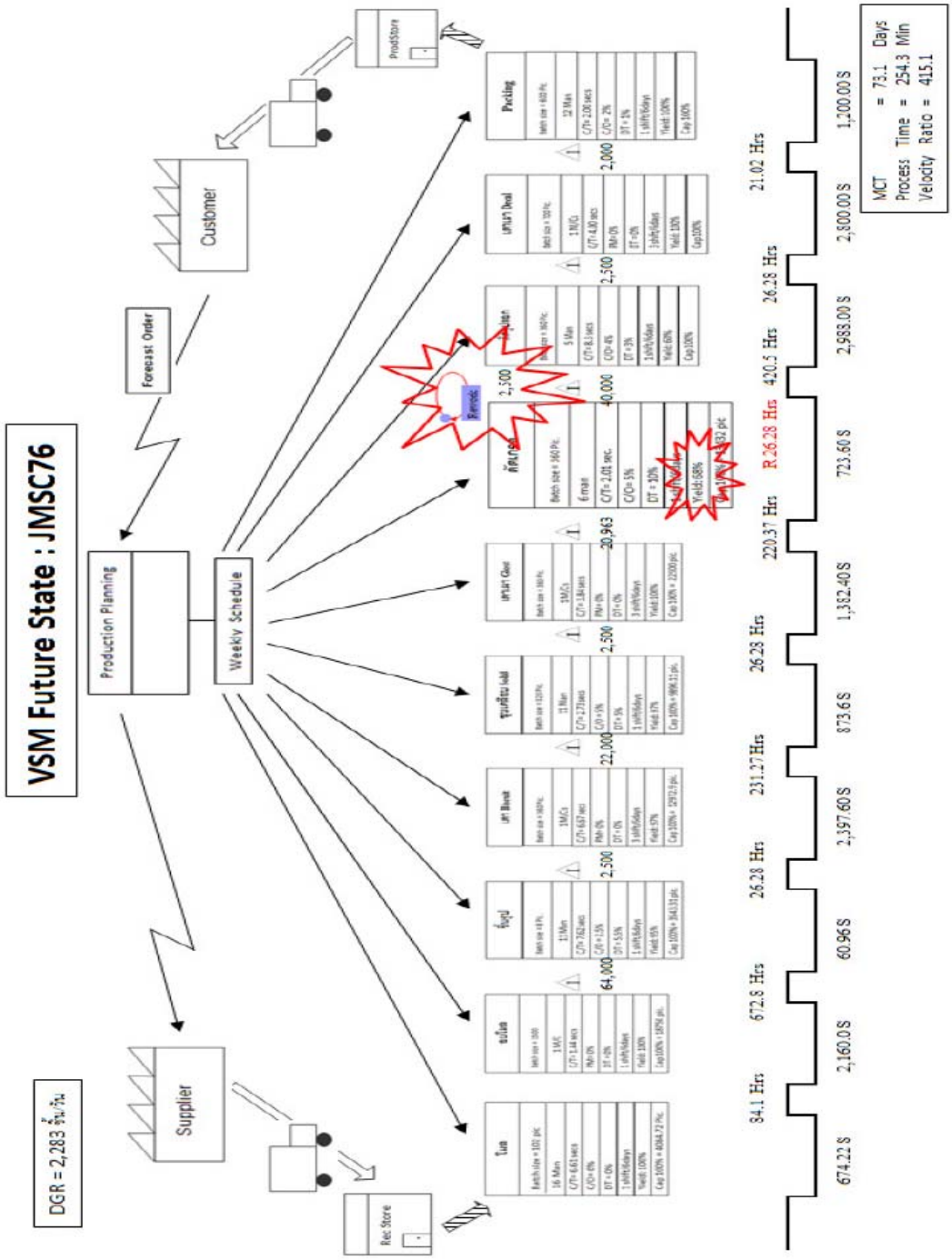
มาตรการ	ความเป็นไปได้		คะแนนการคัดเลือก				คะแนนรวม *	อันดับ
	เป็นไปได้	เป็นไปไม่ได้	ด้านเทคนิค	ด้านเศรษฐศาสตร์	ด้านสิ่งแวดล้อม	ด้านสุขภาพและความปลอดภัย		
8. ซ่อมปะผุประตูหิน-ทราย	✓		4	4	1	3	12	3

การให้คะแนน

- **ความเป็นไปได้ทางเทคนิค** (3 คะแนน = มากที่สุด 2 คะแนน = ปานกลาง และ 1 คะแนน = น้อยที่สุด)
- **ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์** (3 คะแนน = มีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1 ปี 2 คะแนน = มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 ปี และ 1 คะแนน = มีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 3 ปี)
- **ความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม** (3 คะแนน = ลดผลกระทบได้มากที่สุด 2 คะแนน = ลดผลกระทบได้ปานกลาง และ 1 คะแนน = ลดผลกระทบได้น้อยที่สุด)
- **ความเป็นไปได้ด้านสุขภาพอนามัยและความปลอดภัย** (3 คะแนน = ลดผลกระทบได้มากที่สุด 2 คะแนน = ลดผลกระทบได้ปานกลาง และ 1 คะแนน = ลดผลกระทบได้น้อยที่สุด)

***เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา สามารถปรับคะแนนรวมเป็นเปอร์เซ็นต์**

หลังจากได้ข้อสรุปมาตรการที่จะนำไปใช้ได้แล้ว ให้นำมาตรการเหล่านั้นเขียนลงในแผนผังคุณค่าอนาคต เพื่อเป็นแผนภาพในการดำเนินการเตรียมแผนปฏิบัติต่อไป โดยตัวอย่างดังรูปที่ 3-15 ใช้มาตรการ Kaizen ในการแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิก



รูปที่ 3-15 การจัดทำแผนผังคุณค่าอนาคตสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาเซรามิก

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Crown_ceramics.pdf

3.5 การลงมือปฏิบัติและการขับเคลื่อนกิจกรรมตามมาตรการ

ขั้นตอนที่ 18 การเตรียมแผนปฏิบัติงาน

แผนปฏิบัติการ จะต้องกำหนดวิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน ตัวชี้วัด ระยะเวลา ผู้รับผิดชอบ ผู้ตรวจติดตาม วิธีการติดตามประเมินผล เป็นต้น ตัวอย่างดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 ตัวอย่างแผนการปฏิบัติงาน

รายละเอียดแผนงาน	ตัวชี้วัด	ระยะเวลา(เดือน)						ผู้รับผิดชอบ	งบประมาณ	ผู้ตรวจสอบ
		1	2	3	4	5	6			
1. วิเคราะห์กระบวนการผลิต		*	*					นาย ก	-	ลีนทีม
2. ปรับปรุงเวลาเพื่อลดกระบวนการ				*	*	*		นาย ข	-	ลีนทีม
3. วิเคราะห์กระบวนการของเสีย					*	*		นาย ค	-	ลีนทีม
4. ทดลองปรับปรุง					*	*		นาย ง	-	ลีนทีม
5. สรุปผล							*	นาย จ	-	ลีนทีม

ขั้นตอนที่ 19 การดำเนินตามแผนที่กำหนด

เมื่อแผนปฏิบัติงานได้รับการอนุมัติจากผู้บริหาร กิจกรรมต่าง ๆ ในแผนปฏิบัติงานจะถูกนำมาปฏิบัติโดยผู้รับผิดชอบที่ระบุไว้ในแต่ละกิจกรรมโดยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้แผนปฏิบัติงาน จะดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง และมีการประชาสัมพันธ์ให้แผนกอื่น ๆทราบด้วยอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ตัวอย่างการเตรียมแผนปฏิบัติการที่ดีนั้นจะต้องกำหนดวิธีการและขั้นตอนรายละเอียด ระยะเวลา เงินลงทุน ผู้รับผิดชอบ ผู้ตรวจติดตาม และวิธีการติดตามประเมินผล เป็นต้น ดังตัวอย่างในตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 ตัวอย่างแผนปฏิบัติการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิก

แผนงานปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยกระบวนการลีน																			
หัวข้อ		ระยะเวลา															ผู้รับผิดชอบ	ข้อมูลฐาน	ข้อมูลเป้าหมาย
		ก.ค.-54					ส.ค.-54					ก.ย.-54							
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
1. การเพิ่มประสิทธิภาพของแท่นผลิต	P																ลีนทีม 1	78.1	89.82
	A																		
2. เพิ่มประสิทธิภาพของรถรับส่งปูน	P																ลีนทีม 2	29.99	34.49
	A																		
3. เพิ่มประสิทธิภาพของชุดโม่	P																ลีนทีม 3	54	89.82
	A																		

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/CPM.pdf

3.6 การทบทวนเพื่อปรับปรุงแผนและขับเคลื่อนอย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนที่ 20 การตรวจวัดประเมินความก้าวหน้า

การตรวจวัดประเมินความก้าวหน้า เป็นการเก็บข้อมูลของผลการดำเนินงานตามมาตรการที่ระบุไว้ในแผนปฏิบัติงาน แล้วนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบก่อน-หลังการดำเนินงาน ซึ่งสามารถทำได้โดย เช่น

- วัดปริมาณของเสียที่ลดลง ปริมาณทรัพยากรที่ใช้ลดลง (น้ำ พลังงาน สารเคมี) ดังตัวอย่าง

ผลการดำเนินตามมาตรการในการจัดการสิ่งแวดล้อมและการสูญเสียพลังงานของโรงงานผลิตเซรามิก

1) **มาตรการที่ 1** จัดพื้นที่ 5ส สำหรับพนักงาน ได้ผลดังนี้
   - จากการจัดให้พนักงานทำกิจกรรม 5ส ในพื้นที่ทำงานของตัวเองทุกวัน วันละ 5 นาที ทำให้อุปกรณ์เครื่องมือเป็นระเบียบมากขึ้นและสามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

รูปที่ 3-16 สภาพพื้นที่ห้องเก็บอุปกรณ์ก่อนและหลังปรับปรุง

2) **มาตรการที่ 2** กำหนดเวลาการใช้งานถังกวน ได้ผลดังนี้
   - จากการกำหนดเวลาการใช้งานของถังกวน ทำให้ลดการทำความสะอาดถังกวนจากเดิม 30 นาที ลดลงเหลือ 10 นาที เนื่องจากไม่มีเศษติดถังกวนมากนักและเพิ่มประสิทธิภาพของถังกวนอีกด้วย

รูปที่ 3-17 สภาพถังกวนก่อนและหลังปรับปรุง

3) **มาตรการที่ 3** การเปลี่ยนชุดกลับกระเบื้อง ได้ผลดังนี้

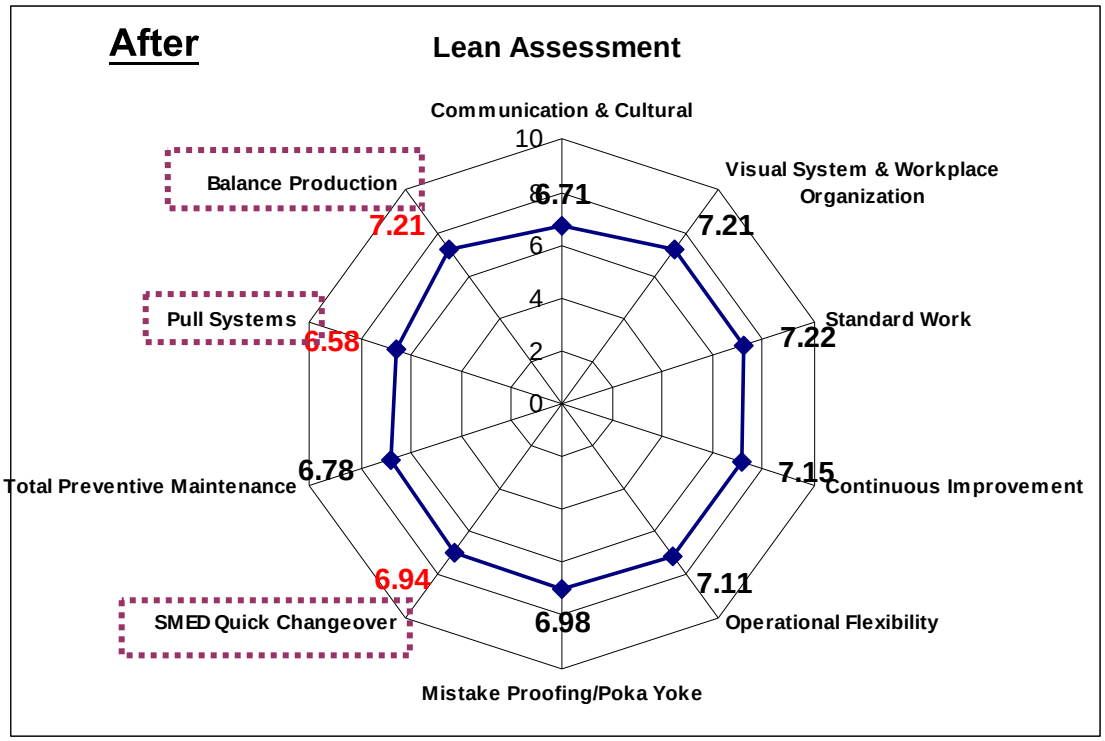
- จากการเปลี่ยนชุดกลับกระเบื้องจากการใช้มอเตอร์มาเป็นระบบ Mechanic ทำให้ไม่ต้องใช้ไฟฟ้าในการกลับกระเบื้อง สามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้

4) **มาตรการที่ 4** การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ ได้ผลดังนี้

- จากการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยการลดความถี่ลง โดยที่อุณหภูมิของเตาอยู่ในเกณฑ์และคุณภาพตามมาตรฐานเดิม สามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้

- กำไรจากการผลิตที่เพิ่มขึ้น หรือค่าวัตถุดิบ/ค่าดำเนินการ/ค่าจัดการ/ค่าบำบัด ของเสียที่ลดลง
- สภาพแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น

การทำ Lean Assessment เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงในการนำลีนมาใช้ในองค์กร ทั้งนี้สามารถนำเสนอการตรวจประเมินโดยใช้แผนภูมิ Radar Chart ตัวอย่างดังรูปที่ 3-18



รูปที่ 3-18 ตัวอย่างการทำ Lean Assessment หลังการดำเนินงานปรับปรุง

ที่มา : http://lean.bsiddip.org/moodle/file.php/1/Cotto.pdf

จาก Radar Chart ข้างต้น สามารถสรุปผลการ Assessment ในรูปแบบการพิจารณาระบบลีน ทั้งหมด 10 ด้าน คะแนนเต็มด้านละ 10 คะแนน สรุปได้ดังต่อไปนี้

1) การสื่อสารและรับรู้วัฒนธรรมองค์กร ได้คะแนน 6.71

2) การควบคุมด้วยการมองเห็นและการจัดสถานที่ทำงาน ได้คะแนน 7.21

3) การจัดการสถานที่ทำงานมีความปลอดภัยสะอาด และเป็นระเบียบ รวมทั้งมีการกำจัดสิ่งของที่ไม่จำเป็น ได้คะแนน 7.22

4) การปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง มีโครงการทำกิจกรรม QCC อย่างต่อเนื่อง ได้คะแนน 7.15

5) ความยืดหยุ่นของกระบวนการ ได้คะแนน 7.11

6) การป้องกันความผิดพลาด ได้คะแนน 6.98

7) การปรับเปลี่ยนรุ่นที่รวดเร็ว ได้คะแนน 6.94

8) Tการบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม ได้คะแนน 6.78

9) ระบบการดึงงาน ได้คะแนน 6.58

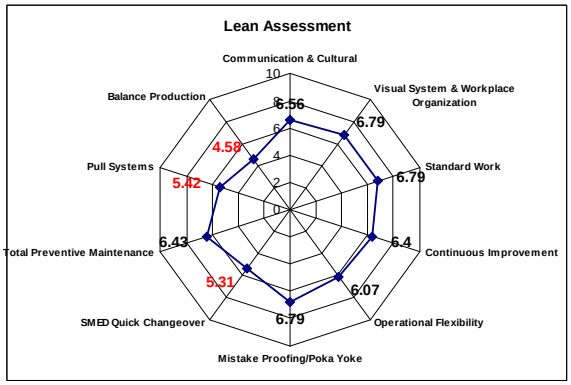
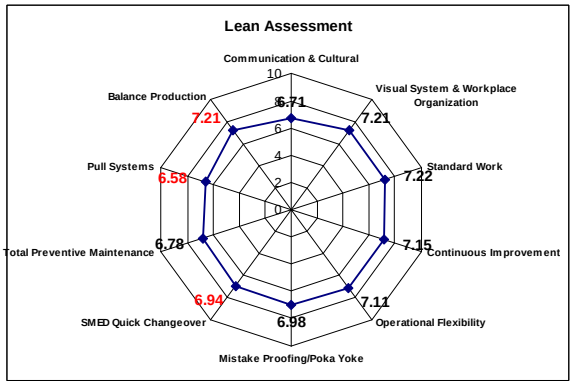
10) การผลิตที่สมดุล ได้คะแนน 7.21

จากผล Lean Assessment ก่อนการปรับปรุง โดยหัวข้อที่มีโอกาสปรับปรุงมากที่สุด 3อันดับแรก ได้แก่

1. ระบบการดึงงาน
2. การปรับเปลี่ยนรุ่นที่รวดเร็ว
3. การผลิตที่สมดุล

จากการปรับปรุงทั้ง 3 ด้านดังกล่าว ทำให้เพิ่มขีดความสามารถของพนักงานปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้กับองค์กรได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งหลังการปรับปรุงพบว่ามีการพัฒนาขึ้นจากเดิม โดยแสดงการเปรียบเทียบผล Lean Assessment ก่อน-หลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 การเปรียบเทียบผล Lean Assessment ก่อน-หลังการปรับปรุง

ผล Lean Assessment ก่อนการปรับปรุง	ผล Lean Assessment หลังการปรับปรุง
	
คะแนนของหัวข้อสำคัญที่มีโอกาสในการปรับปรุง 1. Pull System ได้ 5.42 คะแนน 2. SMED/Quick Changeover ได้ 5.31 คะแนน 3. Balance Productionได้ 4.58 คะแนน	คะแนนของหัวข้อสำคัญที่มีโอกาสในการปรับปรุง 1. Pull System ได้ 6.58 คะแนน 2. SMED/Quick Changeover ได้ 6.49 คะแนน 3. Balance Production ได้ 7.21 คะแนน

ทั้งนี้ ผลจากการตรวจวัดและประเมินความก้าวหน้าที่ได้ ทีมงานจะต้องนำมาจัดทำเป็นเอกสารรายงานต่อผู้บริหารและพนักงานอื่น ๆ ภายในองค์กรได้อย่างชัดเจน โดยอาจจัดทำรายงานในลักษณะ A3 Report ดังตัวอย่างในบทที่ 5 ของคู่มือ Lean Management for Environment

ขั้นตอนที่ 21 การดำเนินการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง

การนำลีนมาประยุกต์ใช้ควบคู่กับการจัดการสิ่งแวดล้อมขององค์กร จำเป็นต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จึงจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ดังนั้น มาตรการหรือกิจกรรมต่าง ๆ จะถูกทำซ้ำและปรับปรุงให้ดีขึ้น เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป ทั้งนี้ หากผลการปฏิบัติการ มีผลอันน่าพอใจตามเป้าหมาย หรือเกินกว่าที่คาดไว้ ควรมีการรวบรวมไว้เพื่อเป็นแนวปฏิบัติที่ดีและจัดทำเป็น “มาตรฐานการทำงาน” ต่อไป ทั้งนี้ ควรมีการให้รางวัลเพื่อสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นการทำกิจกรรมกลุ่มย่อยในรูปแบบต่าง ๆ เช่น QCC และกิจกรรม Kaizen เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของพนักงานทุกคนในองค์กร

นอกจากนี้ ควรมีการนำมาตรการที่ใช้ได้ผลบรรจุเข้าไปในแผนการดำเนินธุรกิจต่าง ๆ เช่น แผนการตลาด แผนการเงิน แผนการปฏิบัติงาน แผนการวิจัยและพัฒนา แผนการบริหารและการจัดการ ซึ่งอาจมีการกำหนดตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ในการทำงาน (KPI) เพื่อให้มีเป้าหมายในการพัฒนาในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิงบทที่ 3

1. U.S.EPA. Revised October 2007.**The Lean and Environment Toolkit**.
2. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.โครงการให้คำปรึกษาแนะนำเชิงลึกแก่ SMEs ด้วยระบบ LEAN. ปี2552-2554.**บริษัท สินอุดมคอนกรีต จำกัด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://lean.bsiddip.org (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
3. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.โครงการให้คำปรึกษาแนะนำเชิงลึกแก่ SMEs ด้วยระบบ LEAN. ปี2552-2554.**บริษัท วัสดุภัณฑ์คอนกรีต จำกัด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://lean.bsiddip.org (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
4. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.โครงการให้คำปรึกษาแนะนำเชิงลึกแก่ SMEs ด้วยระบบ LEAN. ปี2552-2554.**บริษัท เซรามิคอุตสาหกรรมไทย จำกัด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://lean.bsiddip.org (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
5. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.โครงการให้คำปรึกษาแนะนำเชิงลึกแก่ SMEs ด้วยระบบ LEAN. ปี2552-2554.**บริษัท คราวน์เซรามิคส์ จำกัด**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://lean.bsiddip.org (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
6. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.โครงการให้คำปรึกษาแนะนำเชิงลึกแก่ SMEs ด้วยระบบ LEAN. ปี2552-2554.**บริษัท สยาม เอ็นจีเค เทคโนเซราจำกัด.**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://lean.bsiddip.org (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
7. ดร.ภูษิต วงศ์หล่อสายชล.เอกสารประกอบการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ต วิชา MB506 บทที่ 14. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://xa.yimg.com (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
8. พงศกร สุรินทร์.การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในโรงงานเซรามิค.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.
9. วารสารเซรามิกส์. MUDA กับอุตสาหกรรมเซรามิก.12 (29):74-77:กันยายน-ธันวาคม 2551.
10. ศูนย์ฝึกอบรมภูมิปัญญาสู่สากล.ผังก้างปลากับแผนภูมิความคิด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.prachasan.com (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
11. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.**รูปแบบมาตรฐานการผลิตเซรามิกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อสนับสนุนการส่งออก โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.deqp.go.th (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).

12. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.2554.คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก. กรุงเทพฯ
13. สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย).**การตรวจวัดและประเมินสภาพแวดล้อมการทำงาน.**[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.shawpat.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).
14. สำนักบริการข้อมูลและสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.**การจัดการด้านสุขภาพอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ปลอดภัย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.idis.ru.ac.th (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มิถุนายน 2555).

บทที่ 4

เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

อุตสากรรมเซรามิกจัดเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย มีการเติบโตและขยายตัวค่อนข้างสูงทั้งแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ ส่วนใหญ่อุตสาหกรรมประเภทนี้จะเป็นแบบดั้งเดิมส่วนแบบใหม่ยังมีผู้ผลิตจำนวนน้อยรายและมีการนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมที่มีคุณสมบัติเฉพาะ ยังไม่มีการผลิตแบบครบวงจรและขาดเทคโนโลยีเป็นของตนเอง อีกทั้งยังต้องมีการนำวัตถุดิบสำเร็จรูปจากต่างประเทศเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้อุตสาหกรรมเซรามิกมีศักยภาพและสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ปัจจุบันประเทศไทยจึงมุ่งเน้นส่งเสริมการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีเซรามิกมากขึ้น

ทั้งนี้ ของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมเซรามิกส่วนใหญ่จะเป็นเศษตะกอนดิน น้ำยาเคลือบที่ใช้แล้ว ชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ น้ำทิ้ง และมลพิษทางอากาศจากขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องให้ความสำคัญกับการป้องกันและวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีควบคู่ไปกับการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ได้แก่ การปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงกระบวนการผลิต การเลือกใช้วัตถุดิบหรือสารเคมีทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การเลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดการใช้น้ำหรือพลังงานหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นต้น โดยในคู่มือนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการบริหารจัดการและเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกแบบดั้งเดิมเป็นหลัก โดยสามารถสรุปแนวทางการบริหารจัดการเทคโนโลยีที่เหมาะสม พร้อมกรณีตัวอย่างโดยสังเขป เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก ออกเป็น 8 ด้าน ดังนี้

4.1 การจัดการวัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ประกอบด้วย (1) เนื้อดิน (ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของน้ำดิน/ผงดิน/ดินแผ่นหรือแท่ง) (2) น้ำยาเคลือบ เพื่อลดการสูญเสียของวัตถุดิบที่สามารถเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนการผลิต ซึ่งมีวิธีการ แนวทางในการจัดการที่ดี ดังนี้

4.1.1 วัตถุดิบที่เป็นเนื้อดิน

4.1.1.1 การจัดการวัตถุดิบที่เป็นดินให้เหมาะสม

อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้เนื้อดินเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ซึ่งผลิตภัณฑ์เซรามิกในแต่ละกลุ่มจะมีการเลือกใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินแตกต่างกันเล็กน้อย ทั้งในด้านชนิดของวัตถุดิบ สี คุณสมบัติของวัตถุดิบ ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ผสมเป็นเนื้อดิน ตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่ม ซึ่งทางโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเซรามิกแต่ละกลุ่มควรทำการศึกษาถึงความเหมาะสมของชนิดวัตถุดิบ คุณสมบัติ และปริมาณที่ใช้โดยละเอียดก่อนทำการผลิตเพื่อลดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติที่จะเกิดขึ้นได้ ดังนี้

1) <u>หลักการเลือกใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเนื้อดิน (พวกดิน แร่ต่าง ๆ)</u>

☺ ควรศึกษาคุณลักษณะของดินที่มีอยู่ในท้องถิ่นเป็นหลัก ว่ามีความเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ เพื่อความสะดวกต่อกระบวนการผลิตและลดการสิ้นเปลืองของการจัดส่งของแหล่งวัตถุดิบ

☺ ควรศึกษาประเภทของดินที่สามารถพบภายในประเทศถึงคุณลักษณะของข้อดีเพื่อจะสามารถนำไปผลิตชิ้นงานที่ถูกประเภทและสามารถทำการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อดินซึ่งจะได้ผลดียิ่งขึ้นกว่าประเภทของดินที่ไม่เหมาะสม และลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ

☺ เนื่องจากดินจะมีหลายสี เช่น ดำ น้ำตาล เหลือง ขาว แดง เทา หรือชมพู ซึ่งจะขึ้นอยู่กับออกไซด์ที่ประกอบอยู่ในเนื้อดิน จึงควรเลือกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตด้วย เช่น หากจะทำภาชนะอาหารควรเลือกใช้ดินที่มีสีขาว ไม่ควรใช้ดินที่มีสีอื่นเพราะจะทำให้อินทรียวัตถุและออกไซด์ของธาตุมีการปนเปื้อนออกมาระหว่างการใช้งาน

2) <u>การวัดปริมาณการใช้ที่เหมาะสม</u>

☺ ควรศึกษาอัตราส่วนการผสมดินให้เหมาะสมในแต่ละการผลิตชิ้นงานเซรามิกเพื่อให้ชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้คุณภาพตามที่กำหนด และลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการอบ/เผาชิ้นงาน

☺ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่า ควรเป็นระบบดิจิตอลเพื่อป้องกันการชั่ง/ตวงดินที่ผิดพลาด และควรมีการสอบเทียบมาตรฐานของมาตรวัดอยู่เสมอ

☺ ควรนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการเตรียมดิน/การขึ้นรูปดิน เพื่อให้มีการใช้ปริมาณดินที่ลดลงแต่คุณภาพของเนื้อดินยังคงเดิม หรือมีการใช้ปริมาณดินเท่าเดิมแต่ทำให้คุณภาพของดินเพิ่มขึ้นเพื่อลดความเสียหายในขั้นตอนต่อไป

วิธีการ/แนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นเนื้อดินสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ ซึ่งประกอบด้วย (1) ขั้นตอนการเตรียมเนื้อดิน (น้ำดิน/ดินผง/ดินแผ่นหรือแท่ง) (2) ขั้นตอนการขึ้นรูป ที่เหมาะสมและสามารถนำไปปฏิบัติได้ ดังนี้

(1) <u>การลดปริมาณของดิน (ทั้งวัตถุดิบที่ใช้เตรียมดิน และเนื้อดิน)</u>

(1.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ ควรเลือกใช้วิธีการบดแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้คุณภาพของดินมีความสม่ำเสมอ ประหยัดเวลา ประหยัดแรงงาน และลดพื้นที่การใช้งานของโรงงานลง

☺ ควรเลือกกระบวนการเตรียมดินแบบแห้งแทนแบบเปียก เพื่อลดชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ โดยจะต้องมีสภาพพลาสติกที่ดีและลดความแข็งลงเพื่อที่จะไม่ทำให้อุปกรณ์ของเครื่องจักรเสียหายได้ นอกจากนี้ยังทำให้ไม่จำเป็นต้องมีบ่อพักน้ำดิน ซึ่งสามารถลดขนาดพื้นที่ติดตั้งเครื่องจักรลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในการควบคุมขั้นตอนนี้ลงได้ 50 เปอร์เซ็นต์

(1.2) ขั้นตอนการขึ้นรูป

☺ ควรศึกษาปริมาณดินที่เหมาะสมในการขึ้นรูปจากการทดลองจริง งานวิจัยในประเทศหรือกรณีศึกษาจากโรงงานอื่น ๆ ในการผลิตเซรามิกแต่ละชนิดก่อนการขึ้นรูป

☺ การขึ้นรูปด้วยวิธีการปั้นบนแป้นหมุน ใบมีด หัวปั่น และแรมเพรส ควรกำหนดขนาดของแท่งดินที่ใช้ในการขึ้นรูปให้เหมาะสมกับชิ้นงาน เพื่อลดปริมาณการใช้ดินและการเกิดของเสีย

☺ หากวัตถุดิบที่มีการผลิตชิ้นงานมีราคาสูงหรือมีการผลิตชิ้นงานที่ยุ่งยากและซับซ้อน ควรเลือกใช้เทคโนโลยีการฉีดขึ้นรูปแทนแบบหล่อเนื่องจากสามารถลดการเตรียมดินที่จะใช้ลงได้

(2) <u>การใช้ซ้ำ/การนำกลับมาใช้ใหม่ของดิน</u>

(2.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ ทำการกรองน้ำดินและนำเศษตะกอนดินกลับมาใช้

☺ รวบรวมเศษดินที่ติดอยู่ตามเครื่องบด สายพานลำเลียง หรืออุปกรณ์อื่น ๆ มาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นใหม่

(2.2) ขั้นตอนการขึ้นรูป

☺ การนำดินภายหลังจากการตกแต่งเช็ดน้ำกลับมาใช้ใหม่

☺ มีระบบการกักเก็บน้ำดินที่เหลือใช้จากการหล่อแบบ และเศษดินจากการขึ้นรูปด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต

กรณีศึกษา วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นดินและในอุตสาหกรรมเซรามิกที่ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-1: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นดิน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	การนำเศษดินกลับมาใช้ใหม่

โรงงานเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารแห่งหนึ่ง มีการใช้วัตถุดิบดินสำเร็จรูปเพื่อลดขั้นตอนการเตรียมเนื้อดินขึ้นใช้เองภายในโรงงาน จากกระบวนการผลิตที่มีการใช้วัตถุดิบดินสำเร็จรูป 8 ตัน/เดือน พบว่ามีเศษดินจากการขึ้นรูปชิ้นงาน ชิ้นงานดินแตกหัก และชิ้นงานบิสกิตแตกหัก 700 กิโลกรัม/เดือน

สมดุลมวลและพลังงานของกระบวนการเตรียมน้ำดิน

แนวทางแก้ไข: ทำสมดุลมวลและพลังงานเพื่อให้ทราบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อนำเศษดินกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการเตรียมน้ำดินซึ่งจะลดปริมาณการใช้ดินสำเร็จรูปเตรียมน้ำดิน โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมเศษดินที่จะไม่ทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพเปลี่ยนจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 5 ของเนื้อดินรวม

หมายเหตุ:*โรงงานแห่งนี้ไม่ได้นำชิ้นงานบิสกิตที่แตกหักกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากไม่มีหม้อบดหรืออุปกรณ์สำหรับการบดย่อยบิสกิตให้มีขนาดเหมาะสมได้*

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

เงินลงทุน:

ไม่เสียค่าใช้จ่ายเนื่องจากเป็นการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

ประหยัดค่าใช้จ่าย:

สามารถนำเศษดินกลับมาใช้ในการเตรียมน้ำดินได้ 365 กิโลกรัม/เดือน

สามารถลดของเสียจากเดิม 700 เป็น 409.50 กิโลกรัม/เดือน

คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 1,227.40 บาท/เดือน หรือ 14,728.8 บาท/ปี

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก” (2552)

(3) <u>การหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเนื้อดิน</u>

☺ ควรตรวจสอบคุณภาพจากแหล่งดินเพื่อหลีกเลี่ยงการนำดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักมาใช้

☺ ควรหลีกเลี่ยงการผสมเศษดิน เศษบิสกิต หรือเศษผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดค่าอัตราส่วนเศษดินและเศษบิสกิตไม่เกินร้อยละ 5 และเศษผลิตภัณฑ์ไม่เกินร้อยละ 50 ของปริมาณดินที่ผสม

☺ ในการผลิตหากต้องการชิ้นงานเซรามิกที่มีเนื้อดินขาว ควรหลีกเลี่ยงการใช้ดินที่มีแร่เหล็กเป็นองค์ประกอบเกินร้อยละ 1 เพราะจะทำให้ชิ้นงานหลังการเผามีสีหมองลง

(4) <u>การปรับเปลี่ยนชนิดของดิน</u>

☺ ควรศึกษาคุณสมบัติของเนื้อดินและทำการปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมและมีคุณภาพตามมาตรฐานกำหนด เช่น มีการเปลี่ยนมาใช้วัสดุชนิดคอร์เดียไรต์สำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทอาหารแทนเนื้อดินประเภทเอิร์ทเทินแวร์เนื้อละเอียด หรือเนื้อดินสโตนแวร์ เนื่องจากวัสดุชนิดคอร์เดียไรต์สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลันได้สูงถึง 500 °C

(5) <u>การปรับปรุงวิธีการผลิต</u>

(5.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ ควรใช้ระบบการผสมส่วนผสมที่มีการทำงานแบบตั้งเวลาได้ โดยกำหนดเวลาหมุนแกนเพื่อผสมส่วนผสมประมาณ 20-30 นาที และหยุด 30-40 นาที แทนการทำงานตลอดเวลาจะสามารถประหยัดไฟได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์

☺ เลือกใช้หม้อบดขนาดใหญ่แทนขนาดเล็กจะสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ถึง 10-30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้หากหม้อบดบุด้วยยางทดแทนแร่หิน ส่วนตัวกลางใช้อลูมิเนียมแทนสารซิลิกา จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานหม้อบดได้ ลดระยะเวลาในการบดและเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์

☺ ควรติดตั้งเครื่องมือล้างดินแบบไฮโดรไซโคลน แทนเครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยงหรือการล้างแบบต้องใช้แรงงานคน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างโดยสามารถ ลดระยะเวลาในการล้าง ลดปริมาณการใช้น้ำ ลดระดับความดังของเสียง และลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

กรณีศึกษาวิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นดินในอุตสาหกรรมเซรามิกที่ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-2: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นดิน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การปรับปรุงวิธีการผลิต	ติดตั้งวาล์วควบคุมการป้อนวัตถุดิบ

โรงงานเซรามิกแห่งหนึ่งมีระบบการป้อนวัตถุดิบที่ยังไม่ได้ประสิทธิภาพทำให้เกิดการตกหล่นของวัตถุดิบแห้งจำนวนมาก ซึ่งทำให้ไม่สามารถนำวัตถุดิบกลับไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงจะต้องมีการนำกลับไปทำความสะอาดใหม่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและเวลาที่ต้องใช้ในการนำดินกลับมาใช้ใหม่

อุปกรณ์รองวัตถุดิบตกหล่นเพื่อลดปริมาณวัตถุดิบที่ปนเปื้อน

แนวทางแก้ไข: ติดตั้งวาล์วควบคุมการป้อนวัตถุดิบอัตโนมัติ และใช้อุปกรณ์รองรับวัตถุดิบเพื่อใช้รองวัตถุดิบที่อาจตกหล่นระหว่างกระบวนการเพิ่มเติม จากผลการดำเนินงานทำให้มีการลดปริมาณวัตถุดิบที่ตดหล่นลงไปได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถลดปริมาณผงวัตถุดิบที่จำเป็นต้องนำไปล้างใหม่ได้อีกด้วย

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก” (2552)

(5.2) ขั้นตอนการขึ้นรูป

☺ เปลี่ยนมาใช้แบบพิมพ์ที่มีส่วนผสมของโลหะและวัสดุพลาสติกทนการสึกหรอ แทนแบบพิมพ์โลหะทั่วไป ซึ่งจะทำให้ลดการใช้วัตถุดิบและพลังงานลง นอกจากนี้ยังสามารถทำงานเร็วขึ้นโดยที่ะใช้เวลาในการเปลี่ยนแบบเพียง 30 นาที ซึ่งจากเดิมต้องใช้เวลา 8-10 ชั่วโมง และสามารถใช้แบบพิมพ์ได้นานถึง 30 วัน ซึ่งจากเดิมใช้ได้เพียง 10 วัน

กรณีศึกษาวิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นดินในอุตสาหกรรมเซรามิกที่ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-3: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นดิน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	**หลักการ**
การปรับเปลี่ยน/ปรับปรุง	การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน

อุตสาหกรรมเซรามิกมีขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียในกระบวนการผลิตโดยจะเกิดเป็นชิ้นงานขึ้นรูปที่ไม่ได้คุณภาพ ต้องนำของเสียที่เกิดขึ้นกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตเตรียมน้ำดินอีกครั้งซึ่งจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น จึงควรมีการแก้ไขสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาของเสียและการปรับปรุงกระบวนผลิต

โดยมีการศึกษาในแต่ละขั้นตอนของการขึ้นรูปชิ้นงานเริ่มตั้งแต่ การเตรียมน้ำดิน คุณสมบัติน้ำดิน การทดสอบน้ำดินก่อนการขึ้นรูป และการตกแต่งชิ้นงานขึ้นรูป ซึ่งจะพบว่ากระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์บางชิ้นงานจะมีคราบฟองอากาศค่อนข้างมาก สามารถคิดเป็นปริมาณของเสียปัญหาฟองอากาศและโพรงอากาศประมาณ 370 กิโลกรัม/เดือน นอกจากนี้ยังพบว่าการออกแบบโมลด์ขึ้นรูปยังมีลักษณะที่ไม่เหมาะสม เพราะโมลด์บางส่วนจะถูกออกแบบให้เป็นลักษณะของโดมคว่ำทำให้อากาศไหลออกจากโมลด์ได้ยาก

สมดุลมวลและพลังงานของกระบวนการหล่อผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์จากการถอดแบบหล่อ

แนวทางแก้ไข: ทำสมดุลมวลและพลังงานเพื่อให้ทราบจำนวนปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และทำการออกแบบโมลด์หล่อใหม่ให้มีลักษณะเป็นระฆังหงายเพื่อให้สามารถไล่อากาศออกได้สะดวกมากขึ้นและมีการปรับปรุงวิธีการให้เหมาะสม โดยจะทำให้เกิดของเสียลดลง นอกจากนี้ยังปรับกรุงระบบการเตรียมน้ำดินจากการใช้ปั๊มสูบจากถังเตรียมน้ำดินไปยังถังใช้งาน เป็นการต่อระบบท่อน้ำดินที่มีการเตรียมไว้ไปยังถังใช้งาน โดยจะมีการปล่อยน้ำดินให้ไหลลงข้างถังเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศขึ้น และต้องมีการควบคุมให้ต้องกวนน้ำดินในถังใช้งานทิ้งไว้อย่างน้อย 12-24 ชั่วโมง ก่อนการใช้งานเพื่อเป็นการไล่ฟองอากาศทั้งหมดซึ่งจะต้องมีการติดตั้งถังกวนน้ำดินเพิ่มเติม เพื่อให้มีถังสำรองในการกวนน้ำดินก่อนการใช้งาน

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์
เงินลงทุน: ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถังกวนน้ำดินราคา 70,000 บาท **ประหยัดค่าใช้จ่าย:** สามารถลดของเสียจากเดิม 370 เป็น 270.03 กิโลกรัม/เดือน คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 3,123.85 บาท/เดือน หรือ 37,486.2 บาท/ปี **ระยะเวลาคืนทุน:** 1 ปี 11 เดือน

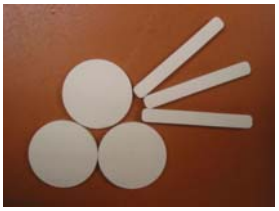
ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. "คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก" (2552)

4.1.1.1 เทคโนโลยี/นวัตกรรมการจัดการเนื้อดิน

เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้ในการจัดการวัตถุดิบที่เป็นดินในปัจจุบันประกอบด้วย

(1) การเลือกใช้วัสดุเซรามิกชนิดคอร์เดียไรต์

วัสดุเซรามิกชนิดคอร์เดียไรต์ สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลันได้สูงถึง 500 °C โดยวัสดุเซรามิกชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ เตาเผา และการพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการประกอบอาหารที่ต้องใช้ความร้อนประเภทอบให้แห้งหรือเผาให้แห้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกในการส่งออก



รูปที่ 4-1 เซรามิกชนิดคอร์เดียไรต์[1]

(2) การเลือกใช้แร่แอมพิโบล แร่ไพโรฟิไรต์

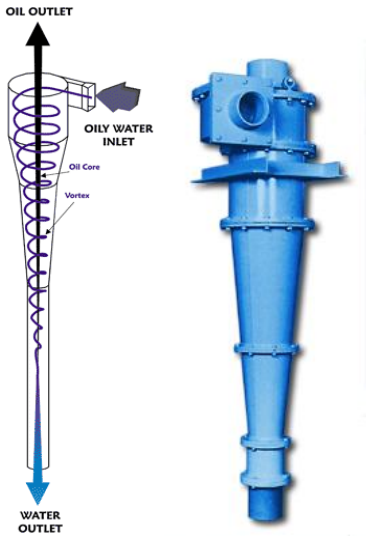
แร่เหล่านี้จะมีอุณหภูมิเผาไหม้ 60-80 °C ซึ่งต่ำกว่าการใช้เชื้อเพลิงทั่วไปทำให้สามารถลดระยะเวลาการเผาและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงได้มาก นอกจากนี้ ดินสีแดงยังมีอิลไลต์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดอุณหภูมิของการเผาได้ถึง 40 °C เหมาะกับขั้นตอนการเคลือบเงาหรือนำไปผลิตเป็นอิฐสีแดงได้โดยตรง พบมากในประเทศจีนแต่ยังไม่ได้รับความนิยม

(3) การปรับปรุงวิธีการในการล้างดินด้วยเครื่องไฮโดรไซโคลน

[1] http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=598&Itemid=62

ไฮโดรไซโคลนเป็นอุปกรณ์ในการแยกช่องของผสม โดยมีการเคลื่อนที่แบบหมุนจนเกิดแรงเหวี่ยงลักษณะคล้ายการหมุนของพายุไซโคลน และมีการแยกสารโดยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความหนาแน่นหรือขนาดของสาร ซึ่งแรงเหวี่ยงที่เกิดจากการฉีดของผสมเข้าทางด้านข้างของไฮโดรไซโคลนด้วยความเร็วสูงโดยที่ตัวไฮโดรไซโคลนไม่มีการเคลื่อนที่เลย

โดยระบบที่มีของแข็งปนอยู่กับของเหลว สารที่เป็นของเหลวหรือมีความหนาแน่นน้อยกว่าจะเคลื่อนที่ในทิศทางหมุนเข้าสู่ศูนย์กลางของไฮโดรไซโคลนและไหลออกทางด้านบน ส่วนของแข็งหรือมีความหนาแน่นมากกว่าจะมีการเคลื่อนที่และการไหลตรงข้ามกัน ซึ่งไฮโดรไซโคลนจะเพิ่มประสิทธิภาพโดยการนำมาต่อแบบอนุกรมกันเพื่อให้มีการแยกของสารที่ดีขึ้น และมีขนาดตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จนถึงหลายเมตร แต่ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับการใช้งาน



รูปที่ 4-2 หลักการและเครื่องไฮโดรไซโคลน[2]

เครื่องไฮโดรไซโคลนเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะกับอุตสาหกรรมในประเทศไทย เนื่องจากมีกลไกการแยกสารไม่ซับซ้อน ราคาไม่แพง ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงไม่มาก และมีความปลอดภัยสูง

4.1.2 น้ำยาเคลือบ

4.1.2.1 การจัดการน้ำยาเคลือบให้เหมาะสม

น้ำยาเคลือบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกเพื่อให้เกิดความสวยงานและคงทน ประกอบด้วยส่วนผสมสำคัญคือ สารเคลือบ สี และสารเติมแต่ง ซึ่งจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาถึงคุณสมบัติ ปริมาณที่ใช้ในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์เซรามิกอย่างเหมาะสม มีแนวทางดังนี้

[2] http://www.vcharkarn.com/varticle/1060

<u>การเลือกใช้น้ำยาเคลือบ</u>

☺ ควรเลือกชนิดของสีในสูตรน้ำยาเคลือบให้เหมาะสมกับเซรามิกที่ต้องการ โดยแบ่งออกเป็น สีเซรามิกสำหรับการเคลือบ และสีเซรามิกสำหรับเนื้อดิน เนื่องจากทั้งสองประเภทนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิต และอุณหภูมิกับสภาวะที่จะใช้งานนั้น รวมทั้งวัตถุดิบที่จะใช้ทำเคลือบก็จะต้องดูให้เหมาะสมกับส่วนประกอบของสีสะเตนที่จะเลือกใช้ด้วย เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพของสีเคลือบได้อย่างสม่ำเสมอ หากเลือกสีที่ไม่เหมาะกับสูตรเคลือบก็จะทำให้สีเพี้ยนไม่คงที่ หรือต้องใช้สีในปริมาณมากขึ้น

☺ ไม่ควรเลือกใช้สารเคลือบที่มีตะกั่วเป็นส่วนผสม และยอมให้ใช้สารเคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทตามกฎหมายกำหนด

ตารางที่ 4-1 ปริมาณสารโลหะนักสำหรับภาชนะ[3]

ประเภท	ปริมาณสารไม่เกิน (mg/dm^3)	
	ตะกั่ว	แคดเมียม
ภาชนะแบบแบน	7.0	0.50
ภาชนะแบบลึกขนาดเล็ก	5.0	0.50
ภาชนะแบบลึกขนาดใหญ่	2.5	0.25
ภาชนะบรรจุอาหารสำหรับทารก	2.5	0.25
ภาชนะหุงต้ม	5.0	0.50
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมอาหาร	7.0	0.50

เลือกใช้สีที่มีความสามารถในการยึดติดสูง เพื่อลดปริมาณสีที่อยู่ในน้ำเสีย

☺ เลือกใช้สีที่มีการทำละลายดี เพื่อที่จะได้ไม่ต้องใช้ปริมาณสีมาก

☺ ควรเลือกสีจากธรรมชาติหากต้องการไม่ต้องการเซรามิกที่สีสดใส

☺ ควรชุบสีเพื่อให้ได้สีที่สม่ำเสมอดีกว่าการพ่นสี ซึ่งจะทำให้น้ำสีเกิดการฟุ้งกระจาย

☺ ควรใช้น้ำสะอาดในการผสมสี เพื่อให้สีละลายตัวได้ดี

☺ ควรใช้ผงสีที่มีความละเอียดสูง เพื่อป้องกันสีเซรามิกจับตัวเป็นก้อนในขั้นตอนผสมสีและกำจัดปัญหาหลังเผาเคลือบแล้ว

☺ การใช้น้ำมันทินเนอร์และสารเติมแต่ง เพื่อช่วยให้ส่วนผสมมีความลื่นไหล ลดระยะเวลาการทำงานของหม้อบด โดยเติมน้ำมันทินเนอร์ที่มีองค์ประกอบที่เป็นน้ำ 32 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ส่วนผสมมีความไหลลื่นเทียบเท่ากับส่วนผสมที่มีน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากหม้อบดเป็นอุปกรณ์ที่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและสิ้นเปลืองวัตถุดิบในการผลิตสูง การเติมสารเติมแต่งที่มี

[3] http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2524/D/061/1.PDF

คุณภาพสูง จะช่วยลดความแข็งและอนุภาคพื้นผิวของวัตถุดิบในการผลิต ทำให้ส่วนผสมมีความลื่นไหลและบดง่ายขึ้น จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของหม้อบด

☺ สารฟอกน้ำมันคุณภาพสูง สามารถประหยัดน้ำมันได้ถึง 8-15 เปอร์เซ็นต์ การเติมสารฟอกน้ำมันคุณภาพสูงในปริมาณ 0.0002 ในทาวเวอร์ฉีดสเปรย์แบบแห้งขนาด 4,000 ลิตร จะสามารถประหยัดการใช้งานได้ถึง 14 เปอร์เซ็นต์

☺ ควรเลือกใช้สารเติมแต่งที่เหมาะสม ทั้งในด้านคุณสมบัติและปริมาณที่ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียที่เกิดจากการใช้งานที่ผิดพลาด

<u>การวัดปริมาณน้ำยาเคลือบ</u>

ควรมีการติดตั้งระบบการวัดปริมาณของวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ต้องใช้ผสมในอุปกรณ์การผลิตอย่างอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้ได้สารเคลือบที่มีความถูกต้อง คุณภาพคงที่ และไม่เกิดการปนเปื้อนของสารเคมี เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นหลังจากการเผาเคลือบเซรามิก หรือทำให้สีผิดเพี้ยนไป

วิธีการ/แนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย (1) ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบ (2) ขั้นตอนการเคลือบ ที่เหมาะสมและสามารถนำปฏิบัติได้ดังนี้

1) <u>การลดปริมาณน้ำยาเคลือบ (พิจารณาทั้งสี สารเคลือบและสารเติมแต่ง)</u>

1.1) ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบ

☺ เลือกสารเติมแต่งชนิดเดียวที่มีคุณสมบัติหลากหลายแทนการสารเติมแต่งหลายชนิด

☺ เลือกสารเติมแต่งคุณภาพสูงหรือมีความเข้มข้นมากในการใช้งานเพื่อลดปริมาณการใช้

☺ เลือกสารเติมแต่งให้เหมาะสม หากต้องใช้หลายตัวเพื่อไม่ให้เกิดคุณสมบัติที่หักล้างกัน

1.2) ขั้นตอนการเคลือบ

☺ ลดจำนวนขั้นตอนการเคลือบเงาจาก 2 ครั้ง เหลือเพียงครั้งเดียว

☺ เลือกสารเคลือบที่มีคุณภาพเพื่อเวลาผสมน้ำจะได้ไม่ต้องผสมผงสารเคลือบมากเกินไป

☺ ใช้น้ำที่มีค่าความเป็นกลางในการผสมสารเคลือบ เพื่อเวลาผสมสารเคลือบจะได้ไม่ทำให้สารเคลือบมีคุณภาพลดลงจนต้องเติมผงสารเคลือบลงไปเพิ่ม

☺ นำระบบการเคลือบแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติมาใช้งาน เพื่อเพิ่มความสะดวกและลดการเคลือบที่หนามากเกินไปซึ่งจะได้มาตรฐานเท่ากันทุกชิ้น

☺ การเคลือบด้วยวิธีพ่นเคลือบ ควรทำในตู้ที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย

2) <u>การใช้ซ้ำ/การนำกลับมาใช้ใหม่ของน้ำยาเคลือบ (พิจารณาทั้งสี สารเคลือบและสารเติมแต่ง)</u>

2.1) ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบ

☺ นำน้ำสีที่เหลือใช้จากการชุบสีมาใช้ซ้ำ โดยเติมสีและสารเติมแต่งเพิ่มเพื่อให้น้ำสีมีคุณภาพและน้ำสีคงตัว

☺ หากมีการพ่นสีเซรามิกควรทำการพ่นภายในระบบปิดหรือตู้พ่นเพื่อนำน้ำสีจากระบบการผลิตกลับมาใช้ใหม่ โดยทำการเติมสีและสารเติมแต่งเพิ่มเพื่อให้น้ำสีมีคุณภาพและน้ำสีคงตัว

☺ มีระบบการเก็บน้ำเคลือบจากกระบวนการผลิต ซึ่งป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถนำน้ำเคลือบกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการเคลือบ โดยจะมีการพ่นเคลือบชิ้นงานภายในตู้พ่นเคลือบเพื่อเก็บกักน้ำเคลือบกลับมาใหม่

3) <u>การหลีกเลี่ยงการใช้ชนิดของน้ำยาเคลือบ (พิจารณาทั้งสี สารเคลือบและสารเติมแต่ง)</u>

3.1) ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบ

☺ หลีกเลี่ยงการใช้สีที่มีส่วนผสมของโลหะหนัก โดยเฉพาะเซรามิกเครื่องครัว

☺ ควรหลีกเลี่ยงการใช้สารเคลือบที่มีส่วนผสมของโลหะหนัก

☺ ควรหลีกเลี่ยงการใช้สารเคลือบที่มีส่วนผสมของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

☺ ควรหลีกเลี่ยงการใช้สารเคลือบที่มีคุณภาพต่ำ โดยมีการทดสอบคุณสมบัติเคมีตามมาตรฐานในทุก ๆ ผลิตภัณฑ์

4) <u>การปรับเปลี่ยนชนิดของน้ำยาเคลือบ (พิจารณาทั้งสี สารเคลือบและสารเติมแต่ง)</u>

4.1) ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบ

☺ เปลี่ยนมาใช้สารเติมแต่งที่มีการพัฒนาโดยใช้สารที่เป็นธรรมชาติหรืออินทรีย์สังเคราะห์

☺ เปลี่ยนมาใช้สีที่มีการพัฒนาสูตรแบบไร้โลหะหนักหรือมีในปริมาณน้อย แต่ยังคงให้สีสันสดได้เหมือนเดิม

☺ เปลี่ยนมาใช้สูตรเคลือบเซรามิกไร้สารตะกั่วในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งมีหลายสูตร เช่น

(1) ต้นแบบเคลือบชุด 1-1 สูตร Na-1 ประกอบด้วยวัตถุดิบที่เตรียมเคลือบดิน คือ โซเดียมเฟลด์สปาร์ ทราย บอแรกซ์ แคลไซค์ ดินขาว และซิงค์ออกไซด์ และมีตัวช่วยหลอม คือ บอแรกซ์

(2) ต้นแบบเคลือบชุด 1-2 สูตร GP-3 ประกอบด้วยวัตถุดิบที่เตรียมเคลือบดินเหมือนกันกับสูตรที่ 1 แต่ใช้เศษแก้วแทนโซเดียมเฟลด์สปาร์ และมีตัวช่วยหลอม คือ เศษแก้ว

(3) ต้นแบบเคลือบชุด 3-1 สูตร L-8

(4) ต้นแบบเคลือบชุด 3-1 สูตร L-5 ประกอบด้วยวัตถุดิบที่เตรียมเคลือบดินเหมือนกันกับสูตรที่ 1 แต่ใช้ลิเทียมคาร์บอเนตแทน บอแรกซ์ และมีตัวช่วยหลอม คือ ลิเทียมคาร์บอเนต

5) <u>การปรับปรุงคุณภาพของน้ำยาเคลือบ (พิจารณาทั้งสี สารเคลือบ และสารเติมแต่ง)</u>

5.1) ขั้นตอนการเคลือบ

☺ ตรวจสอบคุณภาพน้ำเคลือบในระหว่างการใช้งาน เพื่อควบคุมคุณภาพในการใช้งานและลดปริมาณของการเกิดของเสีย โดยจัดทำเป็นตารางเวลาตรวจสอบอย่างชัดเจน

☺ ใช้สารเคลือบให้มีอนุภาคระดับนาโนมาเคลือบผิวเซรามิกประเภทสุขภัณฑ์และเครื่องครัว เพื่อป้องกันอาหารติดภาชนะระหว่างปรุง เพิ่มความปลอดภัยเพราะสามารถทนอุณหภูมิสูงและการขีดข่วนได้ดี

☺ มีการเติมสารยับยั้งแบคทีเรียลงไปในสารเคลือบในเซรามิกประเภทครัวเรือน

☺ เติมสาร CMC ในน้ำเคลือบเพื่อเพิ่มคุณภาพของน้ำสารเคลือบเติมสารเติมแต่งในน้ำสารเคลือบตามคุณลักษณะที่ต้องการ

6) <u>การปรับปรุงวิธีการผลิต (เพื่อลดการใช้น้ำยาเคลือบ)</u>

6.1) ขั้นตอนการเคลือบ

☺ การใช้เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ลายแบบลูกกลิ้งยางและพิมพ์ลายแบบพ่นหมึก: ใช้เทคโนโลยีนี้ทดแทนการพิมพ์ลายเรียบแบบเก่า จะสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้ถึง 3-5 เท่า และลายพิมพ์ที่ได้จะมีคุณภาพดีกว่า นอกจากนี้ เครื่องพิมพ์ลายแบบลูกกลิ้งยางมีอายุการใช้งานมากกว่าเครื่องพิมพ์ลายแบบเก่าถึง 10 เท่า และใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าถึง 2-3 เท่า

☺ การใช้เครื่องเคลือบเงาโดยตรง: มีขั้นตอนการปฏิบัติการที่ง่าย และสามารถการันตีคุณภาพของการเคลือบเงาได้เต็มประสิทธิภาพ สามารถใช้กับเครื่องแปลงความถี่ไฟฟ้าได้ ทำให้ขั้นตอนการทำงานเสถียรและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง

กรณีศึกษาวิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุที่เป็นน้ำยาเคลือบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-4: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การปรับเปลี่ยน/ปรับปรุง	การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน

โรงงานแห่งหนึ่งพบของเสียจากการผลิตที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นจุดดำแดงของสนิมเหล็กบนผิวชิ้นงานจากการเผาเคลือบภายหลังซึ่งมีปริมาณของเสีย 389 กิโลกรัม/เดือน โดยประสบปัญหาอย่างต่อเนื่องและไม่มีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบก่อนรับเข้ามาในโรงงาน เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพวัตถุดิบที่ได้รับกับคุณสมบัติที่กำหนดไว้จากผู้ขาย ทำให้เกิดการสูญเสียในการผลิตเนื่องจากการใช้งานวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพ หรืออาจเกิดจากกระบวนการแยกเหล็กออกจากน้ำเคลือบโดยแม่เหล็กถาวรของทางโรงงานมีประสิทธิภาพต่ำ

สมดุลมวลและพลังงานของกระบวนการเตรียมน้ำเคลือบ

เครื่องแยกเหล็กโดยแม่เหล็กไฟฟ้า

แนวทางแก้ไข: จากการจัดทำสมดุลมวลและพลังงานเพื่อให้ทราบจำนวนปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและกำหนดให้มีวิธีการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนการใช้งาน ดำเนินการติดต่อกับบริษัทของผู้ขายเรื่องคุณภาพและมาตรฐานการจัดส่งวัตถุดิบ และแยกเหล็กปนเปื้อนในวัตถุดิบของโรงงานที่เหมาะสมเพื่อป้องกันปัญหาที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ โดยจะต้องมีการดำเนินการกับทางบริษัทผู้ขายวัตถุดิบในเรื่องคุณภาพแหล่งวัตถุดิบสำรองซึ่งจะต้องมีคุณภาพที่ใกล้เคียงหรือดีกว่า วัตถุดิบใหม่อาจมีราคาต้นทุนวัตถุดิบสูงกว่าเดิมทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น แต่ก็สามารถที่จะป้องกันปัญหาเรื่องวัตถุดิบได้จึงถือว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

เงินลงทุน:

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องแยกเหล็กโดยแม่เหล็กไฟฟ้าราคา 70,000 บาท

ประหยัดค่าใช้จ่าย:

สามารถลดของเสียจากเดิม 389 เป็น 259 กิโลกรัม/เดือน

ผลตอบแทนสุทธิของการปรับปรุง 14,300 บาท/เดือน

ระยะเวลาคืนทุน: 4.9 เดือน

ตัวอย่างที่ 4-5 วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ	การดูดซับพอลิเมอร์และสารลดแรงตึงผิวบางชนิด
การดูดซับพอลิเมอร์พอลิไวนิลแอลกฮอล์ สารลดแรงตึงผิวของไอออนบวกเซทิลพิริดิเนียมคลอไรด์และไอออนลบโซเดียมโดเดคิลเบนซีนซัลโฟเนต[4] บนอนุภาคของส่วนที่แขวนลอยในน้ำเคลือบเซรามิก เช่น ดินเกาลิน ลามสโตน ควอร์ทซ์ และเฟลด์สปาร์ ทั้งในสภาวะสารพอลิเมอร์และสารลดแรงตึงผิวเดี่ยว และสารพอลิเมอร์ผสมกับสารลดแรงตึงผิว ซึ่งไอโซเทอร์มของการดูดซับและเสถียรภาพการกระจายตัวของส่วนประกอบที่แขวนลอยในน้ำเคลือบเซรามิกเนื่องจากการดูดซับสารพอลิเมอร์และสารลดแรงตึงผิว โดยวัดค่าการดูดกลืนแสง 500 นาโนเมตร หาศักย์ไฟฟ้าซีต้าและหาความหนืดที่สภาวะสารละลายแขวนลอยมีค่าความแรงไอออน 0.001 โมลาร์โซเดียมคลอดไรด์ และมีค่าความเป็นกรดด่าง 9 ไอโซเทอร์มการดูดซับที่อุณหภูมิ 25 °C โดยดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 259 และ 223 นาโนเมตร ส่วนพอลิเมอร์พอลิไวนิลแอลกฮอล์จะวิเคราะห์ความเข้มข้นที่เหลือโดยวิธีคัลเลอรีเมตรี คือ ทำให้เกิดสารเชิงซ้อนที่มีสีกับไอโอดีนโพแทสเซียมไอโอไดด์ และกรดบอริก วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 690 นาโนเมตร เสถียรภาพการกระจายตัวของสารแขวนลอยในน้ำเคลือบสามารถปรับปรุงโดยการเติมสารพอลิเมอร์สารลดแรงตึงผิวไอออนิกทั้งที่ผสมกันและแบบเดี่ยว ซึ่งมาจากแรงผลักจากชั้นซ้อนของประจุหรือจากความเกะกะจากการดูดซับโดยขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารพอลิเมอร์และสารลดแรงตึงผิวที่เติม	

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก” (2552).

ตัวอย่างที่ 4-6 : วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ	เคลือบเซรามิกแบบไร้สารตะกั่ว
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ[5] พัฒนาสูตรเคลือบที่ไม่มีส่วนผสมของสารตะกั่ว โดยลดความเสี่ยงการใช้งานของผู้ผลิตที่เกิดการสัมผัสหรือสูดดมไอสารตะกั่วเข้าร่างกายและลดความเสี่ยงต่อการใช้งานของผู้บริโภคที่สัมผัสกับอาหารโดยตรงซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษมากับอาหาร ซึ่งการที่ใช้สารเคลือบแบบไร้สารตะกั่วซึ่งจะผ่านกระบวนการเผาเคลือบซึ่งจะทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเคลือบจะต่ำกว่า 1,000 °ซ จากเดิม 1,170-1,250 °C ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิง	
ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์	
❀ ประหยัดเชื้อเพลิงได้ 15-20 เปอร์เซ็นต์	

[4] http://research.trf.or.th/node/2255

[5] http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=5&id=6&Itemid=62

ตัวอย่างที่ 4-7 วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ	สารเคลือบเพื่อการแผ่รังสีได้สูง
สารเคลือบจะช่วยให้พื้นผิวของวัสดุมีความสามารถในการแผ่รังสีเพิ่มขึ้น โดยการทาเคลือบไว้ที่พื้นผิวด้านในของเตาเผา พบว่าความสามารถในการแผ่รังสีของวัสดุฉนวนต่าง ๆ ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยความสามารถในการแผ่รังสีของเตาเผาที่ทำงานในอุณหภูมิสูง จากเดิม 0.3 เป็น 0.8 เมื่อมีการใช้สารเคลือบทำให้มีการถ่ายเทความร้อนมากขึ้น มีการให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอ และยืดอายุการใช้งานของวัสดุ	
ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์	
❀ สามารถลดเชื้อเพลิงหรือพลังงานลงได้ 25-45 เปอร์เซ็นต์	

ตัวอย่างที่ 4-8 วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบ	การเคลือบเงาแบบขั้นตอนเดียว
การเคลือบเงาแบบขั้นตอนเดียว สามารถช่วยลดเวลาและความยุ่งยากในการผลิตลง โดยการเติมผงสารเคลือบเงามาอัดขึ้นรูปพร้อม ๆ กับเซรามิกในขั้นตอนเดียวกัน ทำให้สามารถลดขั้นตอนการเคลือบเงาจากแบบเดิมลงได้ นอกจากนี้ยังทำให้เซรามิกที่เคลือบเงามีความสวยงามและคุณภาพที่ดีขึ้น ป้องกันการลื่นทนต่อการขูดขีด และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม	
ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์	
❀ สามารถลดปริมาณการใช้สารเคลือบได้ 50 เปอร์เซ็นต์	

4.1.2.2 เทคโนโลยี/นวัตกรรมการจัดการน้ำยาเคลือบให้เหมาะสม

เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้ในการจัดการวัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบในปัจจุบัน ประกอบด้วย

(1) การใช้ตู้พ่นเคลือบชิ้นงาน

มีระบบการเก็บน้ำเคลือบจากกระบวนการผลิต การเลิกใช้โลหะหนักในสูตรน้ำเคลือบ ซึ่งป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถนำน้ำเคลือบกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการเคลือบ โดยจะมีการพ่นเคลือบชิ้นงานภายในตู้พ่นเคลือบเพื่อเก็บกักน้ำเคลือบกลับมาใหม่

รูปที่ 4-3 ตู้พ่นเคลือบชิ้นงาน

(2) การประยุกต์ใช้ Zinc Die Casting ในการผลิตชิ้นส่วนสุขภัณฑ์[6]

การออกแบบแม่พิมพ์และกำหนดสภาวะการฉีดสำหรับกระบวนการหล่อ Zinc High Pressure Die Casting เพื่อใช้ในการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์สุขภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติและพื้นผิวชิ้นงานที่เหมาะสมสำหรับการชุบผิวโดยวิธีการทางไฟฟ้า โดยทำการแก้ไขการออกแบบแม่พิมพ์และปรับเปลี่ยนแก้ไขกระบวนการผลิตให้เหมาะสม ทำให้ลดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน เพิ่มผลผลิตและทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีผิวเหมาะสมสำหรับการชุบผิว ทั้งนี้การนำสังกะสีมาใช้ในการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์สุขภัณฑ์ยังช่วยทดแทนการใช้ทองเหลือง ช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบ ช่วยขยายตลาดให้กับผลิตภัณฑ์สังกะสี ช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์สังกะสี นอกจากนี้ยังนำไปสู่การรวมกลุ่มของผู้ผลิตวัตถุดิบต้นน้ำ ผู้ประกอบการกลางน้ำจนถึงปลายน้ำ ซึ่งทำให้ผู้ผลิตในแต่ละลำดับขั้นได้รับรู้ความต้องการ เกิดความร่วมมือและนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และสามารถขยายตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศได้

4.2 การจัดการน้ำใช้

4.2.1 การจัดการน้ำใช้ให้เหมาะสม

อุตสาหกรรมเซรามิกถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำในการผลิตจำนวนมาก ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและปริมาณการผลิต ถ้าเป็นการขึ้นรูปแบบหล่อ เช่น สุขภัณฑ์ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารบางประเภทจะใช้ปริมาณน้ำในการเตรียมน้ำดินอยู่ประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำดิน ดังนั้นหากมีวิธีการ/แนวทางในการจัดการการใช้น้ำ/ประหยัดการใช้น้ำในขั้นตอนต่าง ๆ ลงได้ โดยที่คุณภาพของชิ้นงานยังคงเดิมจะช่วยให้อุตสาหกรรมดังกล่าวมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง และเกิดปริมาณน้ำเสียที่จะเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมลดลงตามไปด้วย

---

[6] http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=1523&Itemid=62

วิธีการ/แนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นเนื้อดินสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่เกิดในขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย (1) ขั้นตอนการเตรียมดิน (2) ขั้นตอนการเตรียมน้ำเคลือบ (3) ขั้นตอนขึ้นรูป ที่เหมาะสมและสามารถนำปฏิบัติได้ดี ดังนี้

1) <u>การลดปริมาณน้ำใช้</u>

1.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ ควรนำดินมาร่อนตะแกรงเพื่อลดสิ่งเจือปนหรือเศษดินที่ไม่ได้มาตรฐาน ลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างดิน หรือนำมาเตรียมน้ำดินต่อไป

☺ ควรเติมสารช่วยให้เปียกลงไปในดิน

☺ ควรทำการชั่งปริมาณผงเคลือบให้ได้สัดส่วน เพื่อลดปริมาณน้ำใช้ที่ผสม

☺ ควรติดตั้งระบบควบคุมปริมาณน้ำ

☺ ควรมีการตรวจสอบการชำรุดของระบบการจ่ายน้ำในสายพานลำเลียงดิน

☺ ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์เปิด-ปิดเพื่อควบคุมการจ่ายน้ำที่สายพานลำเลียง

☺ ควรใช้น้ำที่มีค่าความเป็นกรดด่างที่ 7 ไม่ควรใช้น้ำกระด้างในการล้างน้ำสี

☺ ควรมีการลดขนาดของท่อส่งน้ำลง

1.2) การเตรียมน้ำเคลือบ

☺ ควรใช้สารเคลือบที่มีเปอร์เซ็นต์การเคลือบที่เหมาะสม หากใช้สารเคลือบที่เปอร์เซ็นต์สูงจะต้องมีใช้น้ำผสมปริมาณมาก

1.3) ขั้นตอนการขึ้นรูป

☺ ควรมีการติดตั้งรางเพื่อเก็บรวบรวมน้ำที่เหลือจากการขึ้นรูป

กรณีศึกษา: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำใช้สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-9: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำใช้

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำใช้	การลดปริมาณน้ำในการขึ้นรูป
โรงงานแห่งหนึ่งเกิดการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการไล่น้ำในเนื้อชิ้นงานออกเร็วเกินไปในช่วงก่อนการอบแห้ง ระหว่างการอบแห้ง และในช่วงต้นของการเผา **แนวทางการปรับปรุง:** ลดปริมาณน้ำการขึ้นรูปลงให้อยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการขึ้นรูป หากมีการขึ้นรูปแบบการหล่อควรใช้ความหนาแน่นของน้ำสลิปที่สูง โดยที่การไหลของสลิปยังอยู่ในช่วงที่ใช้งานได้ และต้องคำนึงถึงค่าความหนืดของน้ำดินด้วยการอัด ควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้นให้อยู่ในช่วงแคบและเพียงพอต่อการขึ้นรูปโดยอาศัยความเหนียว โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อดินควรเหมาะสมกับความสามารถในการขึ้นรูปและควรคำนึงถึงความสม่ำเสมอของความชื้นในดินแท่งก่อนนำมาขึ้นรูปด้วย	

2) การใช้ซ้ำ/การนำกลับมาใช้ใหม่

2.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ ควรนำน้ำดินที่เหลือจากการเตรียมน้ำดินมาใช้ซ้ำ โดยไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำ

2.2) ขั้นตอนการเตรียมน้ำเคลือบ

☺ สามารถนำน้ำที่ล้างสีกลับมาใช้ใหม่ได้แต่ต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำสีก่อน

2.3) ขั้นตอนการขึ้นรูป

☺ ควรมีการติดตั้งระบบรางเก็บน้ำจากการขึ้นรูป เพื่อนำน้ำที่ได้กลับไปใช้ในขั้นตอนการเตรียมดินได้โดยไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำ

3) การหลีกเลี่ยงการใช้

3.1) ขั้นตอนเตรียมดิน

☺ ควรเลี่ยงใช้น้ำหรือดิน ที่เป็นกรดหรือเค็มเพราะเกิดความเสียหายที่อุปกรณ์เตาเผาได้

3.2) ขั้นตอนการเตรียมน้ำเคลือบ

☺ ควรเลี่ยงการใช้น้ำที่มีความกระด้างสูงในการล้างน้ำสีเพราะจะทำให้ชิ้นงานมีสีที่ผิดเพี้ยนหรือเกิดรอยได้

4) การปรับเปลี่ยน/ปรับปรุงวิธีการผลิต

4.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ ควรปรับปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมดินให้ได้สัดส่วน

☺ ควรติดตั้งระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ ในการเตรียมน้ำดิน

☺ หากมีการใช้ท่อน้ำหรือสายยางในการล้างดิน ควรเปลี่ยนมาต่อท่อแบบหัวฉีดแทน

4.2) ขั้นตอนการเตรียมน้ำเคลือบ

☺ หากมีการล้างน้ำสีบนสายพาน ควรทำการวางสายพานเป็นชั้น ๆ เพื่อให้น้ำล้างสีจากชั้นบนสุดล้างชั้นที่อยู่ต่ำกว่า

4.3) การจัดการระบบน้ำใช้ของโรงงาน

☺ ควรวางผังระบบน้ำภายในโรงงานให้เหมาะสม โดยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับระบบการจ่ายน้ำ เช่น ปั๊มน้ำ ขนาดของท่อส่งน้ำ

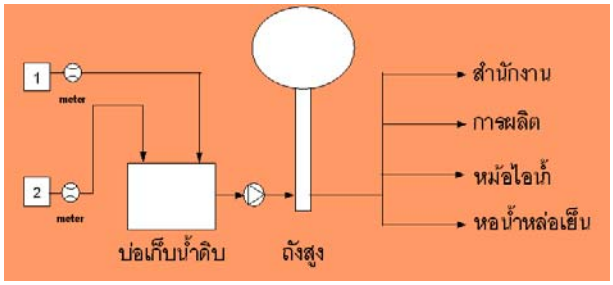
☺ ควรทำสมดุลระบบน้ำภายในโรงงาน เพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำหากเกิดท่อน้ำรั่ว/แตก

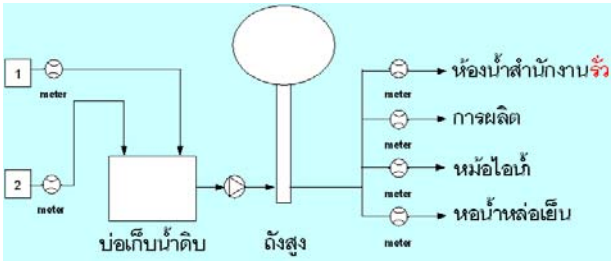
กรณีศึกษา: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำใช้สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่มีการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-10: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำใช้

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำใช้	ปรับปรุงระบบน้ำให้เหมาะสมโดยการทำสมดุลน้ำ

โรงงานแห่งหนึ่ง มีการตรวจสอบระบบของท่อน้ำภายในโรงงานได้ด้วยการจัดทำสมดุลน้ำภายในโรงงาน โดยปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด จะต้องเท่ากับ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิต + ปริมาณน้ำที่ใช้อุปโภคบริโภค + น้ำเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งโรงงานแห่งนี้จะมีการใช้น้ำประมาณวันละ 1,000 ลูกบาศก์เมตร





ก่อนและหลังปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุง: ทำการติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำในระบบการใช้น้ำต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถตรวจสอบปริมาณการใช้น้ำจริงได้ หลังจากที่มีการจัดทำสมดุลน้ำภายในโรงงานพบว่า ปริมาณน้ำที่ระบบต่าง ๆ สามารถวัดมีปริมาณน้ำได้เพียง 800 ลูกบาศก์เมตร แสดงว่ามีปริมาณน้ำรั่ว 200 ลูกบาศก์เมตร/วัน

คิดเป็นเงินค่าน้ำประปา = (200 ลูกบาศก์เมตร/วัน) x (13.55 บาท/หน่วย)

= 2,710 บาท/วัน

ที่มา: ค่าน้ำประปาตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 = 13.55 บาท/หน่วย โดยคิดที่อัตราขั้นต่ำ (การประปาส่วนภูมิภาค)

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

- เนื่องจากวิธีการนี้เป็นการปรับปรุงด้านระบบการส่งจ่ายน้ำซึ่งไม่เกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการผลิต แต่จะสามารถตรวจสอบปริมาณการใช้น้ำของโรงงานหากเกิดการรั่ว/แตกของท่อน้ำได้ ซึ่งจากการที่โรงงานได้มีการจัดทำสมดุลน้ำทำให้ทราบว่าเกิดปัญหาท่อน้ำรั่วและหากมีการปรับปรุงระบบท่อน้ำโรงงานจะสามารถลดน้ำใช้ลงได้ 200 ลูกบาศก์เมตร/วัน หรือคิดเป็นเงิน 2,710 บาท/วัน

ที่มา: สถาบันเทคโนโลยีน้ำอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, การลดต้นทุนน้ำอุตสาหกรรม

ตัวอย่างที่ 4-11 : วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำใช้

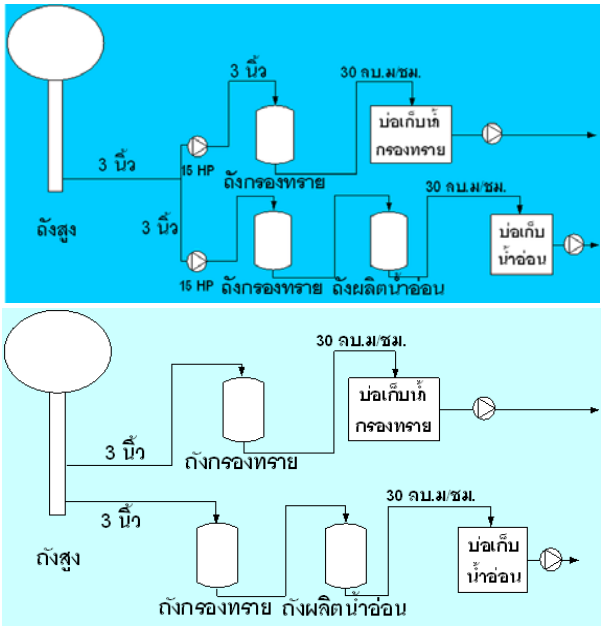
ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำใช้	ปรับปรุงระบบน้ำให้เหมาะสมโดยการแยกระบบการส่งจ่ายน้ำ

โรงงานแห่งหนึ่ง มีระบบการส่งน้ำซึ่งมีการต่อท่อน้ำขนาด 3 นิ้ว ใช้ปั๊มน้ำขนาด 15 แรงม้า จำนวน 2 ตัว ในการสูบน้ำจากท่อส่งน้ำซึ่งต่อออกมาจากถังเก็บน้ำ และมีเวลาเปิด-ปิดปั๊มน้ำเฉลี่ยวันละ 16 ชั่วโมง

คิดเป็นเงินค่าไฟ = (2 เครื่อง) x (15 hp) x (0.7457 kw/hp) x (16 ชั่วโมง/วัน) x

(2.1 บาท/หน่วย)

= 752 บาท/วัน



ก่อนและหลังปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุง : เนื่องจากโรงงานต้องการระบบการส่งจ่ายน้ำ 2 ระบบ ดังนั้นจึงควรมีการแยกระบบการส่งจ่ายน้ำออกจากกันจะเหมาะสมกว่า ซึ่งจะทำการเพิ่มการต่อท่อน้ำขนาด 3 นิ้ว กับถังเก็บน้ำโดยตรงทั้ง 2 ระบบ แยกส่งน้ำในแต่ละส่วน และจะเป็นการปลดการทำงานของปั๊มน้ำลงได้ทั้ง 2 ตัว ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบเลย

คิดเป็นเงินค่าไฟ = 0 บาท/วัน

หมายเหตุ: ค่า Ft ตั้งแต่เดือนกันยายน 2554 = 2.10 บาท/หน่วย (ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง)

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

- เนื่องจากวิธีการนี้เป็นการปรับปรุงด้านระบบการส่งจ่ายน้ำซึ่งจะไม่เกี่ยวกับด้านปริมาณการใช้น้ำของโรงงาน โดยการปลดปั๊มน้ำออกทั้ง 2 ตัว และการแบ่งระบบการส่งจ่ายน้ำเป็น 2 สาย แต่ก็ยังสามารถส่งจ่ายน้ำได้ตามปกติ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดผลดีจาการปลดปั๊มน้ำในระบบจ่ายน้ำ ดังต่อไปนี้

1. ลดอุปกรณ์ที่ต่อในระบบ ไม่ก่อให้เกิดการรั่ว/ซึมของน้ำ
2. ลดค่าลงได้ 752 บาท/วัน

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์ (ต่อ)
3. ไม่ต้องมีการบำรุงรักษาในส่วนของปั๊มน้ำเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายลง 4. เมื่อเกิดปัญหาในระบบการจ่ายน้ำ สามารถหาสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ง่ายเพราะสามารถดูทีละระบบ และเมื่อต้องมีการแก้ไขปัญหาสามารถปรับแก้ได้ทันที โดยที่ระบบการส่งจ่ายน้ำอีกระบบสามารถทำงานได้ปกติไม่ก่อให้เกิดการชะงักของกระบวนการผลิตขึ้น

ที่มา : http://www2.diw.go.th/iwti/index.html

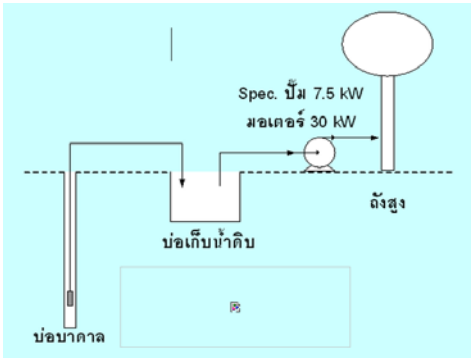
ตัวอย่างที่ 4-12: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำใช้

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำใช้	ปรับปรุงระบบน้ำให้เหมาะสมโดยการเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสม

โรงงานแห่งหนึ่ง มีการสูบน้ำจากแหล่งบ่อเก็บน้ำดิบไปยังถังเก็บน้ำ ซึ่งมีขนาดปั๊มน้ำ 7.5 kw มีการเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 30 kw และมีเวลาเปิด-ปิดปั๊มน้ำเฉลี่ยวันละ 16 ชั่วโมง

คิดเป็นเงินค่าไฟ = (30 kw)(16 ชั่วโมง/วัน)(2.1 บาท/หน่วย)

= 1,008 บาท/วัน



ก่อนและหลังปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุง : ติดตั้งมอเตอร์ให้มีขนาดที่เหมาะสมกับปั๊มน้ำที่ใช้ โดยไม่ต้องมีการเลือกใช้ขนาดของมอเตอร์มากเพียงเพราะว่ากลัวน้ำจะมีแรงดันไม่พอ เพราะจะทำให้มอเตอร์มีการทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพและหากปริมาณน้ำมีไม่พอต่อการสูบน้ำจะทำให้มอเตอร์มีการสูบลมแทนการสูบน้ำส่งผลให้มอเตอร์เสียได้ในที่สุด โดยในที่นี้จะเลือกใช้ขนาดของมอเตอร์ที่ 10 kw แทนของเดิม

คิดเป็นเงินค่าไฟ = (10 kw) x (16 ชั่วโมง/วัน) x (2.1 บาท/หน่วย)

= 336 บาท/วัน

หมายเหตุ: ค่า Ft ตั้งแต่เดือนกันยายน 2554 = 2.10 บาท/หน่วย

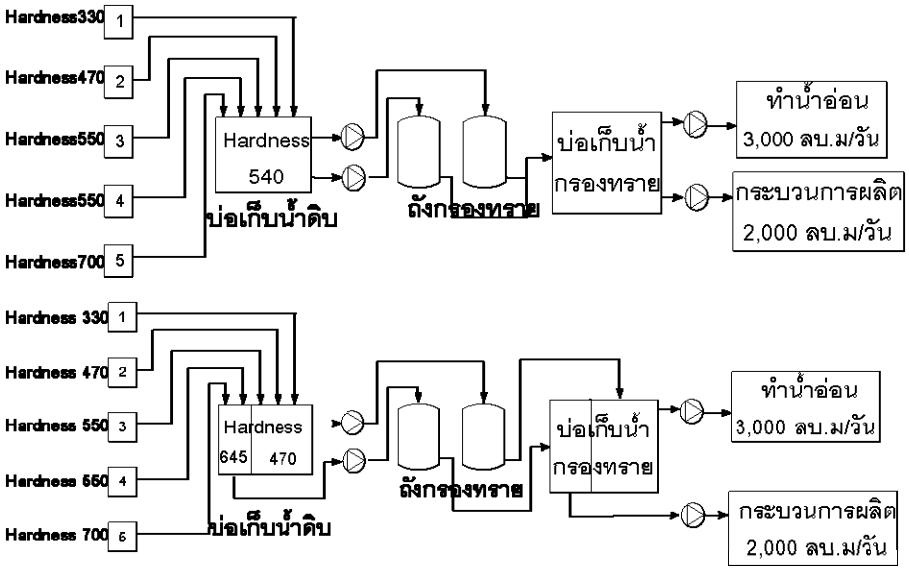
ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์
เนื่องจากวิธีการนี้เป็นการปรับปรุงด้านระบบการส่งจ่ายน้ำซึ่งจะไม่เกี่ยวกับด้านปริมาณการใช้น้ำของโรงงาน โดยการเลือกใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับขนาดปั๊มน้ำซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ ดังนี้ 1. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 672 บาท/วัน 2. ช่วยให้มอเตอร์ทำงานได้เต็มสมรรถนะ และป้องกันความเสียหายจากการปั๊มลมของเครื่องปั๊มน้ำ

ที่มา : http://www2.diw.go.th/iwti/index.html

ตัวอย่างที่ 4-13: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำใช้

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำใช้	ปรับปรุงระบบน้ำให้เหมาะสม

โรงงานแห่งหนึ่ง มีการใช้น้ำจากบ่อเก็บน้ำดิบซึ่งเป็นน้ำที่มาจากน้ำฝนหรือน้ำบาดาล โดยก่อนที่จะมีการนำไปใช้งานจะต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการกำจัดความกระด้างของน้ำออกก่อนใช้งาน ซึ่งในแต่ละวันจะต้องมีการกำจัดความกระด้างก่อนการนำน้ำไปใช้งานเฉลี่ยวันละ 1,620 กิโลกรัม/วัน



ก่อนและหลังปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุง : ควรจะต้องมีการพิจารณาในกระบวนการผลิตว่า น้ำใช้ในกระบวนการใดควรต้องใช้น้ำอ่อน หรือ สามารถใช้น้ำกรองทรายได้ เพื่อที่จะได้ไม่จำเป็นต้องกรองให้เป็นน้ำอ่อนทั้งหมด

หากคิด ความกระด้างต้องกรองกกอกด้วยถังผลิตน้ำอ่อน 1,420 กิโลกรัม/วัน

สามารถลดความกระด้างที่ต้องกรองลง 210 กิโลกรัม/วัน

สามารถลดปริมาณเกลือที่ใช้ฟื้นฟูสภาพเรซิน 420 กิโลกรัม/วัน

คิดเป็นค่าใช้จ่าย = 420 กิโลกรัม/วัน) x (2.5 บาท/กิโลกรัม)

= 1,050 บาท/วัน

หมายเหตุ: ค่าเกลือ 2.5 บาท/กิโลกรัม

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากวิธีการนี้เป็นการปรับปรุงระบบการส่งจ่ายน้ำซึ่งจะไม่เกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำของโรงงาน ควรใช้น้ำอ่อนในขั้นตอนที่จำเป็นหากขั้นตอนไหนสามารถใช้น้ำกระด้างได้โดยไม่ทำให้การผลิตชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลงควรใช้น้ำกระด้าง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดประโยชน์ ดังต่อไปนี้

1. ลดค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบในการทำน้ำกระด้างลงได้ 1,050 บาท/วัน

2. สามารถนำน้ำที่มีอยู่มาใช้ได้ทันทีหรือไม่ต้องใช้เวลาในการปรับปรุงคุณภาพก่อนการใช้งาน

ที่มา : http://www2.diw.go.th/iwti/index.html

4.2.2 เทคโนโลยี/นวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้

(1) <u>การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่</u>

ปัจจุบันมีการนำน้ำเสียกลับมาใช้ซ้ำในกระบวนการผลิตเซรามิกเต็ม 100เปอร์เซ็นต์โดยไม่มีน้ำเสียถูกทิ้งลงแหล่งน้ำสาธารณะหากมีการจัดการในเรื่องของประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียที่ดี ซึ่งทางโรงงานเซรามิกขนาดใหญ่หรือโรงงานที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของนิคมอุตสาหกรรมจะมีระบบการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกนอกโรงงาน และโรงงานส่วนใหญ่ก็มักใช้น้ำวนเวียนอยู่ภายในโรงงานนั่นเอง เช่น นำไปใช้ล้างพื้น ล้างเครื่องจักรหรือบางกระบวนการสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเตรียมเนื้อดินได้ด้วย บางโรงงานมีการจัดการเกี่ยวกับเส้นทางของน้ำก่อนที่จะลงบ่อบำบัดโดยน้ำที่มาจากกระบวนการเตรียมน้ำดินจะถูกวนกลับไปใช้เติมในหม้อบด แต่สำหรับโรงงานเซรามิกที่อยู่นอกเขตนิคมอุตสาหกรรม ถ้าไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่ดีพอ น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกนอกโรงงานนั้นจะเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมมาก เนื่องจากน้ำในระบบของอุตสาหกรรมเซรามิกนั้นจะมีโลหะหนักหลายชนิดปนอยู่

(2) <u>เทคนิคการทำให้คอลลอยด์ตกตะกอน</u>

การทำให้คอลลอยด์ตกตะกอนเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีหลักการทำงานด้วยวิธีการทำลายเสถียรภาพร่วมกับการตกตะกอน โดยมีการเติมสารที่เป็นตัวทำละลายเสถียรภาพ เช่น อะลูมิเนียมซัลเฟต เฟอริคคลอไรด์ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละประเภทของอุตสาหกรรมเซรามิกก็จะมีการเติมสารที่ต่างกันออกไป และต้องมีการเติมสารให้พอดีหากใส่น้อยเกินไปก็จะทำให้น้ำตกตะกอนไม่หมดหรือหากใส่มากเกินไปก็จะเป็นการเพิ่มประจุของน้ำ โดยตัวทำละลายเสถียรภาพนี้จะมีการทำลายประจุของคอลลอยด์ในน้ำเสีย ทำให้คอลลอยด์เกิดการรวมตัวกันและตกตะกอน จากนั้นจึงมีการแยกชั้นตะกอนออกมาจากน้ำเสียที่เป็นชั้นน้ำใส ซึ่งน้ำใสที่ได้นี้สามารถนำกลับไปใช้ในโรงงานได้ใหม่หรือเติมสารปรับปรุงคุณภาพเล็กน้อยหากต้องการน้ำที่มีคุณภาพดี ส่วนตะกอนส่วนใหญ่ที่เป็นเศษดินก็สามารถนำกลับไปใช้ผสมกับดินในขั้นตอนการเตรียมดินได้ต่อไป

4.3 การจัดการด้านน้ำเสีย/ระบบบำบัดน้ำเสีย

อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสากรรมอีกสาขาหนึ่งที่มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตเป็นปริมาณมาก ทำให้ต้องมีแนวทางการจัดการน้ำเสียให้เป็นระบบ โดยเริ่มตังแต่ตั้งตอนแรกที่มีการใช้น้ำ คือ ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิตต่าง ๆ และการทำความสะอาดภายในโรงงาน โดยหากเป็นการ0ผลิตเซรามิกประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารจะมีการใช้น้ำดิน 1 ตัน และใช้น้ำในการเตรียม 300 ลิตร โรงงานสุขภัณฑ์ขนาดใหญ่จะใช้น้ำดินในการหล่อสุขภัณฑ์ไม่น้อยกว่าวันละ 100 ตัน ซึ่งเมื่อหล่อเป็นชิ้นงานแล้วปริมาณน้ำในน้ำดินก็จะถูกกำจัดออกไปโดยปลาสเตอร์ การผึ่ง การอบแห้ง และการเผา นั่นหมายถึงว่ากำจัดน้ำจำนวน 30,000 ลิตร ออกไปในบรรยากาศ ดังนั้นอุตสาหกรรมเซรามิกจึงต้องมีระบบการบำบัดน้ำก่อนที่จะระบายสู่แหล่งน้ำ

สาธารณะ หรือการนำนำกลับมาใช้ใหม่ เพราะถ้าหากมีการจัดการที่ไม่ดีพอจะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ หรือการปนเปื้อนสะสมบนดินที่น้ำไหลผ่าน

4.3.1 การจัดการน้ำเสียให้เหมาะสม

สำหรับโรงงานผลิตเซรามิกขนาดเล็กที่ต้องมีการทิ้งน้ำเสียปนเปื้อนตะกอนดิน ควรมีบ่อคอนกรีตหรือบ่อดิน เพื่อพักน้ำที่มีตะกอนดินก่อนปล่อยให้น้ำใสไหลล้นบ่อออกสู่สาธารณะ ป้องกันการอุดตันของท่อระบายน้ำสาธารณะหรือการตื้นเขินของคูคลอง

<u>รูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสีย</u>[7]

การบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมปัจจุบันมีการใช้งานหลายรูป เนื่องจากการบำบัดน้ำเสียจะมีทั้งแบบการบำบัดทางกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานโดยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะของน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสีย ระดับของการบำบัด และสภาพในโรงงานแต่ละแห่งให้มีความเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย ซึ่งน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเซรามิกเป็นน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์แขวนลอยที่มีสภาพเป็นด่าง มีสารจำพวกให้สีและสารพวกวัตถุอันตรายเจือปนอยู่ด้วย โดยสามารถมีรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสีย ให้สอดคล้องกับลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นดังนี้

1) กระบวนการทางกายภาพ เป็นการบำบัดน้ำเสียอย่างง่ายซึ่งจะแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออก วิธีนี้จะแยกตะกอนได้ประมาณ 50-65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเรื่องการแยกความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการต่าง ๆ ในกระบวนการนี้มี ดังนี้

1. <u>การใช้ด้วยตะแกรง</u> จะใช้แยกเศษขยะที่มากับน้ำเสีย เช่น เศษไม้ ถุงพลาสติก กระดาษ ซึ่งตะแกรงมีหลายขนาด การดักด้วยตะแกรงจึงเป็นขั้นตอนแรกในการบำบัดน้ำเสีย

2. <u>การตัดย่อย</u> จะใช้เครื่องตัดทำลายเศษขยะขนาดใหญ่ให้เล็กลง

3. <u>การกวาด</u> จะใช้กำจัดน้ำมันและไขมันโดยการดักหรือกวาดออก

4. <u>การทำให้ลอย</u> จะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ

5. <u>การตกตะกอน</u> จะใช้แยกตะกอนออกจากน้ำเสียโดยอาศัยหลักการเรื่องแรงโน้มถ่วง ซึ่งจะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ

2) กระบวนการทางกายภาพ-เคมี กระบวนการนี้ใช้ขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนในขั้นตอนอื่นแล้ว ดังนี้

1. <u>การดูดซับด้วยถ่าน</u> วิธีการนี้ใช้ผงถ่านหรือคาร์บอนเป็นตัวดูดซับสารเจือปนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง

---

[7] http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water13.htm

2. <u>การแลกเปลี่ยนประจุ</u> วิธีการนี้อาศัยหลักการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างสารปนเปื้อนในน้ำเสียกับตัวกลางที่บรรจุซึ่งมีทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยจะมีการลำเลียงน้ำภายใน

3) กระบวนการทางเคมี เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยการแยกสารต่าง ๆ หรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียที่บำบัด เช่น โลหะหนัก สารพิษ สภาพความเป็นกรดด่างสูง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ด้วยการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปเพื่อให้เข้าไปทำปฏิกิริยาซึ่งจะมีประโยชน์ในการแยกสาร ดังนี้

1. <u>การทำให้เกิดตะกอน</u> โดยการเติมสารเคมีเพื่อทำปฏิกิริยาให้เกิดกลุ่มตะกอนตกลงมา การแยกด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงแต่ก็มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน วิธีนี้จะใช้เมื่อไม่สามารถแยกได้โดยกระบวนการทางชีวภาพหรือกายภาพ

2.<u>การเกิดออกซิเดชันทางเคมี</u> โดยการเสียอิเล็กตรอนของอะตอม ให้แก่สารเคมีที่เติมลงไปในน้ำเสียโดยสารเคมีนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ วิธีนี้จะนิยมใช้เปลี่ยนโมเลกุลของโลหะที่เป็นพิษ เช่น การเปลี่ยน Fe^{2+} เป็น Fe^{3+} ซึ่งมีพิษน้อยด้วยคลอรีน

3. <u>การเกิดรีดักชันทางเคมี</u> โดยการรับอิเล็กตรอนซึ่งเปลี่ยนสภาพของสารพิษไปเป็นสารที่มีอันตรายน้อยลง อะตอมหรือไอออนของสารพิษจะรับอิเล็กตรอนจากสารเคมีที่เติมลงไปซึ่งมีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ เช่น การเปลี่ยน Cr^{6+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็น Cr^{3+} ด้วยเฟอรัสซัลเฟตที่เป็นกรด

4. <u>การสะเทิน</u> โดยการเปลี่ยนค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเสียให้มีค่าเท่ากับ 7

4) กระบวนการทางชีวภาพ เป็นการอาศัยหลักการใช้จุลินทรีย์มาทำการย่อยสลายเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ดีที่สุดในแง่ของการลดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ แต่หลักการนี้เลือกสภาวะแวดล้อมให้เหมาะกับการทำงานของจุลินทรีย์ โดยสัมพันธ์กับปริมาณของจุลินทรีย์ และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายและแบคทีเรียที่เลือกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

วิธีการ/แนวทางการจัดการน้ำเสียสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่เกิดในขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย (1) ขั้นตอนการเตรียมดิน (2) ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบ (3) ขั้นตอนการขึ้นรูป (4) ขั้นตอนการเผา ที่เหมาะสมและสามารถนำปฏิบัติได้ ดังนี้

<u>1) ด้านการใช้ซ้ำ/การนำกลับมาใช้ใหม่ของน้ำเสีย</u>

1.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ สามารถนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้โดยไม่ต้องผ่านการบำบัด หรืออาจจะนำไปใช้ในขั้นตอนการเผาพ่นฝอยได้เช่นกัน

☺ หากนำน้ำจากส่วนนี้ไปใช้จะต้องทำให้ตกตะกอนและปรับปรุงคุณภาพก่อน

1.2) ขั้นตอนการขึ้นรูป

☺ น้ำใช้ในการขัดตกแต่งชิ้นงานสามารถนำตะกอนไปกำจัดได้ง่ายโดยการกรองกากตะกอนออก และสามารถนำน้ำทิ้งกลับมาใช้งานในกระบวนการผลิตได้

1.3) ขั้นตอนการเผา

☺ น้ำที่เกิดจากระบบระบายความร้อนด้วยพัดลมของเครื่องอัดอากาศและเตาเผาส่งผ่านไปที่หอทำความเย็นหรือเครื่องทำความเย็น เพื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิเย็นลงจากนั้นจึงใช้เครื่องปั๊มเพื่อส่งกลับไปใช้ต่อไป

<u>2) ด้านการปรับเปลี่ยน/ปรับปรุงวิธีการผลิต (เพื่อลดน้ำเสีย)</u>

2.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ จัดระบบป้องกันหรือลดปริมาณการตกหล่นของเศษวัตถุดิบของกระบวนการเตรียมดิน เช่น ควรมีฝาปิดถังกวนดินให้มิดชิดเพื่อลดปริมาณน้ำเสียที่จะเกิดขึ้น

☺ จัดระบบเส้นทางน้ำก่อนที่จะลงบ่อบำบัด โดยน้ำที่มาจากกระบวนการเตรียมน้ำดินจะถูกวนกลับไปใช้เติมในหม้อบดแต่ต้องมีการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่มีอยู่ในน้ำก่อนเพื่อได้สัดส่วนของน้ำที่ถูกต้องในกระบวนการผลิตน้ำดิน แต่การทำเช่นนี้พนักงานต้องมีวินัยในการทำงานดี มีการทำ 5ส ที่ดี เพื่อป้องกันไม่ให้มีสิ่งสกปรกเจือปนลงไปในกระบวนการไม่ว่าจะเป็นเศษขยะหรือน้ำมัน

2.2) ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบ

☺ ควรมีระบบเก็บกักน้ำทิ้งจากกระบวนการเคลือบแยกออกจากกระบวนการอื่น เนื่องจากน้ำทิ้งจากกระบวนนี้มีโลหะหนักผสมอยู่ จึงไม่ควรทิ้งปนไปกับน้ำทิ้งในกระบวนการอื่น ๆ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งและทำให้คุณภาพน้ำทิ้งเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

2.3) ขั้นตอนการขึ้นรูป

☺ น้ำทิ้งจากกระบวนการตกแต่งมีกากตะกอนเป็นจำนวนมาก ไม่ควรทิ้งปะปนไปกับน้ำทิ้งในกระบวนการอื่น ๆ ควรแยกส่วนเก็บไว้ต่างหาก เพื่อนำไปบำบัด

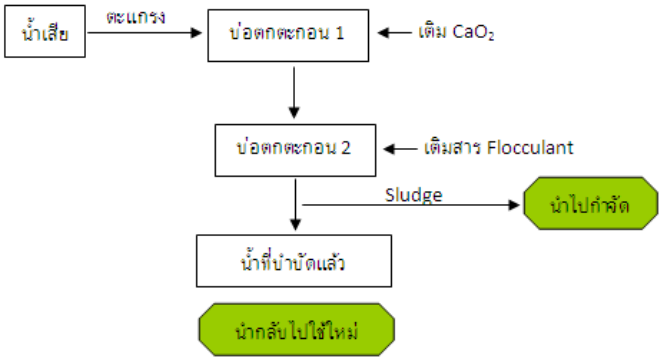
กรณีศึกษาวิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำเสียสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-14: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำเสีย	การบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

โรงงานผลิตเซรามิกผลิตแบบขัดเงาแห่งหนึ่ง มีน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการอบแห้งและกระบวนการบดและขัดเงาปริมาณค่อนข้างมาก (เครื่องจักรในการขัดเงาเซรามิกใช้น้ำถึง 3,000 ลบ.ม/วัน) จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อให้สามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้อีก

การบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้น บำบัดโดยเติมแคลเซียมไดออกไซด์ ให้น้ำมีสภาพเป็นด่างที่พีเอช 9-10 เพื่อให้โลหะหนักตกผลึกออกมา จากนั้นเติมสารโพรพิลีนและอลูมิเนียมคลอไรด์ เพื่อตกตะกอนอนุภาคสารแขวนลอยและผลึกของโลหะหนัก ปล่อยให้ตกตะกอนในบ่อ จากนั้นแยกน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วนำกลับไปใช้ในกระบวนการขัดเงาได้อีกครั้ง ส่วนตะกอนของแข็งที่ได้ นำไปอัดเป็นก้อนสลัดจ์ แต่เนื่องจากก้อนสลัดจ์ที่ได้จากกระบวนการนี้มีองค์ประกอบที่ค่อนข้างซับซ้อน ปัจจุบันกำลังอยู่ในขั้นตอนการวิจัยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ต่อไป



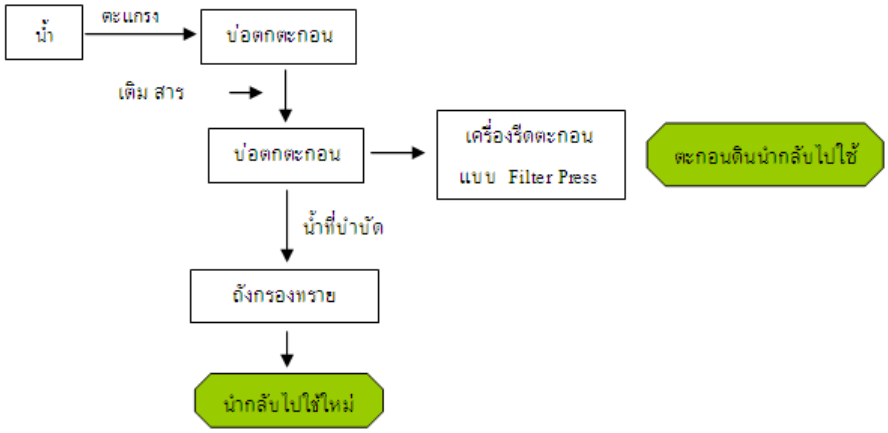
ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเซรามิกแบบขัดเงา

ตัวอย่างที่4-15: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำเสีย	การบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

โรงงานผลิตเซรามิกก่อสร้างและสุขภัณฑ์แห่งหนึ่ง มีน้ำเสียที่เป็นสารแขวนลอยประกอบด้วยแร่ซิลิเกต เช่น ดินเหนียว ผลึกควอทซ์ แร่ฟันม้า เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารประกอบออกไซด์ และคลอไรด์โลหะหนักที่มาจากสารละลายจำพวกสารเคลือบเงา การผลิตเซรามิกสุขภัณฑ์มีน้ำเสียเกิดขึ้นค่อนข้างน้อย จึงมักจะบำบัดน้ำเสียโดยการพักน้ำเสียที่ได้จากโรงงานไว้ในบ่อน้ำ รอให้สารแขวนลอยต่าง ๆตกตะกอน จากนั้นส่งผ่านท่อไหลสู่บ่อจำนวนหลายบ่อ จนน้ำเสียในบ่อสุดท้ายมีปริมาณมากพอจนล้นออกแล้วจึงปล่อยน้ำเสียที่ล้นนี้ออกสู่ภายนอกโรงงาน แต่การตกตะกอนนี้ยังไม่ใช่วิธีที่มีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอเนื่องจากไม่มีการเติมสารเพิ่มความแข็งในน้ำ จึงทำให้ยังมีสารแขวนลอยตกค้างอยู่ ซึ่งจะทำให้น้ำกลายเป็นสีขาวขุ่นและน้ำทิ้งนี้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำเสีย	การบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่



ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเซรามิกสุขภัณฑ์

ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับโรงงานผลิตเซรามิกก่อสร้างและสุขภัณฑ์แห่งนี้ จึงควรมีการนำน้ำเสียไปตกตะกอนในบ่อตกตะกอนบ่อที่หนึ่งก่อน จากนั้นจึงเติมสารตกตะกอน ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับอนุภาคสารแขวนลอยให้รวมตัวกัน และปล่อยให้ตกตะกอนอีกครั้งในบ่อที่สอง แล้วปล่อยให้น้ำล้นลงสู่บ่อไหลวนเพื่อนำกลับมาใช้อีกครั้ง ส่วนสารแขวนลอยที่ตกตะกอนก้นบ่อจะนำมากรองแล้วอัดให้เป็นก้อนสลัดจ์ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐได้ต่อไป

ตัวอย่างที่ 4-16: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการน้ำเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการน้ำเสีย	การนำน้ำสลิปกลับมาใช้ใหม่

โรงงานอุตสาหกรรมกระเบื้องแห่งหนึ่ง ใช้การเตรียมน้ำดินเป็นสลิปมีปริมาณน้ำอยู่ในน้ำดินประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ โรงงานกระเบื้องขนาดใหญ่ผลิตผงดินเพื่อใช้งานได้มากกว่าวันละ 1,000 ตัน ซึ่งก็คือ นำน้ำจากแหล่งธรรมชาติเพื่อมาระเหยน้ำกลับเข้าไปในบรรยากาศวันละกว่า 350,000 ลิตร หากเป็นเซรามิกประเภทที่ขึ้นรูปแบบการขึ้นรูปโดยอาศัยความเหนียว เช่น ลูกถ้วยไฟฟ้า กระเบื้องหลังคา ถ้วย ชาม วัสดุทนไฟ เป็นต้น ถึงแม้ว่าน้ำจากกระบวนการกรองจะสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการได้ แต่ในเนื้อดินก็ยังมีน้ำอยู่อีกกว่า 18 เปอร์เซ็ยต์ ที่จะต้องถูกกำจัดออกไปจากกระบวนการอบและการเผา

4.3.2 เทคโนโลยี/นวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้

(1) เทคนิคการตกตะกอนผลึกโลหะหนักละลายน้ำออกจากน้ำเสีย

โลหะหนักปนเปื้อนส่วนใหญ่ไม่สามารถกำจัดด้วยวิธีการตกตะกอนหรือกรอง จึงต้องทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นผลึกของแข็ง โดยทำให้ไอออนประจุบวกและลบรวมกันเป็นตะกอนของแข็งไม่ละลายน้ำ เพื่อให้สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนและวิธีกรอง ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการตกผลึกร่วมกับวิธีโคแอกกูเลชันตามด้วยวิธีตกตะกอนและวิธีกรอง

โลหะหนักสามารถละลายน้ำได้ดีที่ค่าความเป็นกรด่างต่ำ ดังนั้นการเติมโซดาไฟหรือปูนขาวให้กับน้ำเสีย จะทำให้โลหะหนักตกตะกอนผลึกร่วมกับไอออนของไฮดรอกไซด์ และทำให้ผลึกของของแข็งรวมตัวกันเป็นฟล็อกด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันแล้วจึงแยกจากน้ำด้วยถังตกตะกอน แต่ทางที่ดีควรทำการทดสอบกำจัดโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาระดับค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับกำจัดโลหะหนักของแต่ละงาน โดยทำ Titration Curve ของน้ำเสียที่เกิดจากการเติมด่างและทำจาร์เทสท์

นอกจากนี้ โลหะหนักอาจตกตะกอนผลึกร่วมกับไอออนของซัลไฟด์ ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำน้อยกว่าโลหะไฮดรอกไซด์ จึงมีการใช้ Na_2S หรือ NaHS ทำปฏิกิริยากับโลหะหนักเพื่อตกตะกอนผลึก แต่ข้อเสียของการตกตะกอนผลึกของโลหะหนักร่วมกับซัลไฟด์ คือ ตะกอนมีขนาดเล็กและเกิดฟล็อกขนาดเล็กมาก ทำให้การตกตะกอนเป็นไปได้ยาก ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นยังทำให้เกิดก๊าซพิษ ดังนั้นการตกตะกอนผลึกโลหะหนักจึงนิยมใช้ปูนขาวหรือโซดาไฟ โดยที่การใช้ปูนขาวจะได้รับความนิยมมากกว่าเพราะว่าเมื่อใช้ปูนขาวจะได้ตะกอนผลึกของโลหะหนักหรือฟล็อกขนาดใหญ่กว่าการใช้โซดาไฟ

รูปที่ 4-4 ระบบบำบัดน้ำ[8]

[8] http://www.thaieditorial.com/การตกตะกอนโลหะหนัก

(2) เทคนิคการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้เปลือกไข่และเถ้าแกลบดำ

เป็นการทำให้โลหะหนักในน้ำเสียมาเกาะติดที่ผิวของสารดูดติดผิว โดยนำเปลือกไข่เป็ดหรือไข่ไก่ที่บดละเอียดและเถ้าแกลบดำล้างสะอาดบรรจุในถังทรงกระบอก เนื่องจากเปลือกไข่และเถ้าแกลบดำมีความพรุนสูง และมีองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้โลหะหนักเกาะติดที่ผิวของเปลือกไข่และเถ้าแกลบดำ ทำให้โลหะหนักถูกกำจัดออกจากน้ำเสียได้ และมีวิธีการปล่อยน้ำเสียให้ไหลผ่านสารดูดติดผิวที่บรรจุอยู่ในถังทรงกระบอกอย่างต่อเนื่อง จากนั้นจึงเก็บน้ำที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์หาโลหะหนักที่เหลืออยู่

โดยประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเสีย ซึ่งค่าที่เหมาะสมของเปลือกไข่ในการกำจัดแคดเมียมอยู่ที่ค่าความเป็นกรดด่าง 5-6 ส่วนเถ้าแกลบดำกำจัดตะกั่วอยู่ที่ประมาณ 3 ขึ้นไป ประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียมโดยเฉพาะเปลือกไข่ไก่สูงร้อยละ 99.75 เมื่อใช้เปลือกไข่ 3.28 กิโลกรัม การกำจัดตะกั่วสูงถึงมากกว่าร้อยละ 99.85 เมื่อใช้เถ้าแกลบดำ 4.58 กิโลกรัม อัตราการกรองน้ำเสียในการกำจัดแคดเมียมใช้ 1.5 เมตร/ชม. การกำจัดตะกั่วใช้ 0.4 เมตร/ชม. โดยอัตราการกรองช้าจะมีประสิทธิภาพสูงและมีอายุการใช้งานนาน

รูปที่ 4-5 สารดูดติดผิวชนิดต่าง ๆ[9]

(3) เทคโนโลยีการจัดการข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียแบบออนไลน์ (OMSoft)[10] [11]

ระบบสารสนเทศที่ใช้จัดการทางด้านข้อมูลน้ำเสียโดยมีการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ ซึ่งมีหน้าที่ออกคำสั่งของการทำงานไปยังพนักงานเพื่อเก็บข้อมูลเข้าระบบฐานข้อมูลของ OMSoft โดยเชื่อมโยงผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์พกพา ซึ่งจะสามารถประมวลผลและเรียกดูรายงานต่าง ๆ แบบนี้ได้อย่างเรียลไทม์ได้ทุกที่ทุกเวลา เช่น รายงานผลการทำงานของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย รายงานค่าน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน แต่จะต้องมีการติดตั้งระบบ OMSoft ก่อน

---

[9] http://www.coop.ku.ac.th/x/www4/research/research_good16.html

[10] http://www.omsofts.com/success-th.php

[11] http://wastewatertreatments.wordpress.com/

ระบบจะมีการบริหารจัดการข้อมูลด้านการบำบัดน้ำเสียที่ดี โดยสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทราบถึงสาเหตุของปัญหาหากเกิดการผิดพลาดขึ้น นอกจากจะทำให้มีการพัฒนากระบวนการทำงานระบบน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร และการทำงานของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้อง แม่นยำ และทันสมัย ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1. มีการบันทึกอัตราการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องทำให้สามารถบ่งชี้อัตราการใช้สารเคมีที่เหมาะสมในการรีดตะกอนได้ และกำหนดให้เป็นกระบวนการที่มาตรฐานเพื่อให้การรีดตะกอนมีประสิทธิภาพสูงสุดและได้ค่ามาตรฐาน

2. สามารถประเมินอัตราการใช้ปริมาณสารเคมีเพิ่ม/ลด จากข้อมูลที่บันทึกโดยจัดซื้อในปริมาณที่เหมาะสมและคุ้มค่าที่สุด

3. สามารถเดินเครื่องจักรให้มีการทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพและลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นลงได้

4. สามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรและลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรได้ หากมีการใช้งานที่เหมาะสม

4.4 การจัดการด้านอากาศ

4.4.1 การจัดการมลพิษอากาศที่เหมาะสม

อุตสาหกรรมเซรามิกส่วนใหญ่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษอากาศ โดยจะแบ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ ดังนี้

1. มลพิษทางอากาศจากวัตถุดิบ เกิดจากของฝุ่นละอองที่จากวัตถุดิบหลัก เช่น ดินและผงสารเคมี โดยจะเริ่มตั้งแต่การจัดเก็บวัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การลำเลียง การชั่งน้ำหนัก การเตรียมดินและสารเคลือบ การบด การผสม การทำให้แห้ง และการตกแต่งชิ้นงาน

2. มลพิษทางอากาศจากกระบวนการผลิต ส่วนใหญ่มักเกิดจากขั้นตอนการเผาและการอบชิ้นงาน ที่อุณหภูมิไม่สูงพอจะทำให้เกิดการปล่อยสารออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ และฝุ่นละออง แต่หากใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศลดลง

ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมฝุ่นละอองอันเกิดจากการฟุ้งกระจายของวัตถุดิบและเถ้าจากการเผาไหม้ และก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ควรเลือกติดตั้งระบบบำบัดให้เหมาะสม เช่น สครับเบอร์ ถึงกรอง ไซโคลน เป็นต้น ซึ่งพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นที่ต้องการ ขนาดของอนุภาคฝุ่น ประเภทของก๊าซ อัตราการไหลของอากาศ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดำเนินการ ซึ่งการพิจารณาเลือกใช้ระบบที่เหมาะสมในแต่ละโรงงานจะมีความแตกต่างกัน

(1) **การเลือกใช้วิธี/อุปกรณ์ให้เหมาะสม**

(1. 1) วิธีการควบคุมก๊าซจากการเผาไหม้

เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิตั้งแต่ 1,200 °C จะเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งส่งผลเสียแก่ร่างกาย จึงต้องมีการป้องกันและควบคุมการเกิดของก๊าซ ซึ่งจากกระบวนการเผาไหม้ทำได้ยากเนื่องมาจากต้องมีไนโตรเจนในการป้อนอากาศเข้าสู่การเผาไหม้ ทำให้ต้องมีการออกแบบและควบคุมการเผาไหม้ไม่ให้มีอากาศมากจนเกินไป และมีการกระจายตัวของความร้อนในห้องเผาไหม้สม่ำเสมอ ไม่สร้างแหล่งกำเนิดของธาตุที่ทำให้เกิดการวาบไฟ ซึ่งวิธีเหล่านี้จะช่วยลดอัตราการเกิดได้ ปัจจุบันเตาเผาที่ได้รับการออกแบบเพื่อลดการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน โดยการใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสามารถที่จะเปลี่ยนรูปไนโตรเจนออกไซด์ให้กลายเป็นก๊าซที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนี้

วิธีการ		สารก่อปฏิกิริยา
แบบแห้ง	วิธีปฏิกิริยา Catalytic Reduction ด้วยแอมโมเนีย	แอมโมเนีย ยูเรีย
	วิธีทำปฏิกิริยา Non-Catalytic Reduction	แอมโมเนีย ยูเรีย
	วิธี Activated Carbon	แอมโมเนีย
	วิธีฉายอิเล็กตรอน Activated Carbon	แอมโมเนี ยูเรีย
แบบเปียก	วิธี Oxidation Reduction	โอโซน คลอรีนไดออกไซด์ โซเดียมซัลไฟท์

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม."คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องกระเบื้องเคลือบและคู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก"(2552)

วิธีการ/แนวทางการจัดการวัตถุดิบที่เป็นเนื้อดินสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่สามารถเกิดในขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย (1) ขั้นตอนการเตรียมดิน (2) ขั้นตอนการเคลือบ (3) ขั้นตอนการเผา ที่เหมาะสมและสามารถนำปฏิบัติได้ดังนี้

1) ด้านการลดปริมาณ

1.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ ควรตกแต่งชิ้นงานขณะที่ยังแห้งหมาดเพื่อลดการเกิดฝุ่นละอองในกระบวนการผลิต

☺ ควรเตรียมดินในระบบปิดและการลำเลียงในสายพาน

1.2) ขั้นตอนการเคลือบ

☺ ควรทำการเคลือบภายในห้องที่ปิดให้มิดชิดและติดตั้งอุปกรณ์ดูดจับไอสารระเหย

1. 3) ขั้นตอนการเผา (บีสกิต และเผาเคลือบ)

☺ ควรติดตั้งระบบอุปกรณ์ดูดจับก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้นโดยรอบบริเวณเตาเผา

2) ด้านการใช้ซ้ำ/การนำกลับมาใช้ใหม่

☺ ควรติดตั้งอุปกรณ์ดักจับฝุ่นและก๊าซไอเสียตามจุดต่าง ๆ ภายในโรงงานและนำสิ่งที่ดักจับมาได้ผ่านกระบวนการแยกสารให้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นออกมาใช้ใหม่ได้

3) ด้านการปรับเปลี่ยน/ปรับปรุงวิธีการผลิต

3.1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

☺ ควรติดตั้งรางครอบสายพานหรือระบบ ป้องกันการฟุ้งกระจายของดิน

☺ หากในกระบวนการผลิตเซรามิกต้องเตรียมวัตถุดิบผงดิน ควรมีการเก็บสต็อกดินไว้ในไซโลให้มิดชิด

3.2) ขั้นตอนการเคลือบ

☺ ควรติดตั้งตู้พ่นเคลือบหรือจัดทำระบบปิดในการพ่นเคลือบ เพื่อป้องกันละอองของสารเคลือบฟุ้งกระจาย

☺ หากโรงงานมีการติดตั้งตู้พ่นเคลือบ ควรติดตั้งอุปกรณ์ดูดจับละอองอากาศเพื่อดูดจับสารเคลือบในอากาศ

3.3) ขั้นตอนการเผา (บีสกิตและเผาเคลือบ)

☺ ควรใช้เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงในการไหม้เพื่อลดการเกิดเขม่า โดยอาจเลือกใช้เชื้อเพลิงเหลว (ก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซหุงต้ม) หรือเชื้อเพลิงชีวมวล

☺ เนื่องจากเชื้อเพลิงแต่ละชนิดให้ค่าความร้อนที่ต่างกัน ดังนั้นจึงควรควบคุมสภาวะการเผาไหม้ในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ค่าความร้อนสูงสุดและเกิดเขม่าน้อย

☺ ควรมีการตรวจวัดค่ามลพิษอากาศที่ออกจากปล่องเตา เพื่อใช้ควบคุมกระบวนการผลิตไม่ให้มีค่ามลภาวะมากเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด

กรณีศึกษาวิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการมลพิษทางอากาศสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่มีการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

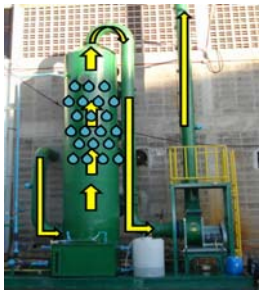
ตัวอย่างที่ 4-17: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการด้านอากาศ

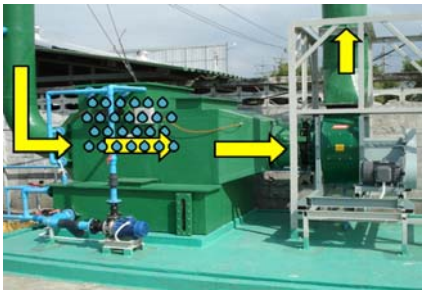
ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านอากาศ	การบำบัดอากาศแบบเปียก หรือการดักจับฝุ่นด้วยหยดน้ำ (Wet Scrubber)

โรงงานแห่งหนึ่ง มีการนำระบบการบำบัดอากาศแบบเปียกมาใช้ โดยหลักการสัมผัสกันระหว่างอากาศที่มีการปนเปื้อน กับของเหลวคือน้ำ มีชั้นตัวกลางหรือที่เรียกว่า Packing Media ทำหน้าที่ในการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างอากาศที่มีการปนเปื้อน กับน้ำ โดยเมื่อน้ำตกกระทบกับ Packing Media จะทำให้น้ำแตกตัวมีขนาดเล็กลงและบางส่วนจะไหลเป็นฟิล์มบาง ๆไปตามผิวของ Packing Media

ระบบบำบัดอากาศชนิดนี้สามารถใช้ได้ดีกับสารปนเปื้อนที่เป็นฝุ่นและก๊าซต่าง ๆโดยเฉพาะก๊าซที่สามารถละลายน้ำได้ สำหรับทิศทางการไหลของอากาศกับน้ำอาจเป็นได้ทั้งไหลไหลตามกัน สวนกันหรือไหลตัดกัน โดยทั่วไปมักนิยมใช้การไหลแบบไหลตามกัน และแบบสวนกัน

ซึ่งน้ำที่ได้จากการบำบัดอากาศนี้จะมีฝุ่นดินจากกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปรวมผสมกับน้ำดิน เพื่อใช้ในกระบวนการเตรียมดินได้อีกครั้ง





ระบบบำบัด Wet Scrubber

ตัวอย่างที่ 4-18: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการด้านอากาศ

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านอากาศ	การลดปริมาณ – โดยการติดตั้ง Cyclone Fan

ก่อนปรับปรุง: ใช้ระยะเวลาในการ Drying Mold เป็น 6 ชั่วโมง/ครั้ง ใช้พลังงานในการอบ 0.835 MMBTU/ชั่วโมง จำนวน 1 รอบ/วัน

หลังการปรับปรุง: ติดตั้ง Cyclone Fan ช่วยลดระยะเวลาการเผาลงเหลือ 4 ชั่วโมง

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

เงินลงทุน: 0 บาท

ประหยัดพลังงานความร้อน (NG): 506 MMBTU/ปี

ลดการปล่อย CO_2: 29,947.86 $kgCO_2$/ปี

4.5 การจัดการทางด้านเสียง

4.5.1 การจัดการเสียง

ปัญหามลพิษทางเสียงที่เกิดขึ้นภายในอุตสาหกรรมเซรามิกส่วนใหญ่จะเกิดจากเครื่องมือหรือเครื่องจักร ที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น เครื่องปั๊มลม เตาเผาหรือเตาอบ เป็นต้น จึงควรมีการดำเนินการป้องกันและควบคุมอันตรายจากเสียงให้เหมาะสม ดังนี้

(1) การควบคุม/วิธีการป้องกันที่เหมาะสม

(1.1) การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง

โดยมีการลดระดับเสียงจากแหล่งกำเนิด เช่น การใช้กล่องครอบลดเสียงที่เครื่องจักร การยึดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้แน่น หรืออาจใช้แผ่นยางรองป้องกันเสียงจากการกระทบสั่นสะเทือนของเครื่องจักร จัดให้มีการซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้มีสภาพการใช้งานได้ดีอยู่เสมอ ขันน็อตหรือสกรูให้แน่น ทำความสะอาดและหยอดน้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดการฝืดของเครื่องจักร

(1.2) การควบคุมที่ทางผ่านของเสียง

โดยการจัดกั้นแยกระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับพนักงาน เช่น จัดให้พนักงานอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงให้มากที่สุด แยกการทำงานที่ทำให้เกิดเสียงดังออกจากพื้นที่ปฏิบัติงานอื่นหรือจัดทำห้องกั้นแยกเฉพาะสำหรับให้พนักงานทำงาน หรือใช้วัสดุดูดซับเสียงบุผนังและเพดานเพื่อป้องกันและลดการสะท้อนของเสียง

(1.3) การควบคุมป้องกันที่พนักงาน

ควรมีการดำเนินการแก้ไขหรือควบคุมก็คือตัวพนักงาน โดยหากเสียงที่มีการควบคุมยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมให้สัมผัสได้ หรืออาจจะทำให้รบกวนการทำงานของพนักงาน จึงควรป้องกันด้วยการใช้ที่ครอบหูหรือปลั๊กอุดหู พร้อมทั้งจัดอบรมวิธีการใช้งาน การดูแลรักษาและการทำความสะอาดของอุปกรณ์ การปรับเปลี่ยนเมื่อเสื่อมสภาพการใช้งานหรือครบกำหนด นอกจากนี้ควรตรวจสอบสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานอย่างน้อยปีละครั้ง และจัดสับเปลี่ยนการทำงานของพนักงานในฝ่ายเดียวกันเพื่อลดระยะเวลาการสัมผัสกับเสียงลง

4.6 การจัดการด้านพลังงาน

อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่มีปริมาณการใช้พลังงานสูง (ความร้อนและไฟฟ้า) และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มระดับการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่องตามการขยายตัวของเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางส่งเสริมให้อุตสาหกรรมดังกล่าวมีการอนุรักษ์และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

4.6.1 การจัดการพลังงานความร้อน

การใช้พลังงานเกิดขึ้นจาก 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการอบแห้งและขั้นตอนการเผา เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานความร้อนส่วนเกินและประหยัดต้นทุน

วิธีการ/แนวทางการจัดการพลังงานความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่สามารถเกิดในขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่เหมาะสมและสามารถนำปฏิบัติได้ดังนี้

1) <u>การลดปริมาณพลังงานความร้อน</u>

1.1) ขั้นตอนการเผาและการอบแห้ง

☺ การบำรุงรักษาเตาเผาให้มีคุณภาพดี

☺ ลดระยะเวลาการปิดประตูเตาลง จากเดิมปิดที่อุณหภูมิ 500 °C เป็น 300 °C หรือ 6 ชั่วโมง 30 นาที เป็น 3 ชั่วโมง 30 นาที

☺ การลดเวลาการเผาบีสกิตและปรับกราฟการเผาจากเดิม 9 ชั่วโมง 45 นาที เป็น 9 ชั่วโมง

☺ ปรับระยะของแดมป์เปอร์จากเดิมที่เคยเปิดตลอดที่ 5 นิ้ว เป็น 1-5 นิ้ว

☺ ลดอุณหภูมิเผาเคลือบจาก 1,230 °C เป็น 1,193 °C โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย

☺ ตรวจเช็คผนังเตาหาจุดรั่วไหลของพลังงานความร้อน หากผลการตรวจเช็คค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 65-70 °C แสดงว่าอยู่ในมาตรฐานปกติไม่ต้องทำการปรับปรุง

☺ ตรวจเช็คประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาและติดตั้งปรับจูน อัตราส่วนผสมของลมกับแก๊สทุกโซนการเผา ควบคุมการปรับตั้งสลับบอลวาล์วโดยวิธีเดรนแก๊สบนหลังเตาเพื่อปรับลดการใช้แก๊สและรักษาระดับความดันภายในเตาให้คงที่

☺ ปรับอัตราส่วนของลมที่ผลิตจากโบรเวอร์ของเตากับแก๊สแอลพีจี ให้อัตราส่วนลม: แก๊สที่ 1.2:1 ซึ่งเดิมแต่ละโซนการเผาไม่เท่ากันทำให้การเผาไม่สมบูรณ์ ปริมาณออกซิเจนในเตาเผาสูงเกินมาตรฐานที่กำหนด ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานความร้อน

☺ ทำความสะอาดหัวเผาเชื้อเพลิงเหลวทุกสัปดาห์และเชื้อเพลิงก๊าซทุกเดือน เพราะเขม่าหรือสิ่งสกปรกทำให้อากาศและเชื้อเพลิงไหลไม่สะดวก ไม่สามารถฉีดเป็นละอองได้

☺ ตรวจสภาพการเผาไหม้และปรับตั้งอากาศตามเกณฑ์

☺ ควรทำเครื่องหมายไว้ที่เกจวัดความดันน้ำมันเชื้อเพลิง และหมั่นตรวจสอบว่าความดันยังมีค่าใกล้เคียงกับค่าเดิม

☺ ควบคุมอุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าเผาไหม้ให้เหมาะสม เนื่องจากเชื้อเพลิงที่หนืดเกินไปจะกระจายเป็นละอองได้ไม่ดีส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดต่ำลง ขณะเดียวกันถ้าอุ่นร้อนเกินไป จะสิ้นเปลืองพลังงานและเกิดคราบเขม่าที่หัวเผา

☺ ล้างกรองน้ำมันเชื้อเพลิงและปล่อยน้ำก้นถังน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

☺ หากปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้มากเกินไป อากาศส่วนที่ไม่ได้ช่วยในการเผาไหม้ จะพาความร้อนจากห้องเผาไหม้ ทิ้งทางปล่องไอเสียมากขึ้นสังเกตจากอุณหภูมิไอเสียที่สูงขึ้น

☺ เขม่า เมื่อเขม่ามากขึ้นอุณหภูมิไอเสียที่ออกปล่องจะสูงขึ้น ส่งผลให้การสูญเสียความร้อนออกทางปล่องมากขึ้น โดยเขม่าที่หนาขึ้น 1 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์

☺ ตะกรัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนลดต่ำลง โดยตะกรันที่หนาขึ้น 1 มิลลิเมตร จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์

☺ การทำความสะอาดผิวแลกเปลี่ยนความร้อน

☺ ปรับความดันไอน้ำที่ผลิตให้เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

☺ อุณหภูมิไอเสียที่ได้ไม่ควรเกินค่าในตาราง บวกกับอุณหภูมิบรรยากาศลบด้วย 20 ถ้าค่าสูงกว่ามากอาจเกิดจากการออกแบบห้องเผาไหม้ที่เล็กเกินไป นอกจากนั้นหลังจากใช้งานไประยะหนึ่งจะสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิไอเสียจะสูงขึ้น ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิไอเสียสูงกว่าเดิม 20 °C ควรทำความสะอาดโดยการขูดเขม่า เพื่อลดการสูญเสียความร้อน

กรณีศึกษาวิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการพลังงานความร้อนในอุตสาหกรรมเซรามิกที่มีการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-19: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการพลังงานความร้อน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การลดปริมาณความร้อน	เผาครั้งเดียวแทนที่การเผาสองครั้ง

โดยการเผาแบบสองครั้งมีการนำชิ้นเซรามิกที่ขึ้นรูปแล้วมาเผาดิบก่อน จากนั้นค่อยทำการเคลือบเงาแล้วนำไปเผาอีกครั้งจึงเสร็จเป็นผลิตภัณฑ์ การเผาแบบสองครั้งนี้จะใช้เตาเผาสองเตา ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเป็นสองเท่า โดยเตาที่สองมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีขนาดใหญ่กินพื้นที่ของโรงงาน ส่วนการเผาแบบครั้งเดียว คือ การนำชิ้นเซรามิกที่ขึ้นรูปแล้วมาอบแห้งแล้วจึงเคลือบเงาเพื่อนำไปเผาเป็นชิ้นงานผลิตภัณฑ์ โดยที่โรงงานประเทศจีนใช้เทคนิคการเผาครั้งเดียวมีไม่ถึง 10เปอร์เซ็นต์ แต่โรงงานส่วนใหญ่ที่ประเทศสเปนที่ใช้เทคนิคนี้มีมากถึง 82 เปอร์เซ็นต์ ตารางข้างล่างนี้เปรียบเทียบค่าการสูญเสียพลังงานระหว่างเทคนิคการเผาครั้งเดียวและการเผาสองครั้ง

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ไประหว่างเทคนิคการเผาครั้งเดียวและการเผาสองครั้ง

	เชื้อเพลิงที่ใช้ (kgcl/tc)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป (kWh/tc)	รวม (kgcl/tc)
เผาครั้งเดียว	160 - 280	190 - 200	190-200
เผาสองครั้ง	210-390	200-300	260-290

ตัวอย่างที่ 4-20 : วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการพลังงานความร้อน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การลดปริมาณความร้อน	ลดอุณหภูมิในการเผา
โรงงานแห่งหนึ่ง ลดอุณหภูมิซึ่งเป็นวิธีการลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ง่าย โดยกำหนดให้อุณหภูมิเตาเผาอยู่ที่ 1,260 °C และอุณหภูมิในการเผาผลึกอยู่ที่ 60 °C และถึงแม้อุณหภูมิของเตาเผาจะมีความคลาดเคลื่อนถึง 60 °C ปัจจุบันเตาเผามีความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิลดลงเหลือเพียง 5-10 °C	

1.2) <u>ด้านการใช้ซ้ำ/การนำกลับมาใช้ใหม่</u>

(1) ขั้นตอนการเผาและการอบแห้ง

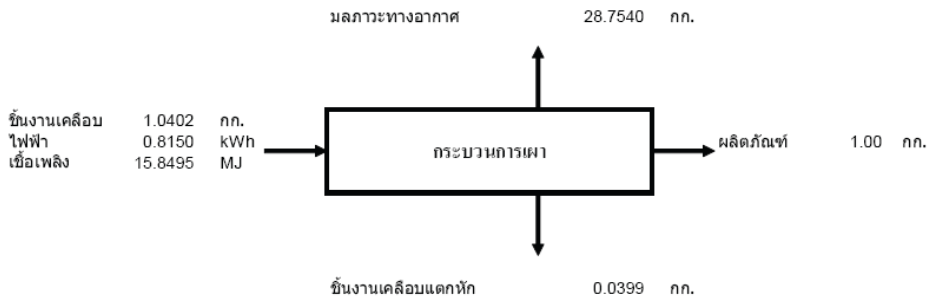
☺ ติดตั้งระบบการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศเผาไหม้ หรือใช้อุ่นอุณหภูมิ ทำให้ประหยัดก๊าซธรรมชาติ

☺ มาตรการนำความร้อนทิ้งจากเตาเผากลับมาใช้ที่เตาอบ

กรณีศึกษาวิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการพลังงานความร้อนในอุตสาหกรรมเซรามิกที่มีการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-21: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการพลังงานความร้อน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่
โรงงานแห่งหนึ่ง มีกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องโดยเครื่องจักรอัตโนมัติ และติดตั้งเตาโรลเลอร์เพื่อหาผลิตภัณฑ์แต่จากการประเมินเบื้องต้นพบว่าที่เตาเผาจะปล่อยลมร้อนออกทางปล่องเตาอย่างต่อเนื่อง ถือได้เป็นพลังงานความร้อนเหลือใช้โดยการตรวจวัดอุณหภูมิและความเร็วอากาศร้อนปล่อยทิ้งที่ปล่องเตาโรลเลอร์ อุณหภูมิเฉลี่ยของลมร้อนอยู่ที่ 88 °C ความเร็วลม 18 เมตร/วินาที และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องเตา 300 มิลลิเมตร ซึ่งมีการประเมินอัตราการไหลของความร้อนได้ 6,288 MJ/วัน หรือเทียบเท่ากับพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงปิโตรเลียมเหลว 134.6 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นเงิน 630,097 บาท/ปี	



สมดุลมวลและพลังงานของการกระบวนการเผาชิ้นงาน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

แนวทางแก้ไข: ทำสมดุลมวลและพลังงานที่ต้องใช้ในกระบวนเผาเคลือบชิ้นงาน โดยการนำพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนำกลับมาใช้แทนก๊าซเชื้อเพลิงซึ่งมีการนำมาใช้ในห้องอบชิ้นงานขึ้นรูปแบบกระเช้า ห้องหล่อผลิตภัณฑ์ และห้องอบของเครื่องขึ้นรูปอัตโนมัติ ซึ่งได้มีการออกแบบแผนผังการติดตั้งระบบท่อส่งความร้อนเบื้องต้นและมีการตรวจสอบถึงการใช้งานเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อการควบคุมระบบเตาเผาโรลเลอร์ในปัจจุบัน

การนำพลังงานความร้อนจากเตาโรลเลอร์ไปใช้งาน สามารถนำไปใช้งานได้ในหน่วยผลิตที่มีความต้องการอุณหภูมิใช้งานต่ำกว่าอุณหภูมิของลมร้อนที่ได้รับจากเตาโรลเลอร์ และพลังงานความร้อนอาจเกิดการสูญเสียในระหว่างที่มีการส่งถ่ายชิ้นงาน ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาถึงลักษณะตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเพื่อสามารถมีการนำความร้อนที่เกิดขึ้นมากใช้ได้ที่อุณหภูมิสูงที่สุดและปริมาณมากที่สุดที่จะสามารถนำกลับมาใช้ได้ โดยค่าความร้อนที่คิดจะใช้เป็นหน่วยพลังงานความร้อนเทียบเท่ากับอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงต่อวัน

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

เงินลงทุน:

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงพื้นที่โรงงานในการนำพลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งจากเตาโรลเลอร์ กลับมาใช้ใหม่มีค่าประมาณ 50,000 บาท

ประหยัดค่าใช้จ่าย:

สามารถลดการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงลงได้ 780 กิโลกรัม/เดือน

คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 14,040 บาท/เดือน หรือ 168,480 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน: 3.56 เดือน

หมายเหตุ ราคาเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้มของปตท. ราคา 18 บาท ณ วันที่ 31 มกราคม 2555

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก” (2552)

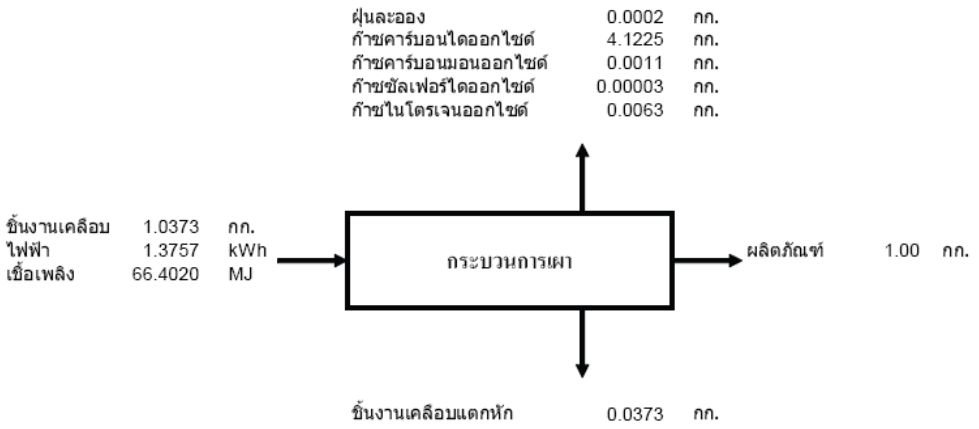
ตัวอย่างที่ 4-22: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการพลังงานความร้อน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

โรงงานเซรามิกแห่งหนึ่งมีกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานค่อนข้างสูงและมีการใช้พลังงานที่ไม่เต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทางโรงงานจึงต้องการที่จะปรับปรุงกระบวนการในการดำเนินงานเพื่อลดการเกิดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด และลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ โดยทำการศึกษากระบวนการเผาผลิตภัณฑ์ของโรงงานจากการศึกษาลักษณะเส้นกราฟควบคุมการเผา การควบคุมหัวเผา การปรับประตูลม และความดันก๊าซเชื้อเพลิง เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการประเมินทางเทคนิค

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	**หลักการ**
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

ลักษณะเตาของทางโรงงานเป็นการเผาแบบ Down Draft Shuttle Kilns โดยพนักงานมีการควบคุมเตาเผาจะเริ่มเผาผลิตภัณฑ์โดยจุดหัวเผาเพียงบางหัวก่อน และยังเปิดประตูเตาเผาไว้เล็กน้อยเพื่อเป็นการอุ่นเตาเผาและไล่ความชื้นบางส่วนในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานเหมือนใช้เตาเผาแทนห้องอบผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันชิ้นงานแตกร้าว การควบคุมหัวเผาของพนักงานให้เปลวไฟแบบก๊าซมากอากาศน้อยจึงเป็นการเผาแบบรีดักชั่น เมื่ออุณหภูมิภายในเตาเผาสูงขึ้นถึงช่วงอุณหภูมิ 400-710 °C จึงปิดประตูเตาเผาให้สนิท และเผาผลิตภัณฑ์ต่อจนกระทั่งถึงอุณหภูมิเป้าหมาย กระบวนการเผาใช้ระยะเวลาในการเผา 11-14 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับลักษณะคุณสมบัติเคลือบโดยไม่รวมช่วงการเย็นตัวของอุณหภูมิเตา



สมดุลมวลและพลังงานของการกระบวนการเผาชิ้นงาน

เตาเผาชิ้นงาน

แนวทางแก้ไข: จากการจัดทำสมดุลมวลและพลังงานซึ่งจะมีการทราบถึงปริมาณเชื้อเพลิงและวัตถุดิบที่ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ลดปริมาณค่าใช้จ่ายในส่วนต่าง ๆ โดยหลังจากที่ทางโรงงานแห่งนี้ได้มีการจัดทำสมดุลมวลและพลังงาน ทำให้ทราบว่ามีการใช้พลังงานในการเผามาก จึงได้มีการปรับปรุงกระบวนการเผาอย่างต่อเนื่องได้โดยใช้ข้อมูลดัชนีชี้วัดปริมาณการใช้พลังงานที่มีการจัดทำขึ้น เพื่อกำหนด Benchmark ในการปรับปรุงพัฒนากระบวนการเผาอย่างต่อเนื่องได้ โดยการจัดทำระบบการผึ่งผลิตภัณฑ์พร้อมเผาในโรงงานให้ระยะเวลานานขึ้นเพื่อลดความชื้นก่อนเข้าเตาเผา และปรับปรุงห้องอบผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือการสร้างห้องอบผลิตภัณฑ์เพิ่ม

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	นำความร้อนกลับมาใช้ใหม่
การปรับปรุงเทคโนโลยีการเผาของทางโรงงานเพื่อลดการใช้พลังงานและการปลดปล่อยมลพิษเป็นโครงการระยะยาวที่ต้องดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยมีการปรับปรุงการเผาและจัดควบคุมการเผาให้อุณหภูมิการเผาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามที่ได้กำหนดไว้ในเส้นกราฟควบคุมการเผาเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพจะมีการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานโดยปรับแต่งหัวเผา ปรับระดับความดันก๊าซ ระดับประตูลมปล่องเตา และประตูลมแบ่งอากาศเข้าปล่องเตาเพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาให้เป็นไปตามเป้าหมายการเผาอันใหม่ ซึ่งจะทำให้มีการควบคุมเตาเผาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้อากาศร้อนที่ไหลออกจากเตาเผามีปริมาณออกซิเจนลดลงร้อยละ 4-5 การปรับปรุงการเผาสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 6,096.61 KJ/ผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม	
ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์	
ประหยัดค่าใช้จ่าย: สามารถลดการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงโดยคิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 215,185.86 บาท/เดือน หรือ 2,582,230.32 บาท/ปี **ลดการปล่อย CO_2:** 2,789.65 กิโลกรัมคาร์บอน/ผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม **ระยะเวลาคืนทุน:** 0.12 เดือน	

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก” (2552)

1.3) <u>ด้านการปรับปรุงวิธีการผลิต</u>

(1) ขั้นตอนการเผาและการอบแห้ง

☺ การลดการใช้งานหม้อไอน้ำ

☺ การติดตั้ง Regulator ที่แท่นรับกระเบื้อง

☺ การลดจำนวนรอบการหมุนที่ของลูกบด หากตั้งรอบของเครื่องสูงเกินค่าการใช้งาน

☺ การลดการรั่วไหลของอากาศอัดโดยการเปลี่ยนข้อต่อสายลมที่รั่ว เพื่อลดการสูญเสียอากาศอัด เนื่องมาจากอุปกรณ์ลำเลียงในระบบอัดอากาศมีอายุการใช้งานนานและมีสภาพชำรุดทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศอัด

☺ การลดรอยรั่วอากาศอัดโดยการซ่อมแซมอุปกรณ์ต่าง ๆ เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบอัดอากาศใช้งานเป็นเวลานานเกิดการชำรุดบริเวณข้อต่อ ท่อวาล์ว

☺ การรอวัตถุดิบเพื่อลดจำนวนครั้งในการเผาตรวจสอบ เนื่องจากการเผาวัตถุดิบเพื่อตรวจสอบในปริมาณน้อยหลาย ๆ ครั้ง เป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

☺ การยกเลิกการใช้เครื่องทำความเย็นในการผลิตน้ำหล่อเย็นเครื่องเพรส โดยการติดตั้งหอผึ่งเย็นเพิ่ม เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าการผลิตน้ำหล่อจากหอผึ่งเย็น

☺ การเพิ่มคุณภาพน้ำในการเตรียมน้ำดินให้ดีขึ้น เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเตรียมน้ำดิบยังสามารถเพิ่มคุณภาพได้

☺ การเปลี่ยนผนังเตาเผาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

☺ การติดตั้งหัวพ่นเตาเผาแบบนอซเซิล

☺ ลดการใช้ก๊าซธรรมชาติที่การทำแห้งแบบพ่นกระจายโดยติดตั้งระบบแก๊สซิไฟเออร์

☺ หุ้มฉนวนพื้นผิวหม้อไอน้ำ พื้นผิวท่อไอน้ำและคอนเดนเสท พื้นผิววาล์วและอุปกรณ์ใช้ไอน้ำทั้งหมด

4.6.1.1 เทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้ / นวัตกรรม

แนวทาง: การเปลี่ยนหรือปรับปรุงเทคโนโลยี เช่น การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์และกระบวนการผลิต โดยการใช้ระบบอัตโนมัติ ระบบสายพาน และระบบควบคุมอุณหภูมิ ความดัน ทั้งการปรับปรุงเล็กน้อย ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ จนถึงการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ที่มีการลงทุนสูง เทคโนโลยีปัจจุบัน ได้แก่

(1) ขั้นตอนการอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนการขึ้นรูปแล้วยังคงมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ และจะต้องนำมาอบให้แห้ง ซึ่งปริมาณน้ำยิ่งมีน้อยยิ่งทำให้ใช้เวลาและทรัพยากรในขั้นตอนนี้น้อยลงไปเท่านั้น อาทิ ผลิตภัณฑ์แบบฉีดขึ้นรูป (เซรามิกสุขภัณฑ์) จะมีความชื้นอยู่ร้อยละ 20 ชิ้นผลิตภัณฑ์ที่อัดขึ้นรูปจะมีความชื้นร้อยละ 50 เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีประหยัดพลังงานในขั้นตอนการอบแห้ง ดังนี้

(1.1) ควบคุมความร้อนภายในเครื่องอบแห้งแบบไม่ต่อเนื่อง

การควบคุมแบบนี้จะตรงกันข้ามกับการควบคุมความร้อนแบบต่อเนื่อง มีความาสามารถในการปรับเปลี่ยนการไหลวนของก๊าซร้อนที่อยู่ภายในเครื่องอบแห้งได้ ไม่ว่าจะควบคุมให้ไหลวนไปทางใดทางหนึ่งหรือควบคุมความร้อนในบางจุดของเครื่องอบ ทำให้การไล่ความชื้นที่อยู่ภายในตัวชิ้นงานให้กระจายออกมาที่ผิวภายนอกเซรามิก วิธีนี้สามารถทำให้เตาอบแบบกลิ้งที่ปกติจะมีระยะเวลาในการแห้ง 40 นาทีต่อครั้ง ใช้เวลาในการอบเหลือเพียง 10 นาทีต่อครั้งเท่านั้น

การอบแห้งแบบนี้เป็นการทำให้เกิดความร้อนจากภายในตัวชิ้นเซรามิก ส่งผลให้ความชื้นที่อยู่ภายในเคลื่อนไหวอย่างอิสระ การอบแบบนี้เป็นการก่อเกิดความร้อนจากภายในและกระจายมาสู่ภายนอก โดยที่จะมีเพียงชิ้นเซรามิกเท่านั้นที่เกิดความร้อน ทำให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานความร้อนได้ ยิ่งไปกว่านั้นการที่อุณหภูมิระหว่างเซรามิกกับบรรยากาศรอบ ๆ มีความต่างกันมากนี้ ก็จะทำให้ความชื้นในเซรามิกถูกระบายออกไป ชิ้นเซรามิกก็จะแห้งเร็วขึ้น การใช้

เทคนิคการอบแห้งโดยไมโครเวฟนี้จะช่วยให้การอบแห้งใช้เวลาลดน้อยลง (ประมาณ 7–30 นาที) จึงสามารถนำเทคนิคนี้มาพัฒนาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(1.2) การอบแห้งแบบอินฟาเรด

อินฟาเรด (คลื่นรังสีความร้อน) คือ การยิงคลื่นความร้อนอินฟาเรดไปที่วัตถุที่มีพื้นผิวบางเป็นการเร่งพลังงานความร้อนจากภายในสู่ภายนอก เทคนิคนี้ควรนำมาใช้กับชิ้นงานเซรามิกที่มีรูปแบบง่าย ๆ และใช้เทคนิคอัดขึ้นรูปแรงดันครึ่งหนึ่ง หรือเซรามิกสุขภัณฑ์

(1.3) การอบแบบเร่งด่วน

การอบแห้งแบบเร่งด่วนมี 2 แบบ แบบที่หนึ่งเป็นการไหลวนของความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง และแบบที่สองเป็นการใช้ไมโครเวฟหรืออินฟาเรด เพื่อเป็นการเพิ่มขั้นตอนที่ช่วยให้การอบแห้งเสร็จสิ้นอย่างรวดเร็ว

(1.4) ทาวเวอร์อบแห้งแบบฉีดสเปรย์ขนาดใหญ่

หากเปรียบเทียบระหว่างขนาด 7,000 ลิตร และขนาด 3,200 ลิตร ขนาดใหญ่จะสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ 10 เปอร์เซ็นต์ และหากติดตั้งเครื่องสั่นสะเทือนไว้ใต้ทาวเวอร์ จะช่วยและความถี่ในการทำความสะอาดทาวเวอร์ได้ และสามารถลดการสูญเสียปริมาณส่วนผสมของเหลวที่ติดอยู่ด้านใน และลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดได้ นอกจากนี้เนื่องจากทาวเวอร์อบแห้งแบบสเปรย์นี้ใช้ระบบสุญญากาศในการปฏิบัติการ ดังนั้นการควบคุมการรั่วไหลของอากาศ ควบคุมอุณหภูมิในท่อ และทำความสะอาดท่อละอองสเปรย์ จะช่วยให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาได้มากทีเดียว

(1.5) เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการหมุนเวียนอากาศภายใน

การเพิ่มประสิทธิภาพของการหมุนเวียนอากาศ โดยการใช้เทคโนโลยีการระบายอากาศและควบคุมพารามิเตอร์ตัวแปรต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ เช่น ระดับความชื้น ระดับการหมุนเวียนความชื้น แรงดันของเครื่องอบแห้ง เป็นต้น

(1. 6) เทคโนโลยีการนำความร้อนกลับมาใช้

การนำก๊าซร้อนที่ได้จากกระบวนการเผาในเตาเผากลับมาใช้ในกระบวนการอบแห้งอีกครั้ง โดยการนำก๊าซความร้อนมาใช้นี้สามารถให้พลังงานความร้อนได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

(1.7) เครื่องอบแบบลูกกลิ้งแนวนอน

เครื่องอบแบบลูกกลิ้งแนวนอน หากเปรียบเทียบกับเครื่องอบแบบแนวตั้งแล้วจะมีคุณสมบัติในการควบคุมความร้อนได้ดีกว่า และหากเป็นเครื่องอบแห้งแบบด่วน จะสามารถลดเวลาการทำงานได้ถึง 10 นาที ปริมาณความชื้นในชิ้นผลิตภัณฑ์ลดลงเหลืองเพียง 0.4–0.6 เปอร์เซ็นต์ เครื่องอบแบบลูกกลิ้งแนวนอนชั้นเดียวสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าแบบแนวตั้ง 0.2 MJ/kg คิดเป็น 20–40 เปอร์เซ็นต์ โรงงานในปัจจุบันมักจะหันมาใช้เครื่องอบแบบ

แนวนอนกันเป็นส่วนใหญ่ ยิ่งไปกว่านี้ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องอบแบบลูกกลิ้งแนวนอนหลายชั้น ซึ่งจะสามารถลดขนาดความยาวของเครื่องและลดระยะเวลาในการปฏิบัติการได้อีกด้วย

(1. 8) เครื่องอบแห้งแบบปริมาณอากาศต่ำและการควบคุมความชื้น

เครื่องอบแห้งโดยทั่วไป จะใช้การหมุนเวียนของอากาศร้อนเพื่อทำให้ความชื้นในชิ้นผลิตภัณฑ์ระเหยออกมา จากนั้นจึงปล่อยให้ความร้อนออกไป ซึ่งถือว่าเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนโดยตรงให้กับอุปกรณ์ นอกจากนี้ เครื่องอบแห้งนี้เป็นอุปกรณ์แบบปิด โดยจะมีการควบคุมความชื้นภายในอย่างมีประสิทธิภาพและปล่อยเฉพาะอากาศที่ชื้นออกมาด้านนอกเท่านั้น เทคโนโลยีทั้งสองนี้จะทำให้ลดระยะเวลาการทำงานได้ถึง 1 ใน 3 และประหยัดพลังงานความร้อนได้ถึง 20-50 เปอร์เซ็นต์

(2) ขั้นตอนการเผา

(2.1) การเลือกใช้ประเภทเตาเผาให้เหมาะสมกับสินค้าที่ผลิต

เตาเผาที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกก่อสร้างและสุขภัณฑ์ มีทั้งสิ้น 3 ประเภท คือ เตาเผาแบบลูกกลิ้ง เตาเผาแบบอุโมงค์ และเตาเผาแบบกระสวย การผลิตอิฐสำหรับกำแพงและพื้นส่วนใหญ่จะใช้เตาเผาแบบลูกกลิ้ง ซึ่งจะใช้พลังงานความร้อนเพียง (400-700 $^{\circ}$C) x 4.18 kJ/kg ส่วนอิฐตารางและกระเบื้องหนาซึ่งใช้วิธีการอัดเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์นั้น มักจะใช้เตาเผาแบบอุโมงค์ ส่วนเซรามิกสุขภัณฑ์สามารถใช้เตาเผาได้ทั้ง 3 แบบโดยจะนิยมใช้เตาเผาแบบกระสวยซึ่งเป็นเตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง เพราะว่าค่อนข้างสะดวกในการใช้แต่เนื่องจากตัวเตามีปริมาตรพื้นที่ที่จำกัด จึงทำให้ผลิตได้ปริมาณไม่มากนัก และการที่เตาเผาเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้ชิ้นงานเผาออกมาแล้วยังคงมีความร้อนสูง ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานความร้อนถึง (2,000-3,000 $^{\circ}$C) x 4.18 kJ/kg วัตต์ ส่วนเตาเผาแบบอุโมงค์จัดว่าเป็นเตาเผาแบบต่อเนื่อง ตัวเตามีปริมาตรพื้นค่อนข้างมาก ทำให้สามารถผลิตสินค้าได้ในปริมาณที่มากและมีการติดตั้งปล่องระบายความร้อนจึงสามารถเผาผลิตภัณฑ์คนละประเภทร่วมกันได้สินค้าออกจากเตาเผาสินค้าจะมีอุณหภูมิต่ำ เตาแบบอุโมงค์นี้มักเป็นเตาเผาที่ใช้กันในอุตสาหกรรมโรงงานใหญ่ ๆ ใช้พลังงานในการเผาประมาณ (1,150-2,500 $^{\circ}$C) x 4.18 kJ/kg วัตต์ ส่วนเตาเผาแบบลูกกลิ้งก็จัดว่าเป็นเตาเผาแบบต่อเนื่อง เช่นกัน เตาประเภทนี้ไม่มีการติดตั้งปล่องระบายความร้อนหรือวัสดุที่เป็นตัวนำความร้อนออกไปจากเตา ทำให้สามารถติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ เหมาะสำหรับการเผาเซรามิกสุขภัณฑ์ซึ่งจะใช้ความร้อนที่ (800 – 1,000 $^{\circ}$C) x 4.18 kJ/kg แต่เนื่องจากวัสดุพวกซิลิกอนคาร์ไบด์ของเตาแบบลูกกลิ้งมีราคาค่อนข้างสูง จึงทำให้ไม่ได้รับความนิยมนัก

(2.2) เตาเผาขนาดใหญ่สามารถลดการใช้พลังงานได้

เตาแบบอุโมงค์ขนาดใหญ่ที่มีความกว้าง 3.6 m และยาว 10 m สามารถผลิตเซรามิกสุขภัณฑ์ได้ถึง 8 แสนชิ้นต่อปี โดยที่ใช้พลังงานเพียงแค่ 1180 x 4.18 kJ/kg วัตต์เท่านั้น

(2.3) เตาเผาที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง

ควรใช้เตาเผาความเร็วสูง ซึ่งมีเครื่องพ่นไฟที่สามารถเร่งความร้อนและทำให้อากาศร้อนไหลเวียนรอบ ๆ ชิ้นผลิตภัณฑ์ในขณะเผาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีที่เครื่องพ่นไฟแบบสะสมความร้อนได้ ซึ่งขณะเครื่องพ่นไฟเครื่องที่หนึ่งทำงาน อีกเครื่องหนึ่งจะสะสมความร้อนเพื่อเก็บอากาศร้อนไว้ใช้ต่อไป จึงสามารถประหยัดพลังงานความร้อนได้ถึง 10-20 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดอุณหภูมิความร้อนของอากาศเสียที่ปล่อยออกไปจากโรงงานได้อีกด้วย กล่าวคือสามารถประหยัดพลังงานและควบคุมมลพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพ เตาเผาประสิทธิภาพสูง เช่น การใช้เตาเผาแบบใหม่ ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานความร้อนได้ 20-30 เปอร์เซ็นต์

เตาเผาชิ้นงานของอุตสาหกรรมเซรามิคเป็นเตาแบบ Conventional ที่ใช้วัสดุประเภทอิฐทนไฟเป็นผนังซึ่งวัสดุดังกล่าวมีมวลสูงจึงดูดกลืนความร้อนปริมาณสูงมีผลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง นอกจากนั้นระบบการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ของเตาแบบที่ใช้ปัจจุบันยังมีสัดส่วนต่ำ เตาเผาบางรุ่นไม่มีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ทำให้ SEC ของอุตสาหกรรมโดยรวมมีความสูงมาก เตาเผาที่ได้รับการพัฒนาเรื่องการลด SEC โดยใช้วัสดุฉนวนที่มวลเบา ทำให้ระยะเวลาการเผาสั้นลง ระบบการควบคุมสภาวะภายใน Firing Section ได้รับการพัฒนาให้การนำความร้อนทิ้งจาก Section Cooling ชิ้นงานกลับไปใช้ที่ Firing Section ทำให้ SEC ของเตารุ่นใหม่ให้ค่า SEC ลดลงจากเดิมมาก ข้อมูลที่นำเสนอเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเตาแบบที่ใช้ในปัจจุบันกับแบบที่แนะนำ

สำหรับการเผาผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร กระเบื้อง และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ใช้เตาแบบอุโมงค์ ซึ่งเป็นเตาประเภทเดียวกันที่ใช้กับเครื่องสุขภัณฑ์ แต่ Firing Curve จะแตกต่างกันไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อ SEC สำหรับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบสมรรถนะของเตาแบบที่ใช้ปัจจุบันกับแบบที่แนะนำ

ประเภทผลิตภัณฑ์	เตาเผาแบบใช้ปัจจุบัน SEC (GJ/ton)	เตาเผาแบบพัฒนา SEC (GJ/ton)
เครื่องสุขภัณฑ์	Conventional Tunnel Kiln 9.36-12.50	Modern Tunnel Kiln with Light Fiber Insulation 4.2-6.5
	Shuttle Kiln สูงกว่า 13.00	Modern Shuttle Kiln 8,500-11,000

(2.4) การใช้วัสดุทนความร้อนและทนไฟ

การใช้วัสดุที่ทนไฟและความร้อน จะมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ สามารถลดการกระจายและลดการสิ้นเปลืองความร้อนได้ ซึ่งจะเป็นการยืดอายุการใช้งานให้แก่เตาเผา เตาเผาแบบกระสวยที่ด้านในใช้วัสดุเป็นไฟเบอร์กันไฟและอลูมิเนียม จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการหมุนเวียนความร้อนภายในและป้องกันการเกิดฝุ่นละอองได้ ส่วนเตาเผาแบบลูกกลิ้งและแบบอุโมงค์ที่ใช้ผลิตอิฐหินปูนและไฟเบอร์เซรามิก จะสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดี

ทำให้ไม่สิ้นเปลืองปริมาณความร้อน ในเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูง (900 °C) ขึ้นไปนั้น หากมีการเคลือบด้วยสารเคลือบมัลติฟังก์ชั่น จะทำให้การแผ่กระจายความร้อนจาก 0.7 เพิ่มขึ้นเป็น 0.96 ซึ่งสามารถประหยัดพลังงานความร้อนได้ถึง 5-8 เปอร์เซ็นต์

(2.5) ปรับเปลี่ยนโครงสร้างเตาเผา

หากเตาเผามีกำแพงที่สูงขึ้น จะมีการกระจายความร้อนและสูญเสียความร้อนที่มากขึ้น ดังนั้นสำหรับเตาเผาแบบลูกกลิ้ง หากเตามีความกว้าง ก็ยิ่งมีพื้นที่สำหรับเผาเซรามิกได้มาก และมีการสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนในปริมาณที่ต่ำ แต่จะทำให้มีความแตกต่างของระดับอุณหภูมิค่อนข้างมาก โดยทั่วไปแล้วเตาสำหรับเผาเซรามิกควรมีความกว้างที่ 2.5 m ส่วนเตาเผาแบบอุโมงค์หากสร้างเตาแบบยิ่งสูงก็จะยิ่งมีความกว้างมากขึ้น ถึงแม้จะมีพื้นที่สำหรับเผาเซรามิกได้มากและประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงได้มาก แต่ภายในเตาจะมีภาวะแตกต่างของอุณหภูมิในเตาสูง ดังนั้นความกว้างที่เหมาะสมของเตาแบบอุโมงค์นี้ คือ 2.7 m ซึ่งจะมีภาวะความต่างๆ ของอุณหภูมิเพียงแค่ 3 °C เท่านั้น ในขณะที่ความกว้างและความสูงของเตาเผามีขนาดที่แน่นอนแล้ว หากเตาเผามีความยาวมากขึ้น ควันที่ถูกปล่อยออกไปจะน้อยลง ทำให้ลดการสิ้นเปลืองพลังงานและสดการสูญเสียพลังงานความร้อนได้ แต่ทั้งนี้เตาเผาแบบลูกกลิ้งดังกล่าวจะต้องมีความยาวประมาณ 300 m และเตาแบบอุโมงค์ควรมีความยาวประมาณ 100 m

(2.6) เตาเผาที่ทำจากวัสดุที่เบา

การใช้วัสดุที่เบาและทนไฟจะช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานได้มาก เนื่องจากในขณะที่ทำการเผานั้นภายในเตาจะสะสมความร้อน ดังนั้นเพดานและเสาค้ำภายในเตาเผาควรจะมีความแข็งแรง และสามารถลดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว เราสามารถใช้วัสดุซิลิกอนคาร์ไบด์เนื่องจากนำความร้อนได้ดี มีคุณสมบัติบาง น้ำหนักเบา ไม่สะสมความร้อน และมีอายุการใช้งานยาวนาน นอกจากนี้ควรเปลี่ยนโครงสร้างและวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างโรงเผา เป็นวัสดุที่ไม่ดูดซับความร้อน เช่น เปลี่ยนจาการใช้เหล็กหล่อมาเป็นเหล็กเชื่อม และเปลี่ยนอิฐที่ใช้สร้างกำแพงโรงเผาเป็นอิฐแบบเบา ติดตั้งฉนวนกันความร้อน เป็นต้น เหล่านี้จะสามารถลดการสะสมความร้อนภายในตัวโรงเผาได้

(2.7) เตาเผาแบบปิดและควบคุมแรงอัดภายใน

ให้ความสำคัญกับรอยต่อของเตาเผา และรอยต่อของแท่งลูกกลิ้งและตัวเตาเผาจะต้องต่อกันอย่างสนิท เพื่อให้สามารถควบคุมความดันบรรยากาศในเตาเผา และป้องกันความดันจากภายนอกหรือลดอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้ามาภายใน ซึ่งลดปริมาณควันที่นำพาความร้อนออกไปจากเตาเผาจาก 30 ลดเหลือ 18 เปอร์เซ็นต์ และประหยัดพลังงานได้ถึง 12 เปอร์เซ็นต์

(2.8) ระบบอัตโนมัติ

การติดตั้งระบบอัตโนมัติจะช่วยให้สามารถควบคุมการปฏิบัติงานของเตาเผาได้อย่างแม่นยำ ทำให้การทำงานของเตาเผามีความคงที่ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากร และช่วยเพิ่มคุณภาพชิ้นงานที่เผาเสร็จ ระบบนี้ควรติดตั้งอุปกรณ์จุดไฟอัตโนมัติ มีระบบตรวจจับเปลวไฟ

มีระบบบันทึกความเสียหายของแท่นลูกกลิ้ง ไฟของหัวฉีด เป็นต้น เมื่อขั้นตอนการเผาอัตโนมัติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถประหยัดพลังงานได้อีก 10-15เปอร์เซ็นต์

(2.9) เตาเผาแบบสองชั้นสองอุณหภูมิ

โครงสร้างของเตาเผาแบบนี้มีความพิเศษอยู่ที่การเปลี่ยนจากเตาเผาชั้นเดียวความร้อนเดียวให้เป็นเตาเผาแบบสองชั้น ความร้อนของทั้งสองชั้นจะถูกควบคุมโดย PID โดยที่ระหว่างทั้งชั้นจะใช้วัสดุคริสตัลซิลิกอนเป็นคานรับน้ำหนัก และวัสดุทนไฟทนความร้อนเป็นฉนวนระหว่างชั้น การออกแบบจะต้องคำนึงถึงเทคนิคการป้องกันและแยกอุณหภูมิความร้อนของทั้งสองชั้นออกจากกันและในขณะเดียวกันก็สามารถเปลี่ยนมาแบ่งความร้อนเพื่อใช้ร่วมกันได้ด้วย เตาแบบสองชั้นสองอุณหภูมิสามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ดีกว่าเตาแบบชั้นเดียวถึง 10-15 เปอร์เซ็นต์

(2.10) การใช้ Oxy-Fuel Firing แทน Burner

สามารถลดการใช้พลังงานความร้อนได้ 15 – 20 เปอร์เซ็นต์

(2.11) การใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟเป็นตัวช่วยในการเผา

การใช้ไมโครเวฟช่วยในขั้นตอนการเผาเป็นการใช้สนามแม่เหล็กเพื่อเพิ่มความร้อนให้กับชิ้นเซรามิก ซึ่งเป็นหลักการให้ความร้อนที่แตกต่างจากวิธีทั่วไป เนื่องจากเป็นการก่อให้เกิดความร้อนภายในแล้วค่อยแพร่กระจายออกมาสู่ผิวภายนอก (คลื่นไมโครเวฟสามารถเปลี่ยนเป็นคลื่นที่มีอัตราความร้อนมากถึง 80-90 เปอร์เซ็นต์) ช่วยลดระยะเวลาการทำงานของเตาเผา และประหยัดการใช้เชื้อเพลิงความร้อน ปัจจุบันโรงงานที่ประเทศอังกฤษตัดสินใจใช้เทคนิคไมโครเวฟร่วมกับวิธีการเผาเซรามิกแบบดั้งเดิม ซึ่งสามารถช่วยให้โรงงานสามารถประหยัดการใช้พลังงานและมีขั้นตอนการเผาที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับในประเทศจีนได้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีไมโครเวฟเป็นผลสำเร็จ โดยองค์กรนี้สามารถประหยัดทรัพยากรการผลิตได้ถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ถึง 10 เปอร์เซ็นต์

4.6.2 การจัดการพลังงานไฟฟ้า

วิธีการ/แนวทางการจัดการด้านพลังงานความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกสามารถนำปฏิบัติได้ดังนี้

1) <u>ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า</u>

☺ ควบคุมตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ตู้ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้มีค่าไม่น้อยกว่า 0.85 เป็นไปตามระเบียบของการไฟฟ้าเพื่อหลีกเลี่ยงค่าปรับ

☺ หยุดการทำงานของเครื่องจักรในขณะที่ไม่มีการผลิต

☺ เดินเครื่องจักรเครื่องที่ประสิทธิภาพสูงที่สุดก่อน

☺ รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากตู้ควบคุมไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องจักรโดยการปรับตั้งตัวควบคุมแรงดันที่หม้อแปลงไฟฟ้าหรือติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดัน

2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

☺ ปิดหลอดไฟฟ้าเมื่อไม่มีความจำเป็นต้องใช้งาน หรือติดตั้งสวิทช์ควบคุมอัตโนมัติ

☺ ทำความสะอาดหลอดไฟฟ้าและบริเวณโดยรอบทุกเดือนเพื่อคงประสิทธิภาพการส่องสว่าง

☺ ใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง

☺ ใช้โคมกระจายแสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่าง

☺ เปลี่ยนบัลลาสต์จากแกนเหล็กธรรมดาเป็นบัลลาสต์ อิเลคทรอนิกส์ หรือเป็นแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

☺ ลดจำนวนหลอดไฟเพื่อลดแสงสว่างที่มากเกินความจำเป็น

☺ หรี่แสงโดยใช้ระบบควบคุมที่เหมาะสม

3) ระบบอัดอากาศ

☺ การปรับลดแรงดันอากาศอัดของเครื่องอัดอากาศ

☺ ซ่อมแซมจุดรั่วไหลของท่อส่ง และข้อต่อต่าง ๆ ของระบบอัดอากาศ

☺ ซ่อมแซมวาล์วเปิดปิดของระบบอัดอากาศให้สามารถปิดได้สนิท

☺ เลือกใช้งานเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงหรือมีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานเป็นเครื่องแรกในกรณีที่มีหลายเครื่อง

☺ การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ

☺ การปรับปรุงท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัด

☺ การลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดที่เครื่องผลิต

☺ การลดการรั่วไหลของอากาศอัด

☺ การจัดโหลดเครื่องอัดอากาศ

☺ การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงในระบบอัดอากาศ

☺ บำรุงรักษาชุดกรองและจุดกรองต่าง ๆ ในระบบอัดอากาการ

☺ การลดพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมของการใช้อากาศอัด

☺ ใช้นอซเซิลที่มีขนาดเล็กลง หรือเป็นชนิดประหยัดพลังงาน

☺ ใช้ชุดกรองที่มีความดันสูญเสียต่ำ

☺ การลดขนาดเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสม ไม่ใช้เครื่องอัดอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไป

☺ การปรับการเปิดวาล์วอากาศเข้าให้เหมาะสม

☺ การใช้เครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่แทนเครื่องขนาดเล็กหลาย ๆ เครื่อง

☺ การเลือกขนาดถังเก็บอากาศอัดที่เหมาะสม

4) ระบบเครื่องปรับอากาศและทำความเย็น

☺ ควบคุมคุณภาพน้ำ และความสะอาดของอุปกรณ์ที่น้ำไหลผ่านในระบบอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน การอุดตัน และการผุกร่อน

☺ ตรวจสอบการทำงานของเทอร์โมสตัททุกปี

☺ ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศทุกเดือน

☺ กำหนดให้เครื่องปรับอากาศทำงานแยกส่วนพื้นที่การทำความเย็นปิดหลอดไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ไม่ได้ใช้งาน เพื่อลดภาระการทำความเย็น

☺ ปิดประตูหน้าต่างของพื้นที่ปรับอากาศให้สนิท

☺ ปลูกต้นไม้บริเวณรอบห้องปรับอากาศ เพื่อลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศ

☺ เริ่มเดินเครื่องปรับอากาศให้ช้าที่สุดเท่าที่ทำ และหยุดเดินเครื่องปรับอากาศให้เร็วที่สุดเท่าที่ทำได้

☺ จัดบริเวณหอผึ่งน้ำระบายความร้อน หรือคอยล์ร้อนให้โปร่ง เพื่อให้ระบายความร้อนได้ดี

☺ ลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงทางทิศตะวันตก ตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้

☺ ใช้อุปกรณ์บังแดด เช่น กันสาดหรือต้นไม้ ติดตั้งฟิล์มกันความร้อน

☺ เลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนกับผนังทึบ

☺ ลดการนำอากาศภายนอกเข้าและลดการนำอากาศภายในออก

☺ ปรับตั้งอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศให้สูงที่สุด

☺ ใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศ

☺ ปรับปรุงระบบแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

☺ ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง

☺ นำอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดความร้อนออกจากห้องปรับอากาศ

☺ หุ้มฉนวนอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูง

☺ ลดพื้นที่ปรับอากาศ

☺ ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นในระบบให้เหมาะสม

☺ ทำความสะอาดพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็น

☺ ควบคุมปริมาณน้ำหรืออากาศที่ไหลผ่านขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนให้คงที่

☺ เพิ่มขนาดพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน

☺ ปรับตั้งหรือเลือกใช้ลิ้นลดความดันที่มีขนาดเหมาะสม

☺ ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้น

☺ ใช้น้ำหรืออากาศที่มีอุณหภูมิต่ำเข้าระบายความร้อน

☺ ใช้น้ำระบายความร้อนแทนอากาศ

☺ ใช้เครื่องอัดที่มีประสิทธิภาพสูง

☺ ควบคุมคุณภาพน้ำระบายความร้อน

5) ระบบอื่น ๆ

☺ การลดการรั่วไหลของอากาศอัดโดยการเปลี่ยนข้อต่อสายลมที่รั่ว เพื่อลดการสูญเสียอากาศอัด เนื่องมาจากอุปกรณ์ลำเลียงในระบบอัดอากาศมีอายุการใช้งานนานและมีสภาพชำรุด ทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศอัด

☺ การเพิ่มคุณภาพน้ำในการเตรียมน้ำดินให้ดีขึ้น เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเตรียมน้ำดิบยังสามารถเพิ่มคุณภาพได้

☺ การลดการรั่วไหลของอากาศอัดโดยการเปลี่ยนข้อต่อสายลมที่รั่ว เพื่อลดการสูญเสียอากาศอัด เนื่องมาจากอุปกรณ์ลำเลียงในระบบอัดอากาศมีอายุการใช้งานนานและมีสภาพชำรุด ทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศอัด

☺ การควบคุมเทคนิคและตัวแปรในขั้นตอนการฉีดสเปรย์แบบแห้ง: ทาวเวอร์ฉีดสเปรย์แบบแห้งเป็นอุปกรณ์ที่สิ้นเปลืองพลังงาน การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิภายใน ท่อฉีดสเปรย์ ความสูงของท่อฉีด มุมของท่อฉีด ความดันของท่อฉีด อุณหภูมิและการดูดอากาศภายในทาวเวอร์ ฯลฯ จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานและทำให้เครื่องจักรทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ

☺ การควบคุมความดันของเครื่องอัดขึ้นรูปอย่างอัตโนมัติ: ชิ้นงานเซรามิกที่แตกต่างกันจะมีขั้นตอนการอัดขึ้นรูปที่แตกต่างกัน อิฐเคลือบเงาสำหรับกำแพงภายในอาคารจะมีอัตราการซับน้ำ E<20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกระเบื้องเซรามิกจะมีอัตราการซับน้ำ E< 0.5-0.1 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสองนี้มีความต้องการแรงดันในการขึ้นรูปที่ต่างกัน ดังนั้นการปรับแต่งแรงดันให้เหมาะสมจะต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานนั้น ๆ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงปัจจัยในการประหยัดพลังงานด้วย

☺ ควบคุมระดับ Drying Curve ของเครื่องอบแห้ง : เซรามิกกระเบื้องส่วนใหญ่มักจะมีลักษณะเป็นผิวเรียบ ในขั้นตอนการอบแห้งที่ควบคุม Drying Curve อย่างถูกต้อง จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาเซรามิกแตกสลาย ส่วนเซรามิกสุขภัณฑ์ที่มีความหนา และมีรูปทรงหลากหลาย และอาจมี

บางส่วนที่ติดกัน เวลาเผามักจะทำให้เกิดการแตกสลายค่อนข้างง่าย ดังนั้นในแต่ละขั้นตอนการอบแห้งจะต้องควบคุมอุณหภูมิและ Drying Curve อย่างเข้มงวด เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย

☺ ควบคุมระดับ Drying Curve ของเตาเผา: การลดอุณหภูมิในการเผาและการลดระยะเวลาในขั้นตอนการเผา ถือเป็นประเด็นหลักในการประหยัดพลังงานของขั้นตอนนี้ และมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของชิ้นงานโดยตรง การลดอุณหภูมิในการเผาถึงแม้จะลดระยะเวลาในการเผาได้ แต่อาจจะทำให้คุณภาพของชิ้นงานแย่ลง เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีในวัตถุดิบ แร่ดินไม่สามารถถูกเผาให้สมบูรณ์ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อหาระดับ Drying Curve ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมของขั้นตอนการเผา เพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ด้านการประหยัดพลังงาน

4.6.2.1 เทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้ / นวัตกรรมด้านพลังงานไฟฟ้า

เทคโนโลยีปัจจุบันมีดังนี้

(1) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

(1.1) การใช้หม้อบดต่อเนื่อง

การใช้หม้อบดแบบต่อเนื่องขนาด Φ 3.0 x 15 เมตร เพียง 1 เครื่องจะสามารถแทนที่เครื่องแบบไม่ต่อเนื่องขนาด 20 ตัน จำนวน 12 เครื่องได้ ใช้พื้นที่น้อยกว่าและลดจำนวนพนักงานควบคุมเครื่องได้ เครื่องนี้สามารถปฏิบัติการได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่องเพื่อเติมวัตถุดิบ นอกจากนี้ของเหลวที่ได้ยังมีความเข้มข้นมากกว่าเครื่องบดแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้ประหยัดเวลาและเชื้อเพลิงในขั้นตอนการอบแห้งได้อีกด้วย

(1.2) หม้อบดขนาดใหญ่

การใช้หม้อบดขนาดใหญ่: เมื่อเทียบกับหม้อบดขนาดเล็กแล้ว การใช้หม้อบดขนาดใหญ่จะสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ถึง 10-30 เปอร์เซ็นต์ และหากว่าด้านในหม้อบดบุด้วยยางทดแทนแร่หิน ส่วนตัวกลางใช้อลูมิเนียมแทนสารซิลิกา จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานหม้อบดได้ ลดระยะเวลาในการบดและเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์

(1.3) หม้อบดแปลงความถี่: หม้อบดที่ใช้ในประเทศส่วนใหญ่เป็นแบบกระแสไฟฟ้าคงที่ ในขณะที่ต่างประเทศใช้หม้อบดแบบแปลงความถี่ได้ ซึ่งสามารถแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อเพิ่มหรือลดความเร็วได้ ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการบดได้ถึง 15-25 เปอร์เซ็นต์ และประหยัดไฟฟ้าอีกด้วย

(1.4) ระบบการผสมส่วนผสมที่มีการทำงานแบบตั้งเวลาได้: โรงงานทั่วไปจะติดตั้งเครื่องผสมที่มีแกนทำงานหมุนอยู่ตลอดเวลา เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้บ่อผสมมีตะกอนของของเหลวที่ผสมแล้วหลงเหลืออยู่หากติดตั้งระบบการผสมแบบตั้งเวลาได้ ตั้งเวลาหมุนแกนเพื่อ

ผสมส่วนผสมประมาณ 20-30 นาที และหยุด 30-40 นาที ส่วนผสมจะไม่ตกตะกอน สามารถประหยัดไฟได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์

(1.5) ทาวเวอร์อบแห้งแบบฉีดสเปรย์ขนาดใหญ่: หากเปรียบเทียบระหว่างขนาด 7,000 และขนาด 3,200 ขนาดใหญ่จะสามารถประหยัดไฟฟ้าได้ 10 เปอร์เซ็นต์ และหากติดตั้งเครื่องสั่นสะเทือนไว้ใต้ทาวเวอร์ จะช่วยลดความถี่ในการทำความสะอาดทาวเวอร์ได้ และสามารถลดการสูญเสียปริมาณส่วนผสมของเหลวที่ติดอยู่ด้านใน และลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดได้ นอกจากนี้เนื่องจากทาวเวอร์อบแห้งแบบสเปรย์นี้ใช้ระบบสุญญากาศในการปฏิบัติการ ดังนั้นการควบคุมการรั่วไหลของอากาศ ควบคุมอุณหภูมิในท่อ และทำความสะอาดท่อละอองสเปรย์ จะช่วยให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาได้มากทีเดียว

<u>แนวโน้มการพัฒนาด้านเทคโนโลยีพลังงานไฟฟ้า</u>

(1) เทคโนโลยีการเตรียมวัตถุดิบ

(1.1) การใช้หม้อบด แบบต่อเนื่องทดแทนแบบไม่ต่อเนื่อง ประเทศที่มีโรงงานผลิตอิฐปูพื้นและกำแพงขนาดใหญ่อย่างอิตาลีและสเปน ส่วนใหญ่จะใช้หม้อบดแบบต่อเนื่อง หรือแม้แต่โรงงานขนาดกลางและเล็กในประเทศตุรกีก็ยังใช้หม้อบดประเภทนี้

(1.2) วิจัยเทคโนโลยีด้านการบดโม่วัตถุดิบแบบแห้ง : เทคนิคการขึ้นรูปของอิฐสำหรับปูพื้นและกำแพงสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การบดโม่แบบเปียกและการบดโม่แบบแห้ง

การบดโม่แบบแห้ง คือ การบดโม่ให้ส่วนผสมให้ละเอียดกลายเป็นผง เพื่อที่ว่าเมื่อนำไปใส่ในเครื่องผสมและเติมน้ำประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผสมจะผสมกันได้อย่างกลมกลืน จากนั้นจึงนำไปอบแห้งเพื่อให้เหลือองค์ประกอบของน้ำเพียง 5-6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการบดโม่แบบนี้จึงมีการทำงานเรียบง่าย เนื่องจากส่วนผสมมีองค์ประกอบของน้ำไม่มากจึงไม่จำเป็นต้องรีดน้ำออกมาก จึงไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ส่วนการบดโม่แบบเปียกนั้น จะต้องบดย่อยให้ส่วนผสมละเอียด จากนั้นลำเลียงไปใส่ลงในหม้อบด แล้วเติมน้ำประมาณ 32-36 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้กลายเป็นส่วนผสมน้ำดิน แล้วค่อยนำไปฉีดสเปรย์อบแห้งเพื่อให้ส่วนผสมเหลือความชื้นแค่ 5-6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งวิธีการเตรียมวัตถุดิบแบบนี้ จะสิ้นเปลืองพลังงานค่อนข้างมาก ในกระบวนการบดโม่แบบเปียกนี้เมื่อคำนวณแล้วจะมีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าถึง 60 เปอร์เซ็นต์ และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถึง 40 เปอร์เซ็นต์

เห็นได้ว่าการบดโม่แบบแห้งสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าในช่วงประมาณปี 80 ประเทศจีนได้นำเข้าเครื่องจักรบดโม่แบบแห้งนี้เข้ามาใช้ แต่เครื่องบดโม่แห้งนี้ก็ยังคงมีปัญหาในเรื่องของส่วนผสมที่ผลิตได้ไม่สามารถนำมาใช้ได้กับเครื่องอัดกระเบื้องแบบอัตโนมัติได้ อย่างไรก็ตาม โรงงานถึง 1 ใน 3 ของประเทศสเปนและอิตาลีซึ่งเป็นประเทศผู้ผลิตอิฐกระเบื้องปูพื้นและกำแพงคุณภาพสูงของโลก ก็ยังคงใช้เครื่องจักรนี้ในการผลิตสินค้า

(2) ขั้นตอนการขึ้นรูป

(2.1) เครื่องอัดขึ้นรูปขนาดใหญ่: ควรเลือกติดตั้งเครื่องอัดขึ้นรูปขนาดใหญ่ และมีพื้นที่ภายในกว้าง จะทำให้สามารถผลิตสินค้าได้ปริมาณมาก โดยสามารถติดตั้งเครื่องอัดขึ้นรูป 1 เครื่องต่อเตาเผา 1 เตา

(2.2) ปรับปรุงแบบพิมพ์ของเครื่องอัดขึ้นรูป: แบบพิมพ์โลหะที่ใช้อยู่ทั่วไปจะมีอายุประมาณ 10 วัน และใช้เวลาในการเปลี่ยนแบบพิมพ์ประมาณ 8-10 ชั่วโมงต่อครั้ง หากเปลี่ยนมาใช้แบบพิมพ์ที่มีส่วนผสมโลหะและวัสดุพลาสติกทนการสึกหรอ จะมีอายุการใช้งานนานถึง 30 วัน และใช้เวลาในการเปลี่ยนแบบเพียง 30 นาทีเท่านั้น ทำให้สามารถลดงาน ลดการใช้วัตถุดิบและพลังงาน และสามารถแก้ปัญหาการปล่อยให้เตาเผาไม่ได้ถูกใช้งานอย่างเปล่าประโยชน์ด้วย

(2.3) การใช้เทคนิคการหล่อแบบพิมพ์แทนการอัดขึ้นรูปแบบแห้ง

กระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องเซรามิกด้วยวิธีการอัดขึ้นรูปแบบแห้ง คือ การนำส่วนผสมที่เตรียมไว้แล้วมารีดน้ำออกด้วยเครื่องฉีดสเปรย์แบบแห้ง แล้วจึงนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปต่อไป ส่วนวิธีการขึ้นรูปแบบหล่อด้วยแบบพิมพ์นั้น จะเริ่มต้นด้วยการนำส่วนผสมไปเข้าเครื่องกรองรีดน้ำออกเพื่อให้ส่วนผสมน้ำดินมีความไหลลื่นในอัตราที่เหมาะสม จากนั้นค่อยนำเข้าเครื่องขึ้นรูปหล่อแบบพิมพ์สุญญากาศ และบีบออกมาเป็นชิ้นเซรามิก เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วเทคนิคการขึ้นรูปแบบหล่อแม่พิมพ์จัดว่าเป็นวิธีที่ประหยัดพลังงานกว่า เนื่องจากไม่ต้องลงทุนติดตั้งเครื่องอัดซึ่งจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าค่อนข้างมาก

(2.4) ใช้เทคนิคการฉีดด้วยแรงดันสูง เทคนิคในการขึ้นรูปสุขภัณฑ์แบบนี้จะใช้เรซินซึ่งมีรูพรุนขนาดเล็กเป็นแบบพิมพ์ เป็นเทคนิคใหม่ที่นำมาใช้ทดแทนแบบพิมพ์เดิมที่ทำจากซีเมนต์ มีขั้นตอนการทำงาน คือ ใช้แรงสูงในการรีดน้ำให้ออกไปจากส่วนผสมของชิ้นงานเซรามิกอย่างรวดเร็ว โดยน้ำจะออกไปทางรูพรุนเล็ก ๆ ของแม่พิมพ์ นอกจากนี้ เครื่องยังมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานดีกว่าแบบเดิม คือ สามารถปฏิบัติงานเพิ่มจาก 1-2 ครั้งต่อวัน เป็น 10-30 นาทีต่อครั้ง ช่วยให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งยังมีอายุการใช้งานที่ยืนยาวกว่า และเนื่องจากเครื่องขึ้นรูปแบบฉีดด้วยความดันสูงนี้มีขนาดไม่ใหญ่มาก ทำให้ไม่กินพื้นที่ในโรงงาน สามารถปฏิบัติงานได้ในอุณหภูมิและความชื้นปกติ ทำให้ลดมลพิษด้านอากาศและเสียงในโรงงานได้อีกด้วย

(3) ขั้นตอนการเคลือบเงา

(3.1) เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ลายแบบลูกกลิ้งยางและพิมพ์ลายแบบพ่นหมึก: ใช้เทคโนโลยีนี้ทดแทนการพิมพ์ลายเรียบแบบเก่า จะสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้ถึง 3-5 เท่า และลายพิมพ์ที่ได้คุณภาพดีกว่า นอกจากนี้ เครื่องพิมพ์ลายแบบลูกกลิ้งยางมีอายุการใช้งานมากกว่าเครื่องพิมพ์ลายแบบเก่าถึง 10 เท่า และใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าถึง 2-3 เท่า

(3.2) เครื่องเคลือบเงาโดยตรง: มีขั้นตอนการปฏิบัติการที่ง่าย และสามารถการันตีคุณภาพของการเคลือบเงาได้เต็มประสิทธิภาพ สามารถใช้กับเครื่องแปลงความถี่ไฟฟ้าได้ ทำให้ขั้นตอนการทำงานเสถียรและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง

(3.3) **เทคโนโลยีการเคลือบเงา**

การเคลือบเงาแบบขั้นตอนเดียว: ขั้นตอนการผลิตอิฐกระเบื้อง คือ การนำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดเพื่อขึ้นรูป จากนั้นนำไปอบให้แห้ง แล้วจึงค่อยถึงกระบวนการเคลือบเงา ส่วนการเคลือบเงาแบบขั้นเดียวนี้ จะเป็นวิธีการที่ช่วยลดเวลาและความยุ่งยากในการผลิต ในการนำผงสารเคลือบเงามาอัดขึ้นรูปพร้อม ๆ กับชิ้นเซรามิกในขั้นตอนเดียวกัน ทำให้สามารถลดขั้นตอนการเคลือบเงาแบบเดิม และทำให้ผลิตเซรามิกที่เคลือบเงามีความสวยงามและมีคุณภาพมากขึ้น

(4) ขั้นตอนการขัดเงา

(4.1) การใช้เครื่องขัดเงาแบบแห้ง: เนื่องจากขั้นตอนขัดเงาจะต้องมีน้ำเป็นส่วนประกอบและจึงค่อยเอาไปอบแห้ง ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน จึงได้คิดค้นวิจัยเครื่องขัดเงาแบบแห้งที่ช่วยประหยัดการใช้พลังงาน ซึ่งปัจจุบันได้รับความนิยมใช้กันโดยทั่วไป

(4.2) การใช้เครื่องขัดเงาแบบเพนดูลัมรุ่นที่ 2: เป็นเครื่องขัดเงาสำหรับผิวงานแบบเรียบซึ่งช่วยประหยัดพลังงานได้

(4.3) การใช้เครื่องขัดเงาแบบมิลลิ่ง: อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นชุดใบพัดที่ทำงานเป็นลักษณะเหมือนกระสวย สามารถสร้างรอยลึกหรือรอยนูนบนเนื้อผิวเซรามิกได้ การใช้เครื่องขัดเงาแบบนี้จะช่วยขัดเนื้อเซรามิกให้เรียบและขัดเงาได้ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้การดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก ตัวอย่างของกระเบื้องเซรามิกขนาด 600 x 600 (mm) จะใช้ไฟฟ้าในการขัดเงาเพียง 1.8 หน่วย/m^2 และมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 15 ชิ้นต่อนาทีเป็น 19-20 ชิ้นต่อนาที

4.7 การจัดการของเสีย

ของเสียที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการผลิต ได้แก่ กากตะกอนดิน แม่พิมพ์ปลาสเตอร์หมดอายุ กากดิน กากตะกอนสารเคลือบ ของเสียในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาบีสกิตและการเผาเคลือบ อุปกรณ์เตาเผา แผ่นรองเผา และวัสดุทนไฟ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วทางโรงงานจะนำกากตะกอนของเสีย ส่งกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการและกฎหมายกำหนด แต่เนื่องจากการส่งกำจัดส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการกำจัดที่สูงทางโรงงานจึงนำของเสียดังกล่าวไปฝังกลบในพื้นที่ของโรงงานเป็นผลให้เกิดมลพิษด้านต่าง ๆ ได้แก่ มลพิษทางดิน มลพิษทางน้ำ เป็นต้น

4.7.1 แนวทางการจัดการของเสีย

แนวทางต่าง ๆ ในการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของอุตสาหกรรมเซรามิกที่หลาย ๆ บริษัทได้มีการดำเนินการไปแล้วและได้ผลเป็นอย่างดี นอกจากจะช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมแล้วก็ยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้อีกมาก โดยจะแบ่งประเภทของของเสีย ดังนี้

☺ ของเสียประเภทตะกอนดินจากการบำบัดน้ำเสีย ฝุ่นผงจากการบำบัดอากาศ หรือชิ้นงานที่ยังไม่ได้เผา สามารถนำมาผสมกับโคลนในบ่อโคลนและนำมาผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ตาม

อัตราส่วน แล้วนำมาใส่หม้อบดเพื่อบดผสมจะสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ต่อไป

☺ ผงของสารเคลือบเงาที่ได้จากการทำความสะอาดตู้พ่นสารเคลือบเงา นำมาผสมกับสารเคลือบเงาที่มีสีเดียวกัน สามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบเงาได้อีกครั้ง และหากมีการแยกตู้สารเคลือบเงาตามสีโดยสีเดียวกันใช้ตู้เดียวกัน ของเสียที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะสามารถนำมารีไซเคิลกลับมาใช้ได้อีกถึง 100 เปอร์เซ็นต์

☺ ตะกอนที่เกิดจากอิฐขัดเงาสามารถนำมาผลิตอิฐขนาดเบา อิฐที่ไม่ต้องเผา และนำไปผสมกับแร่ฝุ่นหินเพื่อทำเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตอิฐทางเดินได้

☺ ของเสียจากวัสดุเสริมอื่น ๆ สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกตัวอย่างเช่น

- แกนลูกกลิ้งของเตาเผาแบบลูกกลิ้งที่เสียแล้ว สามารถนำกลับใช้มาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตอลูมิเนียมได้
- เพดานและเสาค้ำด้านในของเตาเผาแบบอุโมงค์ สามารถนำมาเป็นวัตถุกันไฟ
- เศษชิ้นเล็ก ๆ ของแบบพิมพ์โมเดลยิปซั่ม สามารถนอกจากจะนำมารวมกันเป็นผงยิปซั่มเอาไว้ใช้ประโยชน์ได้ และยังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปูน
- ภาชนะบรรจุวัตถุดิบที่เหลือ เช่น ถังน้ำมัน ถังจารบี ถังสารเคลือบเงากล่องกระดาษ แผ่นกระดาษ เป็นต้น ส่งไปโรงงานรับซื้อวัตถุดิบแต่ละประเภทเพื่อทำการรีไซเคิลต่อไป

☺ การใช้ระบบการจัดเก็บวัตถุดิบแบบ “เก็บก่อน – ใช้ก่อน” เพื่อลดปัญหาการเสื่อมสภาพและหมดอายุการใช้งานของวัตถุดิบ

☺ จัดเก็บวัตถุดิบให้ถูกต้องตามข้อปฏิบัติ คำแนะนำ ของวัตถุดิบแต่ละชนิด เพื่อรักษาประสิทธิภาพของวัตถุดิบ และความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

☺ คัดแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากวัตถุดิบก่อนนำไปใช้งาน เพื่อลดระยะเวลาในการผลิตและความเสียหายในกระบวนการผลิต

☺ มีระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ น้ำดิน น้ำเคลือบ แม่พิมพ์ ก่อนนำไปใช้ในกระบวนการผลิต

☺ คำนวณและวิเคราะห์แบบผลิตภัณฑ์ก่อนการผลิต เพื่อลดความผิดพลาดในการทำงาน และ ลดปริมาณเศษชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพที่ต้องกำจัด

☺ มีระบบการกักเก็บน้ำดินเหลือใช้จากการหล่อแบบ และเศษดินจากการขึ้นรูป เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต

☺ การขึ้นรูปด้วยวิธีการปั้นบนแป้นหมุน ใบมีด หัวปั่น และแรมเพรส ควรกำหนดขนาดของแท่งดินที่ให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน เพื่อลดปริมาณการเกิดของเสียจากการขึ้นรูป

☺ มีระบบการเก็บเศษดินจากการตกแต่งชิ้นงาน ที่ป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนเพื่อนำเศษดินกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต

☺ ตรวจสอบและแยกชิ้นงานที่มีรอยร้าวออก ก่อนนำชิ้นงานไปเคลือบหรือตกแต่ง เพื่อลดการสูญเสียในขั้นตอนต่อไปของกระบวนการผลิต โดยการตรวจสอบรอยแตกร้าวของชิ้นงานสามารถตรวจสอบโดยการเช็ดด้วยน้ำยาเคมีเมทิลีนบลู

☺ ตรวจวัดการกระจายความร้อนภายในเตาเผา เพื่อควบคุมกระบวนการเผา และลดความเสียหายของชิ้นงานที่เกิดจากการเผา

☺ จัดทำระบบการบันทึกผลผลิตและชิ้นงานเสียอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

☺ เลือกใช้วัสดุเหลือใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ หรือออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้ใช้วัสดุน้อยลง แต่ยังคงคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ

☺ ลดระยะทางการเคลื่อนย้ายในแต่ละกระบวนการ เพื่อลดระยะเวลาที่เสียไป และลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น

นอกจากนี้ยังมีวิธีการ/แนวทางการจัดการของเสียในอุตสาหกรรมเซรามิก สามารถนำไปปฏิบัติได้ดังนี้

(1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

ของเสียที่เกิดจากขั้นตอนการเตรียมดิน ได้แก่ ตะกอนของน้ำดินที่เกิดจากการล้างพื้นหรือหม้อบด ตะกอนของสีเคลือบจากการล้างหม้อบดและอุปกรณ์ในการเคลือบและถังเก็บ ตะกอนที่ติดอยู่บนตะแกรงสั่น และกากที่มาจากกระบวนการกรอง โดยน้ำที่ได้จากขั้นตอนเหล่านี้จะมีตะกอนผสมอยู่ซึ่งตะกอน/กากที่ได้จะเป็นวัตถุดิบจำพวก Hard **M**aterials และเศษลูกบดที่สึกหรอออกมาจากหม้อบดนั่นเอง ซึ่งบางโรงงานจะมีการลงทุนนำเอาชุด Filter Press มาทำการเก็บเศษตะกอนและกากเหล่านี้ให้เป็นผงแป้งเค้กเพื่อสะดวกในการเก็บและการนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งมักนำกลับไปใช้กับเนื้อดินเช่นกันหรืออาจส่งขายให้กับทางโรงงานอื่นที่อาจไม่เข้มงวดเรื่องสีของเนื้อดินมากนัก เช่น โรงงานผลิตกระเบื้องเซรามิกแบบเนื้อแดง เนื่องจากตะกอนเหล่านี้จะมีทั้งเนื้อดิน สีเคลือบ และสิ่งสกปรกที่ปนมากับการทำงาน แต่สิ่งสำคัญในการนำของเสียเหล่านี้ไปใช้ก็คือความสม่ำเสมอของของเสีย ซึ่งควรนำมาผสมรวมกันเป็น Batch ใหญ่ ๆ ก่อนที่จะนำมาใช้

(2) ขั้นตอนการขึ้นรูปและตกแต่งชิ้นงาน

ในขั้นตอนการขึ้นรูปและการตกแต่งโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารและสุขภัณฑ์จะเกิดดินส่วนที่เหลือจากขั้นตอนดังกล่าวในปริมาณมาก ซึ่งดินที่เกิดขึ้นสามารถนำกลับไปมาใช้ใหม่ได้

รูปที่ 4-6 เนื้อดินและของเสียที่เกิดจากขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงานเซรามิก

(3) ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบและการเคลือบชิ้นงาน

ขั้นตอนการเตรียมน้ำเคลือบจะมีตะกอนของสีเคลือบเหลืออยู่ หากตะกอนสีเคลือบดังกล่าวถูกเคลือบในภาชนะปิดที่มิดชิดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

(4) ขั้นตอนการเผา/อบชิ้นงาน

ขั้นตอนการเผา ไม่ว่าจะเป็นการเผาบีสกิต เผาเคลือบ หรือเผาตกแต่ง จะมีชิ้นงานเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทางผู้ประกอบการสามารถนำชิ้นงานเสียดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่ตามสัดส่วนที่นักวิจัยกำหนดขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาแล้วนั้นมักมีปัญหาและก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์เสียเป็นจำนวนมาก โดยของเสียที่เกิดขึ้นมาจากหลายสาเหตุ ดังนี้

กรณีศึกษาวิธีการหรือแนวทางในการกำจัดของเสียสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่มีการดำเนินการไปแล้วและได้ผลเป็นอย่างดี นอกจากจะช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมแล้วก็ยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้อีกมาก โดยจะแบ่งตามประเภทของของเสีย ดังนี้

ตัวอย่างที่ 4-23: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การนำกลับมาใช้ใหม่	การลดการเกิดตำหนิที่เกิดจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุ

ตำหนิเหล่านี้ล้วนมาจากเรื่องของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของเนื้อดินและสีเคลือบไม่สัมพันธ์กัน ในผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีผิวเคลือบเพื่อสร้างความสวยงามนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของเนื้อดินควรมีค่าสูงกว่าของสีเคลือบเพื่อให้ชั้นงานเคลือบอยู่ในสภาพของแรงอัด แต่ไม่ควรให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของเนื้อดินสูงกว่าชั้นเคลือบมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดปัญหาเคลือบร่อน ภายหลังการเผาขึ้นได้ แต่หากชั้นเคลือบมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนสูงกว่าเนื้อดิน ชั้นเคลือบจะอยู่ในรูปของแรงดึง ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาผิวเคลือบราน ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเวลานำไปใช้งานได้ ซึ่งการที่ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงไปนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการดังต่อไปนี้

<u>สาเหตุการเกิดตำหนิ:</u>

- วัตถุดิบที่ใช้มีการเปลี่ยนสัดส่วนของส่วนประกอบภายใน มีการปรับสูตรเพื่อแก้ไขปัญหาอะไรบางอย่างเช่นผิวหน้าเคลือบ แก้ไขตำหนิ ปรับปรุงคุณภาพของเนื้อดิน แต่มาส่งผลต่อเรื่องค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ซึ่งเป็นจุดที่ตรวจสอบได้ยากเพราะต้องมีเครื่องมือวัดค่า
- ปัจจัยในการบดที่เปลี่ยนไปทั้งการบดเนื้อดินและสีเคลือบ อาจมาจากระดับของลูกบดน้อยลงหรือมากขึ้น ปริมาณการเติมน้ำและวัตถุดิบเปลี่ยนไปจากมาตรฐานเดิม รวมทั้งรอบหรือความเร็วของหม้อบดที่เปลี่ยนไป ซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของอนุภาคและการกระจายตัวของอนุภาคมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม
- อุณหภูมิในการเผาเปลี่ยนไป หรือมีความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของเตา รวมทั้งเวลาในการเผาและระยะเวลาการยืนไฟในกรณีเตา Shuttle
- กระบวนการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะใช้เนื้อดินสูตรเดียวกัน เช่น การขึ้นรูปแบบหล่อ จิกเกอร์ รีดดิน
- มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตเพื่อแก้ไขปัญหาในกระบวนการแต่ส่งผลมาถึงค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน เช่นการปรับค่าแรงอัดในการขึ้นรูปกระเบื้องเพื่อการปรับขนาดทำให้เนื้อดินมีค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกัน หรือการปรับค่าความหนาแน่นของน้ำดินที่ใช้หล่อแบบเพื่อให้อัตราการหล่อแบบดีขึ้น

<u>แนวทางการแก้ไข:</u> การลดการเกิดตำหนิดังกล่าวจะมีแนวทางการแก้ไขปัญหาการรานตัว และการร่อนตัวจากสาเหตุต่าง ๆ นั้นมีดังต่อไปนี้

- ทดลองลดความหนาของชั้นเคลือบ ซึ่งหลายครั้งพบว่าเมื่อเคลือบหนาเกินไปจะทำให้เกิดการรานตัวได้ แต่สำหรับการเกิด Delay Crazing หรือไม่นั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้ากันได้ของเคลือบกับเนื้อดินมากกว่า
- เพิ่มสัดส่วนของ SiO_2 ในเคลือบขึ้น เนื่องจาก SiO_2 มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนต่ำ แต่เคลือบส่วนใหญ่จะมีปริมาณ Alkali Oxide เช่น Na_2O, K_2O ซึ่งมีค่า COE สูง แต่การเติม SiO_2 นั้นจะทำให้เฉดสีของเคลือบเปลี่ยนไปได้ทำให้สีอ่อนลง นอกจากนี้ปริมาณ SiO_2ที่มากขึ้นจะทำให้ผิวของเคลือบเปลี่ยนไป ความมันจะลดลง ทำให้เคลือบมีความทนไฟมากขึ้น
- เผาให้ได้ตามอุณหภูมิที่เหมาะสมและยืนไฟให้นานขึ้น ซึ่งจะทำให้รอยต่อระหว่างเนื้อดินกับเคลือบผสานกันได้ดีขึ้น แต่สำหรับเคลือบที่ตั้งใจให้รานตัวอยู่แล้วนั้น การเพิ่มอุณหภูมิหรือเวลาจะไม่มีผลอะไรกับเคลือบ

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การนำกลับมาใช้ใหม่	การลดการเกิดตำหนิที่เกิดจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุ

- เผาให้อุณหภูมิสูงขึ้นจากเดิมถ้าเคลือบยังไม่เกิดการ Over Firing จะช่วยให้เคลือบกับเนื้อดินเข้ากันได้ดีขึ้น การเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้เนื้อดินหดตัวมากขึ้นทำให้เคลือบอยู่ภายใต้แรง Compressive มากขึ้น แต่ปัญหาในการเพิ่มอุณหภูมินั้นอาจจะทำให้เนื้อดินที่สุกตัวอยู่แล้วเกิดเนื้อแก้วมากขึ้นซึ่งจะทำให้ COE ต่ำลง ปัญหาเรื่องการรานตัวก็จะยิ่งมากขึ้น การเพิ่มอุณหภูมินั้นจะเหมาะสมสำหรับเนื้อดินที่ยังเผาไม่ถึงจุดสุกตัวดีพอ ซึ่งจะทำให้เนื้อดินที่มี %การดูดซึมน้ำที่สูงมีค่าที่ต่ำลงและปัญหาเรื่อง Moisture Expansion ที่จะทำให้เกิดเคลือบรานตัวจาก Delay Crazing จะลดลงไปได้
- เพิ่ม %SiO_2ในเนื้อดิน โดยให้เป็น SiO_2ที่มีขนาดหยาบกว่าที่ใช้ปกติ ซึ่งจะทำให้เกิดช่วงของ Quartz Inversion เพิ่มขึ้นทำให้เพิ่มค่า COE ได้ แต่ปัญหาที่จะพบคือการเติม SiO_2แบบนี้จะไม่ทำให้ค่า COE สม่ำเสมอทั่วทั้งเนื้อดินได้และจะส่งผลให้เกิดการร้าว
- ในกรณีที่เนื้อดินยังไม่ถึงจุดสุกตัวเพียงพอนั้น การเติม SiO_2ละเอียดจะช่วยกระตุ้นให้เกิดเฟสของ Cristobalite ขึ้นเนื่องจากในเนื้อดินที่ยังไม่สุกตัวดีนั้นจะมี Glassy Phase ลดลงจนไม่สามารถยับยั้งการเกิด Cristobalite นี้ได้ ซึ่งจะทำให้ค่า COE สูงขึ้น
- ควบคุมให้ช่วงการเย็นตัวช้าลงและไม่นำของออกจากเตาจนกว่าอุณหภูมิจะมีค่าต่ำกว่า 200□C ซึ่งจะช่วยให้เคลือบและเนื้อดินไม่เกิดความเครียดมากเกินไป
- ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีการเผา 2 ครั้ง การเผาบิสกิตให้สูงขึ้นจะช่วยลดปัญหาเรื่องการร่อนตัวของเคลือบได้โดยเฉพาะเนื้อดินที่มีความพรุนตัวสูงเช่นเนื้อดินโดโลไมท์และเทอราคอตตา
- เลือกใช้วัตถุดิบสำหรับเนื้อดินที่มีค่า COE สูง ร่วมกับวัตถุดิบที่มีค่า COE ปกติ เช่น Pottery stone บางแหล่ง รวมทั้งต้องตรวจสอบค่า COE ของวัตถุดิบทุกตัวที่จะนำมาใช้งาน
- เปลี่ยนมาใช้ฟริตที่มีค่า COE ต่ำลง โดยต้องตรวจสอบค่า COE ของเนื้อดินกับเคลือบที่จะใช้เสมอ การเลือกใช้ฟริตที่มีค่า Alkali Oxide ลดลงและเปลี่ยนเป็น Borosilicate frit จะช่วยลดค่า COE ลง
- ใช้เอนโกบเข้ามาช่วยให้เกิดชั้นที่มีค่า COE อยู่ระหว่างเนื้อดินกับเคลือบก็จะช่วยลดความแตกต่างของค่า COE ระหว่างเนื้อดินกับเคลือบลงได้
- ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เคลือบที่มีค่า COE สูง ๆเพื่อให้เกิดการรานตัว ถ้าไม่เคลือบด้านในของผลิตภัณฑ์ด้วยบางครั้งจะพบปัญหาแตกร้าว ดังนั้นจึงควรเคลือบด้านในด้วย โดยอาจไม่จำเป็นต้องเป็นเคลือบชนิดเดียวกันก็ได้
- เพิ่มความหนาของชิ้นงานขึ้น ก็จะช่วยลดปัญหาการแตกร้าวเนื่องจากการถูกเคลือบรัดตัวได้

ตัวอย่างที่ 4-24: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การนำ Scrap กลับมาใช้ใหม่

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาแล้ว ได้แก่ Scrap ที่เป็นตำหนิรุนแรงที่ไม่อาจขายได้ แบบแม่พิมพ์ปลาสเตอร์ Kiln Furniture และ Ceramic Roller ไม่ว่าจะเป็นการเผาบีสกิตหรือเผาเคลือบถ้าเป็นโรงงานโดยทั่วไปแล้วก็จะใช้วิธีการฝังกลบในพื้นที่ของบริษัท หรือจ้างคนภายนอกให้นำไปทิ้งซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายมากพอสมควรซึ่งในความเป็นจริงแล้วสามารถนำกลับมาใช้งานสำหรับเติมในเนื้อ Body ได้ทั้งหมดโดยใช้เครื่องจักรในการบดย่อยได้แก่ Jaw Crusher, Hammer Mill, Cone Crusher และอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงานและความแข็งของชิ้นงาน แต่ไม่ว่าชิ้นงานจะมีขนาดใหญ่เพียงใด มีความแข็งมากเพียงใด เราก็ยังนำเอากลับมาใช้งานได้ เช่นสุขภัณฑ์ตัวใหญ่ ๆ ลูกถ้วยไฟฟ้าที่มีความแข็งสูงมาก อิฐทนไฟ กระเบื้องปูพื้น แม้แต่กระถางเนื้อดินแดงเราก็สามารถนำกลับมาใช้งานได้ทั้งหมด ความละเอียดที่เราต้องการในการบดก็ขึ้นอยู่กับกระบวนการเตรียมเนื้อดินของเราเป็นอย่างไร ถ้าใช้ Ball Mill ในการบดก็สามารถบดให้หยาบขนาดประมาณ 40 Mesh ได้ แต่ถ้ากระบวนการเตรียมน้ำดินเป็นแบบตีกวนในถังความเร็วสูงก็จะต้องบดให้เป็นฝุ่นอย่างน้อย 200 Mesh ซึ่งต้องใช้ลมในการคัดขนาด แต่ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการความสม่ำเสมอของเนื้อดินมากนักเช่นพวกอิฐทนไฟ อิฐก่อสร้าง Terra Cotta ก็สามารถบดให้หยาบได้

สำหรับปริมาณที่สามารถเติมลงไปในเนื้อดินนั้นขึ้นอยู่กับสูตรที่ทางนักวิจัยของโรงงานนั้นได้ทำการปรับขึ้น และยังต้องคำนึงถึงปริมาณของเสียที่จะเกิดขึ้นในแต่ละวันด้วยซึ่งควรให้พอดีกันระหว่างของเสียที่เกิดขึ้นและปริมาณที่เราจะเติมเข้าไปในสูตร แต่สิ่งสำคัญก็คือทางโรงงานต้องหาแนวทางในการป้องกันไม่ให้มีของเสียเกิดขึ้นมากในกระบวนการผลิต

ข้อดีของการนำเอา Scrap เหล่านี้กลับไปใช้ใหม่ก็คือจะช่วยลดเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้งและการหดตัวหลังเผาลงได้ ซึ่งจะช่วยลดของเสียจากการแตกร้าวในช่วงการอบแห้ง ลดต้นทุนในการใช้วัตถุดิบลง ลดเวลาในการเผาลง เมื่อคำนวณผลที่ได้รับจากการลดต้นทุนเหล่านี้เมื่อเทียบกับต้นทุนในการลงทุนจะพบว่าสามารถคืนทุนได้ในช่วงเวลาไม่นาน สำหรับในกรณีของโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็กถ้าสามารถรวมตัวกันและร่วมทุนกันเพื่อสร้างเครื่องบดและบริหารร่วมกันก็จะสามารถลดภาระในการลงทุนตรงจุดนี้ไปได้มาก ซึ่งอาจจะต้องให้ภาครัฐหรือเอกชนบางรายเข้าไปช่วยในการจัดการกระบวนการตรงนี้

สำหรับแบบปลาสเตอร์ที่หมดอายุแล้วนั้นสามารถนำไปส่งให้กับทางบริษัทที่ผลิตปูนซีเมนต์ได้ เนื่องจากโดยทั่วไปในการบดปูนเม็ดก็จำเป็นที่จะต้องเติมพวกยิปซั่มลงไปเพื่อช่วยในการหน่วงการก่อตัวของปูนอยู่แล้ว โรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ กระเบื้องใยหินก็สามารถนำแบบปลาสเตอร์ไปบดใช้เติมในส่วนผสมได้เช่นกัน

ตัวอย่างที่ 4-25: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการของเสีย

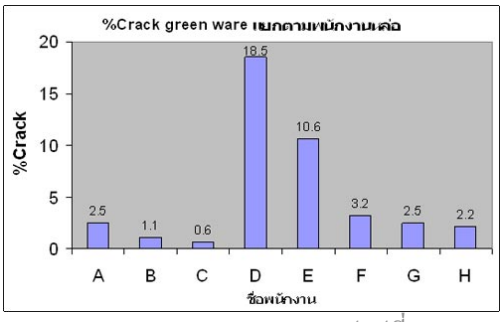
ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหารอยร้าว

<u>กรณีที่1</u> ปัญหารอยร้าวที่ฐานของชิ้นงานดิบ สำหรับสุขภัณฑ์แบบชิ้นเดียว ซึ่งจะพบปัญหาหลังจากที่ชิ้นงานดิบเริ่มแห้งหลังผ่านการอบแห้งแล้ว โดยพบปัญหาประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ของชิ้นงานที่หล่อทั้งหมด

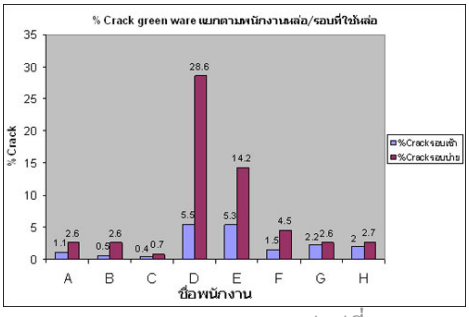
สมมติฐานขั้นที่1 จากประสบการณ์และความรู้พื้นฐานเบื้องต้นเราพอจะบอกได้ว่าการแตกร้าวของชิ้นงานดิบหลังอบแห้งมาจากการที่การหดตัวของชิ้นงานในตำแหน่งต่าง ๆไม่เท่ากัน บริเวณที่มีความหนาจะหดตัวได้ช้ากว่าบริเวณที่บางกว่าถ้าเกิดแรงดึงกันมากในที่สุดก็เกิดการแตกร้าวได้ และถ้าเราไม่วิเคราะห์ข้อมูลต่อ ก็มักจะแก้ปัญหาโดยการปรับแต่งแบบหรือ Case Mould ทั้ง ๆที่ส้วมส่วนใหญ่ที่ผลิตก็ไม่ได้แตกร้าวทุกตัว แต่มันก็เหมือนธรรมชาติของมนุษย์นั่นแหละคือมักมองปัญหาออกนอกตัวเองไว้ก่อน ถ้ามีของเสียสิ่งที่ง่ายที่สุดก็คือกล่าวโทษ Mould หรือน้ำดิน

สมมติฐานขั้นที่2 การที่ชิ้นงานหดตัวไม่เท่ากันในแต่ละจุดควรก็น่าจะมองได้ว่ามีสาเหตุมาจากแบบที่ใช้หล่อ นั่นคือตั้งแต่การออกแบบ Case Mould เลย แต่เมื่อใช้ข้อมูลในการผลิตให้เกิดประโยชน์ เพราะชิ้นงานดิบทุกชิ้นจะมีข้อมูลของเวลาในการหล่อ เบอร์ของแบบ รอบที่ใช้ในการหล่อ Bench No. (ซึ่งจะสามารถบอกตำแหน่งในห้องหล่อได้) เบอร์พนักงานหล่อ ข้อมูลของน้ำดิน(ได้แก่ค่าความหนาแน่น ความหนืด Thixotropy และ Casting Rate)

เมื่อทำการแยกแยะข้อมูลของของเสียที่พบให้สัมพันธ์กับปัจจัยในการผลิต พบว่าปัจจัยที่เห็นผลชัดที่ทำให้เกิดของเสียคือเบอร์ของพนักงานหล่อ และรอบที่ใช้ในการหล่อแบบ เบอร์ของพนักงานหล่อแบบนั้นหมายถึงพนักงานแต่ละคนซึ่งมีทั้งคนเก่าที่ประสบการณ์ทำงานนาน กับพนักงานใหม่ที่เพิ่งเข้า สำหรับ Model นี้มีพนักงานที่หล่อแบบอยู่ทั้งสิ้น 8 คน โดยได้จัดทำแผ่นตรวจสอบ เพื่อใช้เช็คของเสียในแต่ละวันแล้วแยกข้อมูลรายพนักงานจะได้ข้อมูลดังกราฟรูปที่1 จากกราฟพบความแตกต่างที่น่าสนในก็คือพนักงาน D กับ E มีเปอร์เซ็นต์ของเสียสูงที่สุด โดยนาย D มีเปอร์เซ็นต์ Crack สูงถึง 18.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับพนักงาน C ที่มีเปอร์เซ็นต์ Crack เกิดขึ้นเพียง 0.6 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างขนาดนี้แสดงว่า Case mould ไม่ได้มีปัญหาอะไร เพราะมีบางคนที่ทำได้ดีมาก รวมทั้งน้ำดินก็เป็นน้ำดินชุดเดียวกัน ประสบการณ์ในการทำงานก็ไม่ได้บอกถึงความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้ (อายุการทำงานนั้นจะเรียงจากมากไปหาน้อย โดยพนักงาน A มีอายุงานมากที่สุด)



กราฟรูปที่ 1



กราฟรูปที่ 2

ส่วนเรื่องรอบที่ใช้ในการหล่อนั้น สำหรับ Model นี้มีการหล่อวันละ 2 รอบเท่านั้นคือรอบเช้ากับรอบบ่าย ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ก็จะได้ผลตามกราฟที่ 2 จะพบว่าการหล่อในรอบบ่ายนั้นจะเกิดปัญหาได้มากกว่ารอบเช้ามาก โดยของเสียที่พบสูงแตกต่างกันจนค่อนข้างจะฟันธงได้ว่าการหล่อในรอบบ่ายมีปัญหาอย่างมาก

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหารอยร้าว

สมมติฐานขั้นที่3 จากการที่เรา Narrow Down ปัญหามาให้แคบจนถึงแค่พนักงาน D และ E ที่การหล่อในรอบบ่าย สิ่งที่เราต้องไม่ละเลยและใช้เป็นข้อมูลประกอบกันด้วยคือไปเฝ้าดูการทำงานของพนักงาน C เทียบกับพนักงาน D ว่าทำไมพนักงาน C ถึงได้มีเปอร์เซ็นต์ของเสียน้อยมากทั้งๆที่อายุงานน้อยกว่า A เสียด้วยซ้ำ การทำงานบางงานนั้นถึงแม้ว่าเราจะมีวิธีการปฏิบัติงานเขียนติดไว้เป็นเอกสารควบคุม มีการฝึกอบรมอย่างดี แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าพนักงานทุกคนจะทำเหมือนกัน บางคนอาจมีเทคนิคเล็กๆน้อยๆที่ทำให้ได้ของดี ซึ่งหัวหน้างานมีหน้าที่ต้องเข้าไปศึกษาและนำมาถ่ายทอดให้คนอื่นๆ ต่อไป สิ่งที่น่าสังเกตอีกอย่างคือจุดทำงานของพนักงาน D และ E นั้นจะอยู่ติดกับหน้าต่าง ซึ่งแตกต่างจากพนักงานคนอื่นๆ

จากข้อมูลเหล่านี้ทำให้เราสามารถมองปัญหาได้ชัดเจนขึ้น และเข้าถึงรากของปัญหาได้ง่ายขึ้นดังนี้

1. วิธีการทำงานที่แตกต่างกันทั้งวิธีการเทน้ำดิน วิธีการแกะแบบ วิธีการตกแต่งชิ้นงานดิบทำให้เกิดปัญหาที่แตกต่างกันได้

2. การหล่อแบบในรอบบ่ายซึ่ง Mould มีความชื้นมากกว่ารอบเช้า ทำให้ชิ้นงานดิบอ่อนกว่า นั่นหมายถึง%ความชื้นในชิ้นงานจะมีมากกว่า การหดตัวของชิ้นงานดิบก็จะสูงกว่า

3. ตำแหน่งของการทำงาน ถ้าอยู่ในที่ที่มีลมระบาย อาจส่งผลต่อชิ้นงานได้มากกว่าสถานที่อับลม

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

จากรูปแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การหดตัวในตำแหน่งต่างๆ ของลูกถ้วยไฟฟ้า

S-1 เป็นการหดตัวที่ปีกลูกถ้วย

S-2 เป็นการหดตัวที่ในแนวขวางกับแกนลูกถ้วย

S-3 เป็นการหดตัวในแนวยาวของแกนลูกถ้วย

จากกราฟในรูปที่3 แสดงให้เห็นว่าการหดตัวที่ปีกลูกถ้วยจะมีค่ามากเมื่อเทียบกับที่แกนลูกถ้วย จนถึงระยะเวลาหนึ่งการหดตัวทั้งหมดจะใกล้เคียงกัน

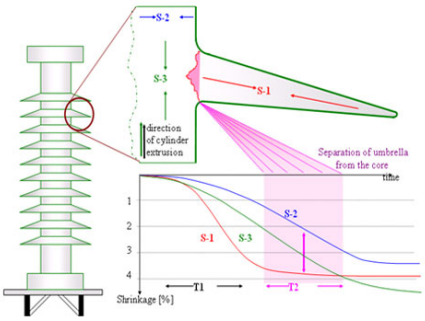
สมมติฐานขั้นที่2 การหดตัวที่แตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งนั้นนอกจากการออกแบบของลูกถ้วยแล้ว ความชื้นในแต่ละจุดของดินแท่งก็เป็นจุดที่ต้องคำนึงถึง จากรูปจะเห็นได้ว่าค่าความชื้นที่ผิวของดินแท่งกับด้านในตรงจุดศูนย์กลางของดินแท่งจะมีค่าแตกต่างกันมากพอสมควร โดยที่บางวันมีค่าแตกต่างกันมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้องหาวิธีการในการเก็บดินแท่งเพื่อให้ความชื้นมีความสม่ำเสมอทั้งด้านนอกและด้านในของดินแท่ง

ตัวอย่างที่ 4-26: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหารอยร้าว

กรณีที่2 ปัญหาลูกถ้วยร้าวที่ปีกหลังอบแห้งและหลังเผา การผลิตลูกถ้วยไฟฟ้านั้นกระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการบดวัตถุดิบเป็นน้ำสลิปแล้วนำไปผ่าน Filter Press ให้เป็น Cake แล้วนำไปเข้า Pug Mill ต่อด้วยExtrude เพื่อรีดดินให้เป็นแท่งแล้วจึงนำไปกลึงขึ้นรูป ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ที่ทำให้การผลิตลูกถ้วย มีของเสียมากก็คือปัญหาร้าวที่ปีกลูกถ้วย โดยเฉพาะลูกถ้วยที่มีการออกแบบให้ปีกมีลักษณะบางมาก

สมมติฐานขั้นที่1 เมื่อกลึงขึ้นรูปมาแล้วที่ปีกของลูกถ้วยจะมีความบางมากกว่าตรงแกนกลางของลูกถ้วย เมื่อทำการอบแห้งจะทำให้การหดตัวของปีกกับแกนกลางแตกต่างกันจนอาจเกิดการดึงรั้งกันจนทำให้เกิดการร้าวที่ปีกลูกถ้วยได้



การหดตัวของลูกถ้วยในตำแหน่งต่าง ๆ

จากรูป แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของ %การหดตัวในตำแหน่งของลูกถ้วยไฟฟ้า

S-1 เป็นการหดตัวที่ปีกลูกถ้วย

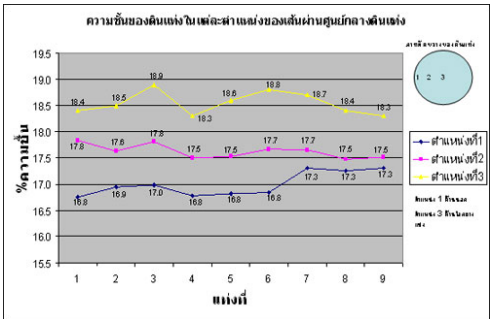
S-2 เป็นการหดตัวที่ในแนวขวางกับแกนลูกถ้วย

S-3 เป็นการหดตัวในแนวยาวของแกนลูกถ้วย

จากกราฟในรูปที่3 แสดงให้เห็นว่าการหดตัวที่ปีกลูกถ้วยจะมีค่ามากเมื่อเทียบกับที่แกนลูกถ้วย จนถึงระยะเวลาหนึ่งการหดตัวทั้งหมดจะใกล้เคียงกัน

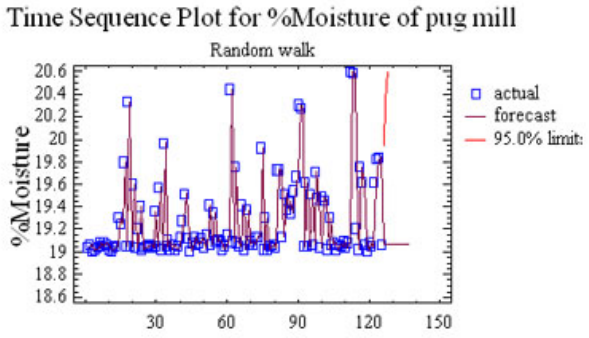
สมมติฐานขั้นที่2 การหดตัวที่แตกต่างกันในแต่ละตำแหน่ง นอกจากการออกแบบของลูกถ้วยแล้ว ความชื้นในแต่ละจุดของดินแท่งก็เป็นจุดที่ต้องคำนึงถึง จากรูปพบว่าค่าความชื้นที่ผิวของดินแท่งกับด้านในตรงจุดศูนย์กลางของดินแท่งมีค่าแตกต่างกันมากพอสมควร โดยที่บางวันมีค่าแตกต่างกันมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้องหาวิธีการในการเก็บดินแท่งเพื่อให้ความชื้นมีความสม่ำเสมอทั้งด้านนอกและด้านในของดินแท่ง

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหารอยร้าว

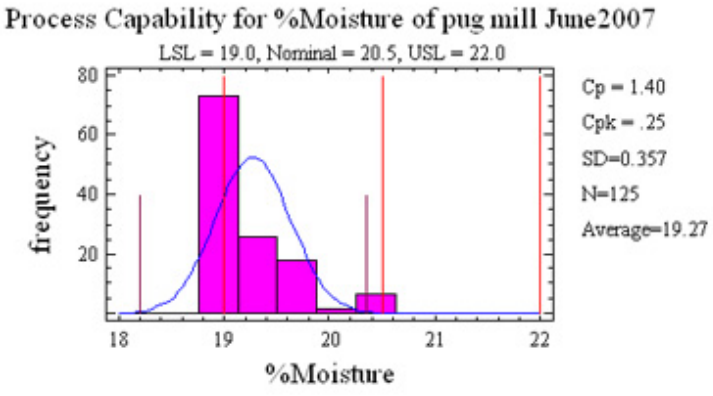


ความชื้นในแต่ละจุดในหน้าตัดขวางของดินแท่ง

นอกจากนี้ยังพบว่าความชื้นของดินแท่งในแต่ละวันยังมีค่าความผันแปรสูง สาเหตุเนื่องมาจากดินก้อนที่มาจาก Pug Mill มีค่าความชื้นที่แกว่งตัวมาก



ความชื้นของดินแท่งที่มาจาก Pug Mill

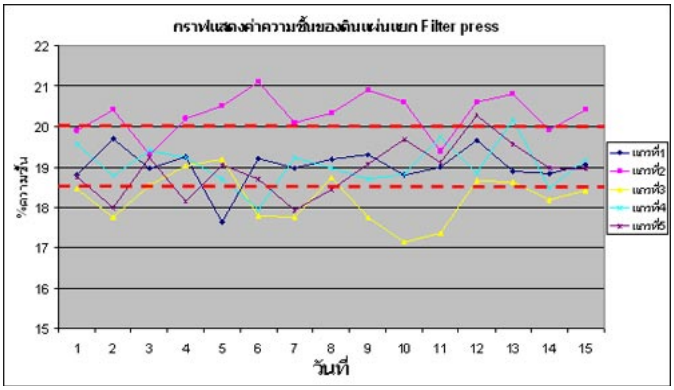


Histogram ของเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินก้อนจาก Pug Mill

จากรูปฮีสโตแกรมแสดงค่าการกระจายตัวของความชื้นดินก้อนที่ Pug Mill พบว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลอยู่ที่ 19.27 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง แต่ที่ค่าความสามารถของกระบวนการสูงนั้นเป็นเพราะว่าค่าขอบเขตของ Specification นั้นกว้างมาก นั่นหมายถึงการควบคุมค่าความชื้นค่อนข้างหลวมเกินไป โดยกระบวนการผลิตเดิมตั้งค่าความชื้นของดินแท่งไว้ที่ 19.0-22.0 เปอร์เซ็นต์ จึงปรับเปลี่ยนค่า Spec ควบคุมใหม่เป็นช่วง 18.5-20 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหารอยร้าว

สมมติฐานขั้นที่ 3 ความชื้นของดินแท่งที่แตกต่างกันมากนั้นน่าจะมาจากความชื้นของดินแผ่นที่ได้จากการทำ Filter Press ซึ่งในการผลิตปกติแล้ว เมื่อเดิน Filter Press ครบตามเวลาที่กำหนดหรือดูจนกระทั่งน้ำแทบไม่ไหลแล้ว ก็จะทำการเปิดเอาดินแผ่นออกมาเข้า Pug Mill โดยไม่ได้แยกว่าจะมาจาก Filter Press เครื่องใด แต่เมื่อทำการเก็บข้อมูลความชื้นแยกเครื่อง Filter Press พบว่ามีบางเครื่องที่ดินแผ่นมีความชื้นสูงกว่าค่าควบคุม ในขณะที่บางเครื่องก็มีค่าความชื้นที่ต่ำกว่าค่าควบคุม



แสดง%ความชื้นของ Cake แยก Filter press

ภาพแสดงไส้ในของ Cake ที่ยังไม่แห้งตัว

จากรูปเมื่อเราทำการแยกแยะข้อมูลออกมาก็จะพบความแตกต่างในระหว่างเครื่อง Filter Press แต่ละเครื่อง ซึ่งต้องเข้าไปตรวจสอบว่าทำไมเครื่องที่ 2 จึงทำดินแผ่นที่มีความชื้นสูงกว่าเครื่องอื่น นอกจากนี้ต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องของความชื้นที่ตำแหน่งต่าง ๆของแถว ตั้งแต่ตำแหน่งไกลสุดจากท่อส่งน้ำดินตรงกลางแถวและตรงตำแหน่งด้านที่ติดกับท่อเข้าของน้ำดิน และเช็คความชื้นของดินแผ่นเดียวกันในแต่ละจุด ทั้งด้านนอกแผ่น กับตรงกลางของแผ่นซึ่งเป็นจุดที่แฉะที่สุดของดินแผ่นเนื่องจากเป็นจุดที่น้ำดินเข้าไปในแผ่นผ้า

สิ่งที่ต้องทำการตรวจสอบเพิ่มเติมเพื่อให้การควบคุมกระบวนการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพคือ การตรวจเช็คแรงดันของ Pump แต่ละตัว ตรวจสอบความสะอาดของผ้าที่ใช้กรอง การควบคุมค่าความหนาแน่นของน้ำดินในบ่อเก็บ ความหนืดของน้ำดิน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหารอยร้าว

น้ำที่ออกมาจากการอัด Filter Press

จากข้อมูลที่ได้ทำการ Narrow Down ปัญหา และแยกแยะข้อมูลในหลายแง่มุม ทำให้เราทราบแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ดังต่อไปนี้

1. ควบคุมค่า Moisture Gradient ของดินแท่งให้มีค่าแตกต่างกันน้อยที่สุด โดยการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในบริเวณที่จัดเก็บดินแท่งก่อนการกลึงขึ้นรูป

2. ควบคุมความชื้นของดินแท่งในแต่ละแท่งหรือแต่ละช่วงเวลา โดยควบคุมตั้งแต่ที่ Pug Mill

3. ความชื้นที่ Pug Mill จะควบคุมให้มีความผันแปรต่ำจะต้องคุมตั้งแต่ดินแผ่นที่ออกจากเครื่อง Filter Press ซึ่งเราจำเป็นต้องรู้ก่อนว่าที่เครื่องใดมีปัญหาความชื้นผันแปรมากกว่ากันแล้วจึงไปแก้ปัญหาที่เครื่องดังกล่าว

ตัวอย่างที่ 4-27: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขตำหนิที่เกิดจากฟองอากาศในผิวเคลือบ

สาเหตุของปัญหา: การเกิดตำหนิที่เกิดจากฟองอากาศในผิวเคลือบเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ

1) สาเหตุมาจากเนื้อดิน: ดังนี้

1.1) วัตถุดิบที่นำมาทำเนื้อดินมีส่วนประกอบที่สามารถแตกสลายตัวเป็นก๊าซได้เช่นหินปูน โดโลไมท์

1.2) ดินที่ใช้ในสูตรเนื้อดินมีสารอินทรีย์อยู่มาก เมื่อเผาเร็ว โดยเฉพาะการเผาแบบครั้งเดียวจะทำให้สารอินทรีย์สลายตัวออกมามากจนเคลือบเริ่มเข้าสู่ Softening Point แล้วจึงทำให้เกิดปัญหารูพรุนที่ผิวหน้าเคลือบได้

1.3) การบดเนื้อดินไม่ละเอียดเพียงพอทำให้วัตถุดิบแข็ง ได้แก่ เฟลด์สปาร์ ทราย หินผุแบบเนื้อแข็งจะยังมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่อยู่ ซึ่งถ้าอนุภาคเหล่านี้ไปอยู่ที่ผิวของบีสกิตหรือผิวของเนื้อดินดิบ (ในกรณีของการเผาแบบครั้งเดียว) อนุภาคเหล่านี้จะไม่ดูดซึมน้ำเคลือบในขณะชุบหรือสเปรย์เคลือบ ทำให้เคลือบแยกตัวออกเป็นรูเล็ก ๆและขนาดของรูจะขยายมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาเคลือบสูงขึ้นเนื่องจากแรงตึงผิวของเคลือบนั่นเอง

1.4) ตะแกรงกรองน้ำดินหยาบเกินไปหรืออาจมีปัญหารูรั่วหรือขาด โดยที่พนักงานที่ดูแลไม่ได้สังเกตเห็น ทำให้อนุภาคที่หยาบสามารถรอดผ่านไปจนทำให้เกิดปัญหารูพรุนได้ ซึ่งลักษณะของรูจะเป็นรูเข็มที่ลึกลงไปถึงเนื้อดิน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขตำหนิที่เกิดจากฟองอากาศในผิวเคลือบ

1.5) ในกรณีที่ขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ ถ้าน้ำดินข้นเกินไป หรือเทน้ำดินเร็วเกินไป หรือแบบพิมพ์ร้อนหรือแห้งเกินไป ก็จะทำให้ชิ้นงานหล่อมีรูลึกที่ผิวชิ้นงานซึ่งบางครั้งไม่สามารถอุดหรือตกแต่งให้หมดไปได้ และจะส่งผลให้เกิดตำหนิรูเข็มลึก ๆที่เรียกว่ารูดินได้

1.6) ดินบางแหล่งหรือวัตถุดิบบางตัวมีเกลือที่ละลายน้ำมาก ซึ่งเกลือละลายน้ำนี้จะถูกน้ำพาไปสะสมไว้ตามขอบในขณะอบแห้ง โดยอยู่ตามส่วนปลายของชิ้นงานเช่นปากแก้ว ขอบหู ขอบที่มีเหลี่ยมมุม ซึ่งเกลือพวกนี้จะมีจุดหลอมตัวที่ต่ำมากจึงทำให้เกิดการระเบิดขึ้นจนเป็นสาเหตุของรูเข็มที่ผิวเคลือบ

1.7) ในกรณีที่ผิวชิ้นงานมีความร้อนสูงเช่นการผลิตกระเบื้องที่ต้องอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นและส่งเข้าสายเคลือบทันที น้ำเคลือบเมื่อสัมผัสกับผิวชิ้นงานจะระเหยน้ำเร็วมากทำให้เกิดฟองอากาศที่ผิวระหว่างเนื้อดินและชั้นเคลือบ เมื่อผ่านการเผาจะทำให้ฟองอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้นจนเป็นตำหนิรูเข็ม

1.8) มีพวกมลทินต่าง ๆปนมากับเนื้อดิน เช่นเศษถุง เศษพลาสติก ยาง น้ำมัน ซึ่งสิ่งที่เป็นมลทินเหล่านี้จะสลายตัวออกไปและทิ้งรูเอาไว้ที่ผิวระหว่างเนื้อดินกับชั้นเคลือบ ซึ่งถ้าเคลือบมีความหนืดและมีแรงตึงผิวสูงก็จะทำให้เกิดรูขึ้นที่ตำแหน่งนี้ได้

2) สาเหตุมาจากการเคลือบ

2.1) อากาศที่มีอยู่ภายในช่องว่างของอนุภาคของเคลือบขณะอบแห้ง ซึ่ง 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรเคลือบดิบ จะเป็นช่องว่างที่เกิดจากน้ำในเคลือบระเหยออกไปขณะอบแห้ง

2.2) อากาศที่ถูกน้ำยาเคลือบจับเข้ามาเนื่องจาก มีการเติมสารพวกสารเติมแต่งมากเกินไปหรือเกิดจากการกวน น้ำเคลือบอย่างรุนแรงก่อนการเคลือบ

2.3) Gas ที่เกิดจากการสลายตัวของวัตถุดิบที่ใช้ทำเคลือบ ซึ่งมีทั้งพวก Carbonate, Clays, Talc, Fluoride และพวกสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้จะเป็นตัวปลดปล่อย GAS ออกมาระหว่างการเผา ส่วนวัตถุดิบที่เป็นพวกที่มีผลึก เช่น QUARTZ ก็จะเป็นที่หน่วงหรือเก็บกัก GAS เอาไว้ซึ่งทำให้ GAS ต่าง ๆ ออกมาได้ยากขึ้น

2.4) การแยกหรือแตกสลายของสิ่งปนเปื้อนในเคลือบ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิด GAS รวมทั้งสนิมจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ใน กระบวนการผลิต SiC ที่ใช้ทำแผ่นรองเผา การแตกสลายของพวกสารอินทรีย์ที่เติมเข้ามา เช่น CMC, Bentonite

2.6) น้ำที่ถูกเคลือบหลอมเร็วปิดกั้นไว้ในเคลือบซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยครั้งใน กระบวนการผลิต แบบ Fast Firing น้ำบางชนิดที่อยู่ในเคลือบจะไม่ถูกขจัดไป จนกระทั่งอุณหภูมิเกิน 500□C ซึ่งตรงจุดนี้ มีเคลือบหลายชนิดที่เริ่มหลอมแล้วเนื่องจากค่า Softening Point ของเคลือบต่ำเกินไป

2.7) การอบแห้งของ Body และ Engobe ไม่เพียงพอโดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่เผาครั้งเดียว เช่น สุขภัณฑ์ กระเบื้อง ลูกถ้วยไฟฟ้า หลังจากที่ Apply Engobe ลงบนหน้ากระเบื้องแล้วก็จะ Apply เคลือบทันทีทำให้รูพรุนเกิดขึ้นได้ภายในได้

2.8) การบดเคลือบที่ละเอียดเกินไปจนทำให้การหลอมตัวของเคลือบสูงเกินกว่าช่วงอุณหภูมิในการเผาทำให้เกิดการ Over Firing ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนเล็ก ๆมากมายที่เรียกว่า Pitting

2.9) Gas ที่เกิดจากน้ำที่อยู่ภายในฟริต ซึ่งในฟริตโดยทั่วไปจะมีน้ำอยู่ภายในโครงสร้างประมาณ 0.1–0.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถตรวจพบได้โดยใช้ Infrared Spectroscopy

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขตำหนิที่เกิดจากฟองอากาศในผิวเคลือบ

3) ปัจจัยที่ทำให้เกิดฟองอากาศ

Gas ที่เกิดขึ้นนั้นมาได้จากแหล่งต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งบางส่วนจะยังคงเป็น Gas ที่สลายอยู่ในตัวเคลือบหรือบางส่วนจะขึ้นมาที่ผิวเคลือบ และระเบิดออก ซึ่งมีปัจจัยอยู่หลายประการที่มีผลต่อการเกิดฟองอากาศหรือการที่ฟองอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้น

3.1) ส่วนประกอบของเคลือบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่มีการสลาย Gas ออกมา เช่น $CaCO_3$หรือ Silica ที่จะเพิ่มความหนืดของเคลือบในขณะที่หลอม

3.2) ความหนืดของเคลือบ ในช่วงเคลือบที่กำลังหลอมเหลว ทำให้ฟองอากาศสามารถที่จะโตขึ้นมาได้ ซึ่งอัตราที่ฟองอากาศจะขึ้นมาสู่ผิวหน้าเพิ่มขึ้นตามขนาดของฟองอากาศที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าเคลือบมี ความหนืดสูง ฟองอากาศจะขยายตัวได้ยากขึ้นทำให้ฟองอากาศออกไปจากชั้นเคลือบได้ยากขึ้น

3.3) ความตึงผิวของเคลือบ เป็นคุณสมบัติของเคลือบที่จะปิดพื้นผิว ภายหลังที่ฟองอากาศที่ผิวแตกออก เคลือบบางชนิดสามารถปิดผิวได้เรียบ แต่บางชนิดยังเป็นหลุมอยู่

3.4) ความหนาของชั้นเคลือบ เส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศนั้นจะแปรผันตรงกับความหนาของเคลือบ และถ้าเคลือบยิ่งหนา ระยะทางที่ฟองอากาศจะออกไปที่ผิวก็จะยาวขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นถ้าเคลือบมีความหนามากขึ้น จำนวนของฟองอากาศก็จะมากขึ้นด้วย

3.5) บรรยากาศในเตาเผา ในบรรยากาศที่มีพวก Gas ที่เกิดก๊าซออกซิเจนมากเกินพอ การเคลือบนั้นก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่ขัดขวางไม่ให้กระบวนการ สลายกลายเป็นไอเกิดขึ้นได้ง่ายต่อไปสำหรับฟองอากาศที่เป็นตำหนิขนาดใหญ่ โดยทั่วไปจะเรียกว่า Blister ถ้าเป็นฟองอากาศ เล็ก ๆ เรียก รูเข็มสำหรับคำเรียกพวก Eggshell และ Orange Peel จะหมายถึงรูเข็มจำนวนมาก ๆ ที่ทำให้ผิวเคลือบดูไม่ราบเรียบ Blister เป็นฟองอากาศขนาดใหญ่อยู่ใกล้กับพื้นผิวของเคลือบทำให้ความเรียบของเคลือบเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ถ้าเกิดระเบิดขึ้นที่พื้นผิวของเคลือบและเวลาที่จะหลอมปิดแผลนั้นไม่เพียงพอก็จะเกิดหลุมเล็ก ๆ ซึ่งก็จะเป็นตำหนิที่เรียกว่า Blister เช่นกัน

4) วิธีป้องกัน Blister

4.1) ขจัด หรือลดปริมาณวัตถุดิบในสูตรที่เป็นตัวให้ Gas ออกมาระหว่างกระบวนการเผาหรือมีการ Calcine วัตถุดิบบางชนิดก่อน

4.2) บดน้ำดินให้ละเอียดขึ้น เพื่อลดสัดส่วนของวัตถุดิบแข็งที่หยาบออกไปจากน้ำดิน

4.3) กรองน้ำดินให้ละเอียดขึ้นโดยใช้ตะแกรงเบอร์ละเอียดจะช่วยกรองเอาส่วนที่หยาบและแข็งออกไปได้

4.4) ทำความสะอาดชิ้นงานวัตถุดิบหรือบีสกิต ไม่ให้มีสิ่งสกปรก ฝุ่นละออง น้ำมัน ผลิตภัณฑ์ Porcelainจำเป็นต้องคำนึงถึงตรงจุดนี้มาก

4.5) ควบคุมการดูดซึมน้ำของผิวชิ้นงานโดยบีสกิต ซึ่งถ้าชิ้นงานมีการดูดซึมน้ำมากเกินไปจะทำให้เกิดแรง capillary ซึ่งจะเป็นตัวดึงอากาศเข้าไปไว้ในรูพรุนของชิ้นงาน ซึ่งจะมีปัญหาขณะเผาได้

4.6) ในกรณีที่มีการอบแห้งชิ้นงานก่อนการ Apply เคลือบจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิของผิวชิ้นงานให้เหมาะสมไม่ให้ร้อนหรือเย็นเกินไป เช่นในกรณีของอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิก

4.7) ลดความหนาของชั้นเคลือบลง เคลือบที่บางจะทำให้ Gas ภายในออกมาได้ง่ายกว่าเคลือบหนา

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขตำหนิที่เกิดจากฟองอากาศในผิวเคลือบ

4.8) เปลี่ยน Firing Cycle โดยลดอัตราการเพิ่มอุณหภูมิในช่วงต้นของการเผา จนกระทั่งถึง 650 □C ควรจะเพิ่มเวลาใช้ ต่าง ๆ สามารถผ่านชั้นของเคลือบไปก่อนที่เคลือบจะหลอมปิดผิวหน้า

4.9) ลดอุณหภูมิสูงสุดของการเผาเคลือบ เพื่อลด Blister ที่เกิดจากการเผา Over Fire

4.10) เคลือบบางชนิดเริ่มหลอมตัว ปิดผิวหน้าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำให้ Gas ที่เกิดขึ้นไม่สามารถออกมาได้ทันทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเคลือบ Fast Fire นอกจากนี้เคลือบที่หลอมที่อุณหภูมิต่ำ ยังมีแนวโน้มที่จะทำปฏิกิริยากับ Body หรือ Engobe ได้มากขึ้น

4.11) ฟริตที่มีคุณภาพไม่ดีพอ มีมลทินที่ไม่หลอมอยู่ในฟริต ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดฟองอากาศได้ ฟริตที่เป็น Leadless จึงควรที่จะต้องหลอมจนกว่าจะขจัดมลทินหรือสิ่งปนเปื้อนออกให้หมดไป

4.12) Soluble Vanadium Salt เป็นตัวที่ทำให้เกิดตำหนิที่เป็นรอยบุ๋มได้ง่าย พวกสีสะเตนที่มี V เป็นส่วนประกอบ จึงต้องทำการล้างเพื่อขจัด V ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาก่อนที่จะนำมาใช้ในการเคลือบ

4.13) การบดสีเคลือบนอกจากการตรวจเช็ค%กากที่ค้างตะแกรง (เปอร์เซ็นต์ Residue) แล้วยังต้องคำนึงถึงค่าการกระจายตัวของอนุภาคด้วย เพราะความละเอียดของสีเคลือบทั้งละเอียดหรือหยาบไปก็ส่งผลต่อตำหนิรูเข็มด้วย

4.14) เมื่อพบว่าเคลือบที่มีสูตรเหมาะสมแล้ว ยังคงมีรูเข็มอยู่ที่ผิวหน้า ควรที่จะต้องตรวจสอบเทคนิคการ Application ซึ่งรูเข็มนั้นอาจจะมีสาเหตุมาจากการพ่นเคลือบ โดย Spray Gun อยู่ใกล้ชิดกับผลิตภัณฑ์เกินไป หรือใช้ความดันในการพ่นมากเกินไป ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการพ่นเคลือบทับอีกครั้งก่อนที่เคลือบชั้นแรกจะแห้งไป

วิธีการที่จะแก้ไขปัญหาฟองอากาศนั้น เริ่มต้นจากศึกษาวัตถุดิบที่นำมาใช้ว่าวัตถุดิบแต่ละ ตัวเมื่อเผาแล้วมีการปลดปล่อย Gas ออกมาอย่างไร จากตารางที่ I เป็น LIST ของวัตถุดิบและอุณหภูมิที่เกิดการสลายตัว และน้ำหนักที่หายไป

ตารางที่ 4-4 อุณหภูมิการเผา/อบของวัสดุแต่ละชนิด

MATERIAL	DECOMPOSITION TEMP (□C)	PRODUCT	LOSS (WT %)
Alumina Hydrate	250	Al203	35
Clay	500 - 650	Metakaolin	14
Dolomite	800 - 900	Ca0 Mg0	48
Whiting	700 - 800	CaO	44
Talcum	1,00	MgOSiO2	7
Strontium Carbonate	1,200 - 1,300	SrO	30
BARIUM Sarium Carbonate	1,300-1,400	BaO	22

ตัวอย่างที่ 4-28: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหาตำหนิที่เกิดจากการเผา/อบ จากขั้นตอนการอบและเผาเคลือบ

ตำหนิที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเผานั้นถือว่าสร้างความเสียหายให้กับผู้ผลิตมากที่สุดเพราะเป็นขั้นที่ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนสูงที่สุดแล้ว และอาจสร้างความเสียหายถึงขั้นส่งมอบของให้กับลูกค้าไม่ทันเวลาได้ ดังนั้น การควบคุมกระบวนการเผาที่ดีจะช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ลงไปได้มาก โดยจะเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนนี้รวมทั้งแนวทางการแก้ไขและป้องกัน ดังนี้

1. Under firing:

- การเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนดไว้ จะทำให้ขนาดของผลิตภัณฑ์ใหญ่กว่ามาตรฐานที่เราควบคุมไว้ สีของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนไป มีความพรุนตัวสูงกว่ามาตรฐาน ความแข็งแรงต่ำเนื่องจากยังไม่มีการ Form Glassy Phase หรืออาจยังเกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์
- สำหรับในเคลือบการเผาต่ำกว่าอุณหภูมิของเคลือบที่กำหนดไว้นั้นจะเป็นผลให้เกิดตำหนิที่ผิวเคลือบได้หลายแบบ เช่น Eggshell เป็นลักษณะที่ผิวเคลือบยังไม่หลอมดีพอ มีผิวไม่เรียบเหมือนเปลือกไข่ หรือถ้าในกรณีที่เผาต่ำกว่าอุณหภูมิที่ต้องการมาก เคลือบก็จะยังไม่สุกตัว ผิวจะหยาบด้านและสีจะไม่สดใสตามที่เราต้องการ
- การเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนดไว้ อาจเกิดเนื่องจากตัววัดอุณหภูมิของเตา เกิดความผิดพลาดในการอ่านหรือวัดอยู่ในจุดที่ไม่เหมาะสมหรือใช้ Thermocouple ชนิดที่ไม่เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ใช้
- ในกรณีที่เป็นเตาแบบ Shuttle ที่มีขนาดใหญ่ การวัดอุณหภูมิควรวัดในหลาย ๆตำแหน่ง ทั้งช่วงด้านบน ด้านกลางและด้านล่างของเตา แต่ถ้ากรณีที่ไม่สามารถนำ Thermocouple เข้าไปวัดได้ ก็ควรใช้ Pyrometric Coneวัดเพื่อดูอุณหภูมิที่ใช้เผา และเก็บเป็นข้อมูลไว้สำหรับการปรับเตาในครั้งต่อไป เช่นเดียวกับเตาเผาที่ไม่ได้ใช้ Thermocouple เช่น เตาเผาโอ่งที่ราชบุรี เตาเผาที่ด่านเกวียน หรือเตาที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงซึ่งอาศัยความชำนาญของคนงานที่เดินไฟ ก็ควรนำ Cone เข้าไปตรวจเช็คอยู่เสมอและเก็บเป็นข้อมูลไว้ เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานในการเผาและสร้างพนักงานผู้เชี่ยวชาญในการเผาเตาฟืนได้มากขึ้น
- บางครั้งอาจพบว่า จะมีเพียงบางตำแหน่งของเตาหรือบางด้านของผลิตภัณฑ์เท่านั้นที่เกิดการเผาไม่ถึงจุดสุกตัว การสังเกตผลิตภัณฑ์ที่เผาได้ และข้อมูลจากการล้มของ Cone จะช่วยวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ สำหรับในกรณีการเผาแบบ Fast Firing นั้นเนื่องจาก Thermocouple ที่วัดอยู่ในเตานั้นจะแช่อยู่ที่อุณหภูมินั้น ๆ ตลอดเวลา แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเข้ามานั้น จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่อ่านได้จาก Thermocouple เพราะผลิตภัณฑ์มีการเคลื่อนตัวอย่างเร็ว (การเผากระเบื้องในปัจจุบันสามารถเผาได้ในเวลาไม่เกิน 35 นาที กระเบื้องหลังคาเซรามิกสามารถใช้เวลาในการเผาเพียง 80-100 นาที) ดังนั้นจึงควรระวังตรงจุดนี้ ระหว่างอุณหภูมิที่อ่านได้จาก Thermocouple กับอุณหภูมิจริงที่เนื้อผลิตภัณฑ์

2. Over firing

- การเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดไว้จะทำให้ขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้เล็กกว่ามาตรฐาน การดูดซึมน้ำต่ำ อาจทำให้สีเพี้ยนไปไม่เป็นที่ต้องการ เกิดการยุบตัว บิดเบี้ยว หรือ ถ้าเผาสูงมากเกินไป

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหาตำหนิที่เกิดจากการเผา/อบ จากขั้นตอนการอบและเผาเคลือบ

อาจจะเกิดการบวมขึ้นมาของผลิตภัณฑ์

- สำหรับในเคลือบนั้นการเผาจน Over Firing จะส่งผลให้สีเปลี่ยนไปอาจสูญเสียความมันของผิวเคลือบ เกิดรูพรุน รูเข็มขึ้นเนื่องจากเคลือบเดือด
- สาเหตุเกิดเช่นเดียวกับการเกิด Under Firing คือตัววัดอุณหภูมิของเตามีปัญหา หรือเกิดจากการที่ใช้เวลาในช่วง Soaking Time นานเกินไป อุณหภูมิในเตาไม่สม่ำเสมอ มีบางส่วนของผลิตภัณฑ์โดนเปลวไฟโดยตรง แนวทางแก้ไขคือ ต้องตรวจเช็คตัววัดอุณหภูมิ ควรต้องมีช่วงเวลาของการสอบเทียบตัววัดอุณหภูมิ ใช้ Cone ตรวจสอบอยู่เสมอ ปรับเตาให้อุณหภูมิมีการกระจายตัวได้เป็นอย่างดี ดูความเหมาะสมของช่วงเวลาที่ใช้ Soak ที่ Maximum Temperature ใช้วัสดุทนไฟกั้นเปลวไฟไว้ไม่ให้โดนผลิตภัณฑ์โดยตรง
- นอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้เกิด Over Firing นั้นอาจเกิดเนื่องมาจากในสูตรเนื้อดินหรือในเคลือบมีปริมาณของตัวช่วยหลอมอยู่มากเกินไป หรือมีการบดละเอียดเกินไปจนทำให้เลยจุดสุกตัวของเนื้อดินหรือเคลือบ

3. Black Core

- การเกิดแกนดำขึ้นภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงลดลง เกิดเนื่องจาก Organic Matter ภายในเนื้อ Body ที่มาจากดินหรือ Binder ที่เราเติมลงไป มีมากเกินไปจนไม่สามารถกำจัดออกไปได้ทันในช่วง Oxidation เมื่อ Surface ของผลิตภัณฑ์เกิดการ Form Glassy Phase แล้ว Oxygen จึงไม่อาจ Diffuse เข้าไปเพื่อเกิด Oxidation Reaction กับ Organic Matter ด้านในของผลิตภัณฑ์ จึงเกิดเป็นแกนสีดำอยู่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์
- นอกจากนี้ถ้า Oxygen ไม่เพียงพอสำหรับการ oxidation carbon ที่มาจากแก๊สธรรมชาติ และจากในเนื้อ Body จะ Form เป็น ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ซึ่งกาซนี้จะเป็นตัว Reduce Ferric Oxide (Fe_2O_3) ไปเป็น Ferrous Oxide (FeO) ซึ่งเป็น flux ที่รุนแรง และจะไปทำปฏิกิริยากับ SiO_2 เพื่อ Form เป็น Glass ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1,100 □C จะทำให้ Organic Matter ที่อยู่ภายในเนื้อ Body ออกไปยากขึ้น และจะ Form ตัวเป็น Black Glass Form ภายในเนื้อ Body
- ตำหนินี้อาจเกิดจากเนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นมากเกินไปเนื่องจากการขึ้นรูป เช่น อาจใช้ Pressure ในการ Press มากไปหรือมีความหนามาก ในเนื้อดินมี Organic Matter มาก แนวทางการแก้ไขนั้นสามารถทำได้โดยปรับอัตราส่วนของอากาศให้มี Excess Oxygen ในการเผา เผาให้ช้าลง โดยเฉพาะในช่วง Oxidation ถ้าผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องเผาแบบ Reduction เพื่อความสวยงามของสีหลังเผา ก็ควรจะทำการ Reduction หลังจากอุณหภูมิ 1,000□C ไปแล้ว นอกจากนี้ยังสามารถแก้ไขได้โดยศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละตัวที่นำมาทำเนื้อ Body โดยเฉพาะพวกดินเหนียว ว่ามีค่า Loss of Ignition อยู่มากน้อยเพียงใด ซึ่งค่านี้ก็จะสามารถบอกได้ว่าในเนื้อดินนั้นมี Organic Matter สูงหรือต่ำและทำการปรับสัดส่วนให้เหมาะสมกับการใช้งาน

4. Crack

รอยร้าวที่เกิดขึ้นหลังเผานั้นเป็นปัญหาที่สร้างความปวดหัวให้กับผู้ผลิตเสมอ ๆเพราะยากที่จะฟันธงได้ว่ามันมาจากสาเหตุใด เพราะในความเป็นจริงนั้นสาเหตุของการเกิดรอยร้าวนั้นมาได้ตั้งแต่จากการขึ้นรูปมาเลย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหาตำหนิที่เกิดจากการเผา/อบ จากขั้นตอนการอบและเผาเคลือบ

ลองมาดูสาเหตุหลัก ๆกัน

4.1 การ Crackเนื่องจากการไล่น้ำในเนื้อ Body ออกเร็วเกินไปในช่วงก่อนการอบแห้ง ระหว่างการอบแห้ง และในช่วงต้นของการเผา

แนวทางแก้ไข:

1) ลดปริมาณน้ำในการขึ้นรูปลงให้อยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการขึ้นรูป ในกรณีการขึ้นรูปแบบ Slip Casting ควรใช้ Density ของน้ำ Slip ให้สูงที่สุดโดยที่ Rheology ของ Slip ยังอยู่ในช่วงที่ใช้งานได้ และต้องคำนึงถึงค่า Thixotropy ของน้ำดินด้วย Pressing ควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้นให้อยู่ในช่วงแคบและเพียงพอต่อการขึ้นรูปโดย Green Body ยังมีความแข็งแรงเพียงพอ Plastic Forming เช่น Throwing, Extruding และ Jiggering นั้น เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อดิน ควรเหมาะสมกับความสามารถในการ Form ตัวของ Green Body ได้ และควรคำนึงถึงความสม่ำเสมอของความชื้นในดินแท่งก่อนนำมาขึ้นรูปด้วย

2) ปรับปรุงช่วงการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้นน้อยที่สุดก่อนการเผาสำหรับผลิตภัณฑ์ ที่มีความชื้นอยู่ภายในมาก และผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่และหนาควรทำการ dry ธรรมชาติโดยตั้งผึ่งไว้ในบรรยากาศที่มีอากาศไหลผ่านตลอดเวลา เพื่อให้ความชื้นภายในลดลงไปบางส่วนก่อนนำเข้าอบในเตาอบ สำหรับในเรื่องการอบผลิตภัณฑ์นั้น ถือได้ว่าเป็นหัวใจที่สำคัญที่จะช่วยลดปัญหารอยร้าวของผลิตภัณฑ์ได้

4.2. การ Crack เนื่องจากการหดตัวของผลิตภัณฑ์ จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผา จะเห็นว่าในช่วงต้น % การหดตัวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก T1>T2 และอัตราการเพิ่มของเปอร์เซ็นต์การหดตัวจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงจุดที่เป็น Versification ถ้าในเตามีการกระจายตัวของความร้อนไม่เท่ากัน ด้านบนของผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิเป็น T2 ในขณะที่ด้านล่างของผลิตภัณฑ์ยังเป็นอุณหภูมิ T1 อยู่ ดังนั้นด้านบนจะมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวมากกว่าด้านล่างของผลิตภัณฑ์อยู่ S2-S2 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสาเหตุของการแตกร้าวที่ด้านบนของผลิตภัณฑ์ได้

4.3 Preheating Crack มีสองสภาวะที่นำให้เกิด Preheating Crack คือ

1) Temperature Gradient ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ในช่วงการเผาไล่ความชื้นและสารอินทรีย์ซึ่งปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction) ดังนั้นภายในของผลิตภัณฑ์จะยังคงเย็นกว่าด้านนอกถึงแม้ว่าเราจะเผาช้าเพียงใดก็ตาม

2) ความแตกต่างระหว่างการหดตัวและการขยายตัวภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ ในระยะแรกของการเผานั้นผลิตภัณฑ์จะขยายตัวเล็กน้อยแต่ในช่วง Dehydroxylation นั้นจะเริ่มเกิดการหดตัวขึ้น ในสภาวะดังกล่าวนี้ภายนอกของผลิตภัณฑ์จะเริ่มเกิดการหดตัวแล้ว แต่ในขณะที่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ยังคงขยายตัวอยู่ ถ้าเรานำเอาเนื้อดินมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DTA (Differential Thermal Analysis) จะเห็นว่าในช่วงตั้งแต่ 400-600□C จะมี Peak ของ Endothermic ชัดเจน นั่นคือช่วงของการเกิด Dehydroxylation ขึ้น กราฟ TGA จะเห็นว่าเนื้อดินมีการสูญเสียน้ำหนักออกไปด้วย ในช่วงอุณหภูมินี้ ผลิตภัณฑ์จะเริ่มมีการหดตัวเกิดขึ้น

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	การแก้ไขปัญหาตำหนิที่เกิดจากการเผา/อบ จากขั้นตอนการอบและเผาเคลือบ

<u>แนวทางการป้องกันการเกิด preheating crack</u>

1. ในระหว่างช่วงอุณหภูมิ 500-600°C นั้นควรใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้าๆ และให้มี Excess Air เนื้อที่ให้เกิดความร้อนหมุนเวียนภายในเตาและภายในผลิตภัณฑ์ซึ่งจะช่วยลด Temperature Gradient (ความแตกต่างของอุณหภูมิ) ให้ต่ำลงได้ นอกจากนี้ excess air จะช่วยทำให้ไอน้ำที่เกิดจากช่วง Dehydroxylation เคลื่อนตัวออกไปจากผิวผลิตภัณฑ์ซึ่งทำให้อัตราของการ Dehydroxylation ดีขึ้นด้วย
2. ไม่ควรคำนึงถึงค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จาก Thermocouple เพียงอย่างเดียวเพราะตัว Thermocouple นั้นจะวัดตรงจุดด้านหลังคาเตา ซึ่งไม่ได้เป็นตัวแทนของอุณหภูมิของทั้งเตา ดังนั้นในช่วงอุณหภูมิ 500-600°C นี้จึงควรให้เวลาตรงจุดนี้พอสมควร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่หรือมีความหนามาก

5. Dunting

เป็นการแตกร้าวในช่วง Cooling ของการเผาผลิตภัณฑ์ซึ่งในช่วง Cooling นั้นที่อุณหภูมิ 700□C Glassy Phase จะยังคงมีคุณสมบัติไหลตัวที่ดีอยู่ ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของ Glass แต่เมื่อเริ่มถึงอุณหภูมิ 600-400□C Quartz ที่อยู่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์จะเริ่มมีการเปลี่ยน Phase จาก β ไปเป็น ซึ่งจะมีการหดตัวลงอย่างมาก ถ้าผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างของอุณหภูมิด้านนอกและด้านในสูง การหดตัวที่ด้านนอกจะเกิดมากกว่าด้านใน ซึ่งจะส่งผลให้เกิด Tension ขึ้น และจะทำให้เกิดการแตกร้าว ดังนั้นในช่วง cooling เราจึงควรต้องระมัดระวังในช่วงอุณหภูมิ 600-400□C ไม่ให้มีการเย็นตัวลงไปอย่างรวดเร็วเกินไป เพราะจะเป็นสาเหตุของการเกิด Dunting ขึ้น นอกจากนี้การปรับสูตรเนื้อดินให้มี %Free Silica น้อยก็จะช่วยลดปัญหาการเกิด Dunting ได้

6. Pinhole Blister Vocalic Hole

ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเร็วเกินไปในช่วงที่สีเคลือบเริ่มมีการหลอมตัวและเกิด Glassy Phase จะเป็นสาเหตุของการเกิด defect ที่เป็นรูเข็มหรือรุพรุนขึ้นที่ผิวเคลือบได้ เนื่องจาก Gas ต่างๆที่อยู่ในเนื้อดินยังถูกแทรกออกมาไม่หมด แต่ที่ผิวนั้นถูกปิดกั้นด้วย Glassy Phase ของชั้นเคลือบ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณของ Gas หรือฟองอากาศเหล่านั้นจะเพิ่มขึ้นรวมทั้งความดันภายในด้วย เมื่อฟองอากาศพยายามที่จะหลุดออกไปจากชั้นของเคลือบ ถ้าสุดท้ายแล้วหลุดไปในช่วงที่อุณหภูมิของเคลือบเริ่มสุกตัวแล้ว ก็จะทำให้เกิดตำหนิที่เรียกว่า Pinhole (รูเข็ม) หรือ Blister หรือถ้าฟองอากาศมีขนาดใหญ่มากอาจกลายเป็นรูขนาดใหญ่ที่เรียกว่า Vocalic Hole

ในทางการแก้ไขนั้นเราควรต้องศึกษาสมบัติของเนื้อดินและเคลือบที่ใช้งาน ในกรณีของเนื้อดินนั้นควรต้องรู้ค่าเปอร์เซ็นต์ LOI ว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด ส่วนของเคลือบนั้นต้องศึกษาเกี่ยวกับการหลอมตัวในแต่ละช่วงอุณหภูมิ โดยใช้ Heating Microscope เป็นตัวตรวจสอบเพื่อที่เราจะสามารถทราบจุดเริ่มหลอมตัวของเคลือบ และช่วยในการออกแบบตารางการเผาเคลือบในแต่ละชนิดได้อย่างเหมาะสมกัน และป้องกันการเกิดของเสียที่จะเกิดบนชั้นผิวเคลือบได้

ตัวอย่างที่ 4-28: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	ตำหนิที่เกิดรอยร้าวบนชิ้นงาน

สาเหตุของการร้าวในผลิตภัณฑ์มีได้ตลอดกระบวนการตั้งแต่วัตถุดิบจนกระทั่งถึงการเผา[12] โดยแบ่งตำหนิเรื่องร้าวได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆคือ ร้าวก่อนเผาและร้าวหลังเผา (ช่วง Cooling) ซึ่งลักษณะแผลของรอยร้าวที่เกิดก็จะแตกต่างกันไป ร้าวก่อนเผานั้นตรงบริเวณรอยร้าวจะมีความมนมากกว่า เนื่องจากเมื่อเกิดรอยร้าวนั้นผลิตภัณฑ์ยังไม่ได้เผา เมื่อผ่านอุณหภูมิสูงทั้งเคลือบและเนื้อดินจะเกิดการหลอมตัวทำให้แผลของรอยร้าวจะไม่คมมากนัก ผิดกับรอยร้าวที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านช่วงอุณหภูมิสูงสุดไปแล้ว เมื่อเย็นตัวและมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทำให้เกิดรอยร้าวซึ่งรอยร้าวเช่นนี้จะมีความคมมาก ดังนั้นจึงสังเกตได้อย่างง่ายดายระหว่างร้าวก่อนเผากับร้าวหลังเผา โดยอาจเกิดได้ตั้งแต่การเตรียมเนื้อดิน การขึ้นรูป การอบแห้ง การเคลื่อนที่ในระหว่างการเคลือบหรือในช่วง Preheating ของการเผา สำหรับปัญหาร้าวหลังเผาในช่วง cooling นั้นเกิดจากการเผาที่เร็วเกินไป โดยเฉพาะในช่วง Quartz Inversion ซึ่งสามารถกล่าวอย่างง่าย ๆ ได้ว่าสาเหตุของการเกิดปัญหาร้าวนั้นเกิดจากค่าแรงเค้นที่เกิดขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่าค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เมื่อความเค้นที่มากระทำมีค่ามากกว่าความแข็งแรงของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่จะต้านทานไว้ได้ รอยร้าวก็จะเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นแรงเค้นจากภายในหรือภายนอกก็ตาม

แรงเค้น คือ แรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดที่ ในผลิตภัณฑ์เซรามิกเกิดได้ทั้ง Tensile Stress, Shear Stress, Compressive Stress ซึ่งค่า Stress เกิดได้ทั้งที่เป็นแรงเค้นภายนอก ซึ่งได้แก่แรงที่กระทำต่าง ๆ กับผลิตภัณฑ์เซรามิก เช่น การกระแทก การเคลื่อนที่ การยก การย้ายที่ไม่ระวัง การตกแต่งผลิตภัณฑ์ เช่น การสกรีนสีบนกระเบื้อง การขูดและตกแต่งผิวแจกัน และแรงเค้นภายในชิ้นงาน ซึ่งมีสาเหตุ ดังนี้

1. สาเหตุของการร้าวจากวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นำมาทำเซรามิกนั้นเราอาจแบ่งได้เป็นพวกที่มีความเหนียวและพวกที่ไม่มีความเหนียว ในการทำเนื้อดินที่ดีนั้นจะต้องมีสัดส่วนของทั้งสองในปริมาณที่เหมาะสมกับกระบวนการขึ้นรูปและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หลังเผา โดยพวกที่มีความเหนียวนั้นเราจำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆก่อนนำมาใช้งานให้ดีเพราะการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติเหล่านี้จะทำให้เกิดปัญหาร้าวในผลิตภัณฑ์ดิบได้ คุณสมบัติเหล่านี้ได้แก่

1.1) เปอร์เซ็นต์การหดตัว ทั้งการหดตัวหลังอบแห้ง และการหดตัวหลังเผา
1.2) ความแข็งแรง
1.3) เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
1.4) C.O.E
1.5) เปอร์เซ็นต์กากค้างตะแกรง
1.6) Particle size & Particle Size Distribution
1.7) ความเหนียว
1.8) การไหลตัว
1.9) พื้นที่ผิวของอนุภาคของดิน (MBI)
1.10) ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน, Black Core

[12] http://www.thaiceramicsociety.com/ts_mark_needle.php

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	ตำหนิที่เกิดรอยร้าวบนชิ้นงาน

2. สาเหตุของการร้าวจากสูตรเนื้อดิน

สาเหตุการร้าวจากสูตรของเนื้อดินนั้นมาจากการที่นักเซรามิกที่เป็นผู้กำหนดสูตรเนื้อดินนั้นอาจไม่ได้คำนึงถึงความแข็งแรงของชิ้นงานดิบและชิ้นงานหลังอบแห้ง ซึ่งความแข็งแรงนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่เราเลือกนำมาใช้ในสูตรให้เหมาะสมกับกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งถ้าสูตรผิดพลาดตั้งแต่แรก โอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหาเรื่องร้าวก็จะมีมากขึ้นได้ โดยในสูตรต้องกำหนดให้มีสัดส่วนของพวกที่มีความเหนียวและพวกที่ไม่มีความเหนียวอย่างเหมาะสม นอกจากเรื่องความแข็งแรงแล้วเรื่องการขยายตัวและหดตัวก็เป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึงด้วยเช่นกันถ้าชิ้นงานดิบมีการขยายตัวเมื่อถูกดันให้ออกจากแบบสูงก็มีโอกาสทำให้เกิดการร้าวได้ทั้งการขึ้นรูปด้วยการอัดและการรีดโดยใช้เครื่อง Extrude

3. สาเหตุของการร้าวจากการเตรียมวัตถุดิบ

หลังจากที่เราได้สูตรเนื้อดินที่ดีแล้ว มีการตรวจรับวัตถุดิบที่ดีแล้ว ในขั้นตอนของการเตรียมเนื้อดินก็เป็นเรื่องที่สำคัญในการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาร้าวที่ผลิตภัณฑ์ของเราได้ โดยการเตรียมเนื้อดินแบบเปียกที่มีการเตรียมน้ำดินแยกส่วนระหว่างพวก Plastic กับ Non Plastic ก็ต้องมีการตรวจสอบสัดส่วนของทั้งสองให้ดีก่อนนำมาผสมกันเพราะถ้าสัดส่วนไม่ได้ก็หมายถึงสูตรของเราก็จะผิดไปด้วย ในการบดแบบต่อเนื่องนั้นเรื่องการ Calibration Batching Scale เป็นเรื่องที่สำคัญมากต้องมีกำหนดระยะเวลาในการ Calibration อย่างสม่ำเสมอเพื่อที่น้ำหนักวัตถุดิบที่เติมลงไปใน Continuous Mill จะได้สม่ำเสมอ สำหรับการเตรียมเนื้อดินแบบ Semi Wet Process ได้แก่การใช้ Filter Press แล้วนำไปเข้า Pug Mill แล้วจึงเข้าเครื่อง Extrude หรือเริ่มจากการผสมใน Pan Mill แล้วผ่าน Roller Mill แล้วเข้าสู่ Screen Feeder แล้วจึงเข้าเครื่อง Extrude ไม่ว่าจะเป็นวิธีไหนก็ตามต้องดูเรื่องสัดส่วนของน้ำที่เติมลงไปหรือความสม่ำเสมอของการผสมน้ำลงไปในดิน การหมักเนื้อดินทั้งก่อนและหลังการ Extrude ก็จะช่วยให้เนื้อดินมีความชื้นภายในความสม่ำเสมอมากขึ้นเมื่อนำไปขึ้นรูปและอบแห้ง ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์และการหดตัวก็จะไม่แตกต่างกันมากทำให้ลดปัญหาเรื่องร้าวในชิ้นงานหลังอบแห้งไปได้

4. สาเหตุของการร้าวจากการขึ้นรูป

4.1 การขึ้นรูปด้วยการอัด

การขึ้นรูปด้วยการอัดนั้นจะต้องมีแรงอัดสูงเพื่อที่จะอัดให้ผงดินที่มีความชื้นต่ำสามารถคงรูปและมีความแข็งแรงดิบพอสมควร ดังนั้นเมื่อชิ้นงานดิบถูกดันออกมาจากแบบก็จะมีการขยายตัวในทุกทิศทาง ถ้าเนื้อดินมีการขยายตัวมากก็มีโอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหาร้าวได้มากและถ้าผงดินที่นำมาอัดมีค่าความชื้นต่ำหรือการกระจายตัวของเม็ดดินไม่ดีพอก็เป็นสาเหตุของการเกิดร้าวได้เช่นกัน การควบคุมคุณภาพของ Green Tile และ Dry Tile เพื่อลดปัญหาร้าว

1) ความหนาในตำแหน่งต่าง ๆของแผ่นกระเบื้อง

2) ความหนาแน่นของกระเบื้องดิบที่ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งวิธีการหาค่าความหนาแน่นของชิ้นงานที่ยังไม่ได้เผานั้นสามารถหาได้โดย

- Penetrometer หรือ Durometer
- Bulk Density by Hg
- Bulk Density by wax

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	ตำหนิที่เกิดรอยร้าวบนชิ้นงาน

3) ขนาดหลังเผา

4) ความแข็งแรงของกระเบื้องดิบ

5) ความแข็งแรงของกระเบื้องหลังอบแห้ง

6) ความแข็งแรงของกระเบื้องหลังเผา

7) เปอร์เซ็นต์ Pressing Expansion ของกระเบื้องหลังถูกดันออกจาก Cavity Mould

8) ความชื้นหลังอบแห้ง

4.2. การขึ้นรูปด้วยการเทแบบ

สำหรับการขึ้นรูปโดยการเทแบบนั้น การไหลตัวของน้ำดิน ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน ส่วนประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องควบคุมคุณภาพเพื่อให้ชิ้นงานดิบมีปัญหาน้อยที่สุด การควบคุมคุณภาพของการขึ้นรูปแบบเทแบบเพื่อลดปัญหาเรื่องร้าวจากการเทแบบจะต้องควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้

1) Rheology (Thixotropy, Viscosity)

2) Density

3) Casting Rate

4) ความหนาของ Green Ware

5) เวลาในการแกะแบบ

6) การทำแบบพิมพ์

7) การตกแต่งผลิตภัณฑ์ดิ

8) วิธีการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ดิบ

9) การอบแห้งผลิตภัณฑ์

10) Design ของ Mould

4.3. การขึ้นรูปด้วยการจิ้กเกอร์ และ Roller Head

การควบคุมคุณภาพของการขึ้นรูปเพื่อลดปัญหาเรื่องร้าวจากการจิ้กเกอร์

1) ความหนาของ Green Ware ระหว่างก้นกับปากของผลิตภัณฑ์

2) เวลาในการแกะแบบ

3) การทำแบบพิมพ์

4) การตกแต่งผลิตภัณฑ์ดิบ

5) วิธีการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ดิบ

6) ความแข็งของดินแท่ง

7)การได้ Alignment ของหัว Roller

4.4 การขึ้นรูปด้วยการรีดโดยใช้เครื่อง Extrude

การควบคุมคุณภาพของการขึ้นรูปเพื่อลดปัญหาเรื่องร้าวจากการ Extrude

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการด้านของเสีย	ตำหนิที่เกิดรอยร้าวบนชิ้นงาน

1) ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวดินแท่งกับภายใน

2) ความแข็งของดินแท่งจากการรีด

3) การหมักดินแท่งก่อนการขึ้นรูป

4) ระยะระหว่างใบ Screw กับ Liner

5) ระยะความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของ Barrel

6) %Expansion ของเนื้อดิน

7) ความสม่ำเสมอของความชื้นในเนื้อดิน

5. สาเหตุของการร้าวจากการอบแห้ง

การควบคุมคุณภาพของการอบแห้งเพื่อลดปัญหาเรื่องร้าว

1) ปริมาณความชื้นในเนื้อดิน

2) อุณหภูมิในการอบแห้ง

3) เวลาในการอบแห้ง

4) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศหรือภายในเตาอบ

5) ความเร็วลมภายในเตาอบ

6) ค่าความแตกต่างของ%การหดตัวในตำแหน่งต่าง ๆของชิ้นงาน

7) Drying Curve ที่ใช้ในการอบแห้ง

8) เปอร์เซ็นต์ความชื้นคงเหลือหลังออกจากเตาอบ

6. สาเหตุของการร้าวจากการเคลือบและการตกแต่ง

ปัจจัยการเกิดร้าวที่ Glazing Line

1) Mechanical Crack จากการเคลื่อนที่ การขัดขอบกระเบื้องและการสกรีน

2) ความชื้นหลังอบแห้ง

3) Density ของเอนโกบและเคลือบ

4) น้ำหนักของเคลือบ

5) บริเวณที่เคลือบมีความหนาแตกต่างกัน

6) ค่าแรงตึงผิวของเคลือบ

7. สาเหตุของการร้าวจากการเผา

การควบคุมคุณภาพของการเผาเพื่อลดปัญหาเรื่องร้าว

1) ปริมาณความชื้นในชิ้นงานก่อนเผา

2) Firing Curve ในการเผา

3) เวลาในการเผา

4) ความหนาของชิ้นงาน

ตัวอย่างที่ 4-29: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	การนำบีสกิตกลับมาใช้ใหม่

โรงงานเซรามิกแห่งหนึ่ง หลังจากที่มีการเผาบีสกิตจะมีการคัดแยกบีสกิตที่แตกหัก หรือเกิดรอยร้าวออกเป็นของเสียซึ่งทางโรงงานจัดให้ของเสียที่ต้องนำไปกำจัดทิ้งโดยไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งของเสียประเภทนี้มีประมาณ 1,200 กิโลกรัม/เดือน

สมดุลมวลและพลังงานของกระบวนการเตรียมน้ำดิน

เศษบีสกิต

แนวทางแก้ไข: ทำสมดุลมวลและพลังงานเพื่อให้ทราบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และมีการนำชิ้นงานบีสกิตที่แตกหักกลับมาผ่านกระบวนการและนำกลับมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการเตรียมน้ำดิน โดยชิ้นงานบีสกิตจะต้องผ่านการบดเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสม ซึ่งทางโรงงานมีหม้อบดกำลังการผลิตขนาด 500 กิโลกรัม ที่ไม่ได้ใช้งานซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้บดย่อยขนาดบีสกิต

มีการทดสอบและพบว่าสามารถผสมบีสกิตในน้ำดินที่อัตราร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำดินรวม ซึ่งการผสมบีสกิตในเนื้อดินที่ขึ้นรูปจะช่วยลดการหดตัวตอนแห้งของชิ้นงานและการแตกหักในกระบวนการขึ้นรูปลงได้ วิธีการนี้จึงเป็นการปรับปรุงที่เหมาะสมประหยัดต้นทุน ค่าวัตถุดิบใหม่ และลดปริมาณของเสียที่จะเกิดได้

เนื่องจากโรงงานแห่งนี้มีการใช้งานเนื้อดินขึ้นรูปที่สัดส่วนผสมแตกต่างกันอย่างน้อย 3 สูตรเนื้อดิน ทำให้เกิดความยุ่งยากในการคัดแยกเนื้อดินเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ วิธีนี้ทางโรงงานจึงจะนำมาประยุกต์ใช้เมื่อเกิดปัญหาบิสกิตมากกว่าปกติ

ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์

เงินลงทุน:

ไม่เสียค่าใช้จ่ายเนื่องจากทางโรงงานมีหม้อบดที่ไม่ใช้งานอยู่แล้ว แต่จะมีการเสียค่าไฟจากการใช้หม้อบดขนาดมอเตอร์ 0.5 แรงม้า แทน ซึ่งในการบดบีสกิต 50 กิโลกรัม ใช้เวลา 14 ชั่วโมง

คิดเป็นเงินค่าไฟ = (0.5 hp) x (0.7457 kw/hp) x (14 ชั่วโมง/วัน) x (2.1 บาท/หน่วย)

= 10.96 บาท/วัน

ใน 1 เดือน จะต้องเตรียมบดบิสกิตปริมาณ 250 กิโลกรัม

คิดเป็นเงิน 54.80 บาท/เดือน หรือ 657.60 บาท/ปี

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	การนำบีสกิตกลับมาใช้ใหม่
ประหยัดค่าใช้จ่าย: สามารถลดปริมาณวัตถุดิบใหม่ลงได้ 230.23 กิโลกรัม/เดือน คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 1,015.22 บาท/เดือน หรือ 12,182.64 บาท/ปี **ระยะเวลาคืนทุน**: 22 วัน (หากคิดค่าไฟที่ต้องจ่ายทั้งปี) ***หมายเหตุ:*** *ค่า Ft ตั้งแต่เดือนกันยายน 2554 = 2.10 บาท/หน่วย (ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง)*	

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก.

ตัวอย่างที่ 4-30: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการด้านการด้านของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	การนำเศษผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่

โรงงานเซรามิกแห่งหนึ่งซึ่งมีการผลิตโอ่งและกระถางต้นไม้ พบว่ากระบวนการเผาผลิตภัณฑ์ในเตามังกรร้อยละ 8 หรือ ประมาณ 4,600 กิโลกรัม/เดือน เกิดการระเบิดและแตกร้าวเสียหายไม่สามารถซ่อมแซมได้ โดยทางโรงงานจะจัดเป็นของเสียจาการเผาและจัดวางรวมกันเพื่อรอการนำไปกำจัดทิ้งพร้อม ๆ กันในปริมาณมาก ๆ โดยไม่ได้นำของสียที่เกิดขึ้นเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ เนื่องด้วยทางโรงงานกลัวเรื่องปัญหาการปนเปื้อนและคุณสมบัติที่ไม่ได้มาตรฐานทำให้ต้องมีการกำจัดโดยการฝังกลบภายในพื้นที่โรงงาน

สมดุลมวลและพลังงานของกระบวนการเตรียมดิน

เศษผลิตภัณฑ์ที่เสียหาย

แนวทางแก้ไข: จากการจัดทำสมดุลมวลและพลังงานเพื่อให้ทราบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และมีการนำเศษของเสียเหล่านี้มาผ่านกระบวนการย่อยขนาด และนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตเพื่อใช้ทดแทน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การใช้ซ้ำ/นำกลับมาใช้ใหม่	การนำเศษผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่
วัตถุดิบบางส่วนซึ่งจะมีการผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการเตรียมดิน โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพเปลี่ยน และลดปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบที่เกิดขึ้นได้ จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ด้วย Edge Runner เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคตามต้องการแล้วใช้ผสมในเนื้อดินสำหรับการขึ้นรูปทดแทนการใช้ทราย พบว่าคุณภาพการขึ้นรูปและการเผามีผลเป็นที่น่าพอใจ คุณสมบัติของเศษผลิตภัณฑ์ช่วยให้การเผาเกิดการแตกร้าวน้อยลง โดยจะสามารถผสมเศษชิ้นงานในเนื้อดินปั้นร้อยละ 50	
ผลในเชิงเศรษฐศาสตร์	
เงินลงทุน: เงินลงทุนเพิ่ม 750 บาท/เดือน ต้นทุนในการบดย่อยชิ้นงาน 1,000 บาท/ตัน หากนำเศษของเสียกลับมาใช้ทั้งหมด ต้องเสียค่าใช้จ่าย 4,600 บาท/เดือน คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 750+4,600 = 5,350 บาท/เดือน หรือ 64,200 บาท/ปี **ประหยัดค่าใช้จ่าย:** สามารถลดปริมาณวัตถุดิบใหม่ลงได้ร้อยละ 50 คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 20,286 บาท/เดือน หรือ 243,432 บาท/ปี **ระยะเวลาคืนทุน:** ใน 1 ปี สามารถคืนทุนได้ในวันที่ 97 วัน (หากคิดค่าใช้จ่ายทั้งปี)	

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก.

ตัวอย่างที่ 4-31: วิธีการ มาตรการ หรือแนวทางการจัดการด้านการด้านของเสีย

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน	ปรับเปลี่ยนขนาดถังกวนน้ำเคลือบ
จากการพิจารณาข้อมูลของเสียจากโรงงาน C แยกตามชนิดของผลิตภัณฑ์ พบว่าของเสียชนิดรูตัว P เกิดมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกของเสียทั้งสองชนิดเป็นตัวเริ่มต้นในการปรับปรุงกระบวนการ โดยก่อนการปรับปรุง ของเสียทั้งสองชนิดเท่ากับ 9.1 เปอร์เซ็นต์ นำปัญหาของรูตัว P มาหาต้นเหตุของปัญหาว่าสามารถเกิดจากปัจจัยใดได้บ้าง โดยใช้แผนภูมิก้างปลา หลังจากที่ได้แผนภูมิก้างปลามาแล้วนำข้อมูลจากแผนภูมิก้างปลา มาวิเคราะห์ใน FMEA เพื่อหาลำดับการ	

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน	ปรับเปลี่ยนขนาดถังกวนน้ำเคลือบ
แก้ปัญหาที่แท้จริง พบสมมติฐานที่ว่าการเกิดของเสียชนิดรูตัว P น่าจะเกิดจากคุณภาพของน้ำเคลือบ และน้ำเทียนหยดใส่ชิ้นงาน เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานในเรื่องคุณภาพของน้ำเคลือบ ทางทีมงานได้ทำการทดลองเปลี่ยนขนาดของถังกวนน้ำเคลือบจากถังเดิมที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นถังขนาดเล็กลง เพื่อให้น้ำเคลือบเป็นเนื้อเดียวกันมากยิ่งขึ้นในขณะที่ทำการกวนน้ำเคลือบ ทั้งยังทำให้ไม่มีตะกอนตกค้างที่มีก้นถังอีกด้วย	

4.8 การจัดการด้านสุขภาพและความปลอดภัย

4.8.1 การจัดการด้านสุขภาพและความปลอดภัย

อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้ทั้งแรงงานคนและเครื่องจักรร่วมกัน ดังนั้นจึงอาจเกิดอันตรายผู้ปฏิบัติงานในระหว่างการผลิตซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้สูง เช่น ในขั้นตอนการขึ้นรูปแบบใช้แรงงานคนโดยที่จะต้องมีการใช้มือจับชิ้นงานและต้องใช้แรงช่วยในการทำให้เครื่องหมุน ซึ่งอันตรายที่เกิดขึ้นอาจไม่ร้ายแรงแต่ผู้ปฏิบัติงานก็ควรทำงานด้วยความรอบคอบและไม่ประมาท

นอกจากนี้อาจเกิดจากการที่คนงานต้องเข้าไปปรับปรุงหรือแก้ไขระบบการทำงานของเครื่องจักร เมื่อเกิดการขัดข้องจนไม่สามารถทำงานได้ หรือ การซ่อมบำรุงของเครื่องจักร ดังนั้นระหว่างที่มีการซ่อมแซม แก้ไข ปรับปรุง จึงต้องแน่ใจในว่าทำการปิดเครื่องจักรให้เรียบร้อยแล้ว และระหว่างการซ่อมบำรุงควรมีเจ้าหน้าที่มากกว่า 1 คน และควรปฏิบัติตามข้อปฏิบัติอย่างเคร่งครัด

4.8.1.1 การจัดการด้านสุขภาพและความปลอดภัยให้เหมาะสม

ควรออกแบบระบบกระบวนการผลิตให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับการใช้งานในแต่ละขั้นตอน โดยมีการเลือกใช้เครื่องจักรที่มีคุณภาพ มีประสิทธิภาพสูง มีการซ่อมบำรุงต่ำเพื่อลดการชะงักระหว่างกระบวนการทำงานและควรมีการซ่อมบำรุงประจำปี โดยจะมีจุดเสี่ยงที่ควรคำนึงและวิธีการดำเนินการป้องกัน ดังนี้

(1) ขั้นตอนการเตรียมดิน

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
1.สายพานลำเลียง	1.1 ลูกกลิ้งหนีบ/ดึงอวัยวะ	บาดเจ็บ/สูญเสียอวัยวะ	1. ห้ามเคลียร์วัตถุดิบขณะสายพานเดิน 2. ใส่การ์ดป้องกันที่ได้มาตรฐาน 3. อบรมให้รู้จุดอันตราย 4. ติดตั้งลวดสลิงหยุดสายพานฉุกเฉินตลอดความยาวของสายพาน
	1.2 ฝุ่นฟุ้งกระจาย	พนักงานเจ็บป่วย/โรคปอด	1. ใส่หน้ากากกรองฝุ่นที่ได้มาตรฐาน 2. มีระบบดูดฝุ่นในกระบวนการผลิต
2. เครื่องบด	1.1 เครื่องบดหนีบ/ดึงอวัยวะ	บาดเจ็บ/สูญเสียอวัยวะ/เสียชีวิต	1.ใส่การ์ดที่จุดหมุนต่าง ๆ 2. อบรมให้รู้จุดอันตราย
	1.2 ฝุ่นฟุ้งกระจาย	พนักงานเจ็บป่วย/โรคปอดจากฝุ่น	1. ใส่หน้ากากกรองฝุ่นที่ได้มาตรฐาน 2. มีระบบดูดฝุ่นในกระบวนการผลิต
	1.3 เสียงดังจากเครื่องจักรที่มีการบดและระบบพัดลม	สูญเสียการได้ยิน	1. จัดทำระบบป้องกันเสียง เช่น ผนังกั้นเสียง อุปกรณ์ลดเสียงจากเครื่องจักร 2. สวมอุปกรณ์ลดเสียงขณะงานในที่มีเสียงดัง 3. มีการตรวจสมรรถภาพการได้ยิน

(2) ขั้นตอนการขึ้นรูป

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
1.การขึ้นรูปโดยแรงงานมือ/เครื่อง	มือถูกกดทับ	บาดเจ็บ	1. มีอุปกรณ์/เครื่องป้องกันการนำมือเข้าไปจีบชิ้นงาน 2. มีการอบรมก่อนการทำงาน

(3) ขั้นตอนการอบและเผาเคลือบ

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
1. เตาอบ/เตาเผา	1.1 ก๊าซหุงต้มรั่ว/ระเบิด	บาดเจ็บ/เสียชีวิต	1. ระบบท่อลำเลียงก๊าซต้องได้รับการออกแบบติดจั้งอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย รวมทั้งการตรวจสอบสภาพท่อลำเลียงตามหลักวิศวกรรม 2. กรณีจุดเตาต้องมีขั้นตอนและวิธีการที่ถูกต้องเหมาะสม เช่น มีการไล่อากาศก่อนจุดเตา 3. ต้องมีอุปกรณ์ความปลอดภัยให้ความเหมาะสมเพียงพอในการใช้งาน เช่น มี

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
			ฉนวนกันความร้อน อุปกรณ์ตรวจวัดก๊าซรั่ว ระบบควบคุมการจ่ายก๊าซ 4. ให้มีการระบายอากาศที่ดี 5. ต้องจัดให้มีป้าย/เครื่องหมายคำเตือนอันตรายให้มีขนาดที่เห็นได้ชัดเจน เช่น ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามกระทำการใด ๆ ที่อาจก่อให้เกิดเปลวไฟหรือประกายไฟ และควบคุมให้พนักงานปฏิบัติอย่างเคร่งครัด
	1.2 เสียงดังจากเครื่องดูดอากาศเข้าห้องเผาไหม้ของเตาเผา	สูญเสียการได้ยิน	1. จัดทำระบบป้องกันเสียง เช่น ผนังกั้นเสียง/อุปกรณ์ลดเสียงจากเครื่องจักร 2. สวมใส่อุปกรณ์ลดเสียงขณะทำงานในที่มีเสียงดัง 3. มีการตรวจสมรรถภาพการได้ยิน

(4) ขั้นตอนการจัดเก็บผลิตภัณฑ์

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
1. การขนย้ายผลิตภัณฑ์ไปจัดเก็บโดยรถฟอล์คลิฟท์	เฉี่ยวชนพนักงาน	บาดเจ็บ	1. ตรวจสอบสภาพรถฟอล์คลิฟท์ให้อยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน 2. จำกัดความเร็วรถ 3.กำหนดเส้นทางเดินรถให้ชัดเจน 4. รถฟอล์คลิฟท์ควรมีสัญญาณเสียงและแสง ที่ชัดเจน 5. อบรมพนักงานให้มีความรู้เรื่องความปลอดภัยในการขับขี่

(5) ขั้นตอนการจัดเก็บสารเคมีและเชื้อเพลิง

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
1. พื้นที่เก็บสารเคมีต่าง ๆ (สารเคลือบ/สารเติมแต่ง)	1.1 การรั่วไหล/หกหล่น	บาดเจ็บ	1. พื้นที่จัดเก็บควรมีการระบายอากาศที่ดี 2. การเก็บสารเคมีให้เป็นระเบียบและเป็นสัดส่วนแต่ละประเภท 3. จัดให้มีป้ายติดไว้บริเวณสารเคมี 4. จัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากกันสารเคมี 5. อบรมในการใช้และเก็บสารเคมี

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
2. ห้องเก็บถังก๊าซหุงต้ม (กรณีถังเก็บและจ่ายก๊าซ)	1.1 ถังเก็บและจ่ายก๊าซไม่ได้มาตรฐาน	เกิดไฟไหม้/ระเบิด	1. ถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด เช่น มอก.945-2533 2. ถังเก็บและจ่ายก๊าซรวมทั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยต้องได้รับการตรวจความปลอดภัยตามระยะที่กำหนด (ทุก 5 ปี) 3. ถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องมีระบบฉีดน้ำเหนือผิวถัง 4. การจัดเก็บก๊าซต้องไม่เกิน 85% ของความจุถัง
	1.2 สถานที่/วิธีจัดเก็บไม่เหมาะสม	เกิดการรั่วไหล/ระเบิด	1. บริเวณที่ตั้งถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องมีรั้วโปร่งทำด้วยวัสดุทนไฟสูงไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร ล้อมรอบถังเก็บก๊าซ 2. บริเวณรั้วต้องมีทางเข้าออกอย่างน้อย 2 ทาง และต้องเป็นประตูโปร่งที่เปิดออกด้านนอก มีกุญแจชนิดที่สามารถเปิดออกจากภายในได้โดยไม่ต้องไขกุญแจและปิดประตูตลอดเวลาที่ไม่มีการปฏิบัติงาน 3. ต้องจัดเก็บให้อยู่ห่างจากแหล่งความร้อนประกายไฟไม่น้อยกว่า 3 เมตร 4. พื้นต้องเป็นวัสดุชนิดที่ทำให้เกิดประกายไฟจากการเสียดสีได้ยาก เช่น คอนกรีต 5. ต้องจัดให้มีป้าย/เครื่องหมายคำเตือนอันตรายให้มีขนาดที่เห็นได้ชัดเจน เช่น ห้ามสูบบุหรี่ ห้ามกระทำการใด ๆ ที่อาจก่อให้เกิดเปลวไฟหรือประกายไฟ และควบคุมให้พนักงานปฏิบัติอย่างเคร่งครัด 6. มีอุปกรณ์ตรวจวัดก๊าซหุงต้มกรณีก๊าซรั่วไหล
3. กรณีถังก๊าซหุงต้ม	1.1 ถังก๊าซไม่ได้มาตรฐาน	เกิดไฟไหม้/ระเบิด	1. ถังก๊าซที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.27) 2. ถังก๊าซต้องได้รับการตรวจสอบถังที่มีอายุการใช้งานครบกำหนดทุก 5 ปี
	1.2 สถานที่/วิธีการจัดเก็บไม่ถูกต้องเหมาะสม	เกิดการรั่วไหล/ระเบิด	1. บริเวณจัดเก็บต้องมีการระบายอากาศที่ดี 2. ต้องไม่ตั้งถังก๊าซหุงต้มซ้อนกัน

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
			3. ต้องมีอุปกรณ์ยึดถังก๊าซไม่ให้ถังล้ม 4. ต้องจัดเก็บให้อยู่ห่างจากแหล่งความร้อนประกายไฟไม่น้อยกว่า 3 เมตร 5. พื้นต้องเป็นวัสดุชนิดที่ทำให้เกิดประกายไฟจากการเสียดสีได้ยาก เช่น คอนกรีต
	1.3 การลำเลียงที่ไม่ถูกต้อง	บาดเจ็บ/ของเสียหาย	ในการขนย้ายถังก๊าซลงจากรถบรรทุก ห้ามมิให้นำถังลงสู่พื้นในลักษณะตกกระแทก ต้องจัดให้มีวิธีการลงจากรถอย่างปลอดภัย

(6) ระบบไฟฟ้า

จุดเสี่ยง	ลักษณะความเสี่ยง	ผลกระที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการ
1. ระบบไฟฟ้า	1.1 วัสดุอุปกรณ์/ส่วนประกอบต่าง ๆ ไม่ได้มาตรฐาน	วัสดุอุปกรณ์ชำรุด/เสื่อมสภาพได้ง่าย เป็นอันตรายต่อพนักงานอาจเกิดไฟฟ้าลัดวงจร	1. วัสดุอุปกรณ์/ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าต้องเป็นไปตามมาตรฐาน 2. มีการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าหากชำรุดให้ซ่อมแซมทันที
	1.2 แบบแปลนระบบไฟฟ้าไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง	คนงานอาจต่อสายไฟหรือ ตัดกระแสไฟฟ้าผิดพลาด	จัดให้มีแบบแปลนระบบไฟฟ้า และแสดงการติดตั้งตามความเป็นจริง
	1.3 ไม่มีการตรวจสอบระบบไฟฟ้า	เกิดอันตรายจากการปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า	จัดให้มีการตรวจสอบและรับรองความปลอดภัยของระบบฟ้าในโรงงานเป็นประจำทุกปี

กรณีตัวอย่างวิธีการ/แนวทางการจัดการสุขภาพและความปลอดภัยสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกที่มีการดำเนินงานตามหลักการการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4-37 : แนวทางการจัดการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน

ตัวอย่างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน	
หัวข้อ	หลักการ
การจัดการสุขภาพและความปลอดภัย	ตรวจสอบสภาพและบำรุงรักษาเครื่องจักร
โรงงานแห่งหนึ่ง เกิดเหตุกระแสไฟฟ้ารั่วไหลจากเครื่องจักรสู่คนงานและได้รับอันตรายในขณะที่พนักงานกำลังทำการซ่อมมอเตอร์ไฟฟ้าบริเวณเครื่องอัดกรองน้ำดิน โดยสันนิษฐานว่าอาจเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วที่สายไฟฟ้า หรือที่มอเตอร์ซึ่งเป็นโลหะ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายคนงาน ประกอบกับสภาพพื้นที่ทำงานมีลักษณะเป็นพื้นที่ที่ชื้นแฉะจึงอาจเป็นเหตุให้ลูกจ้างได้รับอันตรายจากไฟฟ้าโดยตรงได้	
แนวทางป้องกัน แก้ไข	
❖ ต้องมีการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ เครื่องจักร อย่างสม่ำเสมอ และต้องมีการตรวจวัดว่าเครื่องจักรนั้นมีกระแสไฟฟ้ารั่วหรือไม่ ❖ เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องมีสายดินที่ทำการต่ออย่างถูกต้อง ❖ ผู้ที่ปฏิบัติงานกับไฟฟ้า ต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับไฟฟ้าและอุปกรณ์นั้น ๆเป็นอย่างดี ❖ จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า และกำหนดเป็นข้อบังคับหรือระเบียบการปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ❖ อบรมให้ความรู้แก่พนักงานในเรื่องอันตรายของไฟฟ้า การช่วยเหลือหรือการปฐมพยาบาลในเบื้องต้น ❖ ปฏิบัติตามมาตรฐานการไฟฟ้า โดยการจัดทำแผนผังวงจรไฟฟ้าทั้งหมดภายในสถานประกอบการ	

4.8.1.2 การป้องกันอัคคีภัย

การป้องกันอัคคีภัยของโรงงานควรจะมีระบบป้องกันอัคคีภัยทั้งภายนอกและภายในอาคาร ควรจะมีการซ้อมดับเพลิงเป็นประจำทุกปี และมีการจัดอบรมให้พนักงานโดยเชิญผู้เชี่ยวชาญในการให้ความรู้ในหลักสูตรป้องกันอัคคีภัย ดังนี้

1) ระบบดังเพลิงภายในอาคาร ควรมีการเลือกชนิดของวัสดุให้เหมาะสมกับสารเคมีที่มีการใช้งานอยู่ เช่น เครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ระบบน้ำดับเพลิง หรือ ระบบดับเพลิงอัตโนมัติ ซึ่งจะต้องได้รับการทดสอบบำรุงรักษาอุปกรณ์เป็นประจำให้ใช้งานได้อยู่เสมอ โดยจะต้องมีการติดตั้งระบบดับเพลิงให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ และสถานที่ในการจัดเก็บวัตถุไวไฟที่มีขนาดพื้นที่มากกว่า 15 ตารางเมตร ซึ่งจะต้องมีการติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

2) เส้นทางหนีไฟ ซึ่งทางอาคารโรงงานควรต้องจัดให้มีเส้นทางหนีไฟ ดังนี้

2.1) ต้องมีทางออกฉุกเฉินไม่น้อยกว่า 2 ทาง และให้เพิ่มจำนวนทางออกเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนพนักงานเพิ่มขึ้น โดยที่ทางออกฉุกเฉินจะต้องมีสภาพพร้อมที่จะใช้หลบหนีภัยออกไปได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

2.2) ช่องทางเดินไปสู่ทางออกจะต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1 เมตร และไม่มีสิ่งกีดขวาง

2.3) ประตูทางออกฉุกเฉินต้องมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร และความสูง 2 เมตร และต้องทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

2.4) ช่องทางเดินและทางออกฉุกเฉินจะต้องมีแสงสว่างเพียงพอและต้องมีระบบแสงสว่างฉุกเฉินในกรณีที่ระบบแสงแสว่างปกติไม่สามารถใช้งานได้

2.5) มีป้ายบอกทางหนีไฟและป้ายบอกทางออกที่เห็นได้ชัดเจน

3) ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยโรงงานจะต้องมีการติดตั้งระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ให้ครอบคลุมทั่วทั้งอาคารและพื้นที่ ซึ่งอาจจะเลือกใช้แบบมือ หรือ แบบอัตโนมัติ

3.1) แบบมือ เป็นอุปกรณ์แจ้งเหตุโดยการดึง/ทุบกระจกหรือกดปุ่มสัญญาณโดยคน

3.2) แบบอัตโนมัติ เป็นอุปกรณ์แจ้งเหตุโดยมีอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ควันไฟ เปลวไฟ ที่สามารถทำการส่งสัญญาณแจ้งเตือนเหตุเพลิงไหม้โดยอัตโนมัติเพิ่มเติม

4) ภายนอกอาคารโรงงาน ควรมีการติดตั้งระบบจ่ายน้ำดับเพลิงไว้ตามจุดต่าง ๆ เช่น บริเวณจัดเก็บสารเคมีในกรณีที่มีการแยกเก็บไว้นอกอาคาร เป็นต้น โดยจะต้องมีการติดตั้งระบบน้ำดับเพลิงต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากกลที่เป็นที่ยอมรับ พร้อมทั้งต้องจัดเตรียมสำรองน้ำในปริมาณที่เพียงพอสำหรับใช้ในการดับเพลิงได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 30 นาที

5) พนักงานของโรงงานต้องได้รับการอบรมและฝึกซ้อมการป้องกัน/ระงับไฟไหม้จำนวนไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของแต่ละหน่วยงานในโรงงานเป็นประจำทุกปี

4.8.1.3 แผนฉุกเฉิน[13]

เนื่องจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุติเหตุและอุบัติภัย เช่น การเกิดเพลิงไหม้ เป็นต้น จึงจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีแผนฉุกเฉินซึ่งจะช่วยลดโอกาสการเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น และลดผลกระทบหรือความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ดังนี้

1) แผนป้องกัน เพื่อกำหนดมาตรการต่าง ๆ ป้องกันไม่ให้เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น

2) แผนระงับ เพื่อกำหนดขั้นตอนต่าง ๆ ในการแจ้งและระงับเหตุรวมถึงบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง

3) แผนบรรเทาและอพยพ เพื่อกำหนดขั้นตอนการช่วยเหลือ การอพยพ การปฐมพยาบาล และการส่งต่อผู้ได้รับบาดเจ็บ

4) แผนบรรเทาและอพยพ เพื่อกำหนดการดำเนินการที่จะฟื้นฟูสภาพความเสียหายและกำดำเนินกิจการต่อไป

นอกจากนี้ แผนฉุกเฉินยังต้องมีการกำหนดโครงสร้างองค์กร บุคลากรและหน้าที่หน่วยงานภายนอกที่เกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือ วิธีการติดต่อสื่อสารและการให้ข้อมูล ทั้งนี้เมื่อมีการจัดทำแผนฉุกเฉิน จะต้องมีการจัดให้มีการอบรมพนักงานให้เข้าใจและทราบถึงบทบาท

[13] http://www2.diw.go.th/I_Standard/index.html

หน้าที่ พร้อมทั้งจัดให้มีการซ้อมแผนฉุกเฉินเป็นประจำทุกปี โดยโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต ยังควรจัดทำแผนฉุกเฉินกรณีเกิดเพลิงไหม้และก๊าซรั่วไหลเพิ่มเติม

4.8.2 เทคโนโลยี/นวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้[14] [15]

(1) เทคนิคการป้องกันอัคคีภัยด้วยการติดตั้ง Fire Alarm System โดยระบบดับเพลิงอัตโนมัติ

Fire Alarm System คือ ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน ตรวจจับความร้อน ตรวจจับควันด้วยลำแสง ตรวจจับเปลวไฟ และตรวจจับแก๊ส เพื่อเป็นการกระตุ้นเตือนอาศัยในอาคารให้ทราบเหตุเพลิงไหม้ตั้งแต่เริ่มต้น เพื่อการดับเพลิง การขนย้ายทรัพย์สิน และหนีไฟ ตามที่มีการวางระบบไว้ โดยจะมีทั้งการแจ้งเหตุเพลิงไหม้แบบธรรมดา และแบบระบุตำแหน่งซึ่งจะเป็นการดับเพลิงแบบอัตโนมัติ

ปัจจุบันระบบอาคารและโรงงานส่วนใหญ่จะมีการใช้ระบบดับเพลิงอัตโนมัติซึ่งจะมีการใช้สารเคมีในการดับเพลิง ดังนี้

1) ระบบ FM-200 เป็นระบบดับเพลิงไหม้แบบสะอาดโดยใช้สารเคมีชนิด HFC-227ea ซึ่งสารเคมีนี้จะไม่ทำความเสียหายต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ทำอันตรายต่อมนุษย์และชั้นบรรยากาศ โดยระบบ FM-200 จะมีการติดตั้งในห้องมี่สำคัญ ๆ เช่น Computer Room, UPS Room, Power Equipment Room เป็นต้น

2) ระบบ Inergen System หรือ Clean Agent System เป็นระบบดับเพลิงอัตโนมัติที่สารเคมีประเภทก๊าซเฉื่อยในการดับเพลิงไหม้

3) ระบบ Co-System เป็นระบบดับเพลิงอัตโนมัติอีกแบบที่มีการใช้สารเคมีชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ในการดับเพลิงไหม้

นอกจากนี้ยังมีการใช้อุปกรณ์ช่วยในการตรวจจับ ดังนี้

1) อุปกรณ์ตรวจจับควัน

1.1) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอออไนเซชัน จะเหมาะกับการตรวจจับสัญญาณควันในระยะเริ่มต้นที่มีอนุภาคของควันเล็กมาก โดยจะอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางไฟฟ้าโดยใช้สารกัมมันตภาพรังสีปริมาณน้อยมากซึ่งอยู่ใน Chamber ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับอากาศที่อยู่ระหว่างขั้วบวกและลบทำให้ความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมีผลให้กระแสสามารถไหลผ่านได้โดยสะดวก เมื่อ

---

[14] http://www.orientalengineering.com/product/fm_200.php

[15] http://www.novabizz.com/CDC/System41.htm

มีอนุภาคของควันเข้ามาใน Sensing Chamber นี้อนุภาคของควันจะไปรวมตัวกับไอออนจะมีผลทำให้การไหลของกระแสลดลงด้วย ซึ่งทำให้ตัวตรวจจับควันแจ้งสถานะ Alarm ทันที

1.2) อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดโฟโต้อิเลคตริก เหมาะสำหรับใช้ตรวจจับสัญญาณควัน ในระยะที่มีอนุภาคของควันที่ใหญ่ขึ้น โดยจะอาศัยหลักการสะท้อนของแสง เมื่อมีควันเข้ามาในตัวตรวจจับควันจะไปกระทบกับแสงที่ ออกมาจาก Photometer ซึ่งไม่ได้ส่องตรงไปยังอุปกรณ์รับแสง Photo Receptor แต่แสงดังกล่าวบางส่วนจะสะท้อนอนุภาคควันและหักเหเข้าไปที่Photo Receptor ทำให้วงจรตรวจจับของตัวตรวจ จับควันส่งสัญญาณแจ้ง Alarm

2) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เป็นอุปกรณ์แจ้งอัคคีภัยอัตโนมัติ รุ่นแรกๆ มีหลายชนิด ซึ่งนับได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ราคาถูกที่สุดและมีสัญญาณหลอกน้อยที่สุดในปัจจุบัน อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่นิยมใช้กันมีดังต่อไปนี้

2.1) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ อุปกรณ์ชนิดนี้จะทำงานเมื่อมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ เปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ 10°C ใน 1 นาที ส่วนลักษณะการทำงานอากาศในส่วนด้านบนของส่วนรับความร้อนเมื่อถูกความร้อนจะขยายตัวอย่างรวดเร็วมากจนอากาศที่ขยายไม่สามารถเล็ดลอดออกมาในช่องระบาย ทำให้เกิดความดันสูงมากขึ้นและไปดันแผ่นไดอะแฟรมให้ดันขาคอนแทคแตะกัน ทำให้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนนี้ส่งสัญญาณไปยังตู้ควบคุม

2.2) อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจับอุณหภูมิคงที่ อุปกรณ์ชนิดนี้จะทำงานเมื่ออุณหภูมิของ Sensors สูงถึงจุดที่กำหนดไว้ซึ่งมีตั้งแต่ 60-150 องศาเซลเซียส โดยอาศัยหลักการของโลหะสองชนิดเมื่อถูกความร้อนแล้วมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวแตกต่างกัน เมื่อนำโลหะทั้งสองมาแนบติดกัน และให้ความร้อนจะเกิดการขยายตัวที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดบิดโค้งงอไปอีกด้านหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิลดลงก็จะคืนสู่สภาพเดิม

2.3 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดรวม อุปกรณ์ชนิดนี้รวมเอาคุณสมบัติของ Rate of Rise Heat และ Fixed Temp เข้ามาอยู่ในตัวเดียวกันเพื่อตรวจจับความร้อนที่เกิดได้ทั้งสองลักษณะ

3) อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ โดยปกติจะนำไปใช้ในบริเวณพื้นที่ อันตรายและมีความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้สูง เช่น คลังจ่ายน้ำมัน โรงงาน อุตสาหกรรม บริเวณเก็บวัสดุที่เมื่อติดไฟจะเกิดควันไม่มาก หรือบริเวณที่ง่ายต่อการ ระเบิดหรือง่ายต่อการลุกลาม อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ จะดักจับความถี่คลื่นแสงในย่านอุลตร้าไวโอเล็ท ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.18-0.36 ไมครอน ที่แผ่ออกมาจากเปลวไฟเท่านั้น แสงสว่างที่เกิดจากหลอดไฟและแสงอินฟราเรดจะไม่มีผลทำให้เกิด Fault Alarm ได้ การพิจารณาเลือกติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ ในบริเวณต่างๆ จะคำนึงเรื่องความปลอดภัยของชีวิต ความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย ในบริเวณต่างๆ และลักษณะของเพลิงที่จะเกิดเพื่อที่จะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ เหมาะสมสถานที่และไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากเกินไป

เอกสารอ้างอิงบทที่ 4

1. นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. การบำบัดน้ำเสีย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.il.mahidol.ac.th (วันที่ค้นข้อมูล: 16 มกราคม 2555)
2. อ.อัจฉรา ดวงเดือน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยใช้เปลือกไข่และเถ้าแกลบดำ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.coop.ku.ac.th (วันที่ค้นข้อมูล: 16 มกราคม 2555)
3. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.การประยุกต์ใช้ Zinc Die Casting ในการผลิตชิ้นส่วนสุขภัณฑ์.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.mtec.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 16 มกราคม 2555)
4. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. วัสดุเซรามิกชนิดคลอเดียไรต์ที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลัน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://www.mtec.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 16 มกราคม 2555)
5. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.2552.คู่มือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเซรามิก. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กรุงเทพฯ.
6. ดร.คชินท์ สายอินทวงศ์.แนวทางการกำจัดของเสียในอุตสาหกรรมเซรามิก.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://www.thaiceramicsociety.com (วันที่ค้นข้อมูล: 16 มกราคม 2555)
7. กรมโรงงานอุตสาหกรรม.2552.คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องกระเบื้องเคลือบ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
8. สถาบันเทคโนโลยีน้ำอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. การลดต้นทุนน้ำอุตสาหกรรม.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www2.diw.go.th (วันที่ค้นข้อมูล: 16 มกราคม 2555)