โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้ในการศึกษา

วิชาเครื่องปั้นดินเผา

อนันท์ อินทร์ค้ำ

A020717

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

หมู่ 950
ทะเบียน 020717
เดือน ปี ก.ค. 2536

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์เรื่อง โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้ในการศึกษา วิชาเครื่องปั้นดินเผา

ชื่อนักศึกษา นายอนันท์ อินทร์ค้ำ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ถนอม จันทร์หมื่นไวย์
อาจารย์เกษม เชาว์ดี
อาจารย์ธเนศ ภิรมย์การ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ได้ตรวจพิจารณาแล้ว เห็นชอบแล้ว จึงอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ประจำปีการศึกษา 2530

.....
รองศาสตราจารย์ดร.ปรียาพร วงค์อนุตรโรจน์)
คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร)
.....กรรมการ
(รศ.ดร.ปรียาพร วงค์อนุตรโรจน์)
.....กรรมการ
(อาจารย์อัจฉรา สืบสินชุ์สกุลไชย)
.....กรรมการ
(อาจารย์ขวัญใจ สนั่นวานิช)
.....กรรมการ
(อาจารย์ถนอม จันทร์หมื่นไวย์)
.....กรรมการ
(อาจารย์เกษม เชาว์ดี)
.....กรรมการ
(อาจารย์ธเนศ ภิรมย์การ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การศึกษาทางด้านวิชาชีพเป็นการศึกษา โดยมุ่งพัฒนาบุคคลให้มีความเชี่ยวชาญเชิงปฏิบัติงาน เสริมสร้างมาตรฐานและคุณภาพของชีวิต เพื่อเป็นกำลังพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทยต่อไป ซึ่งการศึกษาวิชาชีพนี้ วิชาเครื่องปั้นดินเผาก็เป็นส่วนหนึ่งที่ได้มีการเรียนการสอนขึ้นทั้งในระดับวิทยาเขต ตลอดจนถึงระดับวิทยาลัยต่างๆ ในประเทศไทยปัจจุบันนี้ได้มีนักวิชาการทั้งภาครัฐบาลและภาคเอกชน ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องได้เริ่มให้ความสนใจในการพัฒนาอาชีพเครื่องปั้นดินเผา ให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้นนับเป็นวิชาชีพหนึ่งที่มีรายได้ดี

สิ่งสำคัญที่สุดของการส่งเสริมการศึกษาทางด้านวิชาชีพให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในวิชาเรียนก็คือ เรื่อง "เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการศึกษาต่างๆ" ในปัจจุบันนี้ เครื่องมือและอุปกรณ์ในสถานศึกษาไม่สามารถพัฒนาให้เทียบเท่ากับในโรงงานอุตสาหกรรมได้ ถ้าหากว่าเราสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้บางส่วนการศึกษาก็จะพัฒนาไปได้อีกไกลผู้ศึกษาก็จะมีความรู้ความสามารถเป็นที่ยอมรับของสังคมมากยิ่งขึ้น

ทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นเหตุผลหนึ่งที่ผู้ทำได้เลือก "โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองในงานเครื่องปั้นดินเผาเพื่อการศึกษา" สำหรับสถาบันการศึกษาและผู้ที่สนใจ เมื่อให้ผู้ศึกษานำความรู้ที่ได้ไปประกอบอาชีพในภายภาคหน้า และเป็นการส่งเสริมการศึกษาตลอดจนเป็นการยกระดับวิชาชีพให้สูงขึ้นไป

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบในงานเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลองเพื่อการศึกษา
2. เพื่อให้ได้เครื่องบดน้ำเคลือบในงานเซรามิกที่มีความเหมาะสมในการใช้งาน
3. เพื่อให้ได้วัสดุที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน
4. เพื่อให้ระบบการทำงานของเครื่องบดน้ำเคลือบที่มีประสิทธิภาพและสะดวกรวดเร็วในการทำงาน
5. เพื่อให้ได้เครื่องบดน้ำเคลือบสามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม

ที่มาของปัญหา

การเรียนเรื่องน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา ในขั้นตอนการบดน้ำเคลือบในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองเป็นไปด้วยความล่าช้าทำให้เสียเวลา และการเรียนไม่ประสพความสำเร็จเท่าที่ควร

ปัญหาที่เกิดขึ้น

- เครื่องบดแบบเก่ามีการทำงานที่ล่าช้าทำให้ต้องเสียเวลาในการบดที่มาก
- คุณภาพของน้ำเคลือบที่บดโดยการบดแบบเดิม มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร และบางครั้งทำให้น้ำเคลือบผิดเพี้ยนได้
- ระบบการควบคุมเครื่อง ไม่ดีเท่าที่ควรทำให้ต้องดูแลตลอดเวลา
- ระบบการป้องกันความเสียหาย ของส่วนประกอบของเครื่องบดไม่ดีเท่าที่ควร
- การบำรุงรักษาทำได้โดยลำบาก
- การทำงานของเครื่องไม่มีการป้องกันที่ดี ทำให้ไม่ปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน

แนวทางในการแก้ปัญหา คือ

- นำระบบการทำงานที่มีประสิทธิภาพมาใช้
- รักษาคุณภาพของน้ำเคลือบให้สมบูรณ์ที่สุดในการทดลองแต่ละครั้ง
- นำระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพมาใช้กับเครื่องบด
- ป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องบดโดยออกแบบให้มีการป้องกันที่ดี
- ป้องกันความปลอดภัยให้กับผู้ใช้เครื่องขณะปฏิบัติงาน

ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์

- ออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองเพื่อการศึกษาที่ได้รับการออกแบบ เพื่อนำไปใช้งาน อย่างมีประสิทธิภาพ
- ออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผาในระดับอุดมศึกษา
- เป็นเครื่องบดที่ใช้ในการทดลองเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของการศึกษาข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์

- ความรู้เกี่ยวกับน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา
- หลักสูตรการศึกษาในระดับ ปวช,ปวส
- หลักการทำงานของผลิตภัณฑ์
- ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์
- ข้อมูลระบบกลไกลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินงาน

- ศึกษาปัญหาของผลิตภัณฑ์
- กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำวิทยานิพนธ์
- กำหนดแนวทางแก้ปัญหา , ขอบเขตของการศึกษาข้อมูล
- สรุปข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล
- สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการออกแบบ
- การออกแบบ, สรุปผลการวิจัย
- นำเสนอผลงานวิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการทำวิทยานิพนธ์

- เพื่อให้ได้เครื่องบดน้ำเคลือบในงานเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลองเพื่อการศึกษาที่ได้รับการออกแบบเพื่อนำไปใช้ในงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- เพื่อให้ได้เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง ที่สามารถอำนวยประโยชน์ให้กับผู้ใช้คือผู้เรียนและผู้สอนมากยิ่งขึ้น
- เพื่อช่วยให้การศึกษาทางด้านวิชาชีพมีคุณภาพและมาตรฐานที่ดี ให้เป็นที่ยอมรับและแพร่หลายในสังคม
- เพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่จำเป็นตามลักษณะอาชีพ ของผู้เรียนให้พร้อมที่จะทำงานได้
- เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจจะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ในระดับปริญญาโทและการเป็นของตัวเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลือจากท่านผู้มีอุปการคุณ ในด้านการศึกษาค้นคว้าให้คำปรึกษาด้านข้อมูลตลอดจนชี้แนวทางในการปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ซึ่งขอกล่าวขอบคุณด้วยความเคารพอย่างสูงดังนี้

บิดา มารดา พี่ๆ ทุกคน ผู้เป็นกำลังใจและกำลังทรัพย์ เพื่อมุ่งหวังให้ข้าพเจ้าประสพความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

อ.ถนอม	จันทร์หมื่นไวย์	ที่ปรึกษาด้านการออกแบบ
อ.เกษม	เชาว์ดี	ที่ปรึกษาด้านการออกแบบ
อ.ธเนศ	ภิรมย์การ	ที่ปรึกษาด้านข้อมูล
คุณกิ่งกาญจน์	รัชนีกร	ช่วยเหลือในการดำเนินงาน
คุณกฤษณ์	หวะสุวรรณ	ช่วยเหลือประสานงาน
คุณเสาวณีย์	ปัญใจแก้ว	ผู้พิมพ์วิทยานิพนธ์

เพื่อนๆ ทุกคน ที่มอบความช่วยเหลืออย่างจริงใจให้กับความสำเร็จในครั้งนี้

นายอนันท์ อินทร์ค้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ฌ-ฐ
รายการภาพประกอบ	ฑ-ด
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 คำนำ	1
1.2 เหตุผลในการเสนอวิทยานิพนธ์	2
1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	3
1.4 ที่มาของปัญหา	3
1.5 ปัญหาที่เกิดขึ้น	4
1.6 แนวทางในการแก้ปัญหา	8
1.7 ขอบเขตการศึกษาข้อมูล	9
1.8 ขอบเขตของการออกแบบ	9
1.9 วิธีการดำเนินการวิจัย	10
1.10 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์	11
บทที่ 2 การศึกษาวิทยานิพนธ์และวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 น้ำเคลือบเครื่องปั้นดำเผา	12
2.1.1 ความหมายของน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา	12
2.1.2 เหตุผลที่ต้องทำการเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา	12
2.1.3 ประวัติความเป็นมาของน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา	13
2.1.4 การจำแนกชนิดของน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา	15
2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา	24
2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.2.2 การควบคุมวัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำเคลือบ 32

2.3 การคำนวนสูตรน้ำเคลือบและวัสดุอุปกรณ์การเตรียมน้ำเคลือบ 32

2.3.1 การคำนวนน้ำเคลือบ 32

2.3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบในห้องปฏิบัติการ 58

2.2.3 การเตรียมน้ำเคลือบ 61

2.3.4 สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเคลือบ 62

2.3.5 วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์ 63

2.4 หลักสูตรการศึกษา 64

2.4.1 หลักสูตรการศึกษาในระดับ ปวช,ปวส 65

2.4.2 หลักสูตรการเรียนการสอนวิชาออกแบบเครื่องปั้นดินเผา 66

2.4.3 เวลาที่ใช้ในการเรียนวิชาออกแบบเครื่องปั้นดินเผา 69

2.4.4 ความมุ่งหมายงานเครื่องปั้นดินเผา 70

2.4.5 จำนวนผู้เข้าศึกษาในหลักสูตร 78

2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการบดและสภาพที่เหมาะสมของน้ำเคลือบ 78

2.5.1 การผสมและการบด 78

2.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการบด 81

2.5.3 หลักการทำงานของหม้อบด 83

2.5.4 ทฤษฎีของหม้อบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา 84

2.5.5 สภาพของน้ำเคลือบ 87

2.5.6 คุณสมบัติทางกายภาพของเคลือบ 94

2.5.7 การควบคุมสภาพและคุณสมบัติของน้ำเคลือบ 96

2.6 เครื่องบดน้ำเคลือบแบบเดิมและผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง 97

2.6.1 เครื่องบดน้ำเคลือบและอุปกรณ์ที่ใช้บดน้ำเคลือบขั้นทดลอง 97

2.6.2 เครื่องบดน้ำเคลือบที่ใช้ในงานจริง 102

2.6.3 ลักษณะการบดแบบต่างๆ ในงานเครื่องปั้นดินเผา 105

2.6.4 ผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง 108

2.7 พลาสติกและกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.7.1 ประเภทของพลาสติก 111
2.7.2 กรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 121
2.7.3 ประเภทการหล่อพลาสติกเม็ดและผง 122
2.7.4 ประเภทการหล่อพลาสติกเหลว 127
2.7.5 ประเภทการขึ้นรูปพลาสติกแผ่น 130
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานและรวบรวมข้อมูล 134
3.1 วิธีการดำเนินงานและรวบรวมข้อมูล 134
3.1.1 วิธีสำรวจและรวบรวมข้อมูล 134
3.1.2 แหล่งที่มาของข้อมูล 135
3.1.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 135
3.2 การศึกษาข้อมูลเพื่อการออกแบบ 136
3.2.1 ศึกษาประเภทของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง 136
3.2.2 ศึกษาขั้นตอนการทดลองสูตรน้ำเคลือบ 137
3.2.3 ศึกษาเวลาในการปฏิบัติการทดลองสูตรน้ำเคลือบ 142
3.2.4 ศึกษาปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง 143
3.2.5 ลักษณะและขนาดของแผ่นทดลองน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา 143
3.2.6 ศึกษาปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้จริงในการทดลอง 146
3.2.7 จำนวนของสูตรเคลือบที่ใช้ในการทดลอง 147
3.2.8 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องบดน้ำเคลือบภายในห้องปฏิบัติงาน 149
3.2.9 ลักษณะการบดของเครื่องบด 151
3.2.10 ระบบการทำงานของเครื่องบดน้ำเคลือบ 153
3.2.11 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับต้นกำลังของเครื่องบด 153
3.2.12 ศึกษาตำแหน่งของต้นกำลังของเครื่องบด 162
3.2.13 ศึกษาเกี่ยวกับระบบการตั้งเวลา 163
3.2.14 ลักษณะการล็อคหม้อบดน้ำเคลือบกับเครื่องบด 171
3.2.15 รูปแบบของหม้อบดน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง 172
3.2.16 ศึกษาเกี่ยวกับระบบการส่งกำลัง 173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

3.2.17 ศึกษาชิ้นส่วนในระบบการส่งกำลัง 175
3.2.18 ศึกษาเกี่ยวกับสวิทช์ควบคุม 185
3.2.19 หลักการออกแบบแผงควบคุมเครื่องจักรที่ปลดภัย 189
3.2.20 การเปลี่ยนความเร็วรอบ 189
3.3 วัสดุโครงสร้างระบบส่งกำลังและกรรมวิธีการผลิต 191
3.4 การศึกษาเกี่ยวกับสรีระศาสตร 196
3.5 กราฟฟิคสีสรรและการตกแต่งที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ 200
3.6 การศึกษาเกี่ยวกับสีสรร 201
บทที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ 207
4.1 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับต้นกำลังและระบบส่งกำลัง 207
4.2 วิเคราะห์ลักษณะการบดน้ำเคลือบ 219
4.2.1 วิเคราะห์ลูกบด 220
4.2.2 วิเคราะห์ปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้บดในขั้นทดลอง 225
4.2.3 วิเคราะห์ปริมาตรของหม้อบด 226
4.3 วิเคราะห์ระบบควบคุมเครื่องบด 234
4.3.1 วิเคราะห์การวางลำดับของสวิทช์ควบคุม 234
4.4 วิเคราะห์โครงสร้างเครื่องบดน้ำเคลือบ 240
4.4.1 วิเคราะห์สีที่ใช้กับเครื่องบด 252
4.5 สรุปผลการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบ 252
บทที่ 5 การออกแบบเครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลอง 256
5.1 การพัฒนาแนวความคิดในการออกแบบ 257
5.2 การออกแบบเครื่องในขั้นต้น 258
5.3 แบบ PRESENTATION 260
5.4 แบบ WORKING DRAWING 262
5.5 แบบหุ่นจำลอง 263
5.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 265
5.6.1 สรุปผลการวิจัย 265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

5.6.2 ข้อเสนอแนะ 267

บรรณานุกรม 268

ประวัติผู้วิจัย 269

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	กลุ่มของวัตถุดิบ	26
2	สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ	27
3	สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ	28
4	สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ	29
5	สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ	30
6	สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ	31
7	วัตถุดิบ	37
8	วัตถุดิบ	38
9	น้ำหนักล้วนผสม	39
10	วัตถุดิบ	40
11	วัตถุดิบ	41
12	น้ำหนักส่วนผสม	41
13	วัตถุดิบ	42
14	วัตถุดิบ	43
15	วัตถุดิบ	14
16	น้ำหนักส่วนผสม	46
17	วัตถุดิบ	46
18	จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ	46
19	จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ	47
20	จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ	47
21	วัตถุดิบ	48
22	จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ	49
23	จำนวนโมเลกุล	49
24	จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ	49
[illegible]	[illegible]	[illegible]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
26	น้ำหนักโมเลกุล	54
27	วัตถุดิบ	54
28	ส่วนผสมโดยน้ำหนัก	55
29	น้ำหนักโมเลกุล	55
30	วัตถุดิบ	56
31	วัตถุดิบ	56
32	น้ำหนักของส่วนผสม	57
33	ลักษณะทางกายภาพของ POLYSTYRENE	116
34	ลักษณะทางการภาพของ POLYTHYLENE	118
35	ลักษณะทางการภาพของ ABS	119
36	ลักษณะทางการภาพของ POLYTHYLENE	120
37	เปรียบเทียบคุณสมบัติมอเตอร์ 2 ชนิด	160
38	ตารางวิเคราะห์ต้นกำลัง	208
39	ตารางวิเคราะห์เลือกใช้มอเตอร์	209
40	ตารางวิเคราะห์กำลังมอเตอร์	210
41	ตารางวิเคราะห์การวางตำแหน่งของต้นกำลัง	211
42	ตารางวิเคราะห์การติดตั้งมอเตอร์	212
43	ตารางวิเคราะห์ระบบการส่งกำลัง	213
44	ตารางวิเคราะห์ลักษณะการวางตำแหน่งระบบส่งกำลัง	214
45	ตารางวิเคราะห์วัสดุโครงสร้างของระบบส่งกำลัง	215
46	ตารางวิเคราะห์การผลิตโครงสร้างระบบส่งกำลัง	216
47	ตารางวิเคราะห์ตำแหน่งสายไฟออกจากเครื่อง	217
48	ตารางวิเคราะห์ลักษณะของปลั๊กที่จะนำมาใช้	218
49	ตารางวิเคราะห์ลักษณะการบดน้ำเคลือบ	219
50	ตารางวิเคราะห์ความเร็วที่ใช้ในระบบการบด	221
51	ตารางวิเคราะห์ตำแหน่งระบบการบด	222
52	ตารางวิเคราะห์รูปทรงของหม้อบด	223

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

53 ตารางวิเคราะห์จำนวนหม้อบดที่ใช้ในการบด 224

54 ตารางวิเคราะห์ที่ป้องกันรอบระบบการบด 227

55 ตารางวิเคราะห์ระบบล็อคหม้อบดติดกับระบบการบด 228

56 ตารางวิเคราะห์ระบบการล็อคฝาครอบหม้อบด 229

57 ตารางวิเคราะห์ลักษณะการเปิดที่ป้องกันระบบการบด 230

58 ตารางวิเคราะห์วัสดุชุดล็อคหม้อบดติดกับระบบการบด 231

59 ตารางวิเคราะห์ชนิดพลาสติกที่ป้องกันระบบการบด 232

60 ตารางวิเคราะห์ระบบการผลิตพลาสติกทำหน้าที่ป้องกันระบบการบด 233

61 ตารางวิเคราะห์ระบบควบคุมเครื่องบด 234

62 ตารางวิเคราะห์การวางตำแหน่งสวิทช์ควบคุม 235

63 ตารางวิเคราะห์ระบบการตั้งเวลา 236

64 วิเคราะห์ระบบการควบคุมความเร็ว 237

65 วิเคราะห์ลักษณะการติดตั้งสวิทช์ควบคุม 239

66 วิเคราะห์โครงสร้างเครื่องบดน้ำเคลือบ 240

67 วิเคราะห์วัสดุทำโครงสร้าง 241

68 วิเคราะห์ประเภทพลาสติกที่ใช้ทำโครงสร้าง 242

69 วิเคราะห์ชนิดพลาสติกที่นำมาใช้ทำโครงสร้าง 243

70 วิเคราะห์ระบบการผลิตพลาสติกทำโครงสร้าง 244

71 วิเคราะห์ลักษณะการรองเครื่องบด 245

72 วิเคราะห์วัสดุทำยางรอง 246

73 วิเคราะห์ระบบการยึดล็อคโครงสร้าง 247

74 วิเคราะห์ขนาดและลักษณะของช่องระบายอากาศ 248

75 วิเคราะห์ตำแหน่งช่องระบายอากาศ 249

76 วิเคราะห์มือจับในการยกเครื่อง 250

77 วิเคราะห์ลักษณะการยึดต่อโครงสร้าง 251

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องบดน้ำเคลือบลักษณะการบดแบบโกร่งบด	5
2	ระบบการควบคุมเครื่อง	6
3	ลักษณะการบดแบบโกร่งบด	6
4	ชิ้นส่วนของเครื่องบดน้ำเคลือบ	7
5	ลักษณะของเครื่องบดที่ไม่มีส่วนป้องกันที่ปลอดภัย	7
6	วัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำเคลือบในห้องปฏิบัติการ	59
7	เครื่องชั่งส่วนผสม	60
8	โกร่งบดส่วนผสมวัตถุดิบ	60
9	ตะแกรงกรองน้ำเคลือบ	61
10	แสดงลักษณะเครื่องบดน้ำเคลือบ	81
11	เครื่องบดน้ำเคลือบชั้นทดลอง	97
12	แสดงลักษณะการบดแบบไม่ใช้โกร่งบด	98
13	เครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาชั้นทดลอง	99
14	โกร่งบดน้ำเคลือบ	100
15	แสดงส่วนประกอบของหม้อบดขนาดเล็ก	103
16	แสดงลักษณะของเครื่องบดขนาดเล็ก	104
17	แสดงการทำงานของลูกบด	104
18	แสดงลักษณะของการบดแบบหม้อหมุน	106
19	แสดงลักษณะการบดแบบหม้อหมุนแล้วน้ำเคลือบไหลผ่าน	106
20	แสดงลักษณะการบดแบบภายในแบ่งเป็นห้องๆ	107
21	แสดงลักษณะการบดแบบลูกบดเป็นทรงกระบอก	107
22	แสดงลักษณะการบดแบบลูกบดกลิ้งอยู่ภายในหม้อบด	108
23	แสดงลักษณะของเครื่องเขย่าสารเคมี	109
24	แสดงกลไกของเครื่องผสมสารเคมี	109
25	รูปด้านข้างระบบกลไก	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

26 วงจรไฟฟ้าของเครื่องผสมสารเคมี 110

27 แสดงการผลิตพลาสติกแบบอัดชนิด FLASH MOLD 123

28 แสดงการผลิตพลาสติกแบบอัดชนิด FULLY POSITIVE MOLD 123

29 แสดงการผลิตพลาสติกแบบอัดชนิด SEMI-POITIVE MOLD 124

30 แสดงการผลิตพลาสติกแบบอัดส่ง 126

31 แสดงการผลิตพลาสติกแบบอัดฉีด 127

32 แสดงการผลิตพลาสติกแบบหล่อเย็น 128

33 แสดงการผลิตพลาสติกแบบจุ่ม 129

34 แสดงการผลิตพลาสติกแบบเท 129

35 แสดงการผลิตพลาสติกแบบเหวี่ยง 130

36 แสดงการผลิตพลาสติกแบบอัดด้วยแม่แบบ 131

37 แสดงการผลิตพลาสติกแบบสูญญากาศ 132

38 แสดงภารผลิตพลาสติกแบบลมอัด 133

39 แสดงการชั่งส่วนผสมแต่ละอย่าง 138

40 แสดงการนำส่วนผสมที่ชั่งแล้วรวมลงในโกร่งบด 138

41 แสดงการบดผสมต่างๆ ให้เข้ากัน 139

42 แสดงการชุบน้ำเคลือบบนแผ่นทดลอง 139

43 แสดงการบันทึกรหัสสูตรน้ำเคลือบในแผ่นทดลอง 140

44 แสดงการเก็บส่วนผสมของน้ำเคลือบ 140

45 แสดงการเก็บแผ่นทดลอง 141

46 แสดงลักษณะของแผ่นทดลองแผ่นเรียบ 144

47 แสดงลักษณะและขนาดของแผ่นทดลองแบบนูน 144

48 แสดงลักษณะของแผ่นทดลองแบบนูน 145

49 แสดงจำนวนสูตรน้ำเคลือบที่ใช้ทดลองในระดับวิชาเอก 148

50 แสดงลักษณะของห้องปฏิบัติงาน 149

51 แสดงขนาดของห้องปฏิบัติงาน 150

52 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องบดน้ำเคลือบ 151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

53 แสดงการบดของเครื่องบดแต่ละชนิด 152

54 แสดงหลักเบื้องต้นของมอเตอร์ 154

55 แสดงโครงสร้างการพันลวดของดีซีชันท์มอเตอร์ 157

56 แสดงโครงสร้างการพันของดีซีเซียรี่มอเตอร์ 158

57 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในของดีซีคอมเปาน์มอเตอร์ 159

58 แสดงการจัดวางตำแหน่งต้นกำลังไว้ใต้ของเครื่องบด 162

59 แสดงการจัดวางตำแหน่งต้นกำลังไว้ด้านข้างเครื่องบด 163

60 แสดงการต่อสายวงจรภายในตัวตั้งเวลา 163

61 แสดงลักษณะตัวตั้งเวลาชนิดลบ 164

62 แสดงลักษณะตัวตั้งเวลาอิเล็คทรอนิคส์ 164

63 แสดงการล็อคแบบใช้น็อตล็อค 171

64 แสดงการล็อคแบบครอบหม้อบดทั้งหม้อ 171

65 แสดงหม้อบดทรงกระบอก 172

66 แสดงหม้อบดทรงกลม 172

67 แสดงลักษณะแบริ่งแนวรัศมี 175

68 แสดงลักษณะแบริ่งรับแรงแนวแกน 175

69 แสดงลักษณะการปรับความตึงของสายพานแบบที่ 1 183

70 แสดงลักษณะการปรับความตึงของสายพานแบบที่ 2 183

71 แสดงลักษณะการปรับความตึงของสายพานแบบที่ 3 184

72 แสดงลักษณะการปรับความตึงของสายพานแบบที่ 4 184

73 แสดงลักษณะการปรับความตึงของสายพานแบบที่ 5 184

74 แสดงลักษณะการปรับความตึงของสายพานแบบที่ 6 184

75 แสดงลักษณะสวิทช์แบบกด 187

76 แสดงลักษณะสวิทช์แบบโยก 188

77 แสดงลักษณะสวิทช์แบบเลื่อน 188

78 แสดงลักษณะสวิทช์แบบหมุน 188

79 แสดงลักษณะมู่เล่รับกำลังจากมอเตอร์ 190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

80	แสดงการจับในรูปแบบต่างๆ ของมือ	196
81	แสดงการจับหยิบในรูแบบต่างๆ ของมือ	197
82	แสดงสัดส่วนในการทำงานกับโต๊ะปฏิบัติงาน	198
83	HEAD MOVEMENT IN HORIZONIAL PLANE	199
84	HEAD MOVEMENT IN VERTICAL PLANE	199
85	เดอะแกรม การจัดวางตำแหน่งของระบบการทำงานเครื่องบด	257
86	การพัฒนาแนวความคิดในการออกแบบ	257
87	รูปแบบการพัฒนาชุดครอบหม้อบด	258
88	การออกแบบร่างครั้งที่ 1	258
89	การออกแบบร่างครั้งที่ 1	259
90	การออกแบบร่างครั้งที่ 2	259

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผา

1.1 คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผามีการขยายตัวมากขึ้นและได้รับการพัฒนาให้เป็นอุตสาหกรรมระดับประเทศโดยมีทั้งภาครัฐบาลและภาคเอกชนเป็นผู้ให้การสนับสนุน ซึ่งส่วนหนึ่งของภาครัฐที่ให้การสนับสนุนก็คือการจัดการศึกษาขึ้นในสถานศึกษาในวิชาเครื่องปั้นดินเผาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.),ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) ซึ่งเป็นการเรียน วิชาชีพเพื่อนำความรู้ความสามารถไปประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อไปในภายภาคหน้า และเป็นการตอบสนองความต้องการ บุคลากรที่มีประสิทธิภาพของหน่วยงานของรัฐ รัฐวิสาหกิจ บริษัทห้างร้านต่างๆ

การศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษาต่างๆ ในระดับ ปวช. และปวส. นับว่าแพร่หลายและได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะขยายการศึกษาในวิชานี้จนถึงระดับปริญญาตรีต่อไปเพื่อผลิตบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาโดยตรงทั้งนี้ในการจัดการศึกษาจะมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยประกอบในหลายๆ ด้าน เช่น บุคลากรผู้สอน สถานศึกษา ตัวผู้เรียน สื่อการเรียนการสอน ตลอดจน เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาต่างๆ มากมาย

ปัญหาที่สถานศึกษาประสมในการจัดการเรียนการสอนก็คือ ปัญหาเรื่องเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาขาดประสิทธิภาพและทันสมัยไม่เท่ากับเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ทำให้ประสิทธิภาพของผู้เรียนขาดมาตรฐานและไม่ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัญหาที่สำคัญควรได้รับการแก้ไขปรับปรุงให้เป็นไปในทางที่ดีขึ้นเพื่อเป็นการยกระดับการศึกษา วิชาชีพนี้ให้สูงขึ้นและเป็นการส่งเสริมการลงทุนอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาให้แพร่หลาย ตลอดจนพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศชาติให้เจริญยิ่งขึ้น

.....

(น.ศ.อนันต์ อินทร์ค้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เหตุผลในการเสนอวิทยานิพนธ์

การศึกษาทางด้านวิชาชีพเป็นการศึกษาโดยมุ่งพัฒนาบุคคลให้มีความเชี่ยวชาญเชิงปฏิบัติงานเสริมสร้างมาตรฐาน และคุณภาพชีวิตเพื่อเป็นกำลังพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมต่อไป ซึ่งการศึกษาวิชาชีพนี้วิชาเครื่องปั้นดินเผาเป็นส่วนหนึ่งที่ได้มีการเรียนการสอนขึ้น ทั้งในระดับวิทยาเขตตลอดจนถึงระดับวิทยาลัยต่างๆ ในประเทศไทย ปัจจุบันนี้ได้มีนักวิชาการทั้งภาครัฐบาล และภาคเอกชนตลอดจนผู้เกี่ยวข้องได้เริ่มให้ ความสนใจในการพัฒนาอาชีพเครื่องปั้นดินเผาให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้นนับเป็นวิชาชีพหนึ่งที่มีรายได้ดี

องค์ประกอบที่สำคัญในการศึกษาวิชาชีพเครื่องปั้นดินเผาก็คือ การศึกษาเรื่อง "น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา" ซึ่งน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผานี้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาเป็นอันมากและน้ำเคลือบนี้ก็คือ สารประกอบของซิลิเกตผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอดละลายซึ่งเราเรียกว่า ฟลักซ์ อาจจะมีออกไรด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีหรือทึบในเคลือบเมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว น้ำเคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและน้ำทนต่อการกัดกร่อนต่างๆ ทำให้เกิดความสวยงาม และง่ายต่อการดูแลรักษา ซึ่งในขั้นตอน การเตรียมต้องมีการผสมสูตรน้ำเคลือบแล้วนำมาบด สำหรับการทดลองน้ำเคลือบเพื่อค้นหาสูตรน้ำเคลือบนี้ ที่ดีจะต้องทำการทดลองสูตรเป็นจำนวนที่มากสูตรทดลองที่ต่างส่วนผสมกันไป ในการทดลองสูตรน้ำเคลือบนี้ ขั้นตอนหนึ่งที่ใช้เวลามากก็คือขั้นตอนของการบดน้ำเคลือบโดยใช้เครื่องบดน้ำเคลือบ ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ได้เล็งเห็นรูปแบบต่างๆ ของเครื่องบดน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลองน้ำเคลือบ เพื่อหาสูตรน้ำเคลือบที่มีความเหมาะสมไปใช้งาน ในการศึกษาขั้นตอนการทดลองน้ำเคลือบนี้ บางครั้งอุปกรณ์ที่มีอยู่ไม่เพียงพอกับจำนวนนักศึกษาทำให้เกิดการล่าช้าในการเรียนการสอนผู้เรียนก็จะเกิดความเบื่อหน่ายต่อวิชาในบางครั้งเครื่องบดน้ำเคลือบที่ใช้กันอยู่ยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร ลักษณะของปัญหาเหล่านี้เป็นเหตุจูงใจให้ผู้ทำวิทยานิพนธ์มีความสนใจ ที่จะเข้าไปวิจัยและแก้ปัญหา

สิ่งสำคัญที่สุดของการส่งเสริมการศึกษาทางด้านวิชาชีพให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเรียนวิชาก็คือ เรื่อง "เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการศึกษาต่างๆ" ในปัจจุบันนี้ เครื่องมือและอุปกรณ์ในสถานศึกษาไม่สามารถพัฒนาให้เทียบเท่ากับโรงงานอุตสาหกรรมได้ ถ้าหากว่าเราสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้บ้างบางส่วนการศึกษาก็จะพัฒนาได้อีกไกล ผู้ศึกษาก็จะมีความสามารถเป็นที่ยอมรับของสังคมมากยิ่งขึ้น

ทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นเหตุผลที่ผู้ทำได้เลือกโครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผาสำหรับสถาบันการศึกษาและผู้ที่สนใจเพื่อให้ผู้ศึกษานำความรู้ที่ได้ไปประกอบอาชีพในดภายภาคหน้า และเป็นการส่งเสริมการศึกษาตลอดจนเป็นการยกระดับวิชาชีพให้สูงขึ้นไป

1.3 <u>วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์</u>

1. เพื่อออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้น ทดลองที่ใช้ในการศึกษาวิชาเครื่อง ปั้นดินเผา

2. เพื่อให้ได้เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผา ที่มีความเหมาะสมในการใช้งาน

3. เพื่อให้ได้วัสดุที่ใช้ผลิตเครื่องบดน้ำเคลือบเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

4. เพื่อให้ระบบการทำงานของเครื่องบดน้ำเคลือบที่มีประสิทธิภาพ และสะดวกรวดเร็วในการทำงาน

5. เพื่อให้ได้เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้การศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผาที่ สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม

6. เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการแก่ผู้ใช้ และสังคมในด้านสุนทรีภาพ และประโยชน์ใช้สอย

1.4 <u>ที่มาของปัญหา</u>

จากการศึกษาเกี่ยวกับหลักสูตร และเนื้อหาวิชาเครื่องปั้นดินเผาในระดับอุดมศึกษาและพฤติกรรมในการทำงานของผู้เรียนและผู้สอน ตลอดจนได้ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นกับผู้ทำวิจัยเองที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา ปัญหาหลักที่พบก็คือ เรื่องวัสดุที่ไม่เพียงพอหรือขาดประสิทธิภาพในการทำงาน ที่ใช้ในการเรียนการสอน

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหาวิชาในหลักสูตรที่ผู้เรียนจะต้องเรียนก็คือเรื่องน้ำเคลือบ ในงานเครื่องปั้นดินเผาผู้เรียนจะต้องเรียกการคิดคำนวนน้ำเคลือบสูตรต่างๆ ในเชิงทฤษฎีและจะต้องเรียนการลงมือปฏิบัติงานจริง คือจะต้องนำสูตรน้ำเคลือบที่คิดคำรวณมาทำการผสมจริงในเชิงปฏิบัติผู้เรียนจะต้องผสมและทำการบดน้ำเคลือบโดยใช้เครื่องบด หรืออุปกรณ์บด เช่น โกร่งบดแล้วนำน้ำเคลือบที่บดแล้วไปเคลือบบนดินที่เตรียมไว้แล้วนำไปเผาเพื่อศึกษา และดำเนินผลต่อไป

ในขั้นตอนการบดนี้ ปัญหาที่เกิดขึ้น คือหลังจากการผสมน้ำเคลือบโดยแล้วนำมาบดด้วยโกร่งบด ขั้นตอนนี้จะทำให้เสียเวลาในการบดที่ยาวนานเพราะต้องใช้แรงคนบด ทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการทำงาน และน้ำเคลือบที่บดออกมาก็อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควรและกรณีที่ใช้เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นตอนทดลอง เครื่องบดที่มีอยู่ยังขาดประสิทธิภาพในการทำงานคือเครื่องบดมีลักษณะการทำงานเหมือนกับ การบดโดยใช้โกร่งบดโดยมีโกร่งและมีตัวบดหมุนเป็นวงกลม อยู่ภายในโกร่งเป็นตัว ผสมส่วนผสมน้ำเคลือบให้เข้ากันในการบดต้องใช้เวลาบดที่นานประมาณ 1/2 ชั่วโมง ทำให้น้ำที่เป็นตัวประสานแห้งต้องเติมน้ำอยู่ตลาด ซึ่งต้องมีผู้ดูและตลอดเวลา

จากพฤติกรรมที่ได้ศึกษามาในข้างต้น จะพบว่าการเรียนในขั้นตอนนี้ยังเกิดปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1.5 <u>ปัญหาด้านการศึกษา</u>

ศึกษาดำเนินไปได้อย่างล่าช้า เพราะต้องเสียเวลาในบางขั้นตอนมากเกินไป และก็มีจำนวนนักศึกษาที่มากและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

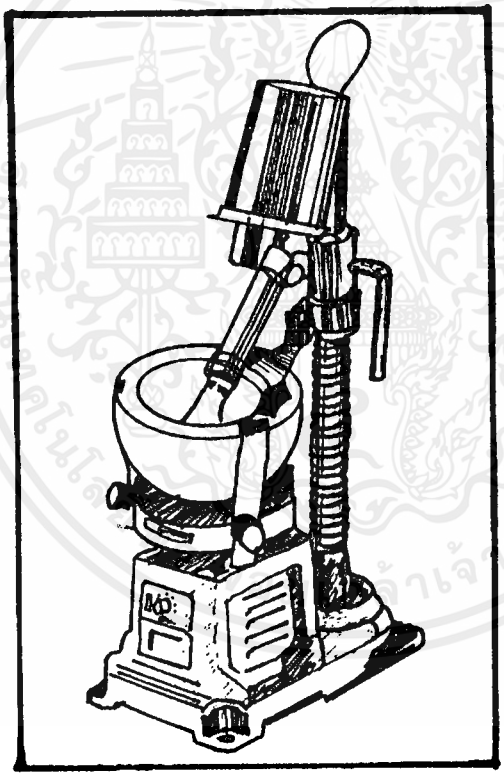
<u>ปัญหาด้านวัสดุอุปกรณ์ทางด้านการศึกษา</u>

วัสดุอุปกรณ์ทางการศึกษา ในสถาบันการศึกษาที่มีอยู่ในบางอย่างที่มีอยู่ยังขาดประสิทธิภาพหรือมีจำนวนน้อยไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษาและยังล้าสมัยเมื่อเทียบกับในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ทำให้คุณภาพของผู้เรียนไม่ถึงระดับความต้องการของตลาดแรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องบดแบบเติม

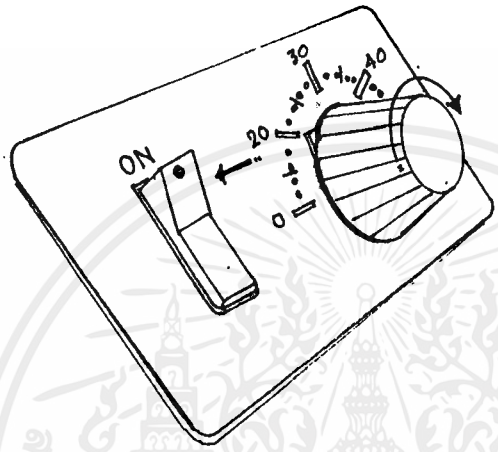
1. เครื่องบดแบบเติมมีลักษณะการบดแบบโกร่งบดโดยให้แกนบดเป็นตัวคนให้ผสมของน้ำเคลือบให้เข้ากัน ซึ่งในส่วนของโกร่งบดจะไม่มีส่วนปิดในขณะบดน้ำให้น้ำที่ผสมในส่วนผสมระเหยไปในอากาศ ทำให้ต้องคอยเติมน้ำเป็นระยะและอาจมีฝุ่นละอองจากภายนอกหรือในอากาศตลอดจนสิ่งต่างๆตกลงไปในส่วนผสมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือสูตรน้ำเคลือบผิดเพี้ยนได้



ภาพที่ 1 เครื่องบดน้ำเคลือบลักษณะการบดแบบโกร่งบด

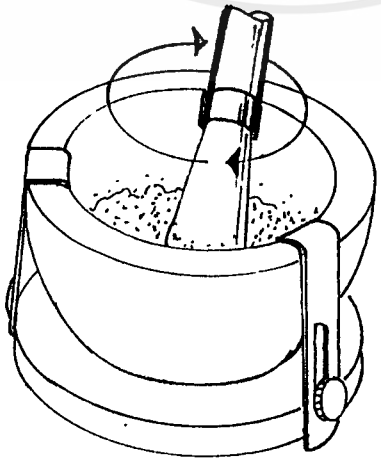
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบการควบคุมการทำงานของเครื่องมือที่มีอยู่ ไม่สามารถให้ ความสะดวกในการทำงานได้เท่าที่ควร คือเมื่อเปิดเครื่องเริ่มการบดน้ำเคลือบผู้ใช้ต้องเป็นผู้ควบคุมความเร็วในการทำงานและจับเวลาในการทำงานของเครื่องบดด้วย



ภาพที่ 2 ระบบการควบคุมเครื่องบด

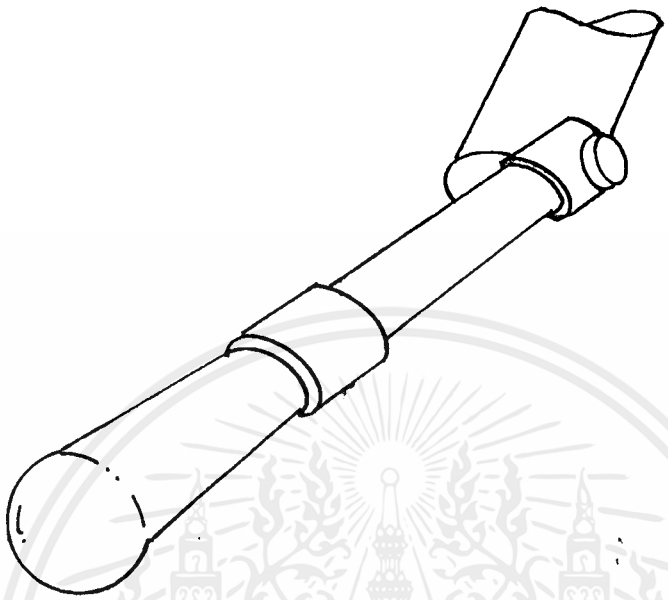
3. ระบบการทำงานของเครื่องบดแบบเก่าที่มีลักษณะของการบดแบบโกร่งบด ทำให้ต้องใช้เวลาในการบดที่นาน ทำให้เสียเวลาในการบด



ภาพที่ 3 ลักษณะการบดแบบโกร่งบด

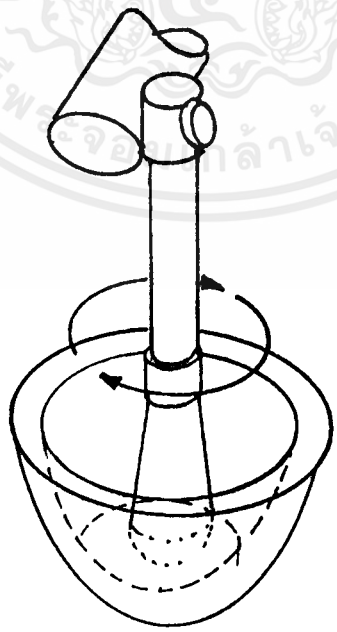
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ชิ้นส่วนในบางอย่างทำขึ้นมาใช้เฉพาะเครื่องบดอย่างเดียวทำให้ยุ่งยากในการบำรุงรักษา เพื่อชิ้นส่วนเกิดความเสียหาย



ภาพที่ 4 ชิ้นส่วนของเครื่องบดน้ำเคลือบ

6. การทำงานของเครื่องไม่มีการป้องกันที่ดีทำให้ไม่ปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 5 ลักษณะของเครื่องบดที่ไม่มีส่วนป้องกันที่ปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาด้านการผลิต

1. ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องบดบางส่วนผลิตด้วยโลหะซึ่งเกินความจำเป็นการใช้งานทำให้ยุ่งยากในการผลิตและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

2. มีชิ้นส่วนที่มากในการทำงานของระบบ การทำงานทำให้มีระบบการผลิตที่มากขั้นตอน

1.6 แนวทางการแก้ปัญหา

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ควรที่จะมีการแก้ปัญหาให้เป็นไปในทางที่ดีและมีประสิทธิภาพซึ่งจะส่งผลให้การเรียนการสอนมีคุณภาพที่ดี และเป็นการส่งเสริมกระบวนการศึกษาให้มีมาตรฐานและให้ผู้เรียนมีคุณภาพชีวิตที่ดี เพื่อเป็นกำลังพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทยต่อไป

แนวทางการแก้ปัญหาด้านการศึกษา

ลดเวลาการทำงานในบางขั้นตอนลงและให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่เรียนในแต่ละภาคเรียนทำให้การศึกษาต่อเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีคุณสมบัติที่จำเป็นตามลักษณะ อาชีพ

แนวทางการแก้ปัญหาด้านวัสดุอุปกรณ์การศึกษา

พัฒนาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ในสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพทันต่อวิวัฒนาการทางเทคโนโลยี และเพียงพอต่อจำนวนนักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่ในปัจจุบันและอนาคตเพื่อมุ่งพัฒนาบุคคลให้มีความเชี่ยวชาญเชิงปฏิบัติการ ความเจนจัดทางวิชาการ และคุณสมบัติที่จำเป็นตามลักษณะอาชีพพร้อมที่จะทำงาน

แนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องบดน้ำเคลือบ

1. ควรมีการป้องกันที่ดีในส่วนที่ใส่น้ำเคลือบในขณะที่บดน้ำเคลือบ เพื่อป้องกันมิให้น้ำเคลือบมีสิ่งต่างๆ เข้าไปเจือปนได้

2. ควรนำระบบควบคุมการทำงานของเครื่องบดน้ำเคลือบมาใช้เพื่อให้การใช้งานเป็นไปด้วยความสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ควรนำระบบการทำงานที่มีประสิทธิภาพ และสามารถช่วยประหยัดเวลาใช้ในเครื่องบดน้ำเคลือบ

4. พัฒนาลักษณะการยึดภาชนะที่ใส่น้ำเคลือบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

5. ควรออกแบบให้ชิ้นส่วนต่างๆ เป็นมาตรฐานหรือนำชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เป็นมาตรฐานในท้องตลาดนำมาใช้ เพื่อให้สะดวกในการบำรุงรักษา และซ่อมบำรุง

6. ควรมีการป้องกันความปลอดภัยจากเครื่องบดในขณะทำงานที่ดีเพื่อมิให้เกิดอุบัติเหตุต่อผู้ใช้

<u>แนวทางการแก้ปัญหาด้านการผลิต</u>

1. ควรนำวัสดุที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานมาใช้เพื่อให้ง่ายต่อการผลิตและประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต

2. ควรนำระบบการทำงานที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพเพื่อเป็นการลดชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นให้น้อยลง เพื่อทำให้ระบบการผลิตง่ายและสะดวกรวดเร็วขึ้น

1.7 <u>ขอบเขตการศึกษาข้อมูล</u>

1. เพื่อศึกษาประเภท ชนิดของเครื่องบดน้ำเคลือบในงานเครื่องปั้นดินเผาในรูป แบบต่างๆ

2. เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์ข้างเคียงกับเครื่องบดน้ำเคลือบ

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการทดลองสูตรน้ำเคลือบในลักษณะต่างๆ

4. เพื่อศึกษาพฤติกรรมหลักสูตรการเรียนการสอนและเนื้อหาวิชาเครื่องปั้นดินเผา ในระดับ ปวช.,ปวส.

5. เพื่อศึกษาสภาพการใช้งานของเครื่องบดน้ำเคลือบในสถานศึกษา

6. เพื่อศึกษาประเภทชนิดของวัสดุที่นำมาผลิตเครื่องบดน้ำเคลือบ

1.8 <u>ขอบเขตของงานออกแบบ</u>

1. ออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ออกแบบปรับปรุงเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผาในระดับการศึกษา ปวช.,ปวส.

3. เป็นเครื่องบดเพื่อใช้ในการทดลองเท่านั้น

1.9 <u>วิธีการดำเนินการวิจัย</u>

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเรื่อง
   - หลักสูตรการศึกษา
   - น้ำเคลือบในงานเครื่องปั้นดินเผา
   - พฤติกรรมการทดลองน้ำเคลือบในการศึกษา
   - ข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาทำการวิจัย
   - ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ
2. กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำวิทยานิพนธ์
3. ศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้น กำหนดแนวทางการแก้ปัญหา
4. กำหนดขอบเขตของการศึกษาข้อมูล และการออกแบบ
5. สรุปข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล
6. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เพื่อทำการออกแบบ
7. การออกแบบ
   7.1 SKEICH IDEA
   7.2 SKETCH DESIGN
   7.3 การนำเสนอผลงานการออกแบบ
      - แบบ WORKING DRAWING
      - แบบ PRESENTATION
      - MODEL
8. สรุปผลการวิจัย
9. นำเสนอผลงาน วิทยานิพนธ์ทั้งหมดต่อคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

หมายเหตุ: ทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน ปรึกษาอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.10 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์

1. เพื่อให้ได้เครื่องบดน้ำเคลือบในงานเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลอง เพื่อการศึกษาที่ได้รับการออกแบบเพื่อนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อให้ได้เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่สามารถอำนวยประโยชน์ให้กับผู้ใช้คือผู้เรียนและผู้สอนมากยิ่งขึ้น

3. เพื่อช่วยให้การศึกษาทางด้านวิชาชีพมีคุณภาพและมาตรฐานที่ดีให้เป็นที่ยอมรับและแพร่หลายในสังคม

4. เพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่จำเป็นตามลักษณะอาชีพ ของผู้เรียนให้พร้อมที่จะทำงานได้

5. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำวิชาความรู้ไปประกอบวิชาอาชีพ หรือทำกิจการเป็นของตัวเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาวิทยานิพนธ์และวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 น้ำเคลือบคืออะไร

น้ำเคลือบคือ สารประกอบของซิลเกต (Silicate) ผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย ซึ่งเราเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีหรือทึบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว น้ำเคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นและมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์

2.1.2 ทำไมต้องทำการเคลือบผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาอาจจะเคลือบหรือไม่เคลือบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ผลิตภัณฑ์บางอย่างก็ไม่ต้องการเคลือบเช่น กระถางต้นไม้ อิฐ ไส้เครื่องกรองน้ำ เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการเคลือบเพื่อให้เกิดความสวยงานให้คงทนขึ้น หรือผู้ใช้ต้องการ เช่น กระเบื้องเคลือบ แจกัน ที่เขี่ยบุหรี่ ภาชนะใส่อาหารและน้ำ เป็นต้น เมื่อใช้น้ำเคลือบลงบนผิวผลิตภัณฑ์จะเกิดประโยชน์ขึ้นหลายประการ ซึ่งพอจะรวบรวมเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

1. เพื่อป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและน้ำ คือ เมื่อมีน้ำหรือแก๊สซึมผ่านเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้เกิดเชื้อราและตะไคร่ขึ้นได้ โดยเฉพาะภาชนะใส่อาหารจำเป็นต้องเคลือบอย่างยิ่ง

2. เพื่อให้มีความแข็งแกร่งทนต่อการกัดกร่อนต่างๆ คือ ภาชนะบางชนิดที่เราผลิตขึ้นเพื่อที่จะใส่หรือบรรจุสิ่งของที่มีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง เช่น น้ำส้ม กระเทียมดอง เกลือ ฯลฯ ก็ควรจะเคลือบเพราะถ้าไม่เคลือบพวกกรดหรือด่างจะกัดกร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะจนทะลุได้

3. เพื่อให้มีความสวยงามน่าใช้ ผลิตภัณฑ์บางชนิดเมื่อเคลือบแล้วจะมีความสวยงามและน่าใช้ยิ่งขึ้น เช่น ช้อนดินเผาที่เคลือบย่อมน่าใช้กว่าที่ไม่ได้เคลือบที่เขี้ยบุหรี่ภาชนะใส่อาหารที่เคลือบย่อมมีความสวยงามและน่าใช้กว่าที่ไม่ได้เคลือบ

4. เพื่อป้องกันไม่ให้สกปรกง่ายและสะดวกในการทำความสะอาด ภาชนะบางชนิดจำเป็นต้องเคลือบ เช่น โถส้วม อ่างล้างหน้า ตลอดจนภาชนะใส่อาหารเหล่านี้ต้องทำความสะอาดอยู่เป็นประจำทุกวัน ถ้าเราไม่เคลือบจะทำความสะอาดได้อย่างยากและไม่หมดจด เพราะพื้นผิวผลิตภัณฑ์ไม่เรียบเท่าที่ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบ

5. เพื่อให้มีความทนทานต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลือบผิวก็เหมือนการเพิ่มเกราะป้องกันไว้อีกชั้นหนึ่ง

2.1.3 <u>ประวัติความเป็นมาของน้ำเคลือบ</u>

น้ำเคลือบ (Glazes) มนุษย์เราได้ค้นพบและทำกันมานานแล้วตั้งแต่โบราณก่อนคริสตกาล กล่าวกันว่าชนชาติอียิปต์เป็นผู้ค้นพบมาก่อนโดยบังเอิญในแถบทะเลทรายเป็นพวกเคลือบต่างๆ (Alkaline glazes) ซึ่งมีส่วนผสมของโซดาแอซ (Soda ash) ทราย (Sand) และดิน (Clay) สามารถเผาให้ละลายในอุณหภูมิต่ำได้แต่ภายหลังต่อมาปรากฏว่าชนชาติซีเรีย (Syrians) และบาบิโลเนี่ยน (Babylonians) ได้ค้นพบสารชนิดหนึ่งปัจจุบันเราเรียกว่า ตะกั่วซัลไฟด์ (Lead sulfide or galena) และได้นำมาทดลองทำหน้าเคลือบจนเป็นผลสำเร็จ และยังสามารถทำเป็นเคลือบสีต่างๆ ได้ด้วย โดยการเติมออกไซด์ของโลหะลงไปในน้ำเคลือบ เช่น คอปเปอร์ออกไซด์ (Copper oxide) เหล็กออกไซด์ (Iron oxide) แมงกานีสออกไซด์ (Manganese oxide) ทำให้เกิดเป็นสีต่างๆตามต้องการ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่เคลือบสีในสมัยนั้นนำไปใช้กับสิ่งก่อสร้าง เช่น กระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องประดับนับเป็นความก้าวหน้าอย่างยิ่งที่สามารถทำสีได้

ความรู้เกี่ยวกับเคลือบตะกั่ว (Lead alazes) นี้ได้เจริญแพร่หลายไปสู่ประเทศต่างๆ โดยเฉพาะประเทศจีนได้ทำเคลือบตะกั่วเช่นกัน น้ำเคลือบตะกั่วของจีนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมัยแรกๆ นิยมเคลือบหลายสีคล้ายสีรุ้ง สวยงามน่าดูมาก แต่เป็นที่น่าเสียดายในปัจจุบันสีเคลือบประเภทนี้ได้จางไปไม่เหมือนของเดิม เนื่องจากเคลือบมีความคงทนน้อยเพราะเผาที่อุณหภูมิต่ำและได้ทำกันมาเป็นเวลาหลายศตวรรษแล้ว

ต่อมาชาวจีนได้ประสบความสำเร็จเกี่ยวกับการสร้างเตาเผา (Kiln) ซึ่งสามารถเผาได้ในอุณหภูมิประมาณ 1,050 องศา - 1,200 องศา ซ. เป็นเตาเผาแบบเดินลมร้อนขนาน (Horizontal draft kiln) โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในขณะเดียวกับชาวจีนก็ได้พยายามคิดสูตรน้ำเคลือบขึ้นใหม่ ซึ่งสามารถเผาในอุณหภูมิสูงได้เป็นครั้งแรกโดยใช้ส่วนผสมของขี้เถ้า (Ashes) หินฟันม้า (Feldspar) และดิน (Clay) ในอัตราส่วนที่เท่าๆ กันทำน้ำเคลือบเป็นผลสำเร็จ

นอกจากนี้ชาวจีนยังได้พยายามศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับน้ำเคลือบต่อไป จนครั้งหนึ่งได้ค้นพบน้ำเคลือบชนิดใหม่โดยบังเอิญ น้ำเคลือบนั้น คือ น้ำเคลือบสลิป (Silp glazes) ซึ่งเป็นน้ำเคลือบที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติมีลักษณะเป็นน้ำดิน (โคลน) แต่มีส่วนผสมที่สามารถเผาให้หลอดได้ ส่วนใหญ่มักจะมีสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากมีออกไซด์ของเหล็กค่อนข้างสูง นอกจากนั้นชาวจีนยังได้ทำน้ำเคลือบหินอีก ซึ่งเป็นเคลือบไฟสูงเช่นกัน มีส่วนประกอบของหินฟันม้า (Feldspar) เป็นหลัก และประกอบด้วยหินปูน (Limestone) หินแก้ว (Quartz) เป็นเคลือบที่สวยงามมาก ให้สีขาวนวล ผลงานที่เกี่ยวกับน้ำเคลือบหินนี้ส่วนมากจีนใช้ในเคลือบผลิตภัณฑ์ได้รับการยกย่องมากเข้าขั้นยอดเยี่ยมของโลกเลยทีเดียว (master pieces) เคลือบหินนี้ส่วนมากจีนใช้เคลือบผลิตภัณฑ์พวกพอร์สเลน (Porcelain) เคลือบชนิดนี้ได้นิยมแพร่หลายมาจนถึงในปัจจุบันนี้ ซึ่งเรียกกันว่า เคลือบพอร์สเลน

การทำน้ำเคลือบในสมัยนี้เจริญก้าวหน้าขึ้นมากทีเดียว ซึ่งก็เป็นเพราะว่ามนุษย์เราชอบค้นคว้าทดลองอยู่เรื่อยๆ และเครื่องมือในการทำก็อำนวยความสะดวกมากขึ้น จะเห็นได้ว่าสามารถทำน้ำเคลือบต่างๆ ขึ้นมาเหลายชนิดและหลายสี แม้กระทั่งน้ำเคลือบสีแดงและสีส้มว่ายากแสนยากเราก็สามารถทำได้แล้ว ปัจจุบันนี้ผู้ที่นำในทางทำน้ำเคลือบเห็นอะไรจะได้แก่ประเทศญี่ปุ่นซึ่งสามารถทำเคลือบได้มากมายหลายสี แม้กระทั่งเคลือบผลึก (Crystalline Glazes) ก็สามารถทำได้สวยงามมาก และยังได้มีการผลิตน้ำเคลือบสำเร็จรูปออกจำหน่ายถึงต่างประเทศ เช่นกัน ส่วนการทำน้ำเคลือบของไทยนั้น ขณะนี้ก็ได้ดีไม่แพ้ต่างประเทศเช่นกัน แต่ที่ยังไม่แพร่หลายนักอาจจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปพ.
ว168ค
2535

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

เพราะนักวิชาการทางด้านนี้ของเรายังมีน้อย ที่มีบ้างส่วนมากก็ทำงานตามบริษัทต่างๆ ก็ซึ่งความรู้ที่มีอยู่ก็เลยเป็นความลับทางอุตสาหกรรมของบริษัทนั้นๆ ไปเลยที่มีส่งเสริมอยู่บ้างก็มี "ศูนย์วิจัยเครื่องปั้นดินเผา" ของกระทรวงอุตสาหกรรม และครู-อาจารย์ตามโรงเรียนวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยบ้าง

2.1.4 <u>การจำแนกชนิดของน้ำเคลือบ</u>

น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ดินเผามีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นมาเพื่อแบ่งหรือจำแนกชนิดของน้ำเคลือบนั้นก็มีหลายเกณฑ์ เช่น

ก. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่

- เคลือบตะกั่ว
- เคลือบเกลือ
- เคลือบบอแรกซ์
- เคลือบขี้เถ้า
- เคลือบเฟลด์สปาร์

ข. แบ่งตามลักษณะที่มองเห็น หรือตามลักษณะของผิวเคลือบ ได้แก่

- เคลือบใส
- เคลือบทึบ
- เคลือบผลึก
- เคลือบราน
- เคลือบสี
- เคลือบมันหรือเคลือบมุก

ค. แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ ได้แก่

- เคลือบพอร์สเลน
- เคลือบโบนไชนา
- เคลือบเอิรท์เทนแวร์
- เคลือบสโตนแวร์

ง. แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต ได้แก่

- เคลือบดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

~~950~~ 020717

- เคลือบฟริต

จ. แบ่งตามความทนไฟ

- เคลือบไฟสูง
- เคลือบไฟปานกลาง
- เคลือบไฟต่ำ

ฉ. แบ่งตามสถานที่มาของน้ำเคลือบ หรือผู้ทำน้ำเคลือบนั้นๆ ได้แก่

- ALBANY SLIP GLAZE
- SEPER PORCELAIN GLAZE

ช. แบ่งตามแนวคิดของนักเซรามิกส์ 2 ท่าน คือ KERL กับ BROGNIART ได้แก่

- เคลือบตะกั่ว
- เคลือบไม่มีตะกั่ว
- เคลือบเกลือ

ซ. แบ่งตามหลักวิชาการที่ตั้งขึ้นโดยนักวิชาการทางเซรามิกส์ ซึ่งแบ่งไว้ได้แก่

- เคลือบที่ไม่มีตะกั่ว
- เคลือบตะกั่ว
- เคลือบฟริต

ตามที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นการจำแนกชนิดของน้ำเคลือบโดยอาศัยหลักเกณฑ์หลายอย่างต่างๆ กัน ซึ่งต่อไปจะได้อธิบายแจกแจงรายละเอียดของเคลือบแต่ละชนิดต้งต่อไปนี้

<u>เคลือบตะกั่ว</u> (Lead glazes)

เป็นเคลือบที่มีตะกั่วออกไซด์ (Lead oxide) เป็นส่วนประกอบหลักซึ่งทำหน้าที่เป็นฟลักซ์(Flux) จะมีอยู่ในส่วนผสมของเคลือบตัวเดียวโดดๆหรือประมาณ 50% ของส่วนผสม และมี RO group ตัวอื่นๆ อยู่บ้างมีจุดสุกตัวตั้งแต่ 792 องศา ซ. (Cone 016) ถึง 1,222 องศา ซ. (Cone 6) แต่ช่วงอุณหภูมิที่นิยมทำคือที่ 1,045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศา ซ. (Cone 05) ถึง 1,120 องศา ซ. (Cone 02) ลักษณะของเคลือบจะมีความแวววาวและสะท้อนแสงได้ดี ถ้าเป็นเคลือบสีจะมีสีสดใสดีมาก และมักจะมีการรานที่ผิวเคลือบ (Grazing) มีความคงทนต่อการขัดสีน้อยกรดอ่อนๆ สามารถกัดกร่อนได้ แม้กระทั่งกรดในผลไม้ จึงไม่นิยมใช้เคลือบภาชนะที่รองรับอาหาร นิยมใช้เคลือบพวกผลิตภัณฑ์ทางศิลปะต่างๆ (Artware) กระเบื้องมุงหลังคา (Roofing tile) กระเบื้องบุผนัง (Wall tile) และอิฐโชว์ต่างๆ (Show bricks) เป็นต้น

เคลือบตะกั่วไม่มีโอกาสที่จะนำมาใช้มากนัก เนื่องจากคุณสมบัติของตะกั่วเป็นพิษมาก ต้องใช้ความระมัดระวังเรื่องการหายใจเอาฝุ่นของมันเข้าไป หรืออาจติดเข้าไปในปากหรือการหายใจเอาไอตะกั่วเข้าไปในขณะเผาแม้เคลือบที่เผาเสร็จแล้วก็ยังสามารถละลายได้ในกรดอ่อนๆ หรือในน้ำร้อนๆ ได้ ซึ่งถ้านำไปเคลือบลงบนภาชนะรองรับอาหารก็จะเป็นพิษได้เช่นกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวมานี้ จึงได้มีการค้นคิดหาทางขจัดพิษของตะกั่ว โดยเปลี่ยนตะกั่วให้เป็นแก้วไม่เป็นพิษ (Nontoxic silicate) ด้วยการทำให้ฟริต (Frit) เสียก่อน จึงนำไปผสมเป็นเคลือบ

<u>เคลือบเกลือ</u> (Salt glazes)

ชาวเยอรมันเป็นชนชาติที่มีชื่อเสียงมากในการทำเคลือบเกลือ ช่างปั้นชาวเยอรมันรู้จักการทำเคลือบเกลือมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 15 ผลิตภัณฑ์ที่ทำมีสีเทา สีน้ำตาลดำ ส่วนมากใช้เคลือบผลิตภัณฑ์พวกท่อระบายน้ำ อิฐประดับ ไหดิน และภาชนะถ้วยชาม เป็นต้น ต่อมาเคลือบชนิดนี้ได้แพร่ไปในประเทศต่างๆ ทั้งยุโรปและอเมริกาและปัจจุบันนี้ก็ยังมีการทำเคลือบชนิดนี้อยู่แม้ในประเทศญี่ปุ่นก็มีการทำกันมากเช่นกัน แต่ของไทยกลับทำกันน้อยมาก ซึ่งความจริงน่าจะทำกันให้กว้างขวางกว่านี้ เพราะเกลือที่ใช้ในการทำเคลือบนั้น ประเทศไทยเรามีอย่างมหาศาลและราคาถูกมากเกลือที่ใช้นี้ก็คือ เกลือแกง(Sodium chloride) ซึ่งมีสูตรทางเคมีว่า NACI นั่นเอง

<u>เคลือบขี้เถ้า</u> (Ash glazes)

เคลือบชนิดนี้จัดว่าเป็นเคลือบที่มีราคาถูกเช่นกัน คือเราใช้สิ่งที่ไม่มีประโยชน์แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ขึ้นมา เช่น ขี้เถ้า แกลบจากโรงสี ขี้เถ้าจากเตาหุงต้มอาหารในเรือนจำ ในหน่วยทหาร หรือในโรงเรียนประจำ ขี้เถ้าจากเตาเดี่ยวน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาลมะพร้าว หรือน้ำตาลโตนด หรือขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อย ขี้กบจากโรงเลื่อยหรือโรงงานเฟอร์นิเจอร์ หรือจากการเผาฟางข้าว ต้นอ้อ หญ้าคา เปลือกถั่วลิสง ใบหูกวาง หรือผักตบชวา เป็นต้น ขี้เถ้าของพืชเหล่านี้ล้วนแต่นำไปใช้ผสมทำน้ำเคลือบได้ทั้งนั้นถ้าเรารู้จักที่จะนำมาใช้

โดยเฉพาะผักตบชวาซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในขณะนี้ และรัฐต้องเสียงบประมาณในการปราบปรามอยู่นั้น ถ้านำเอามาทำเคลือบอย่างจริงจัง ผู้เขียนคิดว่าในอนาคตอันใกล้นี้ ผักตบชวาคงสิ้นไปจากคูคลองต่างๆ อย่างรวดเร็ว เพราะผู้เขียนเคยทำการทดลองนำขี้เถ้าผักตบชวามาผสมทำน้ำเคลือบ ซึ่งก็ได้ผลดีทีเดียว ได้สีแปลกๆ ไปกว่าพืชชนิดอื่น ทำได้หลายสีโดยไม่ต้องใส่ออกไซด์ที่ให้สี (Colorant oxides) เลยความเข้มข้นของสีขึ้นอยู่กับสัดส่วนที่ใช้ผสม จะให้สีตั้งแต่น้ำตาลเหลืองจนถึงน้ำตาลดำเหมาะสมที่จะใช้เคลือบพวกผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ (Artware)

เคลือบขี้เถ้านี้ช่างจีนรู้จักใช้กันตั้งแต่ปลายสมัยราชวงศ์ฮั่น (Han dyansty) ราวคริสต์ศักราช 220 ส่วนในประเทศไทยนั้นก็รู้จักใช้กันมานาน ย้อนขึ้นไปถึงการทำเครื่องสังคโลกสมัยกรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานี และที่อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งคงประมาณ 600-700 ปีที่แล้ว หรืออาจจะรู้จักใช้มาตั้งแต่สมัยลพบุรี คือประมาณ 1,000 ปีมาแล้วก็เป็นไปได้ ในปัจจุบันเราก็ยังใช้กันอยู่ เช่น ที่จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดราชบุรี ทางเชียงใหม่ดูจะพยายามพลิกแพลงและปรับปรุงคุณภาพของน้ำเคลือบมากกว่าทางราชบุรี ทั้งนี้เพราะใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีลักษณะและความมุ่งหมายในประโยชน์ใช้สอยต่างกัน ตลอดจนดินเหนียวที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน สัดส่วนที่ใช้ทดลองและได้ผลดีที่อุณหภูมิ 1,240 องศา ซ. Cone No.7 ดังนี้

<u>เคลือบสลิป</u> (Slip glazes)

เป็นเคลือบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เกิดในรูปลักษณะเป็นน้ำดิบ (Slip) ซึ่งในส่วนผสมนั้นเต็มไปด้วยตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) พอเพียงที่จะทำหน้าที่เป็นเคลือบได้โดยไม่ต้องไปผสมกับสารเคมีอื่นแต่อย่างใด เพียงแต่นำมาล้างและกรองเอาสิ่งเจือปนขนาดหยาบออกเท่านั้น หรือบางครั้งอาจมีการเติมสารเคมีอื่นๆลงไปในเคลือบสลิป (Silp glazes) บ้างเพื่อปรับปรุงสีหรืออุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ

เคลือบสลิปนี้ใช้ทั่วไปในสมัยยุคต้นของช่างปั้นถ้วยชามชาวอเมริกัน (American

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟริต (Frit)

เสร็จแล้วจึงนำฟริตนี้ไปผสมกับสารอื่นตามสัดส่วนทำเป็นน้ำเคลือบอีกทีหนึ่ง ฟริตที่มีหลายชนิดตามส่วนประกอบ (Frit compostion) ของผู้ผลิตมีการทำแตกต่างกันหลายชนิด ในต่างประเทศเคลือบฟริต (Frit glazes) มีขายตามท้องตลาดส่วนในบ้านเรารู้สึกว่ายังไม่มีการทำออกขายจะมีก็ทำการทดลองเล็กๆ น้อยๆ เท่านั้น เช่น ที่ศูนย์วิจัยเครื่องปั้นดินเผา ฯ เป็นต้น

เคลือบฟริตใช้กันมากในทางด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งถือว่าเป็นเคลือบมาตรฐานและเป็นเคลือบที่ทำขึ้นใช้เฉพาะเจาะจงมากกว่าใช้ทั่วๆ ไปที่สำคัญคือใช้อุณหภูมิในการเผาปานกลาง ไม่สูงเท่าเคลือบไฟสูง (Hight temperature glazes) ทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงในการเผา

<u>เคลือบดิบ</u> (Raw glazes)

เป็นเคลือบที่ใช้วัตถุดิบที่เตรียมได้จากสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น หินฟันม้า (Feldspar) หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) หินปูน (Limestone) เป็นต้นมาผสมกันแล้วนำไปบดเป็นเคลือบได้เลย โดยไม่ต้องนำวัตถุดิบตัวใดไปทำเป็นฟริต (Frit) ก่อน เพราะวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ (Non-soluble) และไม่เป็นพิษ (Non-toxic) เป็นเคลือบที่เตรียมได้ง่ายและสะดวก สามารถเตรียมเคลือบได้ทุกชนิด

<u>เคลือบไฟสูง</u> (High fire glazes)

เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเผา คือประมาณ 1,230 องศา-1,460 องศา ซ.วัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) คือ หินฟันม้า (Feldspar) และหินปูน (Whiting) เป็นต้น เนื่องจากมีส่วนผสมคล้ายกับเนื้อดินพอร์สเลน (Porcelain-body) มากและเผาที่อุณหภูมิสูง ทำให้เคลือบและเนื้อดินปั้น เชื่อมติดกันแน่นสนิท จนแทบจะเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ไม่เกิดการรานหรือการร่อนออกของเคลือบ การระเหยของเคลือบที่อุณหภูมิสูงๆ มีน้อยกว่าเคลือบชนิดอื่น เป็นเคลือบที่ไม่ละลายในตัวทำลายอื่นๆ ทนต่อกรดยกเว้นกรด (Hydrofluoricacid)(HF) ทนต่อด่างแก่ๆ แม้กระทั่ง Potassium hydroxide (KOH) และ Sodium hydroxide (NaOH) ทนต่อการขัดข่วนมีความแข็งแกร่งดี ถ้าใช้เคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ใดก็จะเพิ่มความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

stoneware potteries) ซึ่งผลิตเป็นพวกภาชนะใช้สอย เช่น ไหเก็บของ ชามถ้วยดื่มเบียร์ และเหยือก หรือใช้เคลือบผลิตภัณฑ์สโตนแวร์เคลือบสลิปที่รู้จักกันดี เช่น ในสหรัฐอเมริกาพบที่ตำบลแอลบรานี (Albrany)เรียกว่า Albrany slip glazes เป็นแหล่งที่ขุดมาใช้ในการเคลือบลูกถ้วยไฟฟ้าที่มีสีน้ำตาลดำ พวกเคลือบสลิป (Slip glazes) อื่นที่พบในแห่งต่างๆ ยังมีอีกมากมาย มีชื่อเรียกกันตามแหล่งที่พบ ในเมืองไทยเข้าใจว่าคงมีเหมือนกันแต่ยังไม่เคยได้ยินว่าที่ใดนำมาใช้ เคลือบสลิปเป็นเคลือบที่ต้องเผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูงประมาณ Cone 6- Cone 10 โดยทั่วๆ ไปแล้วส่วนผสมของเคลือบสลิปเป็นพวกสารประกอบชนิดละลายน้ำได้ (Alkaline earth compund) เกิดขึ้นในธรรมชาติ และมีเหล็กออกไซด์ผสมอยู่ในจำนวนที่แตกต่างกันออกไป ทำให้มีสีไปทางสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลแก่ ส่วนน้ำเคลือบสลิปที่มีชื่อเสียงของจีนเรียกว่า เทอมโมกุ (Termmoku) ในเคลือบมักจะเป็นจุดๆ แวววาวคล้ายหยดน้ำมัน (Oil spot) ซึ่งเป็นที่นิยมมากในสมัยราชวงศ์ซ้อง

<u>เคลือบราบ</u> (Crackle glazes)

เป็นลักษณะของเคลือบอย่างหนึ่งที่มีรอยราบบนผิวเคลือบหรือที่เรียกกันว่าแตกลายงา อาจจะเป็นการเกิดขึ้นโดยเหตุบังเอิญในขั้นต้น อันเนื่องมาจากการขยายตัวและหดตัวของผิวเคลือบกับเนื้อดินแตกต่างกัน ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งเคลือบผิวด้านและผิวมัน รอยแตกรานเป็นลายงาหรือร่างแหนั้น เราสามารถที่จะควบคุมให้เกิดขึ้นได้ โดยการดัดแปลงที่ส่วนผสมของน้ำเคลือบหรือเนื้อดินปั้นให้มีเปอร์เซนต์การขยายตัวและหดตัวต่างกันก็จะเกิดเป็นเคลือบราบได้

<u>เคลือบด้าน</u> (Mat glazes)

ลักษณะของเคลือบ คือ ผิวด้านเรียบบางครั้งผิวจะหยาบเล็กน้อย ไม่เป็นเงามัน ถ้าจะเปรียบเทียบให้ง่ายๆ คือ มีลักษณะผิวเหมือนเปลือกไข่ มีลักษณะแตกต่างจากผิวเคลือบที่ด้านอันเกิดจากการชุบเคลือบบางเกินไป หรือเผาไม่ถึงจุดสุกตัว (Underfired glaze) อยู่ในลักษณะยังดิบความด้านที่เกิดจาก 2 สาเหตุนี้ผิวจะหยาบ ถ้าสัมผัสจะรู้สึกคายมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลือบด้านนี้มี 2 ลักษณะ คือ

- เคลือบด้าน (Mat glazes) มีลักษณะด้านสนิทไม่มีเงามัน

- เคลือบที่กึ่งด้านกึ่งมัน (Semi mat glazes) ลักษณะผิวเคลือบจะมีความวาวเล็กน้อย แต่ไม่ถึงกับมันวาว

เคลือบด้านสามารถทำให้เป็นตามความต้องการได้ โดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงในเคลือบ แล้วทำให้ผิวของเคลือบด้าน เช่น

- ทำได้โดยการเพิ่มอะลูมินา (Alumina) วิธีนี้เคลือบที่ได้เรียกว่า อลูมินาแมต (Alumina mats)

- แทนฟลักซ์ (Flux) ด้วยแบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) วิธีนี้เคลือบได้เรียกกันว่าแบเรียมแมต (Barium mats) ถ้าจะให้เกิดสีก็เติมออกไซด์ที่ให้สีลงไปในเคลือบ

<u>เคลือบผลึก</u> (Crystalline glazes)

เคลือบผลึกเป็นเคลือบที่มีผลึกเกิดขึ้นในเคลือบหรือบนผิวเคลือบ ซึ่งอาจจะมีทั้งผลึกใหญ่และผลึกเล็กซึ่งมีลักษณะต่างๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวที่ทำให้เกิดผลึกช่วงเวลาในการตกผลึกและช่วงเวลาในการเย็นตัวของเคลือบ

เคลือบผลึกส่วนมากจะเป็นเคลือบที่มีการไหวตัวที่ดี เพื่อที่จะได้รูปผลึกที่สวยงามและดอกใหญ่ เคลือบจะไหลได้ดีที่สุดในช่วยที่เผายืนไฟ (Soaking) หรือช่วงที่เกิดผลึกซึ่งเป็นช่วงที่ต้องระมัดระวังมากในการเผา เนื่องจากเคลือบผลึกนี้มีการไหลตัวมากจึงมักจะทำให้ผลิตภัณฑ์และพื้นเตาเสีย ฉะนั้นเราควรป้องกันพื้นเตาไม่ให้เสียโดยควรจะใช้แผ่นรองผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น แล้วจึงไปวางบนพื้นเตาอีกทีหนึ่ง และหาอะลูกมินาผสมดินที่แผ่นรองให้หนาๆ กว่าปกติ

<u>ชนิดของเคลือบผลึก</u> เคลือบผลึกจำแนกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ คือ

1. <u>เคลือบที่มีผลึกใหญ่</u> (Macro crystalline) ได้แก่ เคลือบที่มีรูปผลึกใหญ่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 Aventurine glazes เป็นผลึกที่เกิดขึ้นในเคลือบที่มีลักษณะเป็นกลุ่มมองดูคล้ายแร่ "Cateye" ซึ่งมีทั้งกลุ่มเล็กและกลุ่มใหญ่แต่ละขนาดของผลึกมีขนาดเล็ก (Aventurine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 Crystalline glazes เป็นผลึกที่เกิดในลักษณะกระจาย บางที ก็เกิดบนผิวเคลือบ บางทีก็เกิดฝังตัวอยู่ในเคลือบ บางชนิดก็มันวาว บางชนิดก็ด้าน มีขนาดของผลึกใหญ่ (Large crystal)

2. <u>เคลือบที่มีผลึกเล็ก</u> (Micro crystalline) ได้แก่ เคลือบที่มีผลึกเล็กมาก ไม่สามารถที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องมองด้วยกล้องจุลทรรศน์ หรือแว่นขยาย เพราะผลึกชนิดนี้มีขนาดเล็กมาก ฝังอยู่ในผิวเคลือบ ได้แก่ พวกเคลือบด้าน (Mat glazes) หรือผลึกที่เกิดในเคลือบบอแรกซ์

<u>เคลือบทึบ</u> (Opaque glazes)

เคลือบทึบเป็นเคลือบที่ใช้เคลือบลงบนผิวผลิตภัณฑ์ แล้วสามารถบังเนื้อดินปั้นไว้ได้หมด คือ จะไม่เห็นสีของเนื้อดินปั้นเลย ส่วนมากใช้เคลือบพวกผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ (Stoneware) เพื่อบังผิวเนื้อดิน เนื่องจากเนื้อดินที่ใช้ทำสโตนแวร์มักจะมีสีไม่ค่อยขาว

<u>ความทึบของเคลือบเกิดจาก</u>

- องค์ประกอบบางตัวที่เป็นส่วนผสมของเคลือบมีความสามารถในการดูดซับแสงไว้ (Absorp) หรือกั้นบังมิให้แสงทะลุผ่านได้ จึงทำให้เคลือบทึบแสงมองไม่เห็นสีของเนื้อดินปั้น (Body) สารพวกนี้ได้แก่ ออกไซด์ของดีบุก (tie oxide) ออกไซด์ของพลวง (Antimony oxide) ออกไซด์ของโครเมียม (Chromic oxide) ออกไซด์ของสังกะสี (Zinc oxide) หรือส่วนผสมของสารให้สี (Colorant oxide) ที่ให้สีดำหรือสีมือทึบ

- การหักเหของแสงที่เป็นไปอย่างไม่มีระเบียบ อันเนื่องมาจากอนุภาคขององค์ประกอบของเคลือบที่อยู่ตามผิวหรือแขวนลอยอยู่ในเคลือบ

<u>เคลือบใส</u> (Clear glazes or Transperent glazes)

เป็นเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ แล้วทำหน้าที่คล้ายเป็นเพียงกระจกหรือแก้วใสฉาบติดที่ผิวผลิตภัณฑ์ มีลักษณะโปร่งใสจนมองเห็นสีของเนื้อดินปั้น (Body) คือ จะไม่ปิดบังผิวเนื้อดินปั้นเหมือนเคลือบทึบ

ส่วนมากใช้สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งใต้เคลือบ (Under glaze decoration) หรือผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งด้วยน้ำดิน (Slip) เพื่อที่จะให้มองเห็นส่วนที่ตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่งไว้ เคลือบใสนี้ไม่จำเป็นต้องไม่มีสีเสมอไป ซึ่งอาจจะมีสีได้แต่ต้องเป็นสีอ่อนๆ เช่น เขียวอ่อน จาก Ferrice oxide ไม่เกิน 3% น้ำตาลอ่อนจาก (Ferric oxide) ไม่เกิน 3% เป็นต้น

ความใสของเคลือบเกิดจากสูตรเคลือบที่ไม่มีตัวทำให้ทึบแสง เช่น ดีบุกออกไซด์ (Tin oxide) พลวงออกไซด์ (Antimony oxide) สังกะสีออกไซด์ (Zine oxide) เป็นต้น หรืออาจจะมีได้บ้างเล็กน้อย เช่น เคลือบใสที่ 1,230 องศา ซ. (Cone 6)

<u>เคลือบประกายมุก</u> (Luser glazes)

เคลือบประกายมุกนี้เป็นเคลือบที่มีผิวเป็นมันแววววาวมาก มีประกายคล้ายหอยมุกเมื่อใส่สารที่ให้สี (Colorants) เช่น นิกเกิลออกไซด์ (Nio) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) จะได้เคลือบที่มีสีลักษณะเฉพาะที่สวยงามมาก เหมาะสำหรับใช้ตกแต่งเพื่อเพิ่มความงามให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องประดับ เช่นกระเบื้อง ประดับแจกันเครื่องประดับกาย เป็นต้น แต่ไม่เหมาะที่จะใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทภาชนะใส่อาหาร เพราะในส่วนผสมของเคลือบประกายมุกนี้มีสารตะกั่วผสมอยู่มาก

<u>เคลือบฟริต</u> (Frit glazes)

เคลือบฟริตนี้จะทำต่อเมื่อส่วนผสมของสูตรเคลือบที่จะใช้มีส่วนผสมของสารที่สามารถละลายน้ำได้คือพวก Alkaline fluxs ได้แก่ พวกบอแรกซ์ (Borax) หรือพวกโซเดียมคาร์บอเนท (Soda ash) หรือส่วนผสมเป็นสารที่มีพิษ คือ สารพวกตะกั่ว (Lead) เราทำฟริตก็เพื่อทำให้สารที่ละลายน้ำ (Soluble) ได้เป็นสารไม่ละลายน้ำ (Non soluble) และสารที่เป็นพิษ (Toxic) ไม่ให้มีพิษ (Non toxic) ฟริตมีลักษณะเป็นแก้วหลอมบดละเอียด เกิดจากสารตะกั่ว (Lead) หรือฟลักซ์ที่ละลายน้ำได้ (Alkaline fluxs) ได้แก่พวกบอแรกซ์ (Borax) หรือพวกโซเดียมคาร์บอเนต (Soda ash) ผสมกับซิลิกา (Silica) และอะลูมินา (Alumina) เล็กน้อยนำไปหลอมละลายในเบ้าหลอมฟริต (ดูภาพ 5) เมื่อหลอมละลายจนกลายสภาพเป็นของเหลวส่วนที่เหลวจะไหลลงสู่ภาชนะที่บรรจุน้ำเย็น จับตัวกันเป็นผลึกเหมือนก้อนแก้วแตกๆ (แต่เปราะบดง่าย) แล้วจึงนำมาบดให้ละเอียดด้วยหม้อบด (Ball mill) เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกร่งในผลิตภัณฑ์นั้นๆ นิยมใช้เคลือบผลิตภัณฑ์พอร์สเลนและสโตนแวร์ มีทั้งชนิดด้านและมันวาว

เคลือบไฟปานกลาง (Intermediate fire glazes)

เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำกว่า 1,000 องศา ซ.-1,230 องศา ซ. ส่วนมากใช้เคลือบผลิตภัณฑ์พวกเอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware) โบนไชนา (Bonechina) ซึ่งผลิตภัณฑ์พวกนี้จะมีความแข็งแกร่งน้อยกว่าพวกเคลือบไฟสูง

เคลือบไฟต่ำ (Low fire glazes)

เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำกว่า 1,000 องศา ซ. วัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวช่วยหลอม (Flux) ส่วนมากเป็นพวกตะกั่ว (Lead) และบอแรกซ์ (Borax) เนื่องจากเผาที่อุณหภูมิต่ำจึงมักจะมีการรานที่ผิวเคลือบ เนื้อเคลือบมีความแข็งน้อย ทำให้ไม่คงทนต่อการขีดข่วน และไม่ทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่างแต่ผิวเคลือบมักจะมีความแวววาวและสีสดสวยดี การเผาจะต้องระวังมาก เพราะเคลือบส่วนมากมักจะมีการไหลตัว (Fluidity) ที่ดีมักใช้เคลือบพวกผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ (Artware) กระเบื้องต่างๆ ที่ใช้ตามวัดโบสถ์ เป็นต้น

เคลือบบริสตอล (Bristol glazes)

เป็นเคลือบที่ใช้อุณหภูมิกลางๆ ประมาณ Cone 2 ถึง Cone 6 ขึ้นอยู่กับสังกะสีออกไซด์ (Zinc oxide) ซึ่งเป็นฟลักซ์ตัวสำคัญเคลือบชนิดนี้ดัดแปลงปรับปรุงขึ้นในอังกฤษเพื่อนำมาใช้แทนเคลือบตะกั่ว เพราะว่าตะกั่วเป็นสารมีพิษ เคลือบจะมีการไหลตัวดีให้สีสดใสไม่แพ้ตะกั่วโดยเฉพาะสีเขียวจากทองแดงออกไซด์ (Copper oxide) และสีน้ำเงินจากโคบอลด์ออกไซด์ (Cobalt oxide) แต่ลักษณะของเคลือบบริสตอลจะมีความขุ่นทึบเนื่องจากมีสังกะสีออกไซด์สูง (High zinc) มักนิยมใช้เคลือบเพื่อปิดบังผิวของเนื้อสโตนแวร์ (Stoneware) และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีเนื้อดินปั้น (Body) ไม่ขาว

2.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ

วัตถุดิบที่ใช้ทางเซรามิคนั้นมีมากมายหลายชนิด ส่วนมากมักเป็นสารประ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กอบที่ซับซ้อน และมักมีสิ่งสกปรกเจือปนนอกเหนือจากส่วนประกอบหลักน้อยมักที่จะเป็นออกไซด์ที่บริสุทธิ์ ดังนั้นในการทำน้ำเคลือบที่มากกว่าหนึ่งครั้ง โดยใช้วัตถุดิบอย่างเดียวกันจำนวนเท่ากัน แต่ซื้อจากแหล่งต่างกัน อาจจะได้สีเคลือบที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของสารนั้นๆ และกรรมวิธีในการผลิตด้วย

วัตถุดิบทางเคมีที่ใช้ในทางเซรามิค ส่วนมากนิยมใช้ในรูปของเคลืองของสารนั้นเช่น แคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCo_3$) แบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) โปแตสเซียมคาร์บอเนต ($K_2\ CO_3$) เป็นต้น วัตถุดิบที่นี้ถ้าจัดเป็นเกรดแล้วพอจะแบ่งได้เป็น 2 เกรด คือ Commercial grade เป็นสารที่ไม่ค่อยบริสุทธิ์หรือที่เรียกว่าเกรดทางการค้าซึ่งในอุตสาหกรรมเซรามิคให้ใช้เกรดนี้และ Lap grad เป็นสารบริสุทธิ์ใช้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์มีราคาแพงกว่า Commercial grade ถึงแม้ว่าวัตถุดิบที่ใช้มีมากมายหลายชนิดก็ตาม แต่ถ้าเราจัดแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีแล้วพอจะแบ่งแยกออกได้เป็น 3 กรุ๊ฟ คือ

1. <u>Bases group</u> เป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นด่างเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลาย (Fluxing agents) ในทางเซรามิคใช้สัญญลักษณ์ RO และ R_2O เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ซึ่งได้แก่ พวกตะกั่วออกไซด์ (PbO) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ลิเธียมออกไซด์ (Li_2O) สตรอมเธียมออกไซด์ (SrO) เป็นต้น

2. <u>Intermediats of Neutral group</u> เป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลางที่ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ (Refractory) และตัวให้สี (Colorants) ในทางเซรามิคใช้สัญญลักษณ์ R_2O เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ได้แก่ พลวงออกไซด์ (Sb_2O_3) อลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) โบรอนออกไซด์ (B_2O_3) เป็นต้น

3. <u>Acids group</u> เป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรดทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว (Glass forning) และทำให้ทึบในเคลือบใน (Opacifier) ในทางเซรามิกส์ใช้สัญญลักษณ์เขียนแทนวัตถุดิบกลุ่มนี้ ซึ่งได้แก่พวก ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) ทิตาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 กลุ่มของวัตถุดิบ

กลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง	กลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง	กลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นกรด
PbO	Al_2O_3	SiO_2
BaO	Fe_2O_3	SnO_2
CaO	Cr_2O_3	TiO_2
MgO	Sb_2O_3	ZrO_2
ZnO	B_2O_3	
SrO		
K_2O		
Na_2O		
Li_2O		

น้ำเคลือบมีความสำคัญในการเผาเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะส่วนผสมของสารเคมีที่นำมาผสมเป็นน้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ น้ำเคลือบที่ผสมขึ้นดังกล่าวจะมีผลต่อเนื่องไปถึงการควบคุมไฟและอุณหภูมิเวลาเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ แต่ก่อนจะรู้จักสูตรน้ำเคลือบหรือสารเคมีที่ใช้เคลือบ ต้องศึกษาสิ่งต่อไปนี้ให้ดีเสียก่อน สิ่งเหล่านั้นได้แก่

1. ชื่อสารเคมีที่เรียกกันทั่วไป (common name)
2. ชื่อสารเคมีที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์ (chemical name)
3. สัญลักษณ์ของธาตุประกอบสาร (formula)
4. น้ำหนักสมมูล (equivalent weight)
5. สัญลักษณ์ของธาตุประกอบสาร ที่ผ่านกระบวนการเผาไหม้ทางกายภาพ (fired formula) ซึ่งจะศึกษาได้จากตารางข้างท้ายที่ให้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ

ชื่อสามัญทั่วไป common name	ชื่อวิทยาศาสตร์ chemical name	สัญลักษณ์ประกอบธาตุ formula	น้ำหนักสมมูล equivalent weight	สัญลักษณ์ผ่านกระบวนการเผา fired formula
alumina	aluminium hydroxide	$Al_2(OH)_6$	156	Al_2O_3
antimony	antimony oxide	Sb_2O_3	292	Sb_2O_3
barium carbonate	barium carbonate	$BaCO_3$	197	BaO
bone ash	calcium phosphate	$Ca_3(PO_4)_2$	103	CaO
borax	sodium tetraborate	$Na_2B_4O_710H_2O$	382	$Na_2O.2B_2O_3$
boric acid	boric acid	H_3BO_3	124	B_2O_3
calcite	calcium carbonate (whiting)	$Ca\ CO_3$	100	CaO
chaina clay, kaolin	hydrous alumina-silicate	$AL_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	258	$Al_2O_3.2SiO_2$
chrome oxide chromic oxide	chromiun oxide	Cr_2O_3	258	Cr_2O_3

ตารางที่ 3 สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ

ชื่อสามัญทั่วไป common name.	ชื่อวิทยาศาสตร์ chemical name	สัญลักษณ์ประกอบธาตุ formula	น้ำหนักสมมูล equivalent weight	สัญลักษณ์ผ่านกระบวนการเผา fired formula
cobalt oxide (black)	cobalto-cobaltio oxide	CO_3O_4	80	CoO
cobalt blue	cabaltous oxide	$CO(ALO_2)2$	80	CoO
cobalt oxide	cabaltic-oxide	Co_2O_3	166	CoO
colemanite	calcium borate	$Ca_2B_6O_{11}5H_2O$	206	$2CaO.3B_2O_3$
copper oxide (red)	cuprous oxide	Cu_2O	72	CuO
copper oxide (green)	cupric oxide	CuO	80	CuO
cryolite	cryolite	Na_3AiF_6	420	$3Na_2O.Al_2O_3$
dolomite	calcium magmesium carbonate	$Ca\ CO_3MgCO_3$ or $Ca\ Mg\ (CO_3)_2$	184	CaO MgO
feldspar soda (albite)	sodium silica sluminate	$Na_2O:Al_2O_3:SiO_2$	524	$Na_2O.Al_2O_3:SiO_2$

ตารางที่ 4 สารส่วผสมของน้ำเคลือบ

ชื่อสามัญทั่วไป common name	ชื่อวิทยาศาสตร์ chemical name	สัญลักษณ์ประกอบธาตุ formula	น้ำหนักสมมูล equivalent weight	สัญลักษณ์ผ่านกระบวนการเผา fired formula
feldspar potash (crthoelase)	potassium aluminum-silicates	$KAlSi_3O_8$	557	$K_2O:Al_2O_3.6SiO_2$
flint quartz silica	silica	SiO_2	60	SiO_2
fluorspar	calcium fluorite	CaF_2	78	CaF
imenite	ferrous titanate	$FeO\ TiO_2$		
iron oxide (red)	ferric oxide	Fe_2O_3	160	Fe_2O_3
iron scale	ferro-ferric oxide	$FeO\ Fe_2O_2 or Fe_3O_4$		
litharge (yellow)	lead oxide lead monoxide	PbO	223	PbO
lepidolite (lithiamica)	lithium aluminum silicate	$K_2Li_3AL_4Si_7O_{21}(oH,F)_3$	356	$LiF.KF.Al_2O_3.3SiO_2$
lithium carbonate	lithium carbonate	Li_2CO_3	74	Li_2O
magnesia	magnesium oxide	MgO	40	MgO

ตารางที่ 5. สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ

ชื่อสามัญทั่วไป common name	ชื่อวิทยาศาสตร์ chemical name	สัญลักษณ์ประกอบธาตุ formula	น้ำหนักสมมูล equivalent weight	สัญลักษณ์ผ่านกระบวนการเผา fired formula
magnesite	magnesium carbonate	$MgCO_3$	84	MgO
manganese dioxide (black)	manganese dioxide	MnO_2	87	MnO
nepheline syenite	asilicate of soda potash and alumina	$(Na,K)(Al,Si)_2O_4$	477	IRO.I.04 Al_2O_3.4.53 SiO_2
nickel oxide (green grey)	nickelous oxide nickel protoxide	NiO	75	NiO
nickel oxide (black)	nickel peroxide nickel sesquioxide nickelic oxide	Ni_2O_3	83	NiO
nitre, saltpeter niter	potassium nitrate	KNO_3	91	KNO_3
peral ash potash	potassium corbonate	K_2CO_3orK_2CO_3 $1^1/_2$ H_2O	138	K_2O
petalite	lithium aluminum silicate	$Li_2O.Al_2O_3.8SiO_2$	197	$Li_2O.Al_2O_3.8SiO_2$

ตารางที่ 6 สารส่วนผสมของน้ำเคลือบ

ชื่อสามัญทั่วไป common name	ชื่อวิทยาศาสตร์ chemical name	สัญลักษณ์ประกอบธาตุ formula	น้ำหนักสมมูล equivalent weight	สัญลักษณ์ผ่านกระบวนการเผา fired formula
pyrolusite(black)	managanese dioxide	MnO_2	87	MnO
red lead (red) minium	triplumbic tetroxide or plumboplumbic oxide	Pb_3O_4	228	PbO
rutile,titanic oxide, titania, titanium white	titanium dioxide	TiO_2	80	TiO_2
soda ash	sodium carbonate	Na_2CO_3	106	Na_2O
spodumene	lithium aluminum silicate	$LiAL\ (SiO_2)_3$	372	$Li_2O.Al_2O_3.4SiO_2$
talc(steatite) talcum, mineral	magnesium silicate	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ or $3MgO.4Si_2.H_2O$	126	$3MgO.4SiO_2$
graphite				
tin oxide(stannic)	tin oxide, tin protoxide	SnO	151	SnO
whiting	calcium carbonate	$CaCO_3$	100	CaO
zinc oxide (chinese white)	zinc oxide	ZnO	81	ZnO

2.2.2 <u>การควบคุมวัตถุดิบ</u>

ในการเตรียมน้ำเคลือบควรจะต้องรู้อย่างแน่นนอนว่า วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเคลือบแต่ละชุดที่ได้รับเข้ามาในโรงงานนั้น จะทำให้เคลือบมีคุณสมบัติอย่างไรบ้าง การทดสอบวัตถุดิบที่จำเป็นประจำก็คือ การวิเคราะห์ทางเคมี วิเคราะห์มากโดยใช้ตะแกรงร่อน และการหาปริมาณของขนาดที่ตะแกรงร่อนไม่สามารถหาได้ ความสามารถในการหลอม การหดตัว สีและสิ่งสกปรกเจือปน

การที่จะบอกได้ว่าวัตถุดิบจะทำให้เคลือบมีคุณสมบัติอย่างไรนั้น วิธีที่ดีที่สุดก็คือ นำส่วนผสมไปให้แผ่นส่วนผสมของเคลือบพื้นฐาน และตรวจดูผลที่ได้ การทดสอบเช่นนี้จะบอกเราได้ว่าวัตถุดิบชนิดนั้นสามารถใช้ได้ตามอัตราส่วนที่เคยใช้หรือไม่ หรืออาจจะต้องมีการปรับปรุงตามสมควร หรือถ้าได้ผลแตกต่างไปจากเดิมมากก็อาจจะไม่ยอมรับวัตถุดิบชนิดนั้นเลย

2.3.1 <u>การคำนวณน้ำเคลือบ</u>

<u>ชนิดของสูตรเคลือบ</u>

สูตรน้ำเคลือบที่พบอยู่เสมอและใช้กันอยู่ทั่วๆ ไปมีหลายรูปแบบ ได้แก่

1. <u>สูตรที่บอกเป็นร้อยละของส่วนผสม</u> เช่น

สูตรเคลือบใสที่อุณหภูมิ Cone 6-7

โพแทชเฟลด์ปาร์ (Potash feldspar)	33.87%
หินปูน (Limestone)	13.37%
ดินขาว (Kaolin)	9.40%
ควอรตซ์ (Quartz)	39.36%
สังกะสีออกไซด์ (Zinc oxide)	4.00%
	100.00%

(สูตรนี้ผู้เขียนได้ทำการทดลองแล้วและได้ผลดี)

ถ้าหากว่าไปเห็นสูตรที่มีลักษณะอย่างนี้ที่ไหนก็นำมาใช้ได้เลย โดยไม่ต้องนำมาคิดอะไรทั้งสิ้น แต่อาจจะได้ผลผิดเพี้ยนไปจากเดิมบ้าง เนื่องจากวัตถุดิบมาจากแหล่งต่างกัน สูตรเคลือบทั่วๆ ไปมักนิยมคำนวณออกมาคำนวณเป็นร้อยละ เพื่อความสะดวกในการเทียบอัตราส่วนในการเตรียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สูตรที่บอกเป็นส่วนผสม (Recipes) เช่น

สูตรเคลือบใสที่อุณหภูมิ Cone 7

โพแทชเฟลด์สปาร์ (Potash feldspar)	172.6 g
ไวติง (Whiting)	29.4 g
แมกนีเซียมคาร์บอเนต (Magnesium carbonate)	16.0 g
แบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate)	38.8 g
ดินขาว (Kaolin)	18.6 g
ฟลินซ์ (Flint)	69.6 g
Formula batch weight	345.0 g

ผลรวมของส่วนผสมของสูตรเคลือบ 1 สูตร เราเรียกว่า Formula batch weight "Batch" หมายถึงสูตรน้ำเคลือบที่เป็นวัตถุดิบตามธรรมชาติ (ดังตัวอย่างใน 2)

3. สูตรที่บอกเป็นเอมพิริคัล (Empirical formula) เช่น

$0.20\ K_2O$

$0.70\ CaO \qquad 0.40\ Al_2O \qquad 3.50\ SiO$

$0.10\ MgO$

ซึ่งสูตรที่บอกเป็นเอมพิริคัลนี้จะบอกจำนวนโมเลกุลของออกไซด์ต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสม เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้นำไปใช้สามารถหาวัตถุดิบได้อย่างอิสระ หรือเท่าที่มีอยู่ซึ่งไม่จำกัดเหมือน 2 วิธีแรก เพียงแต่ให้มีส่วนประกอบทางเคมีครบก็ใช้ได้ เช่น จากสูตรตัวอย่างจะเห็นว่าทั้งแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ซึ่งสารทั้งสองอย่างนี้เราสามารถใช้โดโลไมต์ (Dolomite) แทนได้บางส่วนเป็นต้น

การเขียนสูตรแบบเอมพิริคัลจะเขียนเป็น 3 กลุ่ม ด้วยกันคือ

กลุ่มแรก จะเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (RO, R_2O group) จำนวนโมเลกุลของสารในกลุ่มนี้เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับ 1.00 เสมอ เพื่อสะดวกในการเทียบอัตราส่วน

กลุ่มกลาง จะเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (RO_2group)(สารพวกกลุ่มต่างๆ ดูรายละเอียดในเรื่องวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเคลือบ)

ในเมื่อเราทราบสูตรเอมพิริคัล (Empirical formula) เราก็สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะคำนวณหาส่วนผสมของเคลือบจากสูตรนั้นได้แต่ก่อนที่จะลงมือคำนวณเราจำเป็นต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งต่อไปนี้

1. ต้องรู้สัญลักษณ์ทางเคมีของธาตุหรือสารประกอบ

2. ต้องรู้ว่าธาตุหรือสารประกอบนั้นๆ มีอยู่ในสารประกอบหรือวัตถุดิบตัวใด

3. ต้องดูตารางแสดงน้ำหนักโมเลกุล (Molecutar weight) ของวัตถุดิบเป็น (ตารางธาตุ)

4. ต้องมีความรู้เกี่ยวกับคำต่างๆ ต่อไปนี้

4.1 น้ำหนักโมเลกุล (Molecular or formula weight) หมายถึง น้ำหนักของสารประกอบทางเคมี 1 โมเลกุล หรือเท่ากับน้ำหนักของจำนวนอะตอม 1 โมเลกุล

ค่าอันนี้เราจะดูได้จากตารางธาตุหรือจากการคำนวณเอาก็ได้ แต่ในการคำนวณทางเซรามิกส์แล้วส่วนมากจะเปิดดูในตารางธาตุ

<u>ตัวอย่าง 1</u> การหาค่า Molecurlar weight ของโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)

M.W. = 2 K + O

K – เปิดดูในตารางธาตุ จะมีน้ำหนักอะตอม 39...096

O – เปิดดูในตารางธาตุ จะมีน้ำหนักอะตอม 16

แทนค่า M.W. = 2(39.096+1(16))

= 78.192+16

M.W. ของ K_2O = 94.192

<u>ตัวอย่าง 2</u> การหา Molecuralar weight ของดิน

(Clay) $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$

M.W. = 2(A1)+3(0)+2(si)+2(0)+2 2(H)+(O)

= 2(26.97)+3(16)+2 2.06+2(16)+2 2(1.008)+16

= 53.94+48+2(28.06+32)+2(2.016)+16

= 53.94+4+120.12+36.032

= 258.092

M.W ของ Clay ($Al_2O_3.2siO_2.2H_2O$)จะเท่ากับ 258.092 ซึ่งตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับในตารางที่เขียนไว้ 258.1

4.2 น้ำหนักสมมูล Equivalent weight หมายถึงน้ำหนักของสารใดๆ ที่ให้ 1 Molecular weight หรือ 1 Formula weight ของสารที่ต้องการเช่น

ตัวอย่าง 1 จงหา Equivalent weight ของ Borax ที่ให้ 1 Molecular weight ของ Na_2O

ก่อนอื่นต้องทราบก่อนว่าบอแรกซ์มีสูตรว่าอย่างไร

สูตรของบอแรกซ์ คือ $Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$

ต่อไปเปิดตูน้ำหนักโมเลกุลจากตารางจะได้ผลต่อไปนี้

Na_2O = 62.0

B_2O_3 = 69.6

H_2O = 18.016

แทนค่าในสูตร = 62+2(69.6)+10(1.016)

= 62+139.2+180.16

= 381.4

Equi.wt.ของบอแรกซ์ที่ให้ 1 Mole.wt. ของ Na_2 ก็คือ 381.4

ตัวอย่าง 2 จงหา Equi.wt. ของบอแรกซ์ที่ให้ 1 Mole.wt.ของ B_2O_3

สูตรของบอแรกซ์ คือ $Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$

ซึ่งให้ 2 Mole.wt.ของ B_2O_3 แต่เราต้องการ B_2O_3 เพียง 1 Mole.wt. เท่านั้น Equi.wt. ของบอแรกซ์ที่ให้ 1 Mole.wt. ของ B_2O_3

$= Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$

$= \frac{381.4}{2}$

$= 190.7$

4.3 น้ำหนักของสูตรเคลือบ 1 สูตร Formula batch weight) เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ส่วนผสมของเคลือบสูตรหนึ่งมีดังนี้

K_2O	28.3
CaO	16.8
BaO	30.7
MgO	8.1
Al_2O_3	35.7
SiO_2	192.3
	311.9

4.4 ส่วนผสมของเคลือบที่เป็นวัตถุดิบ (Recipe) ส่วนมากจะมีหน่วยเป็นกรัม กิโลกรัม

4.5 ส่วนผสมที่เป็นผลวิเคราะห์ทางเคมี (Composition) ส่วนมากนิยมออกมาเป็นเปอร์เซนต์

เมื่อมีความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่กล่าวมานี้ ต่อไปก็จะได้กล่าวถึงวิธีคำนวณหาส่วนผสมของเคลือบจากสูตรเอมพิริคัล (Empirical formula)

การคำนวณสูตรเอมพิริคัลเป็นน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบ

ตัวอย่าง 1 จากสูตร Empirical formula ต่อไปนี้

จงคำนวณหาเปอร์เซนต์ส่วนรวม

0.3 K_2O 0.5 Al_2O_3 4.0 SiO_2

0.7 CaO

ก่อนอื่นขอแนะนำ เทคนิคการนำวัตถุดิบมาใช้ก่อนดังนี้

1. ถ้ามีฟลักซ์พวกแอคคาไลน์ (Na_2 หรือ K_2O) อยู่ด้วยพยายามใช้ในรูปของโซดาเฟรด์สปาร์ (Soda Feldspar) หรือ โพแทชเฟลด์สปาร์ (Potash feldspar)ให้มากที่สุดเพราะสารชนิดนี้มีราคาถูก ไม่ละลายน้ำและใช้ทำเคลือบทำได้ผลดี

2. การใช้ออกไซด์เดี่ยวอื่นๆ ซึ่งส่วนมากนิยมใช้ในรูปคาร์บอนเนต เช่น $CaCO_3$, Mgco, $BaCO_3$ เป็นต้น เพราะว่ามีราคาถูกกว่าสารออกไซด์บริสุทธิ์ แต่เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านการเผาจนแตกตัวแล้วจะมีผลเท่ากัน เช่น $CaCO_3$ เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 89 องศาเซลเซียลจะแตกตัวเป็น $CaO+CO_2$ ซึ่ง CO_2 คือพวกแก๊สคาร์บอนจะระเหยไปในที่สุดจะเหลือ CaO ซึ่งมีค่าเท่ากับใช้พวกแคลเซียมออกไซด์ (CaO)

3. ถ้าในสูตรมีอลูมิน่าออกไซด์และซิลิกาออกไซด์อยู่ให้ใช้ในรูปดิน (Clay) ที่เหลือจึงใช้ออกไซด์เดี่ยวๆในส่วนประกอบของดิน (Clay) นอกจากจะให้อลูมินา (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2)ในเคลือบแล้วยังมีผลทำให้เคลือบ ยังมีผลทำให้เคลือบมีความเกาะตัวดีขึ้นด้วย

4. เวลาวางรูปในการคำนวณ พยายามวางให้ซิลิกา (SiO_2) อยู่หลังสุดหรือรองสุดท้ายควรจะเป็นอะลูมินา (Al_2O_3) เวลาคิดควรใช้ซิลิกาในรูปของสารประกอบอื่นเสียก่อน เช่น Clay, Feldspar เป็นต้น ที่เหลือจึงใช้ Quartz หรือ Flint ในสูตรเคลือบทุกสูตรจะต้องมีซิลิกา (SiO_2) ในปริมาณค่อนข้างมาก เพราะซิลิกาเป็นตัวที่ทำให้เกิดแก้วในเคลือบ

5. ส่วนประกอบของวัตถุดิบที่เป็นน้ำไม่ต้องนำมาคิดเพราะเวลาเผาแล้วน้ำจะระเหยไปหมดไม่มีผลต่อเคลือบ เช่น สูตรของ Clay ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) เวลานำมาคือเราใช้เพียง $Al_2O_3.2SiO_2$ ส่วน H_2O ซึ่งเป็นน้ำตัดทิ้งเมื่อเราวิธีการนำวัตถุดิบมาใช้แล้ว ต่อไปก็เขียนตารางขึ้นดังต่อไปนี้

วัตถุดิบ (Raw materials)	Glaze formula			
	K_2O	CaO	Al_2O_3	SiO_2
0.3 Potash feldspar	0.3	0.7	0.5	4.0
0.7 Limestone	0.3	-	0.3	1.8
0.2 Kalin		0.7	0.2	2.2
	-	0.7	-	-
1.8 Quartz			0.2	2.2
			0.2	4.0
			-	1.8
			-	1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 วัตถุดิบ

อธิบาย

1. สาเหตุที่ใช้ Potash feldspar 0.3 โมเลกุล เพื่อต้องการได้ K_2O มากที่สุดตามข้อที่ 1 ผลที่ตามมาคือใน Potash feldspar นอกจากจะได้ 0.3 โมเลกุลของ K_2O แล้วยังให้ 0.3 Al_2O_3 และ 1.8 SiO_2 ด้วย ซึ่งจะดูจากสูตร Potash feldspar ดังนี้ $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ จากสูตรจะเห็นได้ว่าถ้าเราใส่ Feldspar ที่ให้ 1 โมเลกุลของ K_2O แล้วมันจะให้ 1 โมเลกุลของ Al_2O_3 และ 6 โมเลกุลของ SiO_2 ด้วย

2. ใช้ Limestone 0.7 โมเลกุล ซึ่งเป็นสารเดี่ยวไม่มีปัญหา

3. ใช้ 0.2 Kaolin เพื่อให้ 0.2 โมเลกุลของ Al_2O_3 และให้ 0.4 โมเลกุล SiO_2 ด้วย เพราะจากสูตรของ Clay คือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ คือจะใช้ซิลิกาเป็น 2 เท่าของอะลูมินา ส่วนน้ำตัดทิ้งไปตามกฎข้อที่ 5

4. จะเห็นว่าเหลือวัตถุดิบอีก 1 ตัว คือ ซิลิกา (SiO_2) ซึ่งขาดอีก 1.8 โมเลกุล ฉะนั้นจึงให้ 1.8 โมเลกุลของ Quartz ใส่ไปเลย

เป็นอันว่าเราได้วัตถุดิบเราจะใช้ในการเคลือบแล้วแต่ยังไม่ทราบอัตราส่วนน้ำหนักจึงต้องนำผลได้นี้ไปใส่ในตารางและคำนวณต่อไปอีก ดังนี้

วัตถุดิบ	จำนวนโมเลกุล น.น. โมเลกุล	
(Raw materials)	(Mole. No)	(Mole. wt.)
Potash feldspa	0.3	557
Limestone	0.7	100
Kalin	0.2	258
Quartz	1.8	60

ตารางที่ 8 วัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น.น.ส่วนผสม (Recipe wt.)	ส่วนผสมเป็นร้อยละ %
167.1	42.12
70.0	17.65
51.6	13.01
108.0	27.22
Formula batch weight = 396.7	100.00

ตารางที่ 9 น้ำหนักส่วนผสม

วิธีคิด

1. ใช้จำนวนโมเลกุลคูณกับน้ำหนักโมเลกุล ผลลัพธ์ที่ได้ คือน้ำหนักส่วนผสม (Recipe weight)

2. คำนวณจากน้ำหนักส่วนผสมเป็นร้อยละ โดยใช้น้ำหนักส่วนผสมแต่ละตัวคูณด้วย 100 แล้วหารด้วย Pormula Batch Weight เช่น ส่วนผสมของ

Potash felspar = $\frac{167.1 \times 100}{396.91}$

= 42.12 เป็นต้น

ตัวอย่าง 2 จงหาเปอร์เซนต์ส่วนผสมของเคลือบจาก Empirical formula ต่อไปนี้

0.85 PbO

0.05 K_2O 0.10 Al_2O_3 1.2 SiO_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบ (Raw materials)	Glaze formula				
	PbO	K_2O	CaO	Al_2O_3	SiO_2
0.85/3 Red lead	0.85	0.05	0.10	0.10	1.2
	0.85	–	–	–	–
0.50 Potash feldspar		0.05	0.10	0.10	1.2
		0.05	–	0.05	0.3
0.10 Limestone			0.10	0.05	0.9
			0.10	–	–
0.05 Kalin				0.05	0.9
				0.05	–
0.80 Quartz					0.8
					0.8

ตารางที่ 10 วัตถุดิบ

อธิบายตัวอย่าง 2

ในสูตรนี้มีสารที่ต่างจากสูตรแรก คือ ตะกั่วออกไซด์ (PbO) ในการคำนวณถ้าในสูตรมีตะกั่วใช้ตะกั่วแดง (Pb_3O_4) เพราะมีราคาถูกกว่าตะกั่วขาวและตะกั่วเหลือง และหาซื้อได้ง่ายกว่า

ขั้นตอนต่อไปก็คำนวณหาส่วนผสมออกมาเป็นเปอร์เซนต์โดยยกข้อมูลในช่องวัตถุดิบมาใส่ช่องวัตถุดิบและจำนวนสมมูล (Equivalent) วัตถุดิบก็นำมาใส่ช่องจำนวนสมมูลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบ	จำนวนโมเลกุล	น.น. โมเลกุล
(Raw materials)	(Mole. No)	(Mole. wt.)
Red lead	0.85	685
Potash feldspa	0.05	557
Limestone	0.10	100
Kalin	0.05	258
Quartz	0.08	60

ตารางที่ 11 วัตถุดิบ

น.น.ส่วนผสม (Recipe wt.)	ส่วนผสมเป็นร้อยละ %
194.08	66.3
27.85	9.5
10.00	3.4
12.90	4.4
48.00	16.4
Formula batch weight = 292.83	100.00

ตารางที่ 12 น้ำหนักส่วนผสม

วิธีคิด

1. ใช้จำนวนโมเลกุลคูณกับน้ำหนักโมเลกุล ผลลัพธ์ที่ได้น้ำหนักคือส่วนผสม (Recipe weight)

2. คำนวณจากน้ำหนักส่วนผสมเป็นร้อยละ จากตัวอย่าง 2 นี้ จุดที่ยากจะเน้นให้สังเกต คือ ตะกั่วออกไซด์ ซึ่งในสูตรเอมพิริคัลกำหนดให้ใช้ Litharge (PbO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เราใช้ Red Lead (Pb_3O_4) ตามเหตุผลที่กล่าวข้างต้น ถ้าเปิดดูตารางธาตุจะเห็นว่า Pb_3O_4 มีน้ำหนักโมเลกุล 685

Pb_3O_4 _____ $3PbO + 1\ O_2$ ฉะนั้นเวลาคำนวณต้องใช้ 0.85/3 คูณกับน้ำหนักโมเลกุล

<u>ตัวอย่าง 3</u> จงหาเปอร์เซนต์ส่วนผสมของเคลือบจาก Empirical formula ดังนี้

$0.20\ K_2O$

$0.20\ Al_2O_3$

$0.30\ Na_2O$

$2.20 SiO_2$

$0.20\ CaO$

$0.60\ B_2O_3$

$0.30\ BaO$

วัตถุดิบ (Raw materials)	Glaze formula						
	K_2O	Na_2O	CaO	BaO	B_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
0.20	0.2	0.3	0.2	0.3	0.6	0.2	2.2
Potassium carbonate	0.2	–	–	–	–	–	–
0.30	–	0.3	0.2	0.3	0.6	0.2	2.2
Borax	–	0.3	–	–	0.6	–	–
0.20	–	–	0.2	0.3	–	0.2	2.2
Whiting	–	–	0.2	–	–	–	–
0.30	–	–	–	0.3	–	0.2	2.2
Barium carnoate	–	–	–	0.3	–	–	–

<u>ตารางที่ 13</u> วัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบ (Raw materials)	Glaze formula						
	K_2O	Na_2O	CaO	BaO	B_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
0.2	–	–	–	–	–	0.2	2.2
Kaolin	–	–	–	–	–	0.2	0.4
1.80	–	–	–	–	–	–	1.8
Quartz	–	–	–	–	–	–	1.8

ตารางที่ 14 วัตถุดิบ

อธิบายตัวอย่าง 3

1. ใช้โพแทสเซียมคาร์บอนเนต (K_2CO_3)แทนที่จะใช้โพแทสเฟลต์สปาร์ เพราะว่าถ้าใช้โพแทสเฟลต์สปาร์ ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) จะได้ Al_2O_3 0.20 ด้วย ซึ่งจะทำให้แทนที่ Al_2O_3 ได้หมด ทำให้ใช้ดินอีกไม่ได้แต่ในน้ำเคลือบจำเป็น ต้องมีดินบ้าง เพื่อให้เกิดการลอยตัวของน้ำเคลือบ ฉะนั้นเราจึงหลีกเลี่ยงการใช้โพแทสเฟลต์สปาร์

2. เนื่องจากในส่วนผสมมีโพแทสเซียมคาร์บอนเนตและบอแรกซ์ซึ่งเป็นสารละลายน้ำได้ ฉะนั้น สูตรนี้จึงเหมาะที่ต้องทำเป็นเคลือบฟริต (Frit Glazes) ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดในขั้นต่อไปหรือถ้าทำเป็นเคลือบดิน Raw Glazes) ก็ควรระมัดระวังเกี่ยวกับการผสมน้ำ คือ ผสมให้มีน้ำพอดีโดยไม่ต้องรินน้ำทิ้ง ซึ่งจะทำให้สารละลายหายไปกับน้ำลายบางส่วน

3. สาเหตุที่ใช้บอแรกซ์เพราะว่าใช้อย่างเดียวแต่ได้ทั้ง Na_2O และ B_2O_3 ราคาถูกกว่าสารทั้งสองชนิดนี้ด้วยสูตรของบอแรกซ์คือ $Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$ (H_2O คือน้ำไม่ต้องนำมาคิดในสูตร)

จากตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างที่ยกมานี้ พอจะสังเกตได้ว่า

1. ในการคำนวณส่วนผสมของน้ำเคลือบ เราสามารถเลือกวัตถุดิบได้อย่างอิสระตามสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดินที่ใช้ในส่วนผสมมักใช้ดินขาว ซึ่งก็เพราะว่าในดินขาว (Kaolin) มีสิ่งเจือปน (Impurity) น้อยกว่าดินดำ (Ball Clay)

ต่อไปนี้คำนวณหาเปอร์เซนต์ส่วนผสม

วัตถุดิบ	จำนวนโมเลกุล	น.น. โมเลกุล
(Raw materials)	(Mole. No)	(Mole. wt.)
Potassium carbonate	0.20	138.0
borax	0.30	382.0
whiting	0.20	100.0
Barium carbonate	0.30	197.0
Kalin	0.20	258.0
Quartz	1.80	60.0

ตารางที่ 15 วัตถุดิบ

น.น.ส่วนผสม (Recipe wt.)	ส่วนผสมเป็นร้อยละ %
273.60	7.3
144.60	30.0
20.00	5.3
59.10	15.5
51.60	13.5
108.00	28.4
Formula batch weight = 380.90	100.00

ตารางที่ 16 น้ำหนักส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>หมายเหตุ</u> Whiting ($CoCO_3$) และ Limestone (CaC_3) เป็นตัวค่าน้ำหนักโมเลกุลใน Calcium carbonate ($CaCO_3$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100.00

<u>การคำนวณส่วนผสมวัตถุดิบเป็นเอมพิริคัล</u>

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการคำนวณหาส่วนผสมของเคลือบจากสูตรเอมพิริคัล แต่ต่อไปนี้จะเป็นการคำนวณสูตรเอมพิริคัลจากส่วนผสมซึ่งมีกฎอยู่ 2 ข้อคือ

1. <u>น้ำหนักส่วนผสม (Recipe)</u> = จำนวนโมเลกุล
   น้ำหนักโมเลกุล (Mole. wt.)
2. จำนวนโมเลกุล RO, R_2O กรุ๊พ (กรุ๊พแรก) รวมกันแล้วต้องมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ

<u>ตัวอย่าง 1</u> จงคำนวณหาสูตรจากส่วนผสมของเคลือบต่อไปนี้

Potash feldspar	174.3
Whiting	29.5
Magnesium carbonate	16.1
Barium Carbonate	39.4
Kaolin	18.8
Quartz	69.4

<u>วิธีคำนวณ</u>

<u>ขั้นที่ 1</u> เปลี่ยนจากน้ำหนักส่วนผสมให้เป็นจำนวนโมเลกุลโดยเอาน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละตัวหารด้วยน้ำหนักโมเลกุลของตัวมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบ	จำนวนโมเลกุล	น.น. โมเลกุล
(Raw materials)	(Mole. No)	(Mole. wt.)
Potash feldspar	174.3	577.0
whiting	29.5	100.0
Magnesium carbonate	16.1	84.0
Barium carbonate	39.4	197.0
Kalin	18.8	258.0
Quartz	69.4	60.0

ตารางที่ 17 วัตถุดิบ

จำนวนโมเลกุล (Mole.wt.)
0.313
0.295
0.192
0.200
0.073
1.157

ตารางที่ 18 จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ

ขั้นที่ 2 เมื่อได้จำนวนโมเลกุลของวัตถุดิบแต่ละตัวแล้ว เราก็แยกดูว่าวัตถุดิบแต่ละตัวประกอบด้วยอะไรบ้างจำนวนเท่าไร โดยดูจากสูตรของวัตถุดิบนั้นๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนโมเลกุล (Mole No)	วัตถุดิบ (Raw matrial)
0.313	Potash feldspar
0.295	whiting
0.192	Magnesium carbonate
0.200	Barium carbonate
0.073	Kalin
1.157	Quartz

ตารางที่ 19 จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ

จำนวนโมเลกุลของสาร องค์ประกอบ					
K_2O	Na_2O	CaO	BaO	Al_2O_3	SiO_2
0.313	–	–	–	0.313	1.878
–	0.295	–	–	–	–
–	–	0.192	–	–	–
–	–	–	0.200	–	–
–	–	–	–	0.073	0.146
–	–	–	–	–	1.157
0.313	0.295	0.192	0.200	0.386	3.181

ตารางที่ 20 จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ

ขั้นที่ 3 เมื่อแยกจำนวนโมเลกุลของสารแต่ละตัวได้แล้วก็นำมาเขียนเรียงเสียใหม่ ให้อยู่ในรูปของสูตรเคลือบ (Glazes formula)

0.313 K_2O

0.295 CaO

0.192 MgO 0.386 Al_2O_3 3.181 SiO_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.200 BaO

1.000

จะเห็นว่า RO และ RO_2 กรุ๊ฟ เมื่อรวมกันแล้วได้ 1.00 พอดีตามกฎ

ตัวอย่างที่ 2 ส่วนผสมของเคลือบตัวอย่างหนึ่งมีดังนี้

Red lead	42.0 %
Limestone	7.7 %
Potash feldspar	25.6 %
Kaolin	7.9 %
Quartz	16.8 %

ถ้าสังเกตให้ดีจะเห็นว่าตัวอย่าง 2 มีข้อแตกต่างจากตัวอย่าง 1 ตรงที่ตัวอย่าง 1 บอกเป็นส่วนผสม ตัวอย่าง 2 บอกส่วนผสมเป็นร้อยละ ฉะนั้นจะมีวิธีแตกต่างกันเล็กน้อย (โปรดสังเกต)

ขั้นที่ 1 เปลี่ยนจากน้ำหนักส่วนผสมเป็นจำนวนโมเลกุล

วัตถุดิบ	น.น.ส่วนผสม	น.น. โมเลกุล
(Raw materials)	(Recipe wt.)	(Mole. wt.)
Red lead (Pb_3O_4)	42.0	685.0
Limestone ($CaCo_3$)	7.7	100.0
Potash feldspar ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)	25.6	577.0
Kalin ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$)	7.9	258.0
Quartz (SiO_2)	69.4	60.0

ตารางที่ 21 วัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนโมเลกุล (Mole.wt.
0.061
0.077
0.046
0.031
0.280

ตารางที่ 22 จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ

ขั้นที่ 2 แยกสารประกอบของส่วนผสม

จำนวนโมเลกุล (Mole No)	วัตถุดิบ (Raw matrial)
0.061	Red lead
0.077	Limestone
0.046	Potash feldspar
0.031	Kalin
0.280	Quartz

ตารางที่ 23 จำนวนโมเลกุล

จำนวนโมเลกุลของสาร องค์ประกอบ				
PbO	CaO	K_2O	Al_2O_3	SiO_2
0.061	–	–	–	–
–	0.077	–	–	–
–	–	0.046	0.046	0.276
–	–	–	0.031	0.062
–	–	–	–	0.280
0.061	0.077	0.046	0.077	0.618

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 จำนวนโมเลกุลของสารองค์ประกอบ

ขั้นที่ 3 นำสารประกอบของส่วนผสมมาเขียนเรื่องใหม่ให้อยู่ในรูปของสูตรเคลือบ (Glaze foemula) ดังนี้

0.061 PbO

0.077 CaO 0.077 Al_2O_3 0.618 SiO_2

0.046 K_2O

รวม 0.184

จะเห็นว่า RO, R_2O กรุ๊ฟ (กรุ๊ฟแรก) รวมกันแล้วยังไม่เท่ากับ 1.00 ฉะนั้นเราต้องใช้ 0.184 หารตลอด จึงจะทำให้ RO, R_2O กรุ๊ฟมีค่าเท่ากับ 1.00 ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

0.33 PbO

0.42 CaO 0.42 Al_2O 3.36 SiO_2

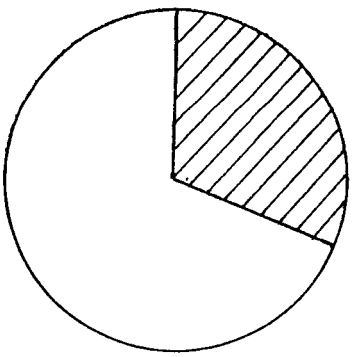
0.25 K_2O

หมายเหตุ การหารตลอด หมายถึงการใช้ 0.184 หารจำนวนโมเลกุลของสารประกอบทุกตัวจุดที่ต่างจากตัวอย่าง 1 คือ ผลรวมของ RO, R_2O กรุ๊ฟ คือ 0.184 หารตลอดซึ่งในตัวอย่าง 1 ไม่ต้องเพราะได้ผลรวมของกรุ๊ฟเท่ากับ 1.00 พอดี

การคำนวณเคลือบฟริต

เคลือบฟริตจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- ส่วนที่เป็นฟริต คือส่วนที่ต้องนำไปหลอม
- ส่วนที่ใช้ผสมตอนบด (Mill addition) คือส่วนที่เหลือจากการนำไปหลอมซึ่งแสดงออกมาเป็นรูปภาพได้ดังนี้



<--- ส่วนที่เป็นฟริต

= สูตรเคลือบ 1 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้วงกลมนี้แทนส่วนผสมของสูตรเคลือบ 1 สูตร ซึ่งต้องแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งต้องนำไปหลอมอีกส่วนหนึ่งไม่ต้องหลอม และนำมารวมกันและบดผสมในตอนหลัง

ส่วนที่นำไปหลอมเป็นฟริตนั้นต้องเลือกให้หลอมได้ในอุณหภูมิต่ำหรือในอุณหภูมิที่พอเหมาะ จึงจำเป็นต้องมีกฎการทำฟริตขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณการผสม แต่อย่างไรก็ดีไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามกฎของฟริตมากนัก ซึ่งกฎของการทำฟริตมีดังนี้

1. อัตราส่วนของจำนวนสมมูลของด่าง (RO,R_2O กรุ๊ฟ) ต่อจำนวนสมมูลของกรด (R_2O กรุ๊ฟ) ควรอยู่ในระหว่างกฎข้อนี้มีจุดประสงค์ที่จะให้แน่ใจว่าฟริตนั้นหลอมละลายได้ง่าย เช่น ถ้าผลรวมของจำนวนสมมูลของด่างที่จะใช้ทำฟริตเท่ากับ 0.60 ฉะนั้นจำนวนสมมูลของกรด (ส่วนมากจะเป็นซิลิกา) จะต้องไม่เกิน 1.80 (0.60x3)

2. อัตราส่วนของแอคคาไลน์ (Na_2O,K_2O,Li_2O) ต่อ RO กรุ๊ฟตัวอื่น ๆ ไม่ควรเกิน 1 1 กฎข้อนี้กำหนดขึ้นเพื่อให้มั่นใจว่าฟริตที่หลอมได้แล้วจะไม่ละลายน้ำอีก เพราะถ้าหากว่าในฟริตมีพวกแอลคาไลน์มากจะมีผลทำให้ฟริตนั้นละลายน้ำได้

3. สารจำพวกกรดที่ใช้เป็นส่วนผสมของฟริตได้แก่ ซิลิกา ถ้าหากในสูตรมีบอริกออกไซด์ (B_2O_3) ต่อซิลิกาต้องไม่เกิน 1 2 ถ้าทำตามกฎข้อนี้ ฟริตที่ได้จะไม่ละลายน้ำอีก

4. ถ้าในสูตรมีพวกแอคคาไลน์ (K_2O, Na_2O,Li_2O) กับบอริกออกไซด์ (B_2O_3) ให้นำมาหลอมทั้งหมดเพราะสารทุกตัวที่กล่าวละลายได้ดี ถ้าทำตามกฎข้อนี้ ฟริตที่ได้จะไม่ละลายน้ำ

5. ในส่วนผสมของฟริตใดๆ จะต้องมีอะลูมินาออกไซด์ไม่เกิน 0.2 สมมูล ถ้าทำตามกฎข้อนี้ฟริตจะหลอมได้ง่าย เพราะถ้าใส่อะลูมินาออกไซด์มาก จะทำให้ฟริตมีความหนืดและทนไฟสูง ฟริตทั่วๆ ไปจะต้องให้มีอะลูมินาออกไซด์อย่างน้อยสุด 0.05 สมมูลจึงจะได้ฟริตที่ดี

การที่จะทำฟริตได้ดีและใช้กฎของฟริตอย่างได้ผลจะต้องอาศัยความชำนาญเป็นพิเศษซึ่งในบางครั้งการหาส่วนรวมของฟริตที่ดีนั้น อาจจะไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามกฎฟริตทุกประการก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวอย่าง</u> เคลือบฟริตสูตรหนึ่งมีส่วนผสม ดังนี้

0.12 K_2O

0.24 Al_2O_3

0.23 Na_2O 2.50 SiO_2

0.49 B_2O_3

0.30 CaO

0.35 BaO

จงคำนวณหา Frit formula ส่วนผสมของฟริต (Frit batch recipe) และส่วนผสมของเคลือบ (Glaze batch recipe)

<u>วิธีคิด</u>

ขั้นที่ 1 หาส่วนผสมของฟริต (Frit batch recipe)

ขั้นที่ 1.1 หาส่วนผสมของฟริต ดังนี้

0.12 K_2O

0.10 Al_2O_3

0.23 Na_2O 0.98 SiO_2

0.49 B_2O_3

0.30 CaO

0.05 BaO

ในการทำสูตรฟริตควรคำนึงถึง วัตถุดิบด้วยว่าจะต้องใช้วัตถุดิบตัวใด และการใช้วัตถุดิบตัวนั้นๆ จะมีสารอะไรเพิ่มมาด้วย เช่น ในสูตรฟริตที่ยกตัวอย่างมานี้มี 0.12 K_3O ซึ่งเรามักจะใช้โพแทสเฟรด์สปาร์ ซึ่งมีสูตรว่า $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าใช้โพแทสเฟลด์สปาร์ 0.12 โมเลกุล จะได้อะลูมินา 0.12 โมเลกุลและซิลิกา 0.72 (0.12x6) โมเลกุด้วย

ถ้าสังเกตจะเห็นว่า อะลูมินามากกว่าอะลูมินาในสูตรฟริต ซึ่งมีเพียง 0.10 โมเลกุลเท่านั้น ฉะนั้นจึงควรปรับให้เป็น 0.12 โมเลกุลของอะลูมินา

ส่วน Na_2O นั้นได้จากบอแรกซ์ ($Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$) ถ้าใช้ 0.23 Na_2O โมเลกุลของบอแรกซ์จะได้ 0.23 Na_2O และ 0.46 B_2O_3 (0.23x2) และใช้ในสูตรฟริตมี 0.49 B_2O_3 ฉะนั้นต้องใช้บอริกแอซิดอีก 0.03 โมเลกุลจึงจะได้ 0.49 โมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ B_2O_3

เมื่อเราพิจารณาวัตถุดิบที่จะใช้แล้ว สามารถที่จะปรับสูตรฟริตใหม่ได้ดังนี้

0.12 K_2O

0.12 Al_2O_3

0.23 Na_2O 0.98 SiO_2

0.49 B_2O_3

0.30 CaO

0.05 BaO

ต่อไปก็ทำให้เป็นรูปแบบที่สมบูรณ์ คือทำให้กลุ่มด่างมีค่าเท่ากับ 1.00 โดยใช้ 0.70 หารตลอด

0.17 K_2O

0.17 Al_2O_3

0.33 Na_2O 1.40 SiO_2

0.43 CaO

0.07 BaO

ขั้นที่ 1.2 หาจำนวนสมมูลของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมฟริต

วัตถุดิบ (Raw Material)	
0.17	Potash feldspar
0.33	Borax
0.43	Whiting
0.07	Barium carbonate
0.04	Boric acid
0.38	Frit

ตารางที่ 25 วัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K_2O	Na_2O	CaO	BaO	Al_2O_3	B_2O_3	SiO_2
0.17	0.33	0.43	0.07	0.17	0.07	1.40
0.17	–	–	–	0.17	–	1.02
–	0.33	0.43	0.07	–	0.07	0.38
–	0.33	–	–	–	0.66	–
–	–	0.43	0.07	–	0.04	0.38
–	–	0.43	–	–	–	–
			0.07	–	0.04	0.38
			0.07	–	–	–
			–	–	0.04	0.38
					0.04	–
						0.38
						0.38

ตารางที่ 26 น้ำหนักโมเลกุล

ขั้นที่ 1.3 หาส่วนผสมที่เป็นวัตถุดิบโดยน้ำหนัก

วัตถุดิบ (Raw Material)	จำนวนสมมูล (Equivalent)	น.น.สมมูลของสาร (Equivalent wt.)
Potash feldspar	0.17	557
Borax	0.33	382
Whiting	0.43	100
Barium carbonate	0.07	197
Boric acid	0.04	124
Filnt	0.38	60

ตารางที่ 27 วัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมโดยน้ำหนัก (Recipe)
64.69
126.06
43.00
13.96
4.96
22.80

ตารางที่ 28 ส่วนผสมโดยน้ำหนัก

ส่วนผสมที่คำนวณได้ทั้งหมดนี้เป็นส่วนที่ต้องนำไปหลอมเป็นฟริตขั้นที่ 2 หาส่วนผสมเคลือบ

ส่วนผสม

0.07 Frit

0.30 Barium carbonate

0.12 Kaolin

1.28 Flint

K_2O	Na_2O	CaO	BaO	Al_2O_3	B_2O_3	SiO_2
0.12	0.23	0.30	0.35	0.24	0.49	2.50
0.12	0.23	0.30	0.05	0.12	0.49	0.98
–	–	–	0.30	0.12	–	1.52
			0.30	–	–	–
			–	0.12	–	1.52
				0.12	–	0.24
				–	–	1.28
						1.28

ตารางที่ 29 น้ำหนักโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"0.07 Frit" มาจากสูตรของฟริต คือในสูตรของฟริตมี K_2O 0.17 จาก 1 โมเลกุลของฟริต ถ้ามี K_2O 0.12 จาก 0.12 = โมเลกุลของฟริต แล้วใช้ 0-7 นี้คูณกับค่าสมมูลของวัตถุดิบในสูตรฟริตแต่ละตัวก็จะได้ค่าดังกล่าว เช่น K_2O ในสูตรฟริตเท่ากับ 0.17 เมื่อคูณด้วย 0.7 จะได้เท่ากับ 0.12 เท่านั้น

ขั้นที่ 2 หาน้ำหนักสมมูลของฟริต

วัตถุดิบ	จำนวนโมเลกุล	น.น.โมเลกุล	น.น.
K_2O	0.17	94.2	16.01
Na_2O	0.33	62.0	20.46
CaO	0.43	56.1	24.12
BaO	0.07	153.4	10.74
Al_2O_3	0.17	101.9	17.32
B_2O_3	0.70	69.6	48.72
SiO_2	1.40	60.0	84.00
น้ำหนักสมมูลของฟริต			221.37

ตารางที่ 30 วัตถุดิบ

ขั้นที่ 2.3 หาส่วนผสมเคลือบฟริต

วัตถุดิบ	จำนวนสมมูล	น.น.สมมูล	น.น.ส่วนผสม
Frit	0.07	221.37	154.96
Barium Carbonate	0.32	197.0	59.22
Kaolin	0.12	285.0	30.97
Flint	1.28	60.0	76.93

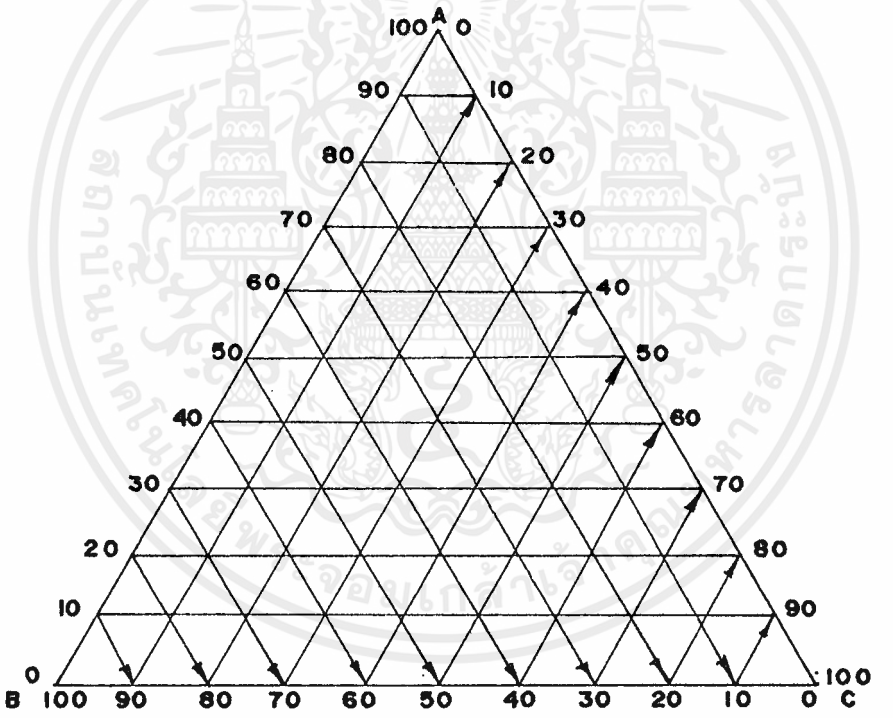
ตารางที่ 31 วัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้น ส่วนผสมของเคลือบพริตสูตรนี้มีดังนี้		
พริต	154.96	หน่วยน้ำหนัก
แบเรียมคาร์บอเนต	59.22	"
ดินขาว	30.97	"
ฟลินต์	76.93	"

ตารางที่ 32 น้ำหนักของส่วนผสม

การคำนวณเคลือบจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า



เราสามารถคำนวณน้ำเคลือบ เนื้อดินปั้น หรือสีเคลือบได้จากตารางในสามเหลี่ยมด้านเท่านี้ โดยว่าวัตถุดิบไว้ตรงมุมทั้งสามเหลี่ยมด้านเท่า แล้วอ่านค่าออกมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละตัวส่วนมากเป็นวิธีการทดลองแบบสุ่มเราสามารถคำนวณน้ำเคลือบ เนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินปั้นหรือสีเคลือบได้จากตารางในสามเหลี่ยมด้านเท่านี้ โดยวางวัตถุดิบไว้ตรงมุมทั้งสามเหลี่ยมด้านเท่า แล้วอ่านค่าออกมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละตัวส่วนมากเป็นวิธีการทดลองแบบสุ่มเอาหลายๆ จุด และเลือกเอาเฉพาะจุดที่ได้ผลดีมาใช้งาน

วิธีการอ่านตารางในสามเหลี่ยมด้านเท่า

ให้ A, B, C เป็นวัตถุดิบ 3 ชนิด

การหาค่าของวัตถุดิบ A ให้อ่านตามค่าในแกนนอน (⟶) ค่าให้อ่านที่ด้าน

การหาค่าของวัตถุดิบ B ให้อ่านตามค่าในแนวเฉียง (⟶) (⟶)

ที่ลากจากฐาน A ไปฐาน B ค่าให้อ่านที่ด้าน b ค่าทั้ง 3 ค่าที่อ่านได้จากตารางนี้เมื่อรวมกันแล้วจะต้องได้ 100% พอดีถ้าหากว่าผสมกันแล้วได้มากหรือน้อยกว่า 100% แสดงว่าอ่านค่าใดค่าหนึ่งผิด

<u>ตัวอย่าง</u> เช่น

ที่จุด 1

วัตถุดิบ A = 40

" B = 40

" C = 20

ที่จุด 2

วัตถุดิบ A = 70

" B = 20

" C = 10

ที่จุด 3

วัตถุดิบ A = 50

" B = 20

" C = 30

พวกออกไซด์ที่ให้สีต่างๆ ถ้าหากว่าเราอยากจะได้สีที่แปลกออกไปก็สามารถที่จะทำได้โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่านี้เช่นกัน

2.3.2 <u>วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบในห้องปฏิบัติการ มีดังนี้</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัตถุดิบในส่วนผสม เช่น หินฟันม้า ควอรตซ์ หินปูน ฯลฯ
- เครื่องชั่ง หรือเครื่องตวง
- เครื่องบด เช่น โกร่งบด หม้อบด
- เครื่องกรอง

วัตถุดิบ ที่ใช้ในการผสมทำน้ำเคลือบ ส่วนมากจะถูกเตรียมอยู่ในลักษณะผงละเอียด ซึ่งสะดวกในการใช้มาก

ภาพที่ 6 วัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำเคลือบในห้องปฏิบัติการ

เครื่องชั่ง ควรเป็นชนิดที่มีความแม่นยำสูง เพราะการชั่งส่วนผสมของน้ำเคลือบต้องการความละเอียดมาก โดยเฉพาะการทำน้ำเคลือบจำนวนน้อยๆ ถ้าเราใช้เครื่องชั่งของหนักๆ มาชั่งส่วนผสมน้ำเคลือบ ก็จะทำให้เกิดการผิดพลาดขึ้นได้ง่าย เครื่องชั่งที่เหมาะสม ควรเป็นชนิดจาน

เครื่องบด

1. โกร่งบด (Apothe cary's mortar) เป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างหาได้ง่ายและราคาไม่แพงนัก ใช้กำลังคนในการบด ทำด้วยเนื้อพอร์สเลนแข็งแกร่งมาก มีขนาดปากกว้าง 6", 10" และ 12" ภายนอกเคลือบด้วยสีขาวทึบ (นิยมทำกัน สีอื่นยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ปรากฏ) ส่วนภายในไม่เคลือบ เพื่อต้องการให้มีผิวหยาบช่วยในการบดได้ดี

2. หม้อบด (Ball mill) มีหลายขนาด เช่นขนาดบรรจุ 1/2 กิโลกรัม 5 กิโลกรัม 50 กิโลกรัม หรือ 100 กิโลกรัม เป็นต้น

ภาพที่ 7 เครื่องชั่งส่วนผสม

ภาพที่ 8 โกร่งบดส่วนผสมวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 ตะแกรงกรองน้ำเคลือบ

2.3.3 การเตรียมน้ำเคลือบ

การที่จะเตรียมน้ำเคลือบสูตรใดๆ สูตรนั้นควรจะได้ทำการทดลองจนได้ผลดีมาก่อน เพื่อป้องกันการผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ทำให้สิ้นเปลืองวัตถุ ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเคลือบพอจะสรุปกล่าวเป็นขั้นๆ ดังต่อไปนี้

1. การชั่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร

2. การบดผสม ส่วนมากการบดก็เป็นการผสมไปในตัว ถ้าเตรียมเคลือบจำนวนน้อยเพื่อทำการทดลองใช้โกร่งบดผสม แต่ถ้าต้องการเตรียมจำนวนมาก และให้ได้สีสม่ำเสมอควรจะบดด้วยหม้อบดมากกว่า ส่วนจะบดนานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับส่วนผสมหรือชนิดของน้ำเคลือบ น้ำเคลือบบางชนิดถ้าบดนานเกินไปอาจจะมีผลให้เคลือบเปลี่ยนแปลงได้ เช่น เคลือบบอแรกซ์ แต่เคลือบบางชนิดต้องการเวลาบดที่นานพอสมควร ซึ่งอาจจะถึง 12-15 ชั่วโมง เช่น เคลือบที่ใช้วิธีเคลือบโดยการพ่น (Spraying) ส่วนมากเป็นเคลือบไฟสูง หรือเคลือบเฟลด์สปาร์

การบดน้ำเคลือบควรใส่น้ำไม่เกิน 55% ของน้ำหนักส่วนผสม (Batch weight) โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณ 30-40% เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการบดสูงสุด เพราะถ้าใช้น้ำมากเกินไปจะทำให้การบดในหม้อบดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากน้ำจะทำให้ส่วนผสมเคลือบหนืดและเกิดการลื่นหรือของวัตถุกรุภายในหม้อบด (Lining) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกบด (Ball) มากกว่าปกติ แต่ถ้าใส่น้ำน้อยไปจะทำให้ส่วนผสมมีความหนืดสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการบดต่ำเช่นกัน เนื่องจากลูกบด เคลือบที่ได้อย่างยากลำบาก ฉะนั้นเวลาบดน้ำเคลือบควรจะใส่น้ำให้พอดีซึ่งมีวิธีสังเกตได้ง่ายๆ คือ ขณะที่หม้อบดหมุนจะต้องได้ยินเสียงลูกบดกระทบกับหม้อบดดังพอสมควร ถ้าหากว่าไม่ได้ยินเสียงเลยหรือนานๆ ได้ยินสักครั้งหนึ่งนั่นแสดงว่าใส่น้ำน้อยไป แต่ถ้ามีเสียงกระทบระหว่างหม้อบดกับลูกบดดังมาก แสดงว่าใส่น้ำมากเกินไป ซึ่งต้องมีประสบการณ์ในการฟังพอสมควร

น้ำที่ใช้ในการผสมน้ำเคลือบจะต้องสะอาดปราศจากตะกอนและมีสภาพเป็นกลาง

3. การกรองน้ำเคลือบเมื่อผ่านการบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่าน การกรองด้วยตะแกรง (Sive) เพื่อให้ได้ความละเอียดตามต้องการ

น้ำเคลือบแทบทุกชนิดถ้าเก็บเปียกไว้จะเกิดการตกผลึกของสารฉะนั้นก่อนนำไปใช้ควรจะคนให้ทั่วเสียก่อน หรือถ้ากรองใหม่ได้ก็จะดีมีฉะนั้น สารเคมีจะเกาะตัวเป็นเม็ดผลึกแผงอยู่ในเนื้อเคลือบ เมื่อเผาแล้วจะเกิดเป็นจุดเป็นด่างพบบนผิวเคลือบได้

2.3.4 <u>สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเคลือบ</u>

1. <u>ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาวะเป็นดินดิบ</u> (Greenware) การเคลือบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพดินดิบนี้ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษสักหน่อย เพราะผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเปราะบางหักง่าย โดยเฉพาะถ้าใช้วิธีเคลือบแบบจุ่มต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษ เพราะถ้าจุ่มเคลือบไม่เป็นอาจจะเป็นเหตุให้เนื้อผลิตภัณฑ์ยุ่ยเสียหายได้ผลิตภัณฑ์ในสภาวะนี้ไม่ควรใช้กับช่างฝึกหัด โดยเฉพาะตามสถานศึกษาต่างๆ ส่วนในโรงงานเซรามิกส์ขนาดใหญ่นิยมเคลือบผลิตภัณฑ์ในสภาวะนี้ เพราะทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงและแรงงานมาก แต่โดยมากมักจะเคลือบโดยวิธีผ่อน (Spraying) โดยเฉพาะเครื่องสุขภัณฑ์นิยมใช้ในสภาวะนี้

2. <u>ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาวะเผาดิบ</u> (Biscuitware) ซึ่งนิยมเผากันประมาณ 800 องศา-900 องศา ซ. ซึ่งดินจะแข็งตัวและหยิบยกได้สะดวก เนื้อผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวพอเหมาะที่จะดูดซับน้ำเคลือบได้ดี ถ้าเผาสูงเกินไปจะมีผลให้เคลือบไม่ค่อยติดเพราะเนื้อผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวน้อยเกินไป และถ้าเผาต่ำเกินไปก็จะมีผลให้เกิดตำหนิที่ผิวเคลือบได้ เนื่องจากความพรุนตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์จะมีมาก ทำให้ดูดน้ำเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปมากเกินไป อาจจะเป็นเหตุทำให้ผิวเคลือบขรุขระหรือผลิตภัณฑ์แตกได้

ผลิตภัณฑ์ในสภาวะนี้นับว่าสะดวกในการเคลื่อนย้าย จึงเหมาะที่จะใช้ตามสถานศึกษาต่างๆ แม้กระทั่งตามโรงงานเซรามิกส์ก็นิยมกัน เพราะสะดวกในการเก็บเมื่อผลิตไว้มากๆ

<u>การเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบ</u>

ผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปเคลือบต้องผ่านการขจัดฝุ่นละอองออกให้หมดเสียก่อน เพราะถ้าหากว่ามีที่ผลิตภัณฑ์มีฝุ่นละอองเกาะอยู่เป็นเหตุให้เคลือบร่อนหลุดจากผิวผลิตภัณฑ์ ทำให้ผิวเคลือบมีตำหนิได้ การทำความสะอาดผลิตภัณฑ์อาจจะใช้ฟองน้ำจุ่มน้ำหมาดๆ แล้วเช็ดหรือใช้ผ้าทำเป็นริ้วๆ มันเป็นพู่แล้วใช้ปัด หรือใช้ลมเป่าก็ได้ แต่ต้องระมัดระวังเรื่องฝุ่นเข้าจมูกด้วย

2.3.5 <u>วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์</u> (Glazing method)

การเคลือบผลิตภัณฑ์เราควรเลือกวิธีที่เหมาะสมคือ ทำให้รวดเร็ว สะดวก และได้ผลดีเหมาะกับขนาดของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต้งต่อไปนี้

1. <u>เคลือบด้วยวิธีชุบหรือจุ่ม</u> (Dipping) การเคลือบด้วยวิธีนี้ทำได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่น เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบาและสามารถยกได้ โดยการเอาผลิตภัณฑ์จุ่มลงในน้ำเคลือบที่เตรียมไว้แล้วซึ่งน้ำเคลือบจะต้องมีจำนวนมากพอที่จะจุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งใบได้ เป็นวิธีการที่ประหยัดและนิยมใช้กันมาก

2. <u>เคลือบด้วยวิธีเทหรือราด</u> (Pouring) วิธีนี้ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เช่น โอ่งหรือแจกันใหญ่ๆ ซึ่งไม่สามารถจุ่มลงในอ่างน้ำเคลือบได้ หรือใช้สำหรับน้ำเคลือบที่มีปริมาณน้อยๆ โดยการนำผลิตภัณฑ์ไปวางบนปากอ่างน้ำเคลือบที่มีไว้วางพาดอยู่ (ดูภาพที่ 8) แล้วใช้ภาชนะตักน้ำเคลือบราดให้ทั่ว วิธีนี้อาจจะได้ผิวเคลือบที่ไม่ค่อยเรียบนัก เนื่องจากรอยต่อระหว่างการเทราดแต่ละครั้ง

3. <u>เคลือบด้วยวิธีทา</u> (Painting) วิธีนี้ใช้แปรงหรือกู่กันทาส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ (Spraying) ที่ต้องการหลายๆ สี

แปรงหรือพู่กันที่ใช้ทาน้ำเคลือบควรจะมีขนยาว นุ่ม เพื่อที่จะได้อุ้มน้ำเคลือบไว้ได้นานๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. <u>เคลือบด้วยวิธีพ่น</u> วิธีนี้เป็นวิธีที่ทำให้ได้เคลือบที่สม่ำเสมอ (เหมาะสำหรับช่างผู้ชำนาญ) น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบด้วยวิธีนี้ต้องผสมให้ใสกว่าการเคลือบด้วย 3 วิธีแรก เพื่อสะดวกในการพ่น ถ้าน้ำเคลือบมีความเข้มข้นมากจะทำให้พ่นไม่ออก วิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ เวลาพ่นควรจะพ่นในตู้พ่น (Sparay booth) เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจาย และสามารถนำเคลือบที่ติดอยู่ในตู้พ่นมาใช้ได้อีก เป็นการประหยัดไปในตัว นอกจากนั้นยังเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเผาครั้งเดียว (One fining) คืออยู่ในลักษณะผลิตภัณฑ์ดิบ (Greenware) วิธีนี้สิ้นเปลืองน้ำเคลือบมากที่สุด

เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการเคลือบเสร็จแล้วต้องตกแต่งผิวเคลือบให้เรียบร้อย เช่น ตรงไหนที่เป็นรอยมือจับไม่มีเคลือบเกาะก็ป้ายเคลือบให้สม่ำเสมอ ถ้าที่ผิวเคลือบเป็นรูเล็กๆ (Pinholes) เมื่อเคลือบแห้งแล้วก็ใช้มือลูบเบาๆ ผงเคลือบก็จะลงไปอุดจนเรียบเสร็จแล้วขูดหรือเช็ดน้ำเคลือบส่วนที่จะต้องวางสัมผัสกับพื้นออกให้หมด เพื่อป้องกันการติดกับพื้นรอง ในขณะเผาเนื่องจากการหลอมละลายของน้ำเคลือบ

ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดที่มีฝาปิด เช่น โถ ผอบ หรือชามมีฝา เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้เวลาเผาจะต้องปิดฝากันเป็นชุดๆ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยว และเพื่อให้ตัวกับฝาสามารถปิดกันได้สนิท ฉะนั้น เมื่อเคลือบแล้วต้องขูดเคลือบส่วนที่ตัวกับฝาสัมผัสกันให้สะอาด แล้วใช้อะลูมินาละลายน้ำทาบางๆ แทนที่ เพื่อป้องกันไม่ให้ฝากับตัวติดกัน

<u>ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเคลือบผลิตภัณฑ์</u>

1. ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเคลือบทั้งภายในและภายนอก ควรจะเคลือบภายในเสียก่อน
2. ก่อนจะเคลือบภายนอกต่อจากข้อ 1 ควรทิ้งไว้ให้ผิวผลิตภัณฑ์แห้งเสียก่อน
3. อย่าเคลือบให้บางหรือหนาเกินไป
4. เมื่อทำการเคลือบเสร็จแล้วต้องใช้ฟองน้ำจุ่มน้ำหมาดๆ เช็ดก้นผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นขาตั้งให้สะอาดปราศจากผงเคลือบ มิฉะนั้นเคลือบจะหลอมติดกับพื้นวางขณะเผา ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์ได้

2.4 <u>หลักสูตรการศึกษา</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 หลักสูตรการศึกษาในระดับ ปวช.,ปวส.

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพและประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2533 สายช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม หลักสูตรสาขาวิชาเครื่องปั้นดินเผา วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เกณฑ์หลักสูตรสาขาวิชาเครื่องปั้นดินเผา

กลุ่มวิชาพื้นฐาน

- หมวดวิชามนุษย์ศาสตร์ และสังคมศาสตร์
- หมวดวิชาคณิตศาสตร์
- หมวดวิชาวิทยาศาสตร์
- หมวดวิชาภาษาอังกฤษ

กลุ่มวิชาชีพ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2533 สาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มวิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม สาขาอุตสาหกรรม เครื่องปั้นดินเผา ประกอบด้วย

1. วิชาชีพพื้นฐาน
2. วิชาชีพเฉพาะสาขา
3. วิชาชีพให้เลือก 1 หมวดวิชา ศึกษาต่อเนื่องกันตลอด 4 ภาคการศึกษา

วัตถุประสงค์

- เพื่อพัฒนากำลังคน ระดับช่างฝีมือทางด้านอุตสาหกรรมที่จะเป็นผู้ปฏิบัติการในงานเครื่องปั้นดินเผา
- เพื่อฝึกอบรมให้มีความรู้ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์กิจนิสัยในการปรับปรุงทักษะของตนเองให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ
- เพื่อปลูกฝังความมีระเบียบวินัย ความซื่อสัตย์สุจริต ความขยันหมั่นเพียร ตลอดจนความรับผิดชอบต่อหน้าที่และสังคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำงานในหน้าที่เมื่อสำเร็จการศึกษา

- สามารถออกแบบ และผลิตงานเครื่องปั้นดินเผา ด้วยวิธีต่างๆได้
- สามารถควบคุมเตาเผาได้
- สามารถผลิตเคลือบ และเผาเคลือบผลิตภัณฑ์ได้
- สามารถใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และควบคุมโรงงานได้
- ผลิตเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัวได้

จำนวนที่รับเข้าศึกษา

ภาคการศึกษาปกติ 30 คน ในระดับ ปวช.

ภาคการศึกษาปกติ 25 คน ในระดับ ปวส.

รวมทั้งระดับ ปวช. และปวส., ทั้งหมด 140 คน

แนวทางการประกอบอาชีพ

- ประกอบธุรกิจส่วนตัว
- พนักงาน บริษัท ห้างร้าน
- พนักงานของรัฐ และรัฐวิสาหกิจ

แนวทางการศึกษาต่อ

- สถาบันการศึกษาของรัฐ และเอกชน ฯลฯ

2.4.2 หลักสูตรการเรียนการสอนวิชาออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

วิชาออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

1. ระดับ ปวช. ปี 3 ภาคทฤษฎี

ภาคเรียนที่ 1 ศึกษาเรื่องราวของผลิตภัณฑ์ทางงานเครื่องปั้นดินเผา

- ธุรกิจก่อสร้าง, อิฐทนไฟ, หม้อไห, แก้ว, เครื่อเคลือบโลหะ
- เครื่องฉนวน, เครื่องหินขัด
- วัตถุดิบและเคมีภัณฑ์ที่ใช้
- การเตรียมวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การขึ้นรูป
- น้ำยาเคลือบ
- เตาเผา
- การควบคุมอุณหภูมิ
- การเผา

ภาคปฏิบัติ

- การปฏิบัติงานเตรียมล้างหิน นวดผสมเนื้อดินปั้น
- การขึ้นรูปแบบอิสระ
- การขึ้นรูปแบบขด, แบบแผ่น
- การหล่อแบบ, ตกแต่งและเผาดิน
- การชุบเคลือบ, การเผาเคลือบ

ภาคเรียนที่ 2 ภาคทฤษฎี

- หลักการเตรียมผสมน้ำเคลือบจากส่วนผสมจากสูตรโมเลกุล จากสมมูลใน อุณหภูมิต่างๆ การเตรียมน้ำเคลือบไฟต่ำ ไฟกลาง ไฟสูง การเตรียมน้ำเคลือบสี
- ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินและน้ำเคลือบ
- ความเสียหายของน้ำเคลือบและการแก้ไข

ภาคปฏิบัติ

- ปฏิบัติการทดลองน้ำเคลือบ ตามขนาดของอุณหภูมิ สูง กลาง ต่ำ
- ตรวจสอบและวิเคราะห์การเสียหายของน้ำเคลือบ

2. ระดับ ปวส. ปี 4

ภาคเรียนที่ 1 ภาคทฤษฎี

- ประวัติเครื่องปั้นดินเผาไทย และวิวัฒนาการ
- ชนิดของเครื่องปั้นดินเผา ที่ผลิตในปัจจุบัน
- การเตรียมเนื้อดินปั้นของเครื่องปั้นดินเผาชนิดต่างๆ
- กรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรม
- การเตรียมน้ำเคลือบให้สัมพันธ์กับเครื่องปั้นดินเผาชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคปฏิบัติ

- เตรียมน้ำเคลือบสำหรับงานเครื่องปั้นดินเผาแบบต่างๆ
- การเผาและการควบคุมอุณหภูมิของเตาขนาดต่างๆ

ภาคเรียนที่ 2 ภาคทฤษฎี

- ศึกษาวิเคราะห์และทดสอบวัตถุดิบจากเนื้อจากส่วนประกอบของดิน เคมีภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ในเนื้อดินปั้น วัตถุดิบ และน้ำเคลือบ การทดสอบหาเปอร์เซนต์ การดูดซึมน้ำ การทดสอบหา ส.ป.ส. การขยายตัวของชิ้นงาน การทดสอบความแข็งชิ้นงาน

ภาคปฏิบัติ

- ทดสอบส่วนประกอบของวัตถุดิบ
- ทดสอบหาความเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ เคมีของเนื้อดิน, วัตถุดิบ, น้ำเคลือบ
- ทดสอบหาเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำ การขยายตัวความแข็งของงาน

หมายเหตุ ฝึกงานตามโรงงานเครื่องปั้นดินเผาทั่วไป ตอนปิดภาคเรียน

3. ระดับปวส. ปี 5

ภาคเรียนที่ 1 ภาคทฤษฎี

- ศึกษากายภาพทางเคมี, ฟิสิกซ์ของสารที่ใช้ในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ
- กรรมวิธีการทำ
- ความสัมพันธ์ของสีและน้ำเคลือบ
- แม่สีและกรรมวิธีการทำ
- ลักษณะของสีเคลือบชนิดต่างๆ
- เอนโกบ และวิธีการทำ

ภาคปฏิบัติ

- การเตรียม Frit สีและอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเตรียมแม่สี และการนำไปใช้กับงานเคลือบ
- การเตรียม เอนโดปในลักษณะต่างๆ

ภาคเรียนที่ 2 ภาคทฤษฎี

- ศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปั้นดินเผาแบบ
- กระเบื้องต่างๆ
- เครื่องโต๊ะ
- เครื่องฉนวน
- เครื่องสุขภัณฑ์
- วัตถุทนไฟ
- ปฏิมากรรมตกแต่ง
- ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องปั้นดินเผากับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอื่นๆ
- การกำหนดและการตรวจสอบคุณภาพ

ภาคปฏิบัติ

- กระเบื้องแบบต่างๆ
- งานเครื่องโต๊ะ
- งานเครื่องสุขภัณฑ์
- เครื่องฉนวน
- งานทดสอบ วัตถุทนไฟ
- ตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนงาน
- ทำรายงานประกอบการปฏิบัติ

2.4.3 เวลาที่ใช้ในการเรียน วิชาออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

เวลาที่ใช้ในการเรียนวิชาออกแบบเครื่องปั้นดินเผา ในระดับ ปวช. และ ปวส. ในสถาบันการศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ

1. ระดับช่างโท
   - อศ. 141 (งานเครื่องปั้นดินเผา 1) 2 หน่วยกิต 2 ชั่วโมง
   - อศ. 142 (งานเครื่องปั้นดินเผา 2) 3 หน่วยกิต 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อศ. 143 (งานเครื่องปั้นดินเผา 3) 2 หน่วยกิต 2 ชั่วโมง
- อศ. 144 (งานเครื่องปั้นดินเผา 4) 3 หน่วยกิต 8 ชั่วโมง
- อศ. 145 (งานเครื่องปั้นดินเผา 5) 2 หน่วยกิต 2 ชั่วโมง
- อศ. 146 (งานเครื่องปั้นดินเผา 6) 3 หน่วยกิต 8 ชั่วโมง

2. ระดับช่างเอก

- อศ. 247 (งานเครื่องปั้นดินเผา 7) 3 หน่วยกิต 3 ชั่วโมง
- อศ. 248 (งานเครื่องปั้นดินเผา 8) 7 หน่วยกิต 17 ชั่วโมง
- อศ. 249 (งานเครื่องปั้นดินเผา 9) 3 หน่วยกิต 3 ชั่วโมง
- อศ. 2410 (งานเครื่องปั้นดินเผา 10) 7 หน่วยกิต 17 ชั่วโมง

2.4.4 ความมุ่งหมายงานเครื่องปั้นดินเผามีดังนี้

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการต่างๆ และประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วไป
2. ให้มีความซาบซึ้งและรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผานาๆ ชนิดตลอดจนรูปทรงและการเคลือบสี
3. ให้มีความรู้ความเข้าใจในการใช้วัตถุดิบภายในประเทศ เพื่อนนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางเศรษฐกิจ
4. ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัตถุดิบต่างๆตลอดจนกรรมวิธีผลิตเครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วๆ ไป
5. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอน การใช้เครื่องมือ การรักษาเครื่องมือ และเทคนิคต่างๆ
6. ให้มีความรู้ความสามารถที่จะทำการสอนวิชางานเครื่องปั้นดินเผา ในโรงเรียนมัธยมแบบประสม

อศ. 141 (งานเครื่องปั้นดินเผา 1) 2 หน่วยกิต 2 ชั่วโมง

ให้มีความรู้ความเข้าใจขอบข่าย และความสำคัญของเครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วไป ดังนี้

1. ความหมายของคำต่อไปนี้ (Definition Eterms) เช่น Ceramics,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ceramic Techology, Ceramic Engineering, Ceramic Arls, Etc

2. ให้มีความรู้ความเข้าใจประวัติย่อเครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วไปและของไทย
3. ให้มีความรู้ความเข้าใจชนิดต่างๆ ของเครื่องปั้นดินเผา Classification of Ceramic Products)
4. ให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการซื้อและการเลือกผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
5. วัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการทำเครื่องปั้นดินเผาภายในประเทศและต่างประเทศ (Raw Materials)
6. คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปั้น และหลักการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ
   - Test for the water of Plasticity
   - Test for Drying Shrinkage
   - Test for Firing Skirnkage
   - Test for Water Baorption of fived Clay
7. ให้รู้จักวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ (Procassing)
8. ให้รู้จักการตกแต่งผลิตภัณฑ์ต่างๆ
9. ให้รู้จักการเผาดิน (Biscuit Firing) และเครื่องมือต่างๆที่จำเป็นไว้ในการเผา
10. ให้มีความรู้เกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบ และการเผาเคลือบ
11. ให้มีความรู้เกี่ยวกับการเผาเคลือบ (Flost Firing) และการตรวจผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จ

<u>อศ. 142 (งานเครื่องปั้นดินเผา 2) 3 หน่วยกิต 8 ชั่วโมง</u>

ให้มีประสบการณ์ทักษะและเทคนิคต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ให้มีประสบการณ์ และทักษะเกี่ยวกับเครื่องมือต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา
2. ให้รู้จักเตรียมดิน การล้างดิน การผสมดิน การเกรอะดิน การนวดดิน และการทดสอบดินที่ใช้ในการปั้นสิ่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รู้จักการขึ้นรูปแบบอิสระ (Free Form)

4. ให้รู้จักการขึ้นรูปแบบขด (Coil Method)

5. ให้รู้จัดการขึ้นรูปแบบแผ่น (Slab Method)

6. ให้รู้จักกรรมวิธีการตากหรือการผึ่งผลิตภัณฑ์ (Green Ware)

7. ให้รู้จักการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาดิบ (Biscuit) และเผาเคลือบ (Glost)

8. ให้รู้จักการเตรียมน้ำเคลือบ การบดเคลือบ การชุบเคลือบ

9. ให้รู้จักการเผาดิบและการเผาเคลือบ

10. ให้รู้จักวิจารณ์ผลงานต่างๆ ที่ทำการเตรียมดิน การออกแบบ การขึ้นรูป การผึ่งผลิตภัณฑ์ การชุบเคลือบ และการเผาต่างๆ

<u>อศ. 143 (งานเครื่องปั้นดินเผา 3) 2 หน่วยกิต 2 ชั่วโมง</u>

1. ให้ความรู้ความเข้าใจ การกำเนิดของดิน (Origingal Clay) และคุณสมบัติที่เหมาะสมทางเคมีของดิน (The Chemical Comdosition of Clay)

2. ให้มีความรู้ในการทดสอบคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ คือ

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ก. ลักษณะภายนอก เช่น สี ความแข็ง ผลึก

ข. Sampling & Sliging

ค. ความหนาแน่น ความพรุน ความดูดซึมน้ำ ความหดตัว

ง. การสะท้อนแสง

จ. ความแข็งแรงทางกล

2.2 คุณสมบัติทางเคมี

ก. วิธีวิเคราะห์ด้วยปริมาตร

ข. วิธีวิเคราะห์ด้วยน้ำหนัก

3. ให้มีความรู้เกี่ยวกับวัตถุที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบต่างๆ การแบ่งประเภทของน้ำเคลือบ ชนิดของน้ำเคลือบ ส่วนประกอบของน้ำเคลือบ การใช้สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำเคลือบ และข้อบกพร่องต่างๆ ของการเคลือบ

ก. วัสดุน้ำเคลือบ

ข. ชนิดของน้ำเคลือบ

ค. การจำแนกชิ้นของน้ำเคลือบ

ง. ส่วนประกอบน้ำเคลือบ

จ. สีของน้ำเคลือบ

ฉ. การสะท้อนแสงของน้ำเคลือบ

อศ. 144 (งานเครื่องปั้นดินเผา 4) 3 หน่วยกิต 8 ชั่วโมง

ให้มีความรู้ทักษะและเทคนิคต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ให้มีความรู้ความเข้าใจและทักษะเกี่ยวกับเครื่องมือการสร้างแบบ การเตรียมสลิป การเทแบบต่างๆ
2. ให้รู้จักการสร้างแบบและหล่อพิมพ์แบบกล (Pressing Mold)
3. ให้รู้จักการสร้างแบบ และหล่อพิมพ์แบบชั้นเดียว (One Piece Mold)
4. ให้รู้จักการสร้างแบบด้วยปูนพลาสเตอร์ และการทำพิมพ์หลายๆ ชิ้น (Three Piece Mold)
5. ให้รู้จักการตกแต่งผลิตภัณฑ์ (Finishing) การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา
6. ให้รู้จักการเตรียมน้ำเคลือบ การชุบเคลือบ
7. ให้รู้จักการเผาดิบ (Bisque) การเผาเคลือบ (Glose Firing)

อศ. 145 (งานเครื่องปั้นดินเผา 5) 2 หน่วยกิต 2 ชั่วโมง

1. ให้มีความรู้ความเข้าใจประวัติความเป็นมาและการพัฒนาของเตาในการทำเครื่องปั้นดินเผา
2. ให้มีความรู้ความเข้าใจในการจำแนกประเภทต่างๆ ของเตา

2.1 จำแนกตามวิธีการระบายลมร้อนนอกจากเตา

ก. เตาแบบทางระบายลมร้อน (Up Draft Kilns)

ข. เตาแบบทางระบายลมร้อนขนาด (Horizontal Draft Kilns)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. เตาแบบทางระบายลมร้อนลง (Down Draft Kilns)

2.2 การจำแนกตามลักษณะรูปร่างของเตา

ก. เตามอญ

ข. เตาเหลี่ยม (Rectangualr Kilns)

ค. เตากลม (Circntor Kilns)

ง. เตาจีน (Snake Kilns)

จ. เตานอน (Tunnel Kilns)

ฉ. เตาแบบ (Climbing Kilns)

ช. เตาแบบปิด (Muffle Kilns)

ซ. เตาไฟฟ้า (Blectric Kilns)

3. ส่วนประกอบต่างๆ ของเตา

3.1 ห้องเตา (Firing Chamber)

3.2 ห้องเผา (Combutin Chamber)

3.3 ทางระบายความร้อน

3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ

3.5 Checker Work

3.6 ปล่องไฟ (Slake or Ghimney)

3.7 ผนังเตา

3.8 หลังคาเตา

4. การเผา

4.1 การอบผลิตภัณฑ์ให้แห้ง (Drying)

4.2 การเผา (Firing)

ก. การเผาดิบ (Biscuit Firing)

ข. การเผาเคลือบ (Glost Firing)

- การเผาแบบ (Oxidizing Condition)
- การเผาแบบ (Reducing Condition)
- การเผาแบบ (Super Rlashing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างเตา

   5.1 อิฐทนไฟต่างๆ

   5.2 ซีเมนต์ทนไฟ

   5.3 วัสดุอื่นๆ

6. หลักการสร้างเตา (Kiln Construction)

   6.1 เทคนิคในการก่อฐาน

   6.2 เทคนิคในการก่ออิฐต่างๆ และการหุ้มเตา

อศ. 146 (งานเครื่องปั้นดินเผา 6) 3 หน่วยกิต 8 ชั่วโมง

1. ให้ความรู้ความสามารถใช้เครื่อง การรักษาเครื่องมือตลอดจนความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือ
2. ให้มีความรู้และทักษะการเตรียมดิน การนวดดินที่เหมาะสมที่ใช้ในการขึ้นรูปแบบแป้นหมุน
3. ให้มีความชำนาญและเทคนิคในกรรมวิธีการขึ้นรูปแบบแป้นหมุน

   3.1 ให้มีทักษะในการกรรมวิธีกดดิน ดึงดิน ขึ้นให้ได้ศูนย์กลาง

   3.2 ให้มีทักษะในกรรมวิธีขึ้นรูปทรงกลมต่ำกลาง

   3.3 ให้มีทักษะในกรรมวิธีขึ้นรูปทรงกลมสูง และทรงโค้งต่างๆ ตามความต้องการ

4. ให้มีความรู้และทักษะในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยกรรมวิธีต่างๆ

   4.1 ให้มีทักษะในการตกแต่งแบบเอนโคป

   4.2 ให้มีทักษะในการขูดขีดต่อเติมเป็นลวดลายต่างๆ

   4.3 ให้มีทักษะในการเขียนลวดลายบนผลิตภัณฑ์ด้วยสีต่างๆ

5. ให้มีทักษะในการชุบเคลือบ การเผาผลิตภัณฑ์ต่างๆ ด้วยการเผาดิบและเผาเคลือบ

อศ. 247 (งานเครื่องปั้นดินเผา 7) 3 หน่วยกิต 3 ชั่วโมง

1. นิยามของวัตถุทนไฟชนิดต่างๆ ของวัตถุทนไฟ วัตถุดิบและส่วนผสมคุณสมบัติที่สำคัญ การผลิตวัตถุทนไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดินเผาเตา ชนิดของอิฐก่อเตาเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมทนไฟ
3. นิยามของผลิตภัณฑ์เลนซ์ ชนิดต่างๆ ของบอรส์เลนซ์ วัตถุดิบส่วนผสม การผลิตบอรส์เลนซ์ชนิดต่างๆ
4. การล้างดิน คุณสมบัติที่สำคัญของบอรส์เลนซ์
5. อุตสาหกรรมโลหะเคลือบ ชนิดของโลหะเคลือบ วัตถุดิบต่างๆ การเตรียมผิวโลหะ และกรรมวิธีทำโลหะเคลือบ
6. อุตสาหกรรมซิเมนต์ ปูนปลาสเตอร์ ปูนขาวชนิดต่างๆ ของซีเมนต์วัตถุดิบ และส่วนผสมการผลิตอุตสาหกรรมซิเมนต์ เครื่องมือใช้ในการทำซีเมนต์
7. วัตถุดิบในการผลิตปูนปลาสเตอร์ คุณสมบัติและประโยชน์ของปูนปลาสเตอร์ วัตถุดิบในการทำปูนขาว คุณสมบัติและประโยชน์ของปูนขาว
8. อุตสาหกรรมแก้ว วัตถุดิบและกรรมวิธีผลิตเครื่องมือใช้ในการทำอุตสาหกรรม

อศ. 248 (งานเครื่องปั้นดินเผา 8) 7 หน่วยกิต 17 ชั่วโมง

1. การเตรียมดิน การทดสอบดินที่ใช้ในการปั้น
2. การขึ้นรูปและออกแบบด้วยแป้นหมุน Asnessay, Bowl, Cup.
3. การขึ้นรูปและออกแบบด้วยแป้นหมุน Dish โถต่างๆ พร้อมด้วยฝาปิด และ Floure fot
4. ให้ออกแบบด้วยแป้นหมุน Lamp Base และเหยือก (Pitcher)
5. การขึ้นรูปและออกแบบด้วยแป้นหมุน Saucer, Teapet, to set และแจกัน
6. การตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยกรรมวิธีต่างๆ Incise Sgraffito, Enabess และการเขียนด้วยสีใต้เคลือบ Englobe

อศ. 249 (งานเครื่องปั้นดินเผา 9) 3 หน่วยกิต 3 ชั่วโมง

1. นิยามต่างๆ และให้เห็นคุณประโยชน์ของวิชาเครื่องปั้นดินเผา
2. ความเที่ยงตรง และความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การหาปริมาณความชื้น ความพรุนตัว และการสูญเสียจากการเผา
4. การหาปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในดินชนิดต่างๆ พร้อมกับปริมาณน้ำใช้ในการผสมดินเพื่อให้ดินมีความเหนียวที่สุด
5. น้ำเคลือบและวัตถุดิบ (ดิน)
   5.1 แสดงการคำนวณเพื่อหาสูตรเฉพาะ Empirical
   5.2 การหาน้ำหนักโมเลกุล หรือน้ำหนักตามสูตรของน้ำเคลือบ
   5.3 การหาน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ตามสูตร (Formula Batch Weight)
   5.4 การคำนวณหาสูตรน้ำเคลือบจากวัตถุดิบที่ใช้
6. การทำน้ำเคลือบ ฟริต แสดงหลักในการทำฟริตและการคำนวณ
7. การหาคุณสมบัติที่สำคัญของวัตถุดิบของน้ำเคลือบ โลหะเคลือบ และแก้ว
   7.1 ความแน่น (Density)
   7.2 ความแข็งแรงเนื่องจากแรงดึง (Tensile Strength)
   7.3 ความยืดหยุ่น (Elasticity)
   7.4 ความแข็ง (Hardness)
   7.5 ความร้อนจำเพาะ (Spacific Hent)
   7.6 ความนำความร้อน (Thernal Conductivity)
   7.7 การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thernal Expansion)
   7.8 ความแข็งแรงเนื่องจากแรงกด (Grushing Strength)

<u>อศ. 2410 (งานเครื่องปั้นดินเผา 10) 7 หน่วยกิต 17 ชั่วโมง</u>

1. ให้รู้จักเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วยใบมีด
2. ให้รู้จักออกแบบสร้างแบบด้วยหินและปูนปลาสเตอร์ชนิดต่างๆ
3. การทำพิมพ์แบบ Inside และ Outside และการผลิตพิมพ์
4. การขึ้นรูปด้วยใบมีดชนิดต่างๆ ตลอดจนการออกแบบผลิตภัณฑ์
5. ศึกษาและหาความชำนาญตามหัวข้อต่อไปนี้
   5.1 การขึ้นรูป (Hand Forming)
   5.2 การขึ้นรูป (Throwing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 จำนวนผู้เข้าศึกษาในหลักสูตร

การศึกษาในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผานี้ แบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ

1. ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช) มีจำนวนผู้เข้าศึกษาคือ

การศึกษาภาคปกติ 30 คน

การศึกษาภาคค่ำ 30 คน ทั้งหมด 3 ชั้นปี

รวมจำนวนนักศึกษาทั้งหมด ในระดับนี้ 180 คน

2. ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส) มีจำนวนผู้เข้าศึกษาคือ

การศึกษาภาคปกติ 20 คน ทั้งหมด 2 ชั้นปี

รวมจำนวนนักศึกษาทั้งหมด 40 คน

2.5.1 การผสมและการบด

ขั้นตอนการผลิตเคลือบที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ การทำส่วนผสมของน้ำเคลือบให้เป็นเนื้อเดียวกันพร้อมที่จะใช้ชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันยกเว้นการชุบเคลือบโดยอาศัยไอของเกลือ ซึ่งระเหยขึ้นมาในระหว่างการเผาเพื่อเคลือบผลิตภัณฑ์ วิธีการที่ใช้กันทั่วไปก็ คือการผสมวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบดิบกับน้ำเพื่อให้อยู่ในรูปน้ำเคลือบ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการและเครื่องมือ ที่จะทำให้เชื่อแน่ว่าจะได้ของผสม ระหว่างวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของเคลือบดิน และน้ำที่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดจนโดยปราศจากผงหยาบๆ และก้อนดิน น้ำเคลือบที่ต้องมีส่วนประกอบและคุณสมบัติที่เหมาะสมคือ เมื่อตั้งน้ำเคลือบทิ้งไว้เฉยๆ เป็นระยะเวลานานพอสมควร น้ำเคลือบต้องไม่เกิดการแยกตัวระหว่างผงวัตถุดิบกับน้ำเคลือบ ต้องไม่มีเกลือละลายอยู่มากเกินไปจนใช้งานไม่ได้น้ำเคลือบต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับวิธีการที่จะใช้ชุบเคลือบ นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะชุบเคลือบ และสิ่งสำคัญสุดท้ายก็คือน้ำเคลือบจะต้องไม่มีอนุภาคของวัตถุใด ๆ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดรอยด่างหรือข้อเสีย

ภาวะที่จำเป็นในการผลิตน้ำเคลือบก็คือ ความสะอาด การใช้และการระวังรักษาวัตถุดิบและเครื่องมืออย่างมีระเบียบแบบแผน การทำงานให้ได้ภาวะเช่นนี้จะช่วยประหยัดเวลา แรงงาน และวัสดุต่างๆ นอกจากนี้การกระตุ้นให้คนงานทำงานด้วยความรอบคอบระมัดระวัง จะเป็นผลทางจิตวิทยาซึ่งเห็นความต้องการอย่างยิ่งในการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของน้ำ

เงื่อนไขสำคัญอันหนึ่งในการตระเตรียมน้ำเคลือบ ซึ่งโดยปกติแล้วไม่มีใครคำนึงถึงก็คือ คุณภาพของน้ำที่ใช้ การเตรียมน้ำบริสุทธิ์ไม่ใช้เรื่องยากลำบาก แต่การใช้น้ำบริสุทธิ์ในการเตรียมน้ำเคลือบเป็นการสิ้นเปลืองเกินความจำเป็น น้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีสารประกอบพวกซัลเฟต คลอไรด์ของอัลคะไล และอัลคะไลเออร์ท นอกจากนี้ก็มีเหล็ก อะลูมินา และมีด่างตัวอื่นๆ ในประมาณเล็กน้อย ในน้ำกระด้างจะมีสารประกอบพวก CO_3,HCO_3,So_4,Cl ของ Ca^{++} และ Mg^{++} ในน้ำทั่วไปอาจมีสารเหล่านี้ละลายอยู่เล็กน้อย แต่อาจมีสารประกอบ ตัวอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นตัวทำให้เกิดปัญหาจำนวนมาก เช่น H_2SO_4 พวกของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ เกลือ ต่างๆ และอาจมีสารประกอบอื่นๆ แหล่งน้ำธรรมชาติบางแห่งมีเกลือของอัลคไลสูง ทำให้น้ำมีสภาพเป็นด่างค่อนข้างแรงทั้งปริมาณและคุณสมบัติเฉพาะของสารละลายและที่กระจัดกระจายลอยตัวอยู่ในน้ำอาจจะมีผลอย่างยิ่งต่อการเตรียมน้ำเคลือบ และการชุบและจะเกิดผลเสียอย่างแน่นอนระหว่างทำการเผาเคลือบ

น้ำที่ได้จากการกลั่นภายใต้ภาวะที่เหมาะสมเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่จะเป็นการลงทุนแพงที่สุดที่จะนำน้ำมันมาใช้ในอุตสาหกรรมในอุตสาหกรรมเซรามิกส์จึงไม่ใช้น้ำชนิดนี้ จะใช้น้ำชนิดนี้เฉพาะในห้องปฏิบัติการเท่านั้น การเก็บกักน้ำฝนภายใต้ภาวะที่เหมาะสมก็สามารถใช้แทนกันได้ แต่คุณภาพของน้ำฝนในที่นี้พื้นที่อุตสาหกรรม หรือที่มีชุมชนอยู่หนาแน่นควรจะเข้าใจได้ว่าจะต้องมีพวกแก๊สละลายอยู่นอกจากนั้นก็มีพวกฝุ่นละอองการใช้น้ำที่กำจัดความกระด้างแล้วประสบผลสำเร็จ ในอุตสาหกรรมหลายอย่างน้ำที่กำจัดความกระด้างแล้วนี้ใช้ได้ในงานเซรามิกส์หลายชนิด

วิธีการกำจัดน้ำกระด้างที่มีใช้กันแพร่หลาย คือการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอนุมูลบวก โดยการใช้อลูมิดนซิลิเกตหรือซีโอไลท์เป็นตัวกลาง Na^{+} ที่อยู่ในสารประกอบที่เป็นตัวกลางจะแทนที่โดย Ca^{++} ซึ่งมีในน้ำกระด้างจะทำให้ความกระด้างของน้ำลดลงหรือหมดไปอย่างไรก็ดีน้ำที่กำจัดความกระด้างแล้วนี้จะมีปริมาณของ Na^{+} ละลายอยู่ในประมาณที่เป็นอัตราส่วนที่สมดุลกับ Ca^{++} ที่ถูกตัดออกไป และมีพวกอินทรีย์สารอื่นๆ ซึ่งมีอยู่เดิม

หลักการแลกเปลี่ยนอนุมูลโดยการใช้สารอินทรีย์ได้เข้ามาแทนที่การใช้ซีโอไลท์ของโซเดียมอินทรีย์สารซีโอไลท์จะจับอนุมูลบวกของเกลืออินทรีย์สาร พร้อมกับปล่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจนออกมาทำปฏิกิริยาเป็นกรดต่างๆ ซึ่งแล้วแต่ว่าจะมีอนุมูลลบชนิดใด เช่น ถ้ามี HCO_3 ก็จะได้ H_2CC_3 ถ้ามี SO_4 ก็จะได้ H_2SO_4 อนุมูลสารประกอบที่อยู่ในรูปของกรดก็จะถูกดูดกลืน โดยสารประกอบที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลลบ น้ำที่ได้จะมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับน้ำกลั่นซึ่งใช้ในงานเซรามิกส์บางชนิด

<u>การบดแห้ง</u>

ส่วนผสมของเคลือบดินมักผสมหรือบด โดยมีน้ำปริมาณค่อนข้างมากเป็นตัวกลาง ถ้าต้องการผสมส่วนผสมของเคลือบดินแห้งเช่น ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้หลอมฟริตก็มีเครื่องมือหลายชนิดและมีความจุขนาดต่างๆ ที่จะทำให้ทำงานได้สะดวกสำหรับส่วนผสมที่ไม่ใหญ่โตนักอาจใช้หม้อบดซึ่งกั้นด้วยแผ่นไม้หรือโลหะ ขนาดความกว้างประมาณ 4 นิ้ว ยาวตลอดแนวหม้อบดและตั้งให้แนวตัวของแผ่นอยู่ในแนวรัศมีของหม้อบด ขอบของแผ่นที่ใกล้กับผนังหม้อบดตั้งให้ห่างจากผนังหม้อบดประมาณ 1 นิ้ว ถ้าใช้แผ่นโลหะสองแผ่นที่การติดตั้งควรจัดให้อยู่ตรงกันข้าม ถ้าติดตั้งแผ่นโลหะมากกว่า 2 แผ่นขึ้นไปควรจัดให้แผ่นที่ติดตั้งมีระยะห่างเท่าๆ กัน ความมุ่งหมายของการติดตั้งเครื่องมือชนิดนี้ก็เพื่อทำให้วัตถุที่จะผสมกันตกลงมาเป็นระยะๆ บนปีกของแผ่นกั้นและเพื่อป้องกันวัตถุที่ประสมลื่นไถลไปตามผนังหม้อบด ดังนั้นจึงทำให้แน่ใจได้ว่าส่วนผสมนั้นเกิดการผสมอย่างทั่วถึง

<u>การกระจายของขนาดของวัตถุดิบในน้ำเคลือบ</u>

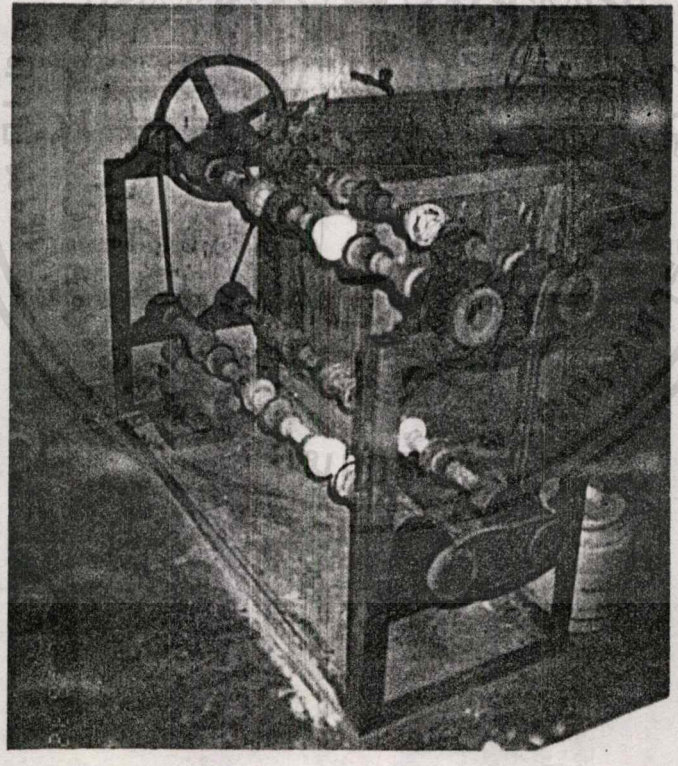
ผู้ทำงานเกี่ยวกับน้ำเคลือบหลายรายถือว่าน้ำเคลือบที่ได้ผ่านการตระเตรียมที่ดี จะต้องผ่านตะแกรงร่อนขนาดมาตรฐานที่ใช้กันประมาณ 200 เมช ซึ่งจะมีวัตถุดิบหยาบๆ ค้างบนตระแกรง การเตรียมเช่นนี้ไม่ได้พิจารณาการกระจายของขนาดวัตถุดิบเช่นเปอร์เซนต์สัดส่วนของความละเอียดที่แตกต่างกันมีความสำคัญของความละเอียดและโดยเฉพาะอย่างผู้ผลิตเคลือบยังไม่เห็นความสำคัญของการกระจายขนาดของวัตถุดิบนี้ ผู้ผลิตโลหะเคลือบหลายรายมีความเห็นว่า การควบคุมการกระจายของวัตถุดิบ จะทำให้เกิดประโยชน์หลายประการคือ ทำให้ได้โลหะเคลือบที่มีคุณภาพประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิต แต่ตามปกติแล้วพบว่าเคลือบที่จะละเอียดมากกว่าจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เคลือบที่ดีกว่า และเคลือบจะมีจุดสุกตัวต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการบด

เมื่อวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเคลือบไม่อยู่ในสภาพที่เป็นผงหรือเมื่อต้องบดลงวัตถุดิบให้ละเอียดมากขึ้น หรือเมื่อต้องการให้ส่วนผสมของวัตถุดิบใช้ในการผลิตเคลือบผสมเข้ากันดียิ่งขึ้น จำเป็นที่จะต้องเตรียมน้ำเคลือบด้วยวิธีการที่เหมาะสมต่อไปวิธีการที่ปฏิบัติกันอยู่ก็คือ ทำการผสมและบดน้ำเคลือบในเครื่องบดที่เหมาะสม

ปัจจุบันการผลิตเคลือบทำได้สะดวกขึ้น เพราะว่าสามารถจัดหาวัตถุดิบที่ละเอียดดีให้ได้มากจึงมีผู้ผลิตเคลือบหลายรายผลิตน้ำเคลือบ โดยการผสมวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบด้วยเครื่องกวนผสมที่อัตราเร็วสูง



ภาพที่ 10 แสดงลักษณะเครื่องบดน้ำเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อบด

ทำหน้าที่บดลูกบดอาจทำด้วยเหล็กหรือฟลินท์หรือเซรามิกส์ หม้อบดที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกใส่ลูกบดและส่วนของวัตถุดิบที่จะใช้เตรียมน้ำเคลือบ หม้อบดจะหมุนรอบแกนของมันเอง หม้อบดขนาดเล็กเหมาะสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ มักทำด้วยผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ หม้อบดขนาดใหญ่ทำด้วยเหล็กเหนียวกรุด้วยปอร์ซเลนหรือหินแก้ว หรือบางครั้งก็ใช้ยางทั้งการกระจายของขนาดวัตถุดิบ และรูปร่างของอนุภาคของวัตถุดิบที่บดได้

ก้อนหินฟลินท์

ตามธรรมชาติมีความหนาแน่น 2.6 มีความเหนียวและมีความทนทานไม่ค่อยลึกกร่อน ปัจจุบันยังนิยมใช้เป็นลูกบดสำหรับบดน้ำเคลือบ การที่มันมีรูปร่างไม่แน่นอนและที่ผิวอาจมีมลทินและรอยแตกลึก การทำความสะอาดลูกบดพวกนี้จึงมีความยุ่งยากอยู่บ้าง

ลูกบดปอร์ซเลน

เป็นเนื้อดินปั้นแบบลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า มีความหนาแน่นประมาณ 2.4 ลูกบดแต่ละลูกบดมีขนาดสม่ำเสมอ มีสีขาว ทำความสะอาดได้ง่าย ประสิทธิภาพในการบดและความทนทานต่อการลึกกร่อนสู้ลูกบดชนิดฟลินท์ไม่ได้

ลูกบดปอร์ซเลนที่มีความหนาแน่นสูง เป็นชนิดที่มีเปอร์เซนต์อลูมินาสูงมีการผลิตใช้กันมาก ความหนาแน่นของลูกบดอยู่ระหว่าง 3-3.6 และมีบางชนิดสูงกว่าการใช้ลูกบดที่มีความหนาแน่นสูงมีผลทำให้เกิดประสิทธิภาพในการบด คือ บดได้เร็วและละเอียดกว่าการใช้ลูกบดที่มีความหนาแน่นน้อย การลึกกร่อนของลูกบดชนิดนี้จะได้วัสดุที่มีเนื้อและความหนาแน่นสม่ำเสมอ อาจมีบางส่วนที่ลึกกร่อนออกมา บางรูปของฟลินท์แต่ควรระลึกไว้เสมอว่าลูกบดที่มีความหนาแน่นสูง ไม่เฉพาะบดได้เร็วกว่าเท่านั้น แต่อาจบดวัสดุละเอียดเกินไปด้วย และอุณหภูมิภายในหม้อบดก็สูงกว่าการใช้ลูกบดที่เบากว่า ประสิทธิภาพในการบดจะดีที่สุดก็เมื่อเติมน้ำเคลือบให้สูงท่วมลูกบดประมาณ 1-2 นิ้ว การบดด้วยลูกบดที่มีความหนาแน่นสูง จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการบดด้วยลูกบดที่เบากว่า การบดด้วยลูกบดที่มีความหนาแน่นสูงมีข้อดีพอรวบรวมได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) เวลาที่ใช้ในการบดลดลงอย่างน้อย 30%

(2) ค่าใช้จ่ายสำหรับลูกบดและกำลังไฟลดลง

(3) น้ำมีเคลือบที่ได้เป็นเนื้อเดียวกันมากกว่า

(4) ได้น้ำเคลือบที่สะอาดกว่า

(5) ไม่ต้องเติมลูกบดบ่อย ไม่ต้องเลือกและตรวจสอบลูกบดบ่อยๆ

(6) การคึกหรอของลูกบดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอมากกว่า

(7) การเพิ่มเติมลูกบดเพื่อทำให้ปริมาตรการบดอยู่ในสภาพปกติทำได้โดยใช้ลูกบดใหม่ปริมาณน้อย และเติมในระยะเวลาที่สม่ำเสมอ

ข้อเสียของการใช้ลูกบดที่มีความหนาแน่นสูงกว่าก็มีเช่นกัน คือ

(1) พวกเฟืองพวกวัสดุที่กรุหม้อบดสึกหรือมากกว่า

(2) เนื้อวัตถุดิบจับตัวกันเร็วขึ้น

(3) อุณหภูมิของน้ำเคลือบสูงขึ้น

<u>ขนาดของลูกบด</u>

ประสิทธิภาพของการบดจะสูงขึ้นโดยการขัดสีของลูกบด ฉะนั้นในหนึ่งหน่วยปริมาตรถ้ามีจุดสัมผัสมากก็จะมีการบดมากด้วย จึงจำเป็นต้องจัดหาลูกบดให้มีปริมาณมากพอ

รูปร่างของลูกบดก็มีผลต่อการบดเช่นกัน เขาพบว่าลูกบดทรงกระบอกบดได้ดีกว่าลูกบดทรงกลมเล็กน้อย

2.5.3 <u>หลักการทำงานของหม้อบด</u>

ในทางปฏิบัติน้ำเคลือบทุกชนิดต้องการกรรมวิธี การบดที่เหมาะสมซึ่งหาได้โดยการทดลองและการสังเกตอย่างระมัดระวัง องค์ประกอบในการบดที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำเคลือบ คือปริมาณการละลายและความแข็งของพริตที่ใช้ปริมาณและชนิดของดินที่ใช้ ขนาดของหม้อบดและขนาดต่างๆ ของลูกบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกบด

การบดของหม้อบดเกิดขึ้นโดยการขัดสีระหว่างวัตถุดิบกับลูกบดซึ่งไถล และกลิ้งไปในขณะหม้อบดหมุนไป ลูกบดมีหลายชนิดและมีขนาดต่างๆ กัน ซึ่งแต่ละชนิดก็มีประโยชน์เฉพาะตัวของมัน ลูกบดที่ใช้กันแพร่หลายได้แก่ลูกบดชนิดฟลินท์ ชนิดที่เป็นโลหะและปอร์ชเลน

ลูกบดชนิดฟลินท์

ลูกบดชนิดนี้นิยามแบ่งออกเป็น 3 เกรด เกรดหนึ่งมีขนาดระหว่าง 1-$1\frac{1}{2}$ นิ้ว เกรดสองมีขนาดระหว่าง $1\frac{1}{2}$-2 นิ้ว และเกรดสามมีขนาดระหว่าง 2-$3\frac{1}{2}$ นิ้ว ฟลินท์อาจมีสีดำหรือสีครีม พวกสีดำอาจทำให้เกิดจุดดำบนผลิตภัณฑ์ได้ การเกิดจุดดำนี้เนื่องจากการแตกกระเทาะของลูกบดเป็นชิ้นเล็กๆ และผสมปนลงไปในเนื้อเคลือบเมื่อน้ำเคลือบชิ้นส่วนนั้นก็อาจติดที่ผิวผลิตภัณฑ์ได้ น้ำเคลือบ ชนิดเดียวกันแต่ทำการบดด้วยหม้อบดที่ต่างชนิดกัน จะมีคุณสมบัติทางกายภาพไม่เหมือนกัน จะมีความแตกต่างกัน

2.5.4 ทฤษฎีของหม้อบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา

ได้มีการสังเกตและวิเคราะห์การทำงานของหม้อบดอย่างระมัดระวังจนทำให้เข้าใจกฎเกณฑ์การทำงานของมันเป็นอย่างดี การทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของหม้อบดโดยการติดตั้งและกระจกหรือพลาสติกในที่ปลายทั้งสองของหม้อบด และใส่ลูกบดขนาดเล็กลงไปจำนวนหนึ่ง และหมุนหม้อบดในอัตราเร็วที่ต่ำมาก ลูกบดจะไกลไปตามผิวหม้อบดทำให้ผิวหม้อบดสึกกร่อนมากกว่า ทำให้เกิดการบด ถ้าหม้อบดหมุนเร็วเกินไปแรงเหวี่ยงจะทำให้เกิดการกระจัดกระจายภายในหม้อบดอย่างมีระบบซึ่งไม่ทำให้เกิดการบดที่ดี ถ้าลดอัตราเร็วของหม้อบดลงบ้างแรงเหวี่ยงก็จะลดลงด้วยปัจจุบันเราสามารถจัดอัตราเร็วของหม้อบด ซึ่งทำให้ลูกบดเคลื่อนตัวขึ้นไปถึงจุดสูงสุดและตกลงมาอย่างช้าๆ กระแทกลงบนลูกบดที่เคลื่อนตัวตามขึ้นไป ซึ่งเป็นการกระทำของการบดการตกกระแทกกันแรงๆ เป็นสาเหตุให้วัสดุที่ใช้กรุหม้อบดสึกกร่อนและร้าวได้ นอกจากนั้นยังทำให้ลูกบดแตกและเกิดเสียงดังในขณะทำการบดด้วย

แต่ก่อนเข้าใจว่าการทำงานของหม้อบดเป็นดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ปัจจุบันยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเหตุผลที่อธิบายวิธีการบดที่มีประสิทธิภาพเพิ่มเติมคือ หม้อบดต้องมีอัตราเร็วที่พอเหมาะที่จะทำให้เกิดการหมุนตัวของลูกบดทุกๆ ลูกในหม้อบด และต้องสามารถทำให้พื้นที่ผิวซึ่งกำลังเคลื่อนตัวอยู่นั้นทำงานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

องค์ประกอบในการทำงานของหม้อบดที่ควรพิจารณามีหลายประการ เช่น ขนาดของหม้อบด ขนาดและจำนวนลูกบด น้ำหนักและปริมาตรของลูกบดที่ใช้ขนาดของวัตถุดิบ ปริมาณน้ำที่ใช้ความหนืดของส่วนผสม ระยะเวลาในการบดและอุณหภูมิ

ในกรณีที่วัสดุไม่แข็งมากนัก ต้องการบดเพียงเล็กน้อย และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเคลือบส่วนใหญ่อยู่ในรูปละเอียดดีอยู่แล้วส่วนผสมของน้ำเคลือบที่ต้องการบดก็คือพริตแต่ปัจจุบันพริตที่ใช้กันก็มักอยู่ในรูปของผลละเอียด พวกพริตที่ยังไม่ได้บดและวัตถุดิบที่แข็งและมีขนาดหยาบอื่นๆ เช่นฟลินต์และออกไซด์ที่ทำให้เกิดขึ้น สีพวกนี้จะใส่ในหม้อบดและใส่ดินลงไปในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อทำให้ส่วนผสมไม่จมตัวได้ง่าย และต้องเติมน้ำประมาณ 10% ถึง 30% ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องใช้ปริมาณของน้ำนี้มีความสำคัญเพราะว่าความหนืดของผสมมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการบด การใช้น้ำมากไปจะทำให้น้ำเคลือบใสไป วัสดุที่หนักกว่าจะจมลงแยกตัวออกมา การใช้น้ำน้อยไปจะได้เคลือบที่ข้นและเหนียวเหนอะ ซึ่งจะหุ้มลูกบดและทำให้การลดช้าลง

ถ้าปริมาณน้ำได้บ้างหรือมีหินฟันม้าที่ละลายน้ำได้มากกว่าปกติ หรือใช้เวลาในการบดนานเกินไปหรือให้ปริมาณน้ำมากเกินไป น้ำเคลือบที่ได้จะมีสภาพไม่เหมาะที่จะนำไปใช้หรือถ้านำไปใช้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ

<u>ระยะเวลาที่ใช้ในการบด</u>

เวลาที่ต้องการวัสดุที่มีความแข็งให้ได้ความละเอียดตามที่ต้องการนั้นขึ้นกับขนาดของหม้อบด ขนาดน้ำหนักและปริมาณลูกบด ปริมาณของที่จะบดเส้นผ่าศูนย์กลางและอัตราเร็วของหม้อบด เมื่อส่วนที่เป็นวัสดุแข็งของผสมถูกบดจนได้ขนาดแล้วจึงใส่วัสดุที่เหลือ ยกเว้นดินบางส่วนเพราะว่าได้ใส่ดินลงไปบดร่วมกับของที่มีความแข็งแล้วและทำการบดต่อไปจนของผสมคลุกเคล้าเข้ากันจึงหยุด การกระทำเช่นนี้จะช่วยลดเวลาที่ใช้บดลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของหม้อบด

ความเร็ววิกฤตของหม้อบดเป็นรอบต่อนาทีหาได้จากสูตร

ความเร็ววิกฤต = R 54.9%

R = ความยาวของรัศมีของหม้อที่มีหน่วยเป็นเมตร

ความยาวของรัศมีของหม้อบดที่มีหน่วยเป็นเมตรหม้อบดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 75 ซม. ใช้ความเร็วของหม้อบด 87% ของความเร็ววิกฤตหม้อบดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในใหญ่กว่าหรือมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในระหว่าง 95-105 ซม.ใช้ความเร็วหม้อบด 64% ของความเร็ววิกฤต

ขนาดของลูกบด

ลูกบดขนาดใหญ่ที่สุดควรมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว และลูกชดนั้นควรเอาออกทิ้งไว้ไปเมื่อมีขนาดเล็กกว่า 1 นิ้ว การที่ลูกบดย่อยๆ สึกหรอมีขนาดเล็กลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปภายในหม้อบดกลับเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการบด ลูกบดที่ใหญ่กว่านี้จะมีประโยชน์ก็ต่อเมื่อมีวัตถุดิบที่ความเหนียวมากและมีขนาดใหญ่ การใช้ลูกบดขนาดเล็กกว่าจะทำให้บดเป็นไปได้เร็วกว่า

ปริมาณลูกบด

ปริมาณลูกบดที่ใช้ในหม้อบดควรเป็น 55-62.5% ของปริมาตรของหม้อบด ลูกบดส่วนที่สึกหรอไปควรชดเชยโดยการเติมลูกลดขนาดใหญ่หนัก 5-10% ต่อน้ำหนักพริต 1,000 ปอนด์ ลูกบดชนิดฟลินท์ใช้บดของที่แข็งลูกบดชนิดปอร์ซเลนใช้บดผสมที่มีความแข็งไม่มากนัก

ความละเอียดของน้ำเคลือบจะสามารถควบคุมได้ง่ายสำหรับหม้อบดขนาดใหญ่ส่วนหม้อบดขนาดเล็กการบดเป็นไปอย่างรวดเร็ว อันตรายจากการบดละเอียดไปมีมาก

ปริมาณของน้ำ

ถ้าปริมาณของน้ำในส่วนผสมน้อย ประสิทธิภาพในการบดจะลดลง แต่ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำให้การบดมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้โดยใช้ลูกบดมากขึ้น น้ำที่ใช้หม้อบดจะต้องมีปริมาณที่แน่นนอนสำหรับการบดส่วนผสมของเคลือบชนิดหนึ่งๆ โดยใช้เวลาในการบดน้อยที่สุด

อุณหภูมิ

การบดยิ่งใช้ระยะเวลานานซึ่งมีความร้อนสะสมในหม้อบดมากขึ้น ความร้อนจะทำให้น้ำในหม้อบดกลายเป็นไอ การที่อุณหภูมิของผสมในหม้อบดสูงขึ้นก็อาจทำให้เกิดสารละลายมากขึ้น และอาจเป็นผลทำให้คุณสมบัติของน้ำเคลือบเปลี่ยนแปลงไปการลดอุณหภูมิของหม้อบด อาจทำได้โดยพ่นน้ำเป็นฝอยละอองบนหม้อบดหรือสร้างระบบน้ำให้หมุนเวียนอยู่รอบหม้อบดเวลาที่ทำการบด แต่ถ้าอุณหภูมิของน้ำเคลือบไม่เกิน 70 องศา คุณสมบัติของน้ำเคลือบที่บดได้จะไม่เปลี่ยนแปลงจนทำให้เกิดความยุ่งยากในการทำงาน

2.5.5 สภาพของน้ำเคลือบ

สภาพของน้ำเคลือบที่เหมาะแก่การใช้งาน เป็นผลมาจากคุณสมบัติทางกายภาพที่ซับซ้อน ซึ่งทำให้น้ำเคลือบมีคุณสมบัติเหมาะที่จะใช้ทำการชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะใช้วิธีชุบเคลือบแบบสุ่ม เช่น พ่น ระบายหรือด้วยวิธีการอื่นๆ

องค์ประกอบที่อาจแบ่งออกได้ 3 ประการ ที่มีอิทธิพลต่อสภาพของน้ำเคลือบ

1. ปริมาณและคุณสมบัติเฉพาะของคอลลอยด์ที่กระจายลอยตัวอยู่ในน้ำเคลือบ
2. ปริมาณและคุณสมบัติ เฉพาะทางกายภาพของวัตถุที่ไม่ใช่คอลลอยด์ เช่น ขนาดรูปร่าง ความหนาแน่น
3. ปริมาณของน้ำ

การควบคุมสภาพที่เหมาะสมของน้ำเคลือบอาจทำโดยอาศัยการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำเคลือบในด้านต่างๆ ดังนี้

(1) การเปรียบเทียบความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะ

(2) อัตราการไหลของน้ำเคลือบหรือความหนืด

(3) การควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) อัตราการสะสมบนแผ่นแก้วและแผ่นเซรามิกส์ที่ไม่เคลือบเพื่อจุ่มลงในเคลือบอาจใช้หน่วยกรัม/ตารางเซนติเมตร

วิธีการควบคุมที่ใช้สำหรับเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำเคลือบมี

(1) การบด

(2) การอุ่นหรือต้ม

(3) การหมัก

(4) การใช้สารประกอบอิเล็คโทรไลต์

ความสำคัญของดิน

ดินที่ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบไม่ใช่แต่ทำหน้าที่เป็นอนุภาคคอลลอยด์ที่กระจัดกระจายในน้ำเคลือบเท่านั้น แต่ยังมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาซึก จึงจัดว่าดินมีความสำคัญมาก ดินที่จะนำมาใช้ต้องผ่านการเลือกเฟ้นมาแล้วอย่างดี จะต้องมีคุณสมบัติทั้งในด้านสี การลอยตัว และความสามารถในการยึดเกาะตามที่ต้องการ ชนิดและแหล่งของดินที่นำมาใช้ในน้ำเคลือบ อาจทำให้สภาพของน้ำเคลือบที่เหมาะสมมีคุณสมบัติต่างๆ กันไป ถ้าใช้ดินเหนียวเพียงอย่างเดียวน้ำเคลือบจะมีความหนืดน้อยลง การเคลือบใช้ดินที่เหมาะสมอาจทำให้ใช้สารอิเล็กโทรไลต์น้อยลงหรือไม่ต้องใช้เลย และอาจเกิดข้อดีอื่นๆ อีกเช่น รอยร้าวบนผิวเคลือบ หรือการหลุดร่วงหรือฝุ่นจะหมดไป

สิ่งสำคัญอย่างยิ่งจำเป็นต้องมีเหตุผลชี้นำไว้ใจได้ ในการเลือกดินที่เหมาะที่สุด สำหรับใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบ นอกจากความต้องการพื้นฐานที่จะเป็นต่างๆ เช่น สีที่เหมาะสมปราศจากสิ่งสกปรกที่ไม่ต้องการความละเอียดของเนื้อดิน ยังมีคุณสมบัติอีกหลายอย่างคือ การกระจายลอยตัว การรวมตัวกันและจมตัวลงพร้อมกับคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ที่สำคัญซึ่งอาจจะประมาณค่าความจุของการแลกเปลี่ยนอนุมูล

สภาพที่เหมาะสมของเคลือบ

ได้เคยกล่าวมาแล้วว่า เคลือบคือชั้นบางๆ ของแก้วซึ่งหลอมผสานอยู่บนเนื้อผลิตภัณฑ์ดินปั้นเคลือบมีคุณสมบัติ เช่นเดียวกับแก้วคือ เป็นวัสดุที่เปราะ ถ้าอยู่ภายใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงกดที่สูงมากเกินไป เคลือบจะสูญเสียแรงที่ดึงที่มีในเคลือบไป เมื่อเคลือบตกอยู่ภายใต้แรงดึงที่สูงมากกว่าแรงดึงของเคลือบ เคลือบจะแตกหรือราน

สภาพของเคลือบที่เหมาะสม จะต้องไม่เกิดการรานตัวหรือแตก หรือกะเทาะในระหว่างการผลิตหรืออยู่ภายใต้สภาพการใช้งาน

กลไกลที่ทำให้เกิดสภาพของเคลือบที่เหมาะสม ขณะที่ผลิตภัณฑ์ เคลือบเย็นตัวลงโดยเริ่มจากสุกตัวที่อุณหภูมิสูง องค์ประกอบในเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์ตรงบริเวณรอยต่อจะยึดเกาะกันอย่างเหนียวแน่น ขนาดขององค์ประกอบจะมีโครงร่างให้เห็นในระหว่างการเย็นตัวลงมา หรือมิฉะนั้นจะเกิดบางสิ่งบางอย่างขึ้น ที่กล่าวมานี้จะใช้กับเคลือบมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับเคลือบปริมาตรหรือความยาวเพียงเล็กน้อย ก็จะเกิดความเครียดขึ้นในเคลือบเนื้อดินปั้นเพียงเล็กน้อย

ถ้าเราพิจารณาคุณสมบัติเฉพาะ เราจะพบว่าเนื้อผลิตภัณฑ์หนากว่าชั้นเคลือบ เนื้อผลิตภัณฑ์จึงแข็งแรงและมีโอกาสแตกน้อยกว่าเคลือบ แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ตกอยู่ภายใต้แรงเต้นที่สูงมากพออาจทำให้ผลิตภัณฑ์โค้งงอ หรือรอยต่อระหว่างเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์จะไม่ยึดเกาะคืออาจแตกหรือร้าวได้

แรงเต้นจะเกิดขึ้นในเนื้อเคลือบ เมื่อใดก็ตามถ้ามีการหดตัวของเคลือบและเนื้อผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากัน ถ้าเคลือบมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวมากกว่าเนื้อดินปั้นระหว่างการปล่อยให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัวลงจะเกิดความเต้นเนื่องจากแรงดึงขึ้นในเคลือบและเนื่องจากเคลือบทนต่อแรงดึงได้ต่ำ เคลือบที่ตกอยู่ภายใต้ความเต้นจากแรงดึงจะรวมตัว

<u>การประเมินค่าสภาพความเหมาะสมของเคลือบ</u>

การทราบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเคลือบและเนื้อผลิตภัณฑ์ ยังไม่เป็นการเพียงพอที่จะใช้คำนวณสภาพความเหมาะสมระหว่างเคลือบและเนื้อผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายประการที่เกี่ยวข้อง

ไม่ใช่เป็นเพียงความต้องการเท่านั้น แต่เป็นเรื่องจำเป็นที่จะต้องทราบอย่างแน่นอนว่า เคลือบจะรานตัวหรือไม่เมื่อเก็บไว้หรือใช้งานไปนานๆ การจะยืดอายุการใช้งานเคลือบหรือให้เกิดการรานตัวช้าลง เป็นผลเฉพาะซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีองค์ประกอบอื่นๆ มากเกี่ยวข้องตัวอย่างเช่น การทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว หรือการขยายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากความชื้น

ข้อมูลที่พื้นฐานที่สำคัญที่ใช้บอกสภาพความเหมาะสมหรือไม่ของเคลือบคือความมากน้อยและชนิดของเค้นที่เกิดขึ้นในชั้นเคลือบ มีวิธีการทดลองทดสอบหลายวิธีที่ใช้ประมาณสภาพความเหมาะสมของเคลือบ

การทดสอบพวกกระเบื้อง

การวัดความโค้งของแผ่นกระเบื้อง ทั้งก่อนเผาและหลังจากเผาเคลือบเกิดความโค้งงอจะสามารถวัดได้ ถ้าด้านผลิตภัณฑ์เคลือบเว้าลงแสดงว่าเกิดแรงดึงแต่ถ้านูนขึ้นแสดงว่าเกิดแรงอัด

การทดสอบความแข็งแรง

ถ้าเคลือบตกอยู่ภายใต้ความเครียด จะมีผลอย่างยิ่งต่อความทนทานต่อแรงกด ที่มีผลต่อการโค้งงอของเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้น ถ้าผลิตภัณฑ์อยู่ภายใต้ความเครียดความแข็งแรงความของเนื้อผลิตภัณฑ์จะลดลง เหลือประมาณ 25% ของความแข็งแรงของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เคลือบ เคลือบที่ตกอยู่ภายใต้แรงอัดจะทำให้ผลิตภัณฑ์เคลือบมีความเครียดของแรงอัดเพิ่มขึ้น และจะเพิ่มมากขึ้นถึงจุดหนึ่งถ้าความเครียดของแรงอัดมากเกินไป จะเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายคือ อาจแตกกระเทาะได้ ผลิตภัณฑ์ฉนวนไฟฟ้าให้ความสำคัญเป็นอย่างมากต่อผลที่แรงกดของเคลือบที่มีต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์

การทดสอบด้วยออโตเคลฟ

ผลิตภัณฑ์ที่มีความพรุนตัวอาจจะตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของการขยายตัวเพราะความชื้น ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เมื่อใช้ในที่มีความชื้นมากมักจะมีการรานตัวการทดสอบการรานตัวชนิดนี้ให้ใช้การทดสอบโดยออโตเคลฟ วิธีการทดสอบกระทำโดยวางชิ้นทดสอบในออโตเคลฟเหนือน้ำใช้ความดัน 10 กก./ตร.ซม. ควบคุมไว้ที่ความดันนี้เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วค่อยๆ ลดความดันลงช้าๆ ใช้เวลาระหว่าง 10 ถึง 30 นาที

หลังจากเอาตัวอย่างทดลองออกจากออโตเคลฟแล้วทำให้เย็นเช็ดให้สะอาดใช้หมึกหรือสีทาผลิตภัณฑ์เมื่อตรวจสอบการรานตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของการรานตัวของผลิตภัณฑ์

การรานตัวเนื่องจากการกระทำของความร้อน ผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ภายใต้อิทธิพลของความร้อนโดยไม่เกิดการรานตัว จะต้องผ่านการทดสอบ 10 ครั้ง โดยไม่เกิดการรานตัว เมื่อจุ่มผลิตภัณฑ์ซึ่งให้ร้อนในเตาอบที่อุณหภูมิ 120 องศา ลงในน้ำเย็นอุณหภูมิ 20 องศา

การรานตัวเนื่องจากความเค้นหรือการรานตัวแบบ พาราลเลลในระหว่างการใช้งานผลิตภัณฑ์เคลือบอาจจะตกอยู่ภายใต้กลไกของความเครียดที่รุนแรง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากมีความเค้นมากกระทำ และผลสุดท้ายทำให้ผลิตภัณฑ์เคลือบเกิดการรานตัว การรานตัวแบบนี้จะพบในผลิตภัณฑ์กระเบื้องและผลิตภัณฑ์อื่นๆ บ้าง บางครั้งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของซีเมนต์ ซึ่งกำลังแข็งตัวหรือการกระทำของกลไกลความเค้นหรือการขยายตัว เนื่องจากความชื้นของเนื้อผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่จะไม่เกิดการรานตัวชนิดนี้จะต้องผ่านการทดสอบ คือ ไม่เกิดการรานตัวซึ่งมักจะมีลักษณะเป็นเส้นขนาน โดยอัดผลิตภัณฑ์นั้นด้วยความกด 70 กก./ตร.ซม. และใส่ในออโตเคลฟ ซึ่งมีความดัน 10 กก./ตร.ซม. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

การรานตัวซึ่งเกิดจากการแข็งตัวของน้ำ ผลิตภัณฑ์เคลือบสามารถรานตัวได้เนื่องจากการแข็งตัว และการละลายของน้ำแข็ง การป้องกันที่ดีก็คือต้องเลือกเคลือบและเนื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเข้ากันได้ดี และจะไม่รานตัวเมื่อเกิดการแข็งตัว และละลายของน้ำแข็ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์

การรานตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งแต่อยู่ในเตาเผา เกิดจากการเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์ไม่เข้ากัน

ความแข็งของเคลือบ

ความแข็งของสสารเป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ไม่สามารถให้คำจำกัดความได้ การวัดความแข็งของสสารกระทำโดยการสังเกตความสามารถทนทางของสสารต่อการขูดขีดของสสารอื่นๆ หรือสังเกตความสามารถทนทานต่อรอยกดการทดสอบความแข็งแรงของเคลือบโดยอาศัยรอยกดเป็นเครื่องวัด มีประโยชน์สำหรับใช้เปรียบเทียบความแข็งของเคลือบต่างๆ และรวมถึงความแข็งของวัสดุอื่นๆ

ไดอะมอนด์ พิรามิด ฮาร์ดเนส ขนาดของรอยกดจะเปลี่ยนแปลงไปบ้างซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่กับความเร็วของการอัดและระยะเวลาที่อัด เคลือบมีความไวต่อการทดสอบชนิดนี้มาก หลังจากการกดแล้วตรวจสอบพื้นที่รอยกดที่เล็กมาก ซึ่งสามารถตรวจสอบด้วยเครื่องมือที่มีความละเอียดมาก ถ้าน้ำหนักที่กดบนเคลือบด้วยอัตราที่เหมาะสมและน้ำหนักที่ใช้ไม่มากพอที่จะทำให้แจกค่าความแข็งซึ่งมีหน่วยเป็นคนูพจำไม่ขึ้นตรงต่อน้ำหนักที่ลด

ความสุกใสที่เป็นเงามัน ผิวผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จเรียบร้อยดีแล้ว จะทำหน้าที่ที่สำคัญได้แก่ ผลิตภัณฑ์สองประการคือ การสงวนรักษาสภาพของผิวผลิตภัณฑ์ และการรักษาสภาพที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ ลักษณะสภาพที่ปรากฏของผิวผลิตภัณฑ์ และที่สะดุดตาได้แก่ สีและความสุกใสเป็นเงา ความสุกใสเป็นเงามันนี้เราไม่สามารถวัดได้แต่เราสามารถวัดความในการสะท้อนแสงของผลิตภัณฑ์ได้ คุณสมบัติโดยเฉพาะความสามารถในการสะท้อนแสงของผิวผลิตภัณฑ์ เปลี่ยนแปลงลงไปตามมุมตกและมุมสะท้อนของแสงและอื่นๆ ที่อยู่ในระบบ ซึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนเครื่องที่ใช้วัดความสุกใสเป็นเงามันจะผูกพันกับทิศทางเราขาของแสงสะท้อน เครื่องพอจะให้ค่าตัวแปรตัวเลขที่มีความสัมพันธ์กับความสุกใสเป็นเงามัน ที่ปรากฏของผิววัสดุที่มีคุณสมบัติเฉพาะ

<u>คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเคลือบ</u>

ความรู้เรื่องคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าของเคลือบยังจำกัดอยู่ในวงแคบมาก เพราะนักเซรามิกส์ได้สันนิษฐานไว้ตามทฤษฎีพฤติกรรมของแก้วต่างๆ เนื่องจากแก้วต่างๆอาจแตกร้าวด้วยตัวเป็นอนุมูลบวกลบได้ และพฤติกรรมของแก้วต่างๆ นี้เป็นไปตามเกณฑ์ของฟาราเดย์ ดังนั้นจึงพบว่าเป็นไปได้ที่จะเกิดหมุนเวียนของอนุมูลในแก้วอนุมูลต่างๆ เหล่านี้ได้แก่ Na^{+},K^{+},Ba^{++},Sr^{++},Sn^{+4},Pb^{++},Cu^{+},Fe^{++} ที่อุณหภูมิต่ำแก้วต่างๆ มีสภาพการนำไฟฟ้าต่ำมาก เพราะว่าแก้วที่อุณหภูมิต่ำมีความหนืดมาก ซึ่งจะขัดขวางการเคลื่อนตัวของอนุมูลที่อุณหภูมิสูง ความหนืดของแก้วลดลงการเคลื่อนตัวของอนุมูลในเนื้อแก้วจะเป็นไปได้ดีขึ้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้สภาพการทำไฟฟ้าโดยของแก้วจะเปลี่ยนแปลงจาก 1019 โอห์ม ที่ 250 ซ. ไปจนถึง 1 โอห์มที่ 1,200 องศา ซ. สภาพการนำไฟฟ้าโดยประมาตรของเคลือบ เป็นสองที่ไม่มีความสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพการนำไฟฟ้า โดยปริมาตรของเนื้อผลิตภัณฑ์ฉนวนไฟฟ้าสูงน่าจะมีความสำคัญอย่างยิ่ง ถ้ายกเว้นหรือไม่คิดถึงผลที่เกิดจากการสะสมฝุ่นละอองในบรรยากาศ และฝุ่นละอองจากโรงงานอุตสาหกรรมบนผิวเคลือบสภาพการนำไฟฟ้าที่ผิวเคลือบจะขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงต่อชั้นของน้ำที่ถูกดูดซึม

<u>องค์ประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อสภาพการนำไฟฟ้าที่ผิวเคลือบ คือ</u>

(1) องค์ประกอบและคุณสมบัติเฉพาะของเคลือบ

(2) อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

(3) ความชื้นและปริมาณและคุณสมบัติเฉพาะของเกลือต่างๆ ในความชื้น

(4) ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ

(5) ความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของเคลือบ เช่นปริมาณและคุณสมบัติเฉพาะของฟองอากาศ และสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นผลึกที่กระจายตัวอยู่ในเนื้อเคลือบ

สภาพการนำไฟฟ้าที่ผิวเคลือบ หมายถึง ปริมาณและคุณสมบัติเฉพาะของฟองอากาศระยะ 1 หน่วยความยาว และหนึ่งหน่วยความกว้าง ผลของการใช้อัลคะไลและด่างอื่นๆ แทนที่กันในส่วนประกอบของเคลือบซึ่งมีผลต่อสภาพการนำไฟฟ้าของผิวเคลือบมีดังนี้ เช่นการใช้อัลคะไล เช่น Na;K โดยเฉพาะ Na จะทำให้สภาพการนำไฟฟ้าของเคลือบสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การเพิ่มปริมาณ CaO เพียงเล็กน้อยลงในส่วนผสมของเคลือบจะทำให้สภาพการนำของเคลือบลดลงอย่างรวดเร็วและจะไปหยุดที่จุดจุดหนึ่ง และถ้าเพิ่ม CaO ลงไปมากกว่าปริมาณนั้น สภาพการนำไฟฟ้าของเคลือบจะสูงขึ้นรวดเร็ว พฤติกรรมของ MgO และ BaO คล้ายคลึงกับ CaO แต่พฤติกรรมของ BaO คล้ายคลึงกับ CaO แต่พฤติกรรมของ BaO จะให้สภาพการนำไฟฟ้ามากกว่า MgO, Fe_2O_3 และ B_2O_3 มีพฤติกรรมคล้าย BaO และ MgO, Al_2O, ZnO, PbO จะทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่ได้สูงขึ้น

<u>ความสามารถในการเคลื่อนตัวของน้ำเคลือบ</u>

การจับตัวกันและจมตัวลงของอนุภาคของวัตถุดิบในน้ำเคลือบจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับการควบคุมปริมาณและคุณสมบัติเฉพาะตัวของอิเล็คโทรไลต์ที่มีอยู่เดิมหรือที่เติมลงไปในสภาวะที่มีส่วนส่งเสริมให้เกิดสารละลายในน้ำเคลือบเช่น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาหลายๆ ชั่วโมง และหลายอาทิตย์ การบดให้ละเอียดขึ้น การยุ่น การผลัก ปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเคมี ที่เกิดจากการกระทำของจุนสินทรีย์และแสงแดดจะมีอิทธิพลต่อการพัฒนาของน้ำเคลือบดโดยปกติถ้ามีการจับตัวกันและจมตัวลงมากขึ้นไม่ว่าจะโดยปริมาณและชนิดของดิน หรือโดยผลของการเติมสารอิเล็คโทรไลต์ จะทำให้การเคลื่อนตัวของน้ำเคลือบดีขึ้น

ความสามารถในการเคลื่อนตัวของน้ำเคลือบจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้น หรือโดยการใช้สารอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสมหรือใช้วิธีอื่นๆ คือ ต้มหรืออุ่น การหมัก การบดให้ละเอียด หากว่าการหมักจะทำให้น้ำเคลือบมีความเป็นด่างมากขึ้นซึ่งเป็นการช่วยให้เกิดการจับตัวและจมตัวลงของอนุภาคของวัตถุดิบ และเป็นผลทำให้ความสามารถในการเคลื่อนตัวของน้ำเคลือบแสดงออกมาตามคุณสมบัติเฉพาะตัว เนื่องมาจากการเลือกใช้วัตถุดิบต่างๆ วิธีการเตรียมและแม้กระทั่งน้ำที่ใช้

2.5.6 <u>คุณสมบัติทางกายภาพของเคลือบ</u>

ความรู้เกี่ยวกับอิทธิพลของการใช้วัตถุดิบต่างๆเป็นองค์ประกอบในการผสมเป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ และเพื่อเผาเป็นเคลือบสำเร็จแล้วนั้น นับว่าเป็นศิลปะและเป็นความลึกลับสำหรับเซรามิกส์มานานหลายร้อยปี วิธีการที่เป็นระเบียบแบบแผนได้ช่วยพัฒนาวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ความรู้เรื่องการผลิตเนื้อดินปั้นที่ถูกต้องและรวมถึงความสมบูรณ์ของเทคนิคต่างๆ ทางฟิสิกส์ ซึ่งเป็นความรู้ต้องการขั้นพื้นฐานของงานวิจัยในแนวทางด้านค้นคว้าที่ยุ่งยากมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันเราได้ทราบแล้วว่าองค์ประกอบและคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแก้วมีความสัมพันธ์กัน และได้เสนอหลักเกณฑ์ที่เข้าใจได้โดยง่ายว่า คุณสมัติของแก้วอาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระเบียบ โดยการเพิ่ม ลด หรือโดยการแทนที่กัน และกันของวัตถุดิบเฉพาะ เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามต้องการภายใต้ขอบเขตจำกัดอันหนึ่ง หลักเกณฑ์นี้ได้มีการพิสูจน์แล้วว่าถูกต้อง และมีคุณค่าในการผลิต หรือแก้ไขส่วนประกอบของแก้วให้มีคุณสมบัติตามต้องการ

<u>ขอบเขตจำกัดของหลักเกณฑ์นี้มีหลายประการ</u>

(1) ข้อมูลที่มีอยู่เพียงการประมาณการ ถึงแม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นประโยชน์

(2) ผลเฉพาะที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเติมออกไซด์ตัวใดตัวหนึ่ง จะต้องคำนึงถึงผลอันเนื่องมาจากชนิดและปริมาณของออกไซด์อื่นๆ ที่เป็นองค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบในแก้ว

(3) ผลต่างๆ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณของออกไซด์ตัวใดตัวหนึ่ง จะตรงไปตรงมาในขอบเขตจำกัดอันหนึ่ง หลังจากนั้นแล้วผลลัพธ์ที่จะได้ดีที่สุด อาจจะคาดหมายได้จากการเปรียบเทียบกับระบบที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งตระเตรียมขึ้นมาภายใต้สภาวะเดียวกัน

(4) การใช้ความรู้กระทำต่อเคลือบระหว่างที่เคลือบสุกตัว และระยะเวลาที่ปล่อยให้เคลือบเย็นตัวลง จนกระทั่งน้ำเคลือบออกจากเตาเผา มีผลสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณสมบัติบางอย่างหรือทั้งหมด

(5) ส่วนประกอบของเคลือบสุกจะแตกต่างไปจากส่วนประกอบของเคลือบซึ่งได้จากการคำนวณจากส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเคลือบ ซึ่งเป็นเพราะว่าระหว่างการเผาเคลือบมีการระเหยกลายเป็นไอ มีการกระทำของสารเคมีและมีการละลายผิวเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบกับคุณสมบัติทางฟิสิกซ์ทั้งหลายของเคลือบเป็นคุณสมบัติเฉพาะของของเหลวต่างๆ ทั่วไป โดยการถือว่าคุณสมบัติของเคลือบต่างๆ ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเคลือบ จึงเป็นไปได้ที่จะทำการคำนวณคุณสมบัติเฉพาะ เช่น ความหนาแน่น ด้านความร้อน กลศาสตร์ แสงและไฟฟ้า ดังสูตรต่อไปนี้

$$P = C_1X_1+C_2X_2+C_3X_3+.....+C_nX_n$$

P = คุณสมบัติของแก้วหรือเคลือบ

C = เปอร์เซนต์ของออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบ

X = ค่าองค์ประกอบที่เหมาะสม

สำหรับความหนาแน่นคำนวนจาก

$$1/D = \frac{P1}{V1} + \frac{P2}{V2} + \frac{P3}{V3} +.....\frac{Pn}{Vn}$$

D = ความหนาแน่นของเคลือบ

P = เปอร์เซนต์ส่วนผสมของออกไซด์

V = ความหนาแน่นของออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 <u>การควบคุมสภาพและคุณสมบัติของน้ำเคลือบ</u>

น้ำเคลือบที่ใช้ชุบเคลือบโดยวิธีการพ่นและการจุ่ม ใช้หลักเกณฑ์ทั่วไปเหมือนกันในการควบคุมสภาพ และคุณสมบัติของน้ำเคลือบที่ใช้ชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทางพิสิกส์แตกต่างกัน เช่นผลิตภัณฑ์ไม่ไว้ผ่านการเผา ผลิตภัณฑ์ที่ดูดซึมน้ำได้ดี และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ดูดซึมน้ำหรือมีเนื้อเนียน ปกติต้องใช้น้ำเคลือบที่ใสในการชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ดูดซึมน้ำได้ดี แต่ถ้าใช้ความดันในการพ่นน้ำเคลือบสูงเกินไป เคลือบดินและเคลือบผลิตภัณฑ์หนาขึ้นอย่างรวดเร็ว และมักเกิดลักษณะเป็นคลื่น และเคลือบอาจอ่อนตัวได้ ดังนั้นไม่ควรพ่นน้ำเคลือบ เคลือบผลิตภัณฑ์ในระยะใกล้มากเกินไป สำหรับผลิตภัณฑ์มีเนื้อเนียนควรใช้น้ำเคลือบข้นและพ่นให้เป็นฝอยละเอียด โดยใช้ความดันของอากาศให้ต่ำเท่าที่จะทำได้ บางครั้งต้องอุ่นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเนียนก่อนทำการเคลือบเพื่อช่วยทำให้ได้ขึ้น เคลือบดินที่หนาและสม่ำเสมอมากขึ้น

<u>น้ำเคลือบที่ใช้ชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ที่เผาครั้งเดียว วัตถุประสงค์ในการทำการควบคุมคือ</u>

(1) พัฒนาเคลือบที่ปราศจากข้อเสีย และเคลือบผลิตภัณฑ์อย่างสม่ำเสมอ

(2) เพื่อให้ได้ชั้นเคลือบที่หนาอย่างเหมาะสม

(3) ป้องกันการเกิดความชื้นและการแตกร้าว

(4) ป้องกันการเกิดการเคลือบเป็นหย่อมๆ และการเกิดรูเข็ม

(5) ทำให้เคลือบเกิดการไหลตัวที่เหมาะสม

คุณสมบัติส่วนใหญ่ที่กล่าวมานี้สามารถควบคุมได้ด้วยการใช้น้ำเคลือบที่มีสภาพและคุณสมบัติที่เหมาะสม กล่าวคือน้ำเคลือบควรเลือกใช้ทั้งประมาณและชนิดที่เหมาะสมดินเหนียวจะเป็นตัวทำให้น้ำเคลือบไหลตัวได้ดี ดินยางจะช่วยทำให้วัตถุดิบในน้ำเคลือบจมตัวลง เพราะฉะนั้นการใช้ดินทั้งสองในอัตราส่วนที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่ต้องการ

การบดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกอันหนึ่งที่จะทำให้สภาพ และคุณสมบัติของน้ำเคลือบที่เหมาะสมเปลี่ยนไป การแยกบดเป็นวิธีการที่ดี และมีประโยชน์ควรบดวัตถุดิบที่แข็งๆ เสียก่อนแล้วจึง ผสมวัตถุดิบที่แข็งน้อยกว่า เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต หรือไวทิงและพวกสารประกอบที่เป็นตัวทำให้เกิดเคลือบทึบแสงลงไปทีหลัง

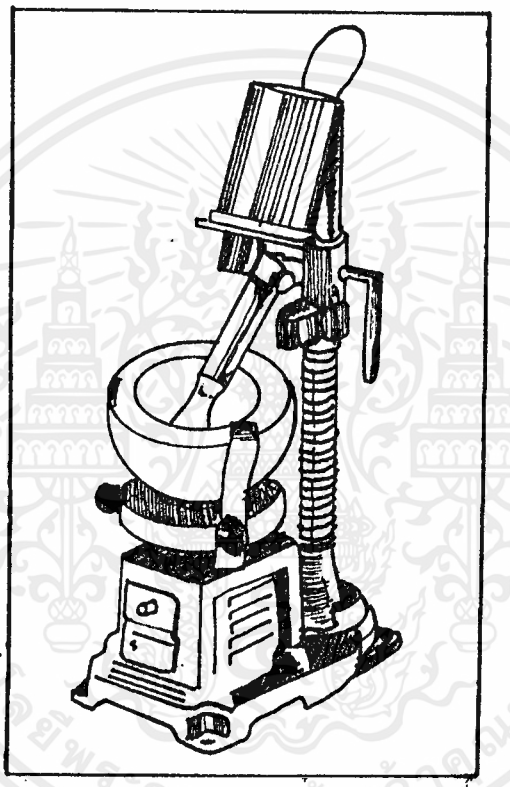
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เครื่องบดน้ำเคลือบแบบเติม และผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง

2.6.1 เครื่องบดน้ำเคลือบและอุปกรณ์ที่ใช้บดน้ำเคลือบขั้นทดลอง

เครื่องบดน้ำเคลือง เครื่องปั้นดินเผาที่มีอยู่ในปัจจุบัน ก็ใช้สำหรับทดลองน้ำเคลือบ เครื่องปั้นดินเผา ซึ่งใช้ในห้องปฏิบัติงานภายในสถาบันการศึกษาที่ได้ศึกษามามีดังต่อไปนี้

แบบที่ 1 เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้พลังไฟฟ้า

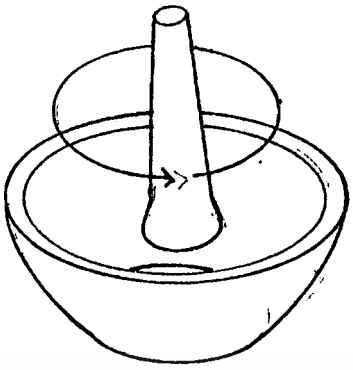


ภาพที่ 11 เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง

คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเครื่องบด

ลักษณะการบด การบดของเครื่องประเภทนี้จะบดแบบเดียวกับ การบดโดยใช้โกร่งบด โดยมีโกร่งบดบรรจุน้ำเคลือบและมีแท่งบดหมุนเป็นวงกลมเป็นตัวทำการบดผสม ส่วนผสมให้เข้ากัน และส่วนที่เป็นโกร่งบดจะหมุนส่ายไปอีกทางของแท่งบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 แสดงลักษณะการบดแบบใช้โกร่งบด

ด้านกำลังของเครื่องบด ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า <220V> เป็นต้นกำลัง เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งแรงม้าไม่มากนักโดยอาศัย การทดรอบในการนำกำลังของมอเตอร์มาใช้งาน

เส้นผ่าศูนย์กลางของภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ มีเส้นผ่าศูนย์กลางของภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ เพื่อนำการบด 150 ม.ม. สูง 100 ม.ม. ความหนา 20 ม.ม. ความจุของภาชนะ 740 ลบ.ซม. <บรรจุเติมภาชนะ>

ปริมาตรที่ใช้บด ใช้ปริมาตรในการบดครั้งละ 148 ลบ.ซม.และไม่เกิน 592 ล.บ.ซม.

จำนวนที่รอบที่ใช้บด สูงสุด 80 รอบ/นาที และต่ำสุด 30 รอบ/นาที

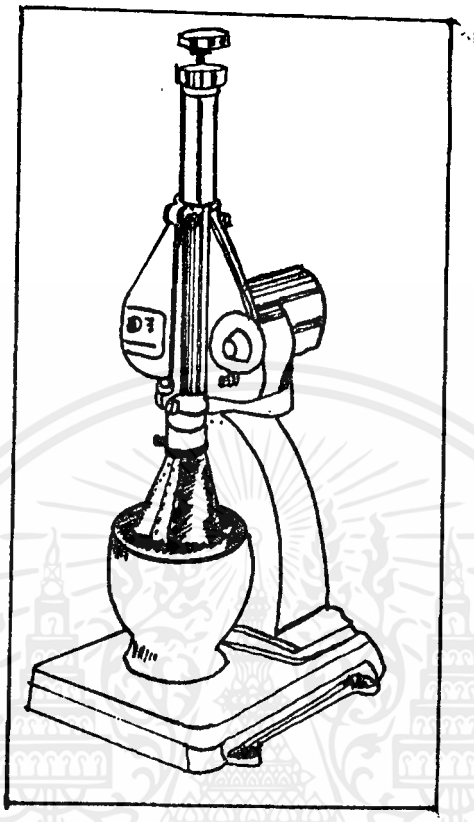
เวลาที่ใช้บด ขึ้นอยู่กับปริมาตรของส่วนผสมในการบดแต่ละครั้ง

ระบบต่างๆ ของเครื่องบด ระบบการส่งกำลังใช้แบบเฟือง ระบบควบคุมเครื่องมีตัวปรับความเร็วรอบของเครื่องบด

วัสดุการผลิต วัสดุส่วนใหญ่เป็นโลหะผสมผลิตโดยการหล่อขึ้นรูป ภาชนะและแท่งบดเป็นเครื่องปั้นดินเผา การประกอบโครงสร้างต่างๆ ใช้น็อตสกลูก ในการประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 2 เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้พลังไฟฟ้า



ภาพที่ 13 เครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลอง

ลักษณะการบด มีลักษณะการบดเหมือนแบบที่ 1 คือ บดแบบโกร่งบด แต่จะมีการป้องกันดีกว่าแบบที่ 1 คือ มีส่วนป้องกันภาชนะบรรจุน้ำเคลือบมิให้มีสิ่งต่างๆ ตกลงไปในภาชนะได้ และป้องกันการระเหยของน้ำที่อยู่ในส่วนผสมมิให้ระเหยออกไป

ต้นกำลังของเครื่องบด ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า <220V> เป็นต้นกำลัง

เส้นผ่าศูนย์กลางของภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ ภาชนะบรรจุมี เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. สูง 120 มม. มีความหนา 15 มม. มีความจะประมาณ 600 ลบ.ซม.

ปริมาตรที่ใช้บด ใช้ปริมาตรในการบดครั้งละ 148 ลบ.ซม. ไม่เกิน 450 ลบ.ซม.

จำนวนรอบที่ใช้บด สูงสุด 80 รอบต่อนาที ต่ำสุด 30 รอบต่อนาที

เวลาที่ใช้บด ขึ้นอยู่ปริมาตรของส่วนผสมที่ใช้บดในแต่ละครั้ง

ระบบต่างๆ ของเครื่องบด มีระบบการส่งกำลังเป็นแบบเฟือง ซึ่งในแบบที่ 2 นี้จะยุ่งยากกว่าแบบที่ 1 ระบบการควบคุมมีระบบตั้งเวลาและปรับความเร็วรอบของเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุการผลิต วัสดุส่วนใหญ่เป็นโลหะผสม ผลิตโดยการหล่อขึ้นรูป และมีพลาสติกใช้ในส่วนของฝาปิดภาชนะบรรจุน้ำเครื่อง ส่วนภาชนะบรรจุน้ำเครื่องเป็นเครื่องปั้นดินเผา

แบบที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการบดน้ำเคลือบ เครื่องปั้นดินเผาแบบโกร่งบด

ภาพที่ 14 โกร่งบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา

ลักษณะการบด มีภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ คือตัวโกร่ง จะมีลักษณะเหมือนชามและมีแท่งคนใช้สำหรับคนและบดส่วนผสมให้เข้ากัน

ต้นกำลัง ต้นกำลังใช้แรงคนในการบด

เส้นผ่าศูนย์กลางของภาชนะ มีตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 450 มม. จนถึง 300 มม.

ปริมาตรที่ใช้บด สามารถเลือกขนาดของโกร่งบด ให้เหมาะสมกับปริมาตรที่ต้องการบดได้

จำนวนรอบที่ใช้บด ขึ้นอยู่กับขนาดของส่วนผสม ปริมาตรของส่วนผสมและขนาดของตัวโกร่งบดด้วย และที่สำคัญคือ ตัวผู้บดเอง

ข้อดีของเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2

- มีขั้นตอนในการทำงานที่น้อย
- สะดวกในการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำความสะอาดภาชนะ และแห่งบดง่าย
- ตัวเครื่องมีขนาดที่เล็กกะทัดรัดเคลื่อนย้ายได้สะดวก

ข้อเสียของเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง ในแบบที่ 1 และแบบที่ 2

- ไม่มีการป้องกันที่ดี ในภาชนะบรรจุน้ำเคลือบใน แบบที่ 1 ซึ่งอาจมีสิ่งแปลกปลอมตกลงในน้ำเคลือบได้อาจทำให้น้ำเคลือบ เกิดความเสียหายได้
- ระบบการส่งกำลังแบบเฟืองมีเกิดการชำรุดแล้วยากต่อการบำรุงรักษา
- มีชิ้นส่วนที่มากและในชิ้นส่วน ส่วนใหญ่จะผลิตโดยกรรมวิธีการหล่อโลหะ ซึ่งยากต่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม
- ตัวเครื่องไม่มีการป้องกันที่ดี ซึ่งจะยากต่อการทำความสะอาด
- ไม่มีการป้องกันระบบการทำงานของเครื่องในส่วนที่เคลื่องที่ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ และตัวเครื่องได้
- การทำความสะอาดฝาปิดภาชนะบรรจุน้ำเคลือบใน แบบที่ 2 ทำได้โดยยากเพราะต้องนำฝาออกจากตัวเครื่องบด มาทำความสะอาดภายนอก
- การบำรุงรักษาการทำโดยยากลำบาก เพราะบางชิ้นส่วนเมื่อเกิดการเสียหายแล้วไม่สามารถหามาทดแทนได้
- การล่าช้าในการบด ซึ่งการบดลักษณะแบบโกร่งบดนี้จะต้องใช้เวลาในการบดที่นาน
- คุณภาพของน้ำเคลือบที่ได้ไม่ดีพอ ส่วนผสมต่างๆ ไม่ผสมเข้ากันดีพอทำให้น้ำเคลือบ เมื่อเผาออกมาแล้วไม่มีคุณภาพที่ควรจะเป็น

แบบที่ 3 โกร่งบดน้ำเคลือบแบบใช้แรงคน

ข้อดี

- สะดวกในขั้นตอนการเตรียมการบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง
- ประหยัดค่าใช้จ่าย
- ทำความสะอาดภาชนะบรรจุและแห่งบดได้ง่าย
- ไม่มีระบบยุ่งยากในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

- ล่าช้าในการทำงานเพราะต้องใช้แรงคนบด
- คุณภาพของน้ำเคลือบขึ้นอยู่กับ บุคคลที่ทำการบดน้ำเคลือบ
- อาจมีสิ่งต่างๆ ตกเข้าไปเจือปนกับน้ำเคลือบได้เพราะไม่มีส่วนป้องกันภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ

สรุป

เครื่องบดน้ำเคลือบ และอุปกรณ์ที่ใช้บดน้ำเคลือบ ขั้นทดลองที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีใช้กันอยู่ 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้พลังไฟฟ้า มีลักษณะการบดแบบโกร่งบดแต่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง

แบบที่ 2 เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่ใช้พลังไฟฟ้า มีลักษณะการบดแบบโกร่งบด มีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง แต่จะมีลักษณะพิเศษกว่าแบบที่ 1 คือ จะมีฝาปิดภาชนะบรรจุน้ำเคลือบในขณะบด เพื่อป้องกันน้ำเคลือบ

แบบที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้บดน้ำเคลือบแบบใช้แรงคน คือโกร่งบด โกร่งบดนี้จะประกอบไปด้วยภาชนะบรรจุน้ำเคลือบมีลักษณะคล้ายชาม และมีแท่งบดทำหน้าที่คนส่วนผสมให้เข้ากัน ซึ่งแบบที่ 3 คุณภาพของน้ำเคลือบจะดีหรือไม่ดีจะขึ้นอยู่กับตัวผู้ทำการบดเอง

2.6.2 เครื่องบดน้ำเคลือบที่ใช้ในงานจริง

เครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาที่ใช้ในการบดผสมส่วนผสมของเคลือบที่ใช้ในงานจริงจะมีรูปแบบการบดแบบ ให้หม้อบดนอนแล้วหมุนโดยจะมีลูกบดทำหน้าที่บดผสมส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน เวลาที่ใช้ในการบดของหม้อบดนี้จะขึ้นอยู่กับ ขนาดของหม้อบด ปริมาตรที่ใช้บด น้ำหนักของส่วนผสม ปริมาณของลูกบด หม้อบดในลักษณะแบบนี้จะแบ่งเป็น 2 ขนาดคือ

1. หม้อบดขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือหม้อบดที่มีขนาดบรรจุตั้งแต่ 5 กิโลกรัมลงมา ทำจากเนื้อพอร์สเลนหนาประมาณ 1-1 $^{1}/_{2}$ นิ้ว เคลือบทั้งภายนอกและภายในแต่บางบริษัทผลิต ผลิตทำแบบไม่เคลือบภายใน ในเหตุผลที่ว่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบดให้มากขึ้น

<u>ส่วนประกอบของหม้อบดจะประกอบไปด้วย</u>

- หม้อบด
- ยางกันซึม
- น็อตยึดฝาหม้อบด
- ลูกบด
- ฝาหม้อบด

<u>ภาพที่ 15</u> แสดงส่วนประกอบของหม้อบดขนาดเล็ก

เครื่องบดขนาดเล็กจะประกอบไปด้วย มอเตอร์เป็นต้นกำลังและมีแกนสองแกนสำหรับวางหม้อบดให้หมุนอยู่บนแกน และใช้ระบบส่งกำลังแบบสายพาน

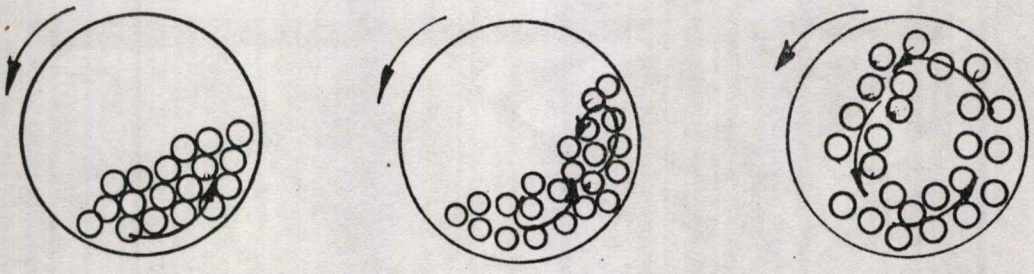
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 16 แสดงลักษณะของเครื่องบดขนาดเล็ก

2. หม้อขนาดใหญ่

เป็นหม้อบดที่มีความจุตั้งแต่ 50 กิโลกรัมขึ้นไป ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ถ้าเป็นหม้อบดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จะหม้อบดที่ภายนอกเป็นโลหะ ภายในกรุด้วยวัสดุที่ทนต่อแรงกระแทก และแรงเสียดสีได้สูง เช่น RUBBER, SILEX, PORCELAIN เป็นต้น

ลักษณะการหมุนและการทำงานของลูกบด



หมุนช้า หมุนพอเหมาะ หมุนเร็ว

ภาพที่ 17 แสดงการทำงานของลูกบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหม้อบดขนาดเล็กและขนาดใหญ่หมุนโดยกำลังไฟฟ้า ด้วยความเร็วประมาณ 30 รอบต่อนาที ภายในบรรจุด้วยลูกบดขนาดต่างๆ วัสดุที่นิยมใช้ทำลูกบด ได้แก่ ก้อนกรวดและก้อนพอร์สเลน ก้อนกรวดนิยมใช้ทั่วไปเพราะราคาถูก และมีความแข็งแกร่งพอสมควร แต่ประสิทธิภาพในการบดไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากมีขนาดและรูปทรงไม่แน่นอน

ก้อนพอร์สเลน (Porcelain ball) ราคาค่อนข้างแพง แต่ให้ประสิทธิภาพในการบดได้สูงกว่า เพราะมีขนาดและรูปทรงที่แน่นอน

จำนวนลูกบดที่ใช้แล้วให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการบดควรใช้ประมาณ 50 เปอร์เซนต์ ของปริมาตรภายในของหม้อบด และควรมีขนาดต่างๆ กัน ในอัตราส่วนดังนี้ คือ

ลูกบดขนาดใหญ่ ประมาณ 20-25 เปอร์เซนต์

ลูกบดขนาดกลาง ประมาณ 50-60 เปอร์เซนต์

ลูกบดขนาดเล็ก ประมาณ 20-25 เปอร์เซนต์

เครื่องกรองใช้ตะแกรงร่อน (Sive) ธรรมดาขนาดที่ใช้ในการกรองน้ำเคลือบประมาณเบอร์ 80-150

2.6.3 <u>ลักษณะการบดแบบต่างๆ ในงานเครื่องปั้นดินเผา</u>

ลักษณะการบดแบบต่างๆ ในงานเครื่องปั้นดินเผาจะมีการบดอยู่ 2 ประเภท คือ

1. การบดวัตถุดิบที่เป็นก้อน
2. การบดวัตถุดิบที่เป็นผง

<u>การบดวัตถุดิบที่เป็นก้อน</u>

การบดวัตถุดิบที่เป็นก้อนนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในการบดส่วนผสมของเนื้อดินเครื่องปั้นดินเผาที่มีขนาดใหญ่ ให้เล็กลงเพื่อการง่ายในการผสมส่วนผสมของเนื้อดิน

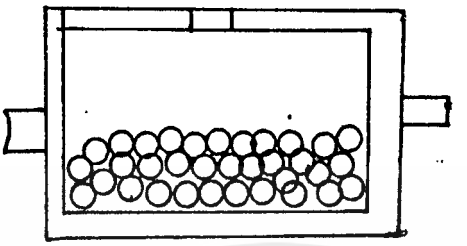
<u>การบดวัตถุดิบที่เป็นผง</u>

การบดวัตถุดิบที่เป็นผงในงานเครื่องปั้นดินเผานี้ ส่วนมากจะเป็นการบดผสมในส่วนของน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา เพราะส่วนผสมของน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา จะอยู่ในรูปของผงละเอียด ซึ่งจะสะดวกในการใช้งานมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการบดวัตถุดิบแบบละเอียด

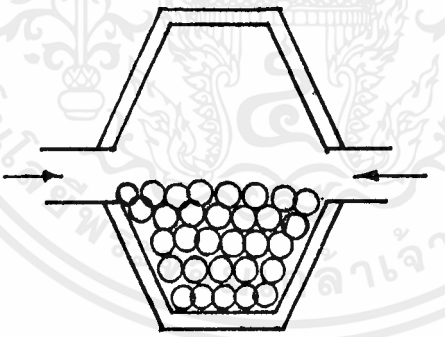
แบบที่ 1



ภาพที่ 18 แสดงลักษณะของการบดแบบหม้อหมุน

ลักษณะการบด แบบนี้เป็นการบดโดยให้หม้อบดที่บรรจุลูกบดอยู่ภายในแล้วหมุน เพื่อให้ลูกบดทำการบดส่วนผสม

แบบที่ 2

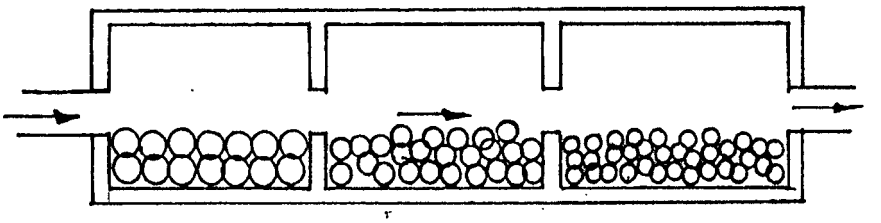


ภาพที่ 19 แสดงลักษณะการบดแบบหม้อบดหมุนแล้ว น้ำเคลือบไหลผ่านเข้าไปในหม้อบดและออกไปอีกทาง

ลักษณะการบด หม้อบดจะหมุนโดยมีลูกบดอยู่ภายใน และน้ำเคลือบจะผ่านเข้าไปภายในหม้อบด ลูกลดจะทำหน้าที่บดผสมส่วนผสมให้เข้ากัน และน้ำเคลือบจะออกไปอีกทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 3



ภาพที่ 20 แสดงลักษณะการบดแบบหม้อบดภายในแบ่งเป็นห้องๆ ให้น้ำเคลือบไหลผ่านทีละห้อง

ลักษณะการบด ภายในหม้อบดจะแบ่งเป็น 3 ห้อง แต่ละห้องจะต่อถึงกันและในแต่ละห้องจะมีลูกบดน้ำมีขนาดต่างกันอยู่ 3 ขนาด ในแต่ละห้อง ในการบดหม้อบดจะหมุนโดยให้น้ำเคลือบไหลผ่านทีละห้องตามลำดับ และออกไปในทางตรงกันข้าม

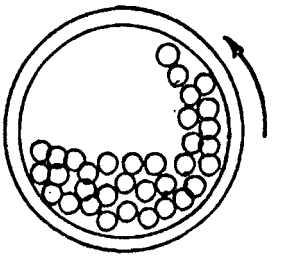
แบบที่ 4

ภาพที่ 21 แสดงลักษณะการบดแบบลูกบดเป็นแบบทรงกระบอก

ลักษณะการบด การบดในลักษณะนี้จะแปลกไปจากแบบอื่น คือภายในหม้อบดจะบรรจุลูกบดที่เป็นทรงกระบอกยาวอยู่ภายใน เมื่อหม้อบดหมุนลูกบดทรงกระบอกจะกลิ้งอยู่ภายในทำการบดน้ำเคลือบ และน้ำเคลือบก็จะไหลออกไปด้านทางออก

แบบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 22 แสดงลักษณะการบดแบบลูกบดกลิ้งอยู่ภายในหม้อบด

ลักาณะการบด เป็นการบดแบบบรรจุลูกบด และส่วนผสมของเคลือบไว้ภายในหม้อบดทรงกระบอก และให้หม้อบดหมุนเพื่อให้ลูกบดทำการบดส่วนผสมภายในหม้อบด

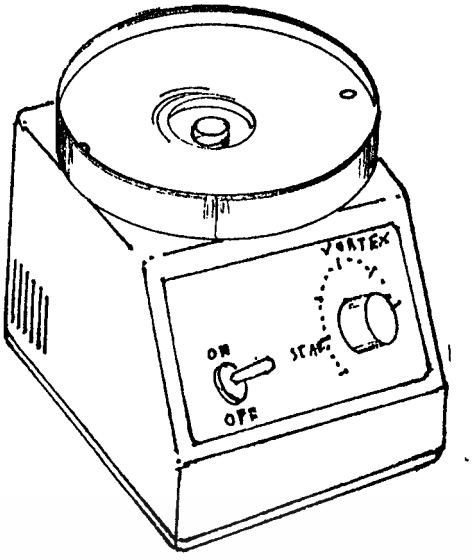
สรุป

การบดวัตถุดิบในงานเครื่องปั้นดินเผาจะมีอยู่ 2 ประเภท คือ การบดวัตถุดิบที่เป็นก้อน และวัตถุดิบที่เป็นผง สำหรับการบดวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของเคลือบจะเป็นการบดวัตถุดิบที่เป็นผง และในการบดส่วนผสมของเคลือบนี้จำเป็นจะต้องมีลูกบดช่วยในการบดเพื่อให้ได้ส่วนผสมที่ละเอียดก่อนนำไปใช้งาน

2.6.4 ผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง

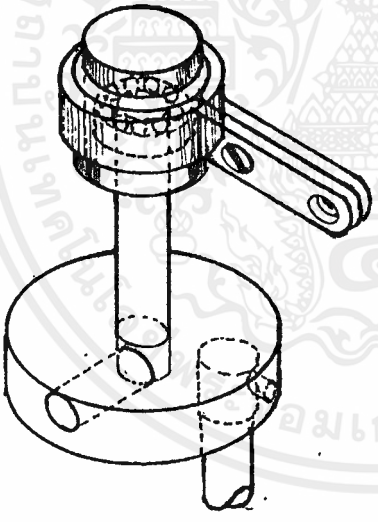
เครื่องผสมสารละลายทางวิทยาศาสตร์ ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปมีลักษณะคล้ายกับเครื่องบดน้ำเคลือบ คือเป็นการผสมส่วนผสมให้เข้า โดยเครื่องผสมสารละลายจะใช้ลักษณะการเขย่า โดยเครื่องจะมีแป้นรองรับภาชนะบรรจุสารแล้วทำการเขย่าสารโดยแป้นรองจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยความเร็วสูง สารละลายจะเคลือบที่เป็นวงกลมอยู่ภายในภาชนะบรรจุสารละลายก็จะผสมเข้าด้วยกัน แต่ของเครื่องบดน้ำเคลือบจะมีลูกบดเป็นตัวบดให้ส่วนผสมเข้าด้วยกัน

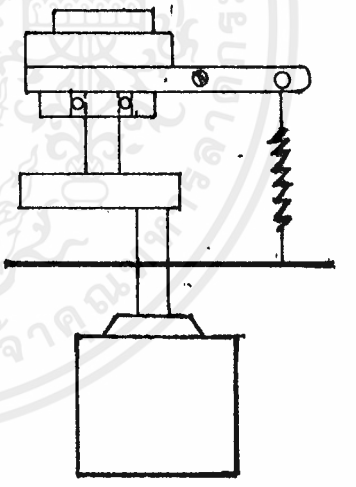
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 23 แสดงลักษณะของเครื่องเขย่าสารเคมีทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะกลไกของเครื่องผสมสารเคมี





ภาพที่ 24 แสดงกลไกของเครื่องผสมสารเคมี ภาพที่ 25 รูปด้านข้างระบบกลไก

รายการประกอบภาพ

1. หัวยึดแผ่น
2. แบริ่ง
3. น็อตยึดแกนหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แกนหัว

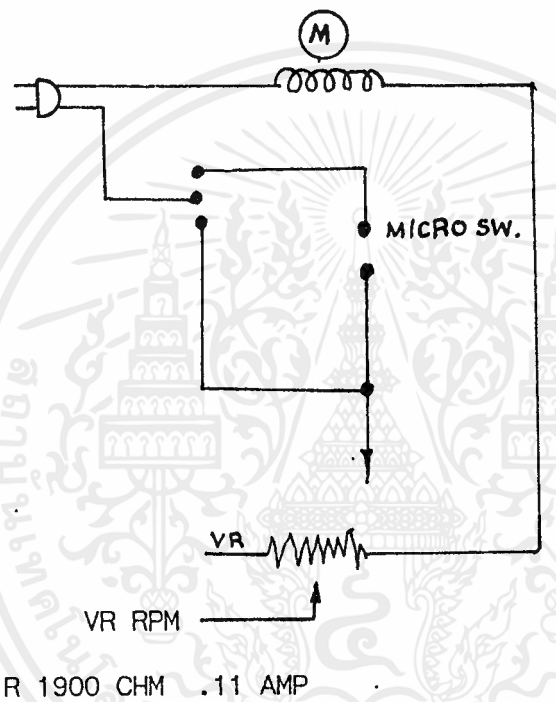
5. ลูกเบี้ยว

6. แกนบังคับการหมุน

7. น็อตยึดแกนมอเตอร์ติดกับลูกเบี้ยว

8. แกนมอเตอร์

ภาพที่ 26 วงจรระบบไฟฟ้าของเครื่องผสมสารเคมี



ลักษณะทั่วไปของเครื่องผสมสารเคมี

ลักษณะการทำงาน เป็นการใช้หลักการแรงเหวี่ยง หนีศูนย์กลางของวงกลม เพื่อให้สารละลายเคลือบที่และผสมเข้ากัน

ต้นกำลังของเครื่อง มีมอเตอร์เป็นต้นกำลังในการทำงานใช้ไฟฟ้า 220V ในการขับเคลื่อน

โครงสร้างของเครื่องผสม โครงสร้างภายในใช้โลหะแผ่นเป็นโครงสร้างระบบต่างๆ ภายใน ส่วนภายนอกเป็นโลหะแผ่นขึ้นรูปโดยการปั้มและทำสี ส่วนที่สัมผัสพื้นมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยางรองรับทั้ง 4 มุม

ระบบควบคุมเครื่องผสม ระบบควบคุมแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนสวิทช์เปิด-ปิดเครื่อง และระบบปรับกระแสไฟฟ้าเพื่อเป็นการปรับความเร็วในการเหวี่ยว ส่วนผสมให้เคลื่อน

2.7 พลาสติกและกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

2.7.1 ประเภทของพลาสติก

พลาสติกจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. เทอร์โมเซทส์ (THERMOSETS)
2. เทอร์โมพลาสติคส์ (THERMOPLASTICS)

เทอร์โมเซทส์ (TS)

คือสารโพลีเมอร์ที่ยังใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้มาก ยังอยู่ในสภาพของวัตถุดิบ แต่ถ้านำวัตถุดิบโพลีเมอร์ เทอร์โมเซทส์มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นในสารโพลีเมอร์นั้น โมเลกุลจะเร่งเกาะจับตัวกันตามขบวนการทางเคมีพิสิกส์เรียกว่า CROSS-LINK BOND ปฏิกิริยาการจับตัวกันเป็นสายโซ่นี้เรียกว่า POLYMERIZATION ภายหลังปฏิกิริยา แล้วสารโพลีเมอร์จะกลายเป็นสารพลาสติก เรียกว่า เทอร์โมเซทส์ซึ่งไม่สามารถจะเปลี่ยนกลับให้เป็นสภาพอินทรีย์สารโพลีเมอร์ได้อีก ดังนั้นพลาสติกประเภทเทอร์โมเซทส์ (นิยมเรียกย่อว่า (TS) เป็นพลาสติกที่มีรูปทรงถาวรจะนำไปหลอมละลายอีกไม่ได้ (ในประเทศอังกฤษ เรียกพลาสติกประเภทนี้ว่า ดูโรพลาสติคส์)

เทอร์โมพลาสติคส์ (TS)

เป็นสารพลาสติกที่มีความไวต่อความร้อน ที่อุณหภูมิปกติในห้อง (ROOM TEMPERATURE) จะอยู่ในสถานะเป็นของแข็ง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นถึงจุดจุดหนึ่งสารพลาสติคส์ TP จะเริ่มอ่อนตัว และในที่สุดก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวเพื่อลดอุณหภูมิลงให้ต่ำหว่าจุดหลอมเหลวของพลาสติก TP ชนิดอื่นๆ มักก็จะกลับแข็งตัวและมีคุณสมบัติเหมือนเดิมได้อีก ดังนั้นเทอร์โมพลาสติคส์จึงเป็น พลาสติคส์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ภายหลังจากนำไปหล่อทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว เช่นเดียวกับโลหะทั่วไปซึ่งสามารถนำมาชุบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอมทำผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อีกไม่มีที่สิ้นสุด

พลาสติกที่นิยมใช้ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์

1. เทอร์โมเซทส์

พลาสติกประเภท TS มีหลายชนิดที่สำคัญใช้ทั่วไปมีดังต่อไปนี้

ออลลายด์ (ALLYL)

คือโพลีเมอร์ TS ชนิดหนึ่ง ในสภาพวัตถุดิบมีทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็งเป็นผง, เม็ด (COMPOUSDS) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. ไดออลลายด์ ไฟฟาเลท (DIALLYL PHTHALATE)

2. ไดออลลายด์ ไอโซไฟทาเลท (DIALLYL ISOPHTHALA)

ทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน นิยมใช้ในงานผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความเที่ยงตรงแม่นยำสูงทางด้าน ขนาดสัดส่วนและรูปร่างของผลิตภัณฑ์นั้นๆ นอกจากนี้ DIAP ยังสามารถทนต่ออุณหภูมิใช้งานได้สูงถึง 300 องศาF พลาสติกจำพวก TS ทั้งสองชนิดนี้นิยมใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้าอีเล็คโทรนิค เพราะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก และทนความร้อนสูงทนกรดด่างทนต่อการทำลายโดยธรรมชาติได้ดีมาก

อามิโน (AMINO)

เป็นตระกูลใหญ่ของพลาสติกประเภท TS นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเป็นพลาสติกที่สามารถผสมสีได้หลายสีโดยไม่มีขีดจำกัด แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เมลามีน (MELAMINE) นิยมใช้ทำภาชนะใส่อาหารมากที่สุดและที่รู้จักกันดีคือ ทำเป็นวัสดุเคลือบผิวมีชื่อทางการค้าว่า โฟไมก้า

2. ยูเรีย (UREA) นิยมใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้าใช้ในครัวเรือน เช่น สวิทซ์ไฟฟ้า ปุ่มจับ ด้ามเครื่องมือ เป็นต้น

อีพอกซี่ (EPOXY)

เพื่อเป็นวัตถุดิบมีสถานะเป็นของเหลวมักเรียกว่า อีพอกซี่ เรซิ่นเป็นพลาสติกที่นิยมและรู้จักกันแพร่หลายมากในจำพวกพลาสติกจำพวก TS ด้วยกัน มีความหดตัวน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีทนความร้อนได้สูงที่สุดประมาณ 600 องศา F มีอุณหภูมิใช้งานสูงถึง 300 องศา F ทนกรด-ด่าง และสารละลายได้ดีมาก มีความดูดซึมความชื้นอัตราต่ำ นิยมใช้ทำการคุณภาพสูง ใช้ทำน้ำยาเคลือบผิวใช้ทำชิ้นส่วนอุปกรณ์บางอย่างสำหรับเครื่องบิน เฮลิคอปเตอร์ และรถยนต์

พีโนลิค (PHENOLIC)

พิโนลิคมีชื่อเรียกทางการค้าว่า เบกเกลไลท์ (BAKELITE) เป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติเป็นพิเศษผิดจากพลาสติก TS อื่นๆ หลายประการ เช่นสามารถรับแรงอัดและแรงกระแทกได้ดี รับแรงดึงได้ดี แต่รับแรงบิดงอได้น้อยมาก นิยมใช้ทำด้ามมือจับหูกระทะ หูหม้อ ฝาครอบอุปกรณ์ไฟฟ้า ฝาครอบจานจ่ายไฟรถยนต์ อ่างบรรจุสารเคมี

โพลีเอสเตอร์ (POLYESTER)

โพลีเอสเตอร์เป็นตระกูลหนึ่งของพลาสติก TS เมื่อเป็นวัตถุดิบจะมีลักษณะเป็น RESINS ไม่มีสี โพลีเอสเตอร์ที่เป็นพลาสติกจำพวก TP ก็เหมือนกันแต่ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นพลาสติกจำพวก TS โพลีเอสเตอร์ที่เป็นพลาสติกจำพวก TP นิยมใช้ทำเป็นใยใช้มากในอุตสาหกรรมเครื่องถักทอ ใช้ทำเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ทำฟิล์มไมล่าร์ (MYLAR) ส่วนโพลีเอสเตอร์ที่เป็นพลาสติกจำพวก TS นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส ใช้ทำน้ำยาเคลือบผิวใช้ทำสีจำพวก ENAMAL และแลคเกอร์โดยทั่วไปพลาสติกในตระกูลโพลีเอสเตอร์มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันกล่าวคือ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนกรด-ด่างชนิดอื่น ทนความร้อนได้ประมาณ 300 องศา F สามารถผสมสีได้มากสีมีความหดตัวน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโพลีเอสเตอร์ได้แก่ เรือ ชิ้นส่วนภายในเครื่องบิน ลังบรรจุของ เฟอร์นิเจอร์ ส่วนประกอบในอาคาร เช่นผนังห้อง แผงกันแดด โคมไฟ นอกจากนี้ยังใช้ทำชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์เด็กๆ เช่น ตุ๊กตา กระดุม งาช้างเทียม หินอ่อนเทียม หยกเทียม เซรามิคเทียม แก้วเทียม เป็นต้น โพลีเอสเตอร์ผสมกับอะคริลิค ใช้ทำไข่มุกเทียม และเครื่องประดับตกแต่งภายใน อีกหลายชนิด

ซิลิโคน (SILICONE)

ซิลิโคนเป็นสารโพลิเมอร์กึ่งอินทรีย์สาร (SEMI-CRGANIC) มีโครงสร้างโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลกุลคล้ายสารจำพวก คอวอร์ท และไมก้า ในรูปวัตถุดิบที่มีทั้งเป็นของเหลวข้นใส หรือมีน้ำมัน ถ้าเป็นของแข็งก็มีในรูปที่เป็นผง เม็ด หรือยางเหนียวก็ได้ ซิลิโคนเป็นพลาสติกมีคุณสมบัติที่ไม่เหมือนใครหลายประการ กล่าวคือ ทนความร้อน และเย็นได้ดีโดยไม่เสียรูป มีคุณสมบัติที่อุณหภูมิ -10 องศา F + 500 องศา F เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก ทนกรดต่างได้ดีมาก มีคุณสมบัติในตัวเองที่ไม่เกาะจับติดกับวัสดุอื่น ที่เป็นพลาสติก ยาง แก้ว หรือโลหะ เหมาะสำหรับทำเป็นตัวกลางใช้ในการหล่อสิ่น ใช้ทำยางแม่แบบชนิดทนความร้อน ทำยางปิดขอบกระจกของยายอวกาศ ทำเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตอ่อน

2. เทอร์โมพลาสติค

พลาสติกจำพวก TP ที่นิยมใช้ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์มีหลายชนิด ได้แก่

เอบีเอส (ABS)

เอบีเอส เป็นชื่อย่อมาจาก ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE เป็นพลาสติกจำพวก TP จัดอยู่ในตระกูลสไตรีม คุณสมบัติดีเด่นทั่วไปคือ ทนความร้อนได้ประมาณ 200 องศา F ทนกรดต่างได้พอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมีผิวมันเรียบไม่เป็นรอย ขัดข่วนง่าย รับแรงกระแทกได้ดีมาก เป็นพลาสติกที่ชุบโครเมี่ยมติดทนทานดี นิยมใช้ทำหมวกกันน็อค ปุ่มหมุนหน้าปัด ตู้วิทยุโทรทัศน์ ถาดอาหาร เครื่องโทรศัพท์ แผงชิ้นส่วนหน้าปัดประดับตกแต่งภายในรถยนต์ และเครื่องใช้ในครัวเรือน

เอซิทอล (ACETAL)

เป็นพลาสติกจำพวก TP ที่มีสีขุ่นขาว แต่สามารถผสมสีเป็นสีต่างๆ ได้เมื่อจับดูจะรู้สึกลื่นคล้ายเทียนไข โดยทั่วไปมีคุณสมบัติเหนียวทนทาน รับแรงถึงได้ดีมากทนสารเคมีไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษ ทนอุณหภูมิได้ประมาณ -40 องศา ถึง 200 องศา ฟ. นิยมใช้ทำอุปกรณ์แทนที่ชิ้นส่วนเครื่องกลไกบางชนิด เช่น เกียร์ แบริ่ง แหวน ลูกปืน ใช้ทำขวดบรรจุน้ำฉีดลมต้อนไม้

อะคริลิค (ACRYLIC)

พลาสติกชนิดนี้รู้จักกันในชื่อทางการค้าว่า เพลคซิกล๊าส (PLEXIGLASS) โพลีกล๊าส (POLYGLASS) หรือ ลูไซท์ (LUCITE) อะคริลิคสามารถนำไปผสมกับพลาสติกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตระกูล STYRONE จะได้ METHYOL METHACRYLATE เกิดคุณสมบัติทาง OPTICAL ใช้ทำเลนซ์เทียมได้เป็นอย่างดี คุณสมบัติโดยทั่วไปของอะคริลิค คือ เป็นพลาสติกที่มีความโปร่งใสที่สุดแข็งแรงพอสมควร ทนต่อแสงอุตราไวโอเลทดีมาก ทนสารเคมีพอสมควร แต่ไม่ทนต่อน้ำมันเบนซิน คลอโรฟอร์ม อาซิโทน และสารที่เป็นกรดจำพวกอ๊อกซิไดซิ่ง อะคริลิคสามารถผสมสีได้ทั้งสี และสีทึบแสง นิยมใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ภาชนะบรรจุของเหลวชนิดใส ป้ายร้านค้า ป้ายโฆษณา โคมไฟฟ้า และกระจกเทียม โคมไฟสีท้ายรถยนต์ ทำไฟเบอร์ออฟติค ทำเลนซ์เทียม ทำโคมหลังคาโปร่งแสง ฯลฯ

เอทธีลีน ไวนิล อาซีเตท (ETHGLENE VINYL ACCTATE)

มีชื่อย่อว่า EVA เป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติคล้ายยางดิบ มีความยืดหยุ่นตัวดีมากพอทนอุณหภูมิได้ปานกลาง ทนกรดต่างได้บ้าง เหมาะสำหรับใช้ในงานรับแรงกระแทกเช่นเดียวกับยางธรรมชาติ ใช้ทำผลิตภัณฑ์ ผ้ายางหม้อน้ำ ถุงมือ ผลิตภัณฑ์ยางที่เป่าลมได้ ทำท่อยางหลอดบรรจุของเหลวแบบบีบได้

โปลิสไตรีน (POIYSTYRENE)

ความเป็นจริงแล้ว โปลิสไตรีนได้ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1830 แต่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1938 พลาสติกชนิดนี้ปริมาณการผลิตมากที่สุดชนิดหนึ่ง

และด้วยความต้องการให้มีคุณสมบัติพิเศษต่างจากชนิดเดิมจึงได้ผสมวัสดุชนิดอื่นๆ เข้าไปกลายเป็นพลาสติกชนิดใหม่ COPOLYMER ขึ้นมากเช่น ABS, SAN, SMM, AS

คุณสมบัติ

โปลีสไตรีนมีน้ำหนักเบาที่สุดในพลาสติกชนิดแข็ง (RIGID PLASTICS) มี ก.พ. 0.89-1.1 มีความหดตัวน้อยมาก

โปลีสไตรีนมีความคงรูปดีแต่เปราะ สามารถทำเป็นสีต่างๆ ได้ มีทั้งใสและฝ้าและทึบ ผิวที่สีทั้งเรียบและขรุขระ ไม่มีรส และกลิ่น เป็นฉนวนไฟฟ้าดีความดูดซึมน้ำต่ำไม่เหมาะกับการใช้ภายนอก ทนความร้อนได้พอสมควร ทนสารเคมีใช้ในบ้านได้ ทนกรดและด่างชนิดอื่นได้ ไม่ทนน้ำมันเบนซิน ทินเนอร์ น้ำมันสน

โปลีสไตรีนชนิดธรรมดา (GENERAL PURPOSE) จะแข็งแต่เปราะส่วนโปลีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไตรีนชนิดพิเศษ เช่น HIGH IMPACT และ CO-POIYMER จะแข็งแรงกว่ามาก

การใช้ประโยชน์

ใช้ทำกล่องบรรจุอาหารชนิดใส กล่องบรรจุของใช้อื่นๆ เช่นแปรงสีฟันถ้วยบรรจุเครื่องดื่ม ของเด็กเล่น ไม้บรรทัดราคาถูก แผงและตู้โทรทัศน์ วิทยุไฟฟ้าท้ายรถในรูปโฟม ซึ่งเรารู้จักดีในชื่อสไตโรโฟม ใช้ทำป้ายและสิ่งประดับในงานต่างๆ วัสดุกันแตกในกล่องบรรจุของแผ่นฉนวนกันความร้อนและเสียง ฯลฯ

ตารางที่ 33 ลักษณะของการภาพของ POLYSTYRENE

ลักษณะทางกายภาพ ของ POLYSTYRENE	
ความถ่วงจำเพาะ	1.04-1.10
ปริมาตร ลบ.นิ้ว/ปอนด์	25.2-2.28
ทนแรงดึง	1,500-12,000
ทนแรงอัด	4,000-16,000
ทนแรงกระทบ	0.25-11.0
ทนความร้อน	150-180 องศาฟาเรนไฮต์
ทนความใส	ใส-ทึบ
ทนแสงแดด	เหลือง
ทนกรด	ทนชนิดอื่นได้ ถูกทำลายโดย OXIDISING ACIDS
ทนด่าง	ได้
ทนสารละลาย	ละลายได้ใน AROMATIC และ CHLORINATED HYDROCARBONS

โปลีโอเลฟิน (POLYOLEFINS)

แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. โปลีเอทธีลีน (POLYETHYLENE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปลีโปรปิลีน (POLYPROPYLENE)

โปลีเอททีลีน

เป็นพลาสติกที่มีส่วนประกอบทางเคมีธรรมดาที่สุดชนิดหนึ่ง ถูกคิดค้นขึ้นในประเทศอังกฤษ ในปี ค.ศ. 1933

โปลีเอททีลีนมีหลายชนิด เช่น LD.PE, HD.PE และได้พัฒนาใหม่ให้มีคุณสมบัติดีขึ้นและนิยมใช้ในขณะนี้คือ LIDPE, UHMW.PE

คุณสมบัติ

โปลีเอททีลีนมีน้ำหนักเบามาก คือมีความถ่วงจำเพาะ 0.92 เท่ากับในรูปแผ่นบางสามารถพับงอได้ดี มีความหนามากขึ้น จะคงรูปรับแรงดึงและแรงต้นได้น้อย มีความยืดตัวได้สูงถึง 500% ฉีกขาดยาก มีลักษณะคล้ายขึ้ผึ้ง ไม่เกาะติดนน้ำ เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีมาก และทนความร้อนได้น้อย แต่ทนความเย็นได้มาก - 100 องศาฟาเรนไฮท์ ได้โดยไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลง ทนกรดและด่างอ่อนแต่จะเกิดปฏิกิริยาอย่างช้ากับ OXIDIZING ACIDS ไม่ทนน้ำมันและไขมันโดยเฉพาะน้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน และในขณะที่มีอุณหภูมิ แม้ว่าจะไม่ดูดซึมความชื้นแต่ยอมให้ก๊าซผ่านได้ จึงเหมาะสำหรับใช้บรรจุอาหารสด เช่น ผัก ผลไม้ และเนื้อได้ดี

โดยทั่วไปโปลีเอททีเลนมีลักษณะใส เมื่อเป็นแผ่นบาง จะมีสีขุ่นเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นสามารถทำเป็นสีต่างๆ ได้ตามความต้องการ ไม่แนะนำให้ใช้ภายนอก

การใช้ประโยชน์

โปลีเอททีลีนมีปริมาณการใช้สูงสุดในพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกแม้ว่าราคาต่อปอนด์จะไม่ถูกที่สุด แต่เพราะมีน้ำหนักเบากว่าจึงสามารถผลิตได้ปริมาณมาก

นิยมใช้ทำถุงบรรจุอาหารและเสื้อผ้า ตุ๊กตาเด็กเล่น ดอกไม้พลาสติกภาชนะบรรจุเครื่องใช้ในครัว ถาดทำน้ำแข็งในตู้เย็น ขวดและภาชนะบรรจุของเหลว พลาสติกคลุมโรงเพาะชำ สายเคเบิล แผ่นกันความชื้นในอาคาร และของใช้ราคาถูกอีกมากมาย ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารารที่ 34 ลักษณะทางกายภาพของ POLYTHYLENE

ลักษณะทางกายภาพของ POLYTHYLENE	LOW DESITY	INTERMEDIATE DENSITY	HIGH DENSITY
ความถ่วงจำเพาะ	0.91-0.925	0.925-0.926	0.941-0.965
ปริมาตร ลบ.นิ้ว/ปอนด์	30.25	29.8	29.2
ทนแรงดึง ปอนด์/ตร.นิ้ว	1000-2300	1200-3500	3100-5500
ทนแรงกระทบ	ไม่ฉีกขาด	0.5-16.0	0.8-2.00
ทนความร้อน	180.212 องศา ฟ.	220-250 องศา ฟ.	250 องศา ฟ.
ความดูดซึมน้ำ (24 ชม.)	0.015	0.01	0.01
ความง่ายต่อการติดไฟ (นิ้ว/นาที)	1.04	1.02	1.02
ทนแสงแดด	ชนิดสีดำทนได้พอสมควร ชนิดอื่นควรใช้แผงป้องกันแสงอุลตราไวโอเลต และตัว ANTIOXIDANTS		
ทนกรดอ่อน	เลว	ได้	ได้
ทนกรดแก่	ไม่ทน	จะถูกทำลายอย่างช้า ๆ จาก OXIDIZING ACIDS	
ทนด่างอ่อน-แก่	ได้	ได้	ได้
ทนสารละลาย	ได้ถ้าต่ำกว่า 140 องศา ฟ.		ได้ต่ำกว่า 170 องศา ฟ.

เอบีเอส (ABS)

เป็นสไตรีนชนิดที่ได้ปรับปรุงขึ้นในปี ค.ศ. 1948

คุณสมบัติ

รับแรงกระทบได้ดีมาก ทนความร้อนได้ถึง 212 องศา ฟ. ทนกรดต่างได้ดีพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้าดี มีคุณสมบัติพิเศษที่ชุบโครเมี่ยมได้ดี จึงนิยมนำไปทำปุ่มหมุนวิทยุโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์

ใช้ทำหมวกกันน็อค ผนังในตู้เย็น เครื่องรับโทรทัศน์ แผงเครื่องปรับอากาศ ปุ่มหมุนวิทยุโทรทัศน์ ชิ้นส่วนในรถยนต์ ถาดอาหาร ชิ้นส่วนพัดลม อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ตารางที่ 35 ลักษณะทางกายภาพของ ABS

ลักษณะทางกายภาพ ของ ABS	
กรรมวิธีการผลิต	INJECTION, EXTRUSION, ELECTROSTAIC
อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต	380-550 องศา ฟ.
ความหดตัวหลังการผลิต	0.003-0.008 นิ้ว/นิ้ว
ความถ่วงจำเพาะ	1.02-1.08
ทนแรงดึง	4,000-9,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงอัด	7,000-12,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
ทนแรงกระทบ	2-8 ที่ 70 องศา ฟ.
ความแข็ง	0.8-3.5 ที่ 40 องศา ฟ.
ทนความร้อนโดยปกติ	75-115
ความดูดซึมน้ำ (24 ชม.)	140-230 องศา ฟ.
ทนกรด	0.2-0.45 ดีแต่ไม่ทนกรดแก่ชนิด OXIDZING
ทนด่าง	ดีมาก
ทนสารละลาย	ดีแต่ยกเว้น KETONES, ESTERS, CHIORINATED, HYDROCARBONS
ทนแสงแดด	ดี-ดีมาก

โปลีโปรปีลีน

ถูกนำมาใช้ใน ส.รอ. ในปี ค.ศ. 1957 มีคุณสมบัติโดยทั่วๆ คล้ายกับโปลีเอทีลีน แต่มีคุณภาพดีกว่าทนทาน และแข็งแรงกว่าโปลีเอทีลีนทั้งๆ ที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.90 ซึ่งน้อยกว่า ทนความร้อนได้ดีกว่า ซึ่งสามารถใช้งานได้ดีในอุณหภูมิ 300 องศา ฟ. ในรูปของเส้นใยรับแรงดึงได้ถึง 100,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว ซึ่งโปลีเอทีลีนรับได้เพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว

คุณสมบัติ

คล้ายกับโปลีเอทีลีน แต่คุณภาพดีกว่า ทดสอบอย่างง่ายคือ ใช้เล็บขูดดูหากเป็นโปลีเอทีลีนจะขูดออก หากเป็นโปลีนโปรปีลีน จะขูดไม่ออก ผิวแข็งกว่า

การใช้ประโยชน์

ใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย เช่น ถุงบรรจุอาหารร้อน พลาสติก หุ้มช่องบุหรี่ เชือก ปอพลาสติก เชือกมัดของ สายไฟฟ้า สายเคเบิ้ล กล่องแบตเตอรี่ ถังตักน้ำ ฝาเปิดโถส้วม หมวกกันน็อค กระเป๋าใส่ของ ภาชนะและเครื่องใช้ในบ้าน ฯลฯ

ตารางที่ 36 ลักษณะทางกายภาพของ POLYTHYLENE

ลักษณะทางกายภาพของ POLYTHYLENE	UNMODIFIED	COPOLYMER	IMPACT TYPE
ความถ่วงจำเพาะ	0.904	0.90	0.91
ปริมาตร ลบ.นิ้ว/ปอนด์	30.6	31.0	30.5
ทนแรงดึง ปอนด์/ตร.นิ้ว	5500	4500	4400
ทนแรงอัด ปอนด์/ตร.นิ้ว	8000	7000	5000
ทนแรงกระทบ	1.5	10	.5
ทนความร้อนโดยปกติ	275 องศา ฟ.	220 องศา ฟ.	216 องศา ฟ.
ความใส	โปร่งใส	โปร่งแสง	ทึบ
ทนแสงแดด	พอใช้	พอใช้	พอใช้
ทนกรดอ่อน	ได้	ได้	ได้
ทนกรดแก่	ถูกทำลายอย่างช้าๆ จาก OXIDIZING ACIDS		
ทนสารละลาย	ได้	ได้	ได้
	ทนได้ถ้าต่ำกว่า 175 องศา ฟ.		ถูกทำลายโดย HYDOCARBONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปลีเอสเตอร์เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนกรดด่างชนิดอื่นได้ ไม่ทนสารละลายชนิด CHLORINATED SOLVENTS เช่น คาร์บอนเตททาดอลบไรด์อาซิโทน ในรูปผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าสทนความร้อนได้ระหว่าง 250 องศา - 350 องศา ฟ. โปลีเอสเตอร์ติดไฟได้ช้าและดับเอง

การใช้ประโยชน์

นิยมใช้เป็นผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าสมากที่สุด เช่น เรือ รถยนต์ ชิ้นส่วน ในเครื่องบิน ถังบรรจุของเหลว ลังบรรจุของ ท่อของเหลว เฟอร์นิเจอร์ ส่วนประกอบในอาคารเช่น ช่องให้แสง แผงกันแดด หลังคา ฯลฯ

นอกจากนั้น โปลีเอสเตอร์ยังนิยมทำผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น พระพุทธรูป ตุ๊กตา รูปสัตว์ ผลิตภัณฑ์หินอ่อนเทียม ผลิตภัณฑ์งาช้างเทียม ผลิตภัณฑ์หยกเทียม ผลิตภัณฑ์เซรามิคเทียม ผลิตภัณฑ์แก้วเทียม BIO-PLASTIC กระดุม สีโป้ว ฯลฯ

2.7.2 กรรมวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมพลาสติค

แยกออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1. Molding (ประเภทหล่อพลาสติคเม็ดและผง โดยใช้ความร้อนและแรงอัดในแม่แบบปิด)

- Compression (แบบอัด)
- Transfer (แบบอัดส่ง)
- Injection (แบบฉีด)
- Extrusion (แบบรีด)
- Blow (แบบเป่า)
- Calendering (แบบลูกกลิ้ง)
- Laminating (แบบอัดแผ่น)
- Cold (แบบอัดเย็น)

2. Casting (ประเภทหล่อพลาสติคเหลว)

- Simple (แบบหล่อเย็น)
- Plastisol (แบบหล่อร้อน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Thermoforming (ประเภทอัดขึ้นรูปพลาสติคแผ่น)

- Mechanical (แบบอัดด้วยแม่แบบ)
- Vacuum (แบบสูญญากาศ)
- Blow (แบบลมอัด)

4. Reinforcing (ประเภทหล่อพลาสติคเหลวกับวัสดุเสริมกำลัง

- Hand Lay-Up (แบบใช้มือทา)
- Spray-Up (แบบใช้เครื่องพ่น)
- Matched Molding (แบบใช้แม่แบบอัด)
- Premix Molding (แบบอัดเหลว)
- Pressure-Bag Molding (แบบถุงอัดอากาศ)
- Vacuum-Bag Molding (แบบถุงสูญญากาศ)

5. Foaming (ประเภทหล่อโฟม)

- Molding Expandable Polystyrene (แบบหล่อพลาสติคเม็ด)
- Casting Rigid & Flexible Polyurethane Foam (แบบหล่อพลาสติคเหลว)

2.7.3 ประเภทหล่อพลาสติกเม็ดและผง

แบบอัด (Compression Molding)

กรรมวิธีการผลิต

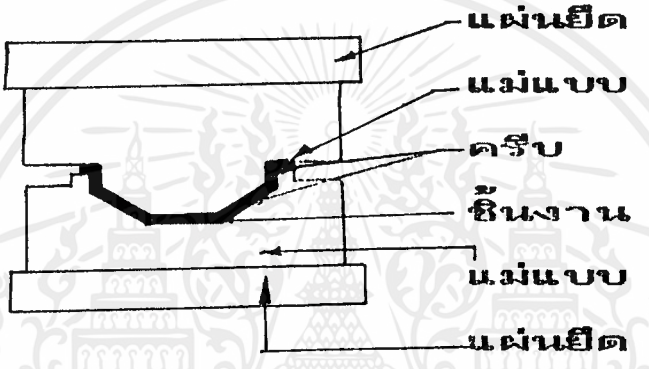
กรรมวิธีการผลิตแบบนี้เป็นแบบที่ง่ายและธรรมดาที่สุด ผลิตได้ไม่รวดเร็วนัก พลาสติคที่ใช้ส่วนมากเป็นเทอร์โมเซตติ้งชนิดผง ไม่นิยมใช้ชนิดเม็ดเพราะหลอมละลายช้ากว่า

ขั้นการผลิต มีดังนี้

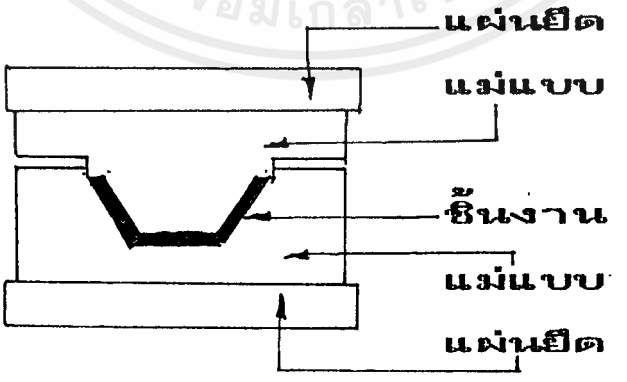
1. นำผงพลาสติกไปเข้าเครื่องอบแห้ง (Preheating) ในปริมาณที่ต้องการ เพื่ออบให้ผงพลาสติคแห้ง และเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้ใกล้เคียงจุดหลอมละลาย เพื่อช่วยลดเวลาในเครื่องอัด (ผงพลาสติคบางชนิดไม่ต้องผ่านการอบ)
2. เทผงพลาสติคที่อบแล้วเข้าแม่แบบในเครื่องอัด ซึ่งมีอุณหภูมิ 300-400 องศา ฟ. หรือแล้วแต่ชนิดของพลาสติค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดแม่แบบตัวผู้ซึ่งอยู่ตอนบนลงช้าๆ แต่ไม่สุด ความร้อนและแรงอัดจะทำให้ผงพลาสติคหลอมละลายและไหลไปตามแม่แบบ
4. กดแม่แบบลงสุด ทิ้งไว้สักครู่ประมาณ 1-2 นาที แล้วแต่ขนาดของชิ้นงานและชนิดของพลาสติค
5. เปิดแม่แบบ แล้วนำเอาชิ้นงานไปขัดตกแต่งขอบให้เรียบต่อไป

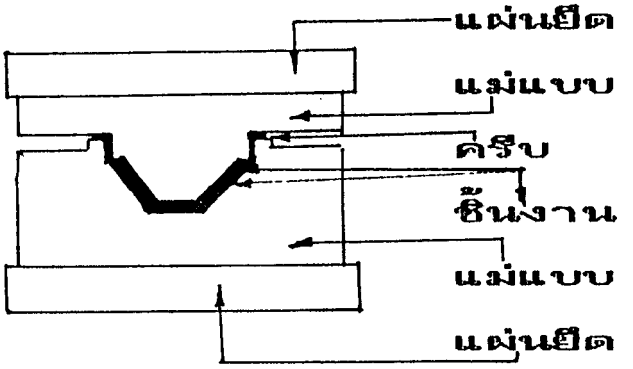


ภาพที่ 27 แบบอัดชนิด FLASH MOLD



ภาพที่ 28 แบบอัดชนิด FULLY POSITIVE MOLD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 29 แบบอัดชนิด SEMI-POSITIVE MOLD

จากรูปข้างบน แบบอัดชนิด Flash Mold เป็นแบบที่มีความยุ่งยากน้อยที่สุดแบบอัดชนิดนี้ยอมให้พลาสติคไหลออกได้เมื่อกดแม่แบบตัวผู้ลงมา ไม่ต้องใช้แรงอัดมากแต่ข้อเสียคือ ชิ้นงานที่หล่อ เนื้อจะไม่แน่น ความแข็งแรงน้อยกว่าแบบอื่น มีครีบต้องขัดแต่งมาก ชิ้นงานที่กล่อควรบางและตื้น

แบบอัดชนิด Fully Positive Mold เป็นแบบตรงข้ามกับแบบ Flash Mold คือยอมให้พลาสติคที่หลอมละลายไหลออกน้อยที่สุด หรือไม่ให้ไหลออกเลยชิ้นงานที่ได้จึงมีเนื้อแน่นและแข็งแรงมาก ข้อสังเกตคือ หากใส่ผงพลาสติคมากเกินไปแรงอัดจะทำให้แม่แบบแตกร้าวได้ แบบอัดชนิด Semi-Positive Mold เป็นแบบผสมระหว่าง Flash Mold และ Fully Positive Mold เหมาะสมกับงานทั่วไป ชิ้นงานที่ได้ความแข็งแรงพอสมควร

<u>ชนิดของพลาสติค</u> พลาสติคที่ใช้ส่วนมากเป็นพลาสติคผงพวกเทอร์โมเซตติ้ง เช่น เมลามีน ฟีโนลิค แอลคีต ยูเรีย สำหรับพวกเทอร์โมพลาสติคไม่นิยมใช้กับกรรมวิธีการผลิตแบบนี้เพราะปัญหาเรื่องความร้อน พวกเทอร์โมพลาสติคเมื่อเวลาอัดหลอมละลายแล้วต้องทำให้แม่แบบเย็นก่อนเปิดเพื่อป้องกันการเบี้ยวไม่คงรูปซึ่งต้องเสียเวลามาก แต่พวกเทอร์โมเซตติ้งเมื่อหลอมละลายแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้คงรูปไม่หลอมละลายอีก เมื่อเปิดแม่แบบนำเอาชิ้นงานออก นำผงพลาสติคใส่ไปใหม่จะใช้เวลาน้อยที่จะทำให้หลอมละลายอีกเพราะแม่แบบร้อนอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พวกเทอร์โมพลาสติคที่ใช้กับกรรมวิธีการผลิตแบบนี้มีไวนีล และสไตรีน ใช้ทำแผ่นเสียง ทั้งนี้เพราะต้องการความละเอียดแน่นอนของแผ่น

ชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น ช้อน ชาม จาน อุปกรณ์ไฟฟ้า ด้ามมือจับเตารีด หูหม้อ หูกะทะ แผ่นเสียง ฯลฯ

แบบอัดส่ง (Transfer Molding)

กรรมวิธีการผลิต เป็นกรรมวิธีการผลิตที่ดัดแปลงมาจากแบบอัดแต่ยุ่งยากกว่า ใช้หล่อชิ้นงานที่มีชิ้นส่วนโลหะแทรกอยู่ เช่นหัวครอบจานจ่ายในรถยนต์หากใช้กรรมวิธีแบบอัด ชิ้นโลหะที่สอดแทรกอยู่กับแม่แบบจะถูกอัดโดยตรงจากผงพลาสติคที่กำลังจะหลอมละลาย อาจทำให้ชิ้นโลหะบิดงอได้แต่กรรมวิธีแบบอัดส่งนี้ผงพลาสติคจะถูกหลอมละลายในห้องหลอมละลาย (Transfer Chamber) ก่อนแล้วจึงถูกอัดผ่านรู (Sprue) เข้าไปในแม่แบบตอนล่าง ชิ้นส่วนโลหะที่สอดแทรกอยู่จะไม่ถูกรบกวนจากพลาสติคเหลวมากนัก พลาสติคที่ใช้เป็นพวกเทอร์โมเซตติ้งชนิดผง

ขั้นการผลิต มีดังนี้

1. เทผงพลาสติคลงในห้องหลอมละลายในปริมาณที่ต้องการ ส่วนทำความร้อนรอบๆ ห้องจะทำให้ผงพลาสติคละลาย

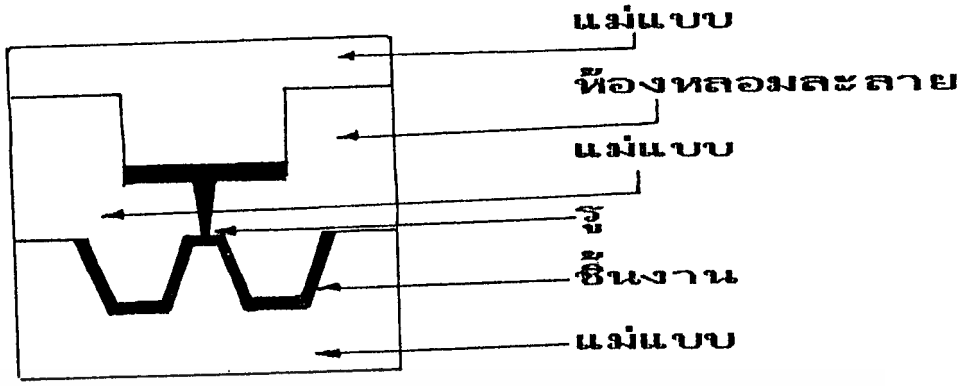
2. กดแม่แบบตัวบนลง พลาสติคเหลวจะไหลผ่านรูเข้าไปในแม่แบบตอนล่าง

3. ปล่อยทิ้งไว้ในแม่แบบตอนล่างเพื่ออบให้สุก (Curing) ประมาณ 1-2 นาที

4. เปิดแม่แบบ ถอดชิ้นงานออกไปขัดตกแต่ง

5. กระเทาะเศษพลาสติคที่ติดอยู่ที่รูและตอนล่างของห้องหลอมละลายออกก่อนจะเทผงพลาสติคใหม่ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 30 แบบอัดส่ง (TRANSFER MOLDING)

ชนิดของพลาสติค พลาสติคที่ใช้เหมือนกับแบบอัด คือส่วนมากเป็นพวกเทอร์โมเซตติ้ง

ชนิดของผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีชิ้นส่วนโลหะติดอยู่ เช่นหัวครอบจานจ่ายรถยนต์และอื่นๆ

แบบฉีด (Injection Molding

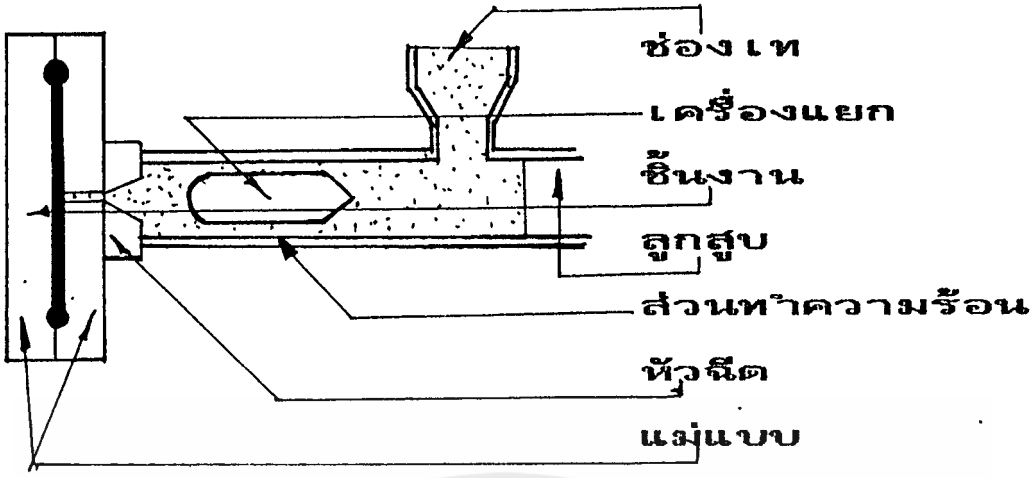
กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีแบบฉีดเป็นกรรมวิธีออกแบบเพื่อใช้กับเทอร์โมพลาสติคโดยเฉพาะ ผลิตได้ประมาณมากและรวดเร็วมีลักษณะคล้ายแบบอัดส่ง (Transfer. Molding) แต่ยุ่งยากมากกว่า ทำได้รวดเร็ว

ขั้นการผลิต มีดังนี้

1. เทพลาสติคผงหรือเม็ดลงในช่องเท (Hopper)
2. ลูกสูบจะอัดเม็ดพลาสติคให้ผ่านไปที่ส่วนทำความร้อน (Heating Cylinder) ซึ่งมีอุณหภูมิ 300-650 องศา ฟ. โดยแยกผ่านเครื่องแยก (Torpedo หรือ Spreader) เพื่อให้ได้รับความร้อนสม่ำเสมอกัน
3. พลาสติคเหลวจะถูกอัดผ่านหัวฉีด (Nozzie) ไปยังแม่แบบปิดด้วยแรง 5,000-40,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว
4. พลาสติคจะเย็นและแข็งตัวโดยระบบระบายความร้อนด้วยน้ำในช่องเนื้อแม่แบบ
5. เปิดแม่แบบ แล้วนำชิ้นงานออกไปตัดตกแต่งต่อไป (ชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่จะถูกวางในโครงบังคับก่อนแล้วทิ้วไว้จนเย็นลงกันการบิดงอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 31 แบบฉีด (INJECTION MOLDING)

ชนิดของพลาสติค ใช้พลาสติคพวกเทอร์โมพลาสติคเกือบทุกชนิด เช่น แอสเซทอล อะคริลิค ฟลูออโรคาร์บอน โปลียาไมด์ โปลีโอเลฟิน โปลีสไตรีน และไวนีล

ชนิดของผลิตภัณฑ์ กรรมวิธีการผลิตชนิดนี้ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ ได้อย่างกว้างขวางเกือบทุกประเภท วิธีสังเกตง่ายๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรรมวิธีการผลิตชนิดนี้ให้ดูรอยกลมนูนที่ด้านล่าง หรือส่วนที่มองไม่เห็นของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นรอยที่พลาสติคเหลวถูกอัดเข้าในแม่แบบ

2.7.4 <u>ประเภทหล่อพลาสติคเหลว</u> (CSATING)

<u>แบบหล่อเย็น</u> (Simple Casting)

<u>กรรมวิธีการผลิต</u>

เป็นกรรมวิธีการผลิตที่ง่าย ไม่ต้องใช้แรงอัดและความร้อน สามารถทดลองทำเองได้การลงทุนต่ำ โดยปกติกรรมวิธีแบบนี้ใช้พลาสติคเหลวหล่อลงในแม่แบบ สำหรับพลาสติคเม็ดก็สามารถนำมาหล่อได้ แต่ต้องทำให้หลอมละลายเสียก่อน แล้วเติมวัสดุตกผลึก (Catalyst) เพื่อช่วยให้พลาสติคเหลวแข็งตัวเร็วขึ้น

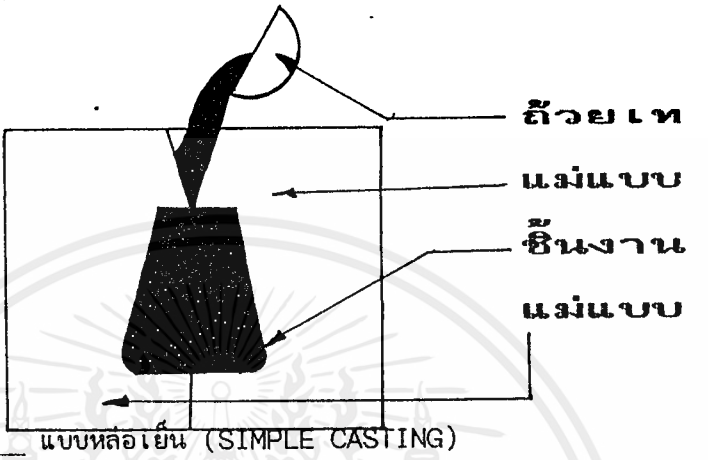
<u>ขั้นการผลิต</u> มีดังนี้

1. เทพลาสติคเหลวที่ผสมตัวทำให้แข็งแล้วลงในแม่แบบซึ่งส่วนมากใช้แม่แบบยางซิลิโคนแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แข็งตัว บางชนิดต้องนำไปอบความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนเสียก่อน เช่น การหล่อแผ่นอะคริลิค

2. นำพลาสติคที่แข็งตัวออกจากแม่แบบแล้วนำไปใช้ได้เลย ข้อดีของกรรมวิธีการผลิตแบบนี้ทำให้ได้เนื้อพลาสติคที่ใสกว่า และผิวที่เป็นมันเรียบกว่า เช่น แผ่นอะคริลิค



ภาพที่ 32 แบบหล่อเย็น (SIMPLE CASTING)

ชนิดของพลาสติค สามารถใช้ได้ทั้งเทอร์โมพลาสติคและเทอร์โมเซตติ้ง ที่นิยมใช้มี เช่น อะคริลิค โปลีเอสเตอร์ อีพอกซี่และยูเรเทน

ชนิดของผลิตภัณฑ์ กรรมวิธีการผลิตแบบนี้สามารถผลิตชิ้นงานให้มีรูปร่างเป็นก้อน แผ่น ทอ ฯลฯ ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กรรมวิธีแบบนี้มี เช่น แผ่นพลาสติคใสอะคริลิค หรือเพลกซี่กลาส หรือ ลูไซท์ หล่อเปลือกหุ้มหม้อแปลงไฟ (Transformer) ผลิตภัณฑ์พลาสติคหล่อ และที่สำคัญมากกรรมวิธีแบบนี้ใช้หล่อแม่แบบในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ อย่างแพร่หลาย

<u>แบบหล่อร้อน (Plastisol Casting)</u>

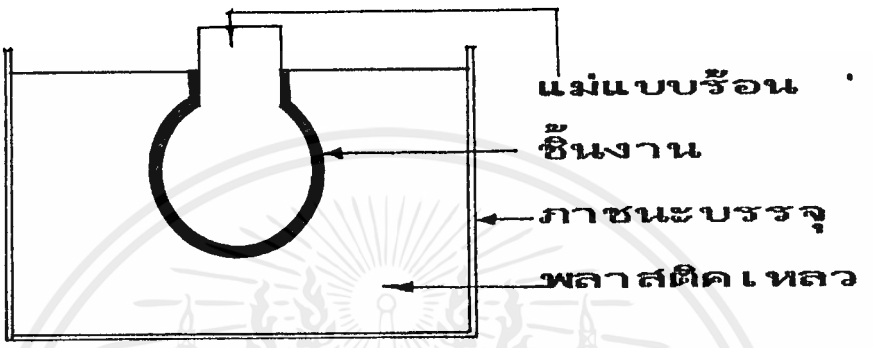
<u>กรรมวิธีการผลิต</u>

เป็นกรรมวิธีการผลิตที่ใช้กับผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่มีลักษณะภายในกลวง เช่น ลูกฟุตบอลยาง และถุงมือพลาสติค หลักการของกรรมวิธีแบบนี้ คือ เทพลาสติคเหลว (Plastisol) ลงในแม่แบบที่ร้อน หรือจุ่มแม่แบบที่ร้อนลงในพลาสติคเหลว แล้วนำแบบที่มีพลาสติคเกาะอยู่ไปเข้าเตาอบที่มีอุณหภูมิ 350-400 องศาฟ. หรือจะไม่อบก็ได้ กรรมวิธีแบบหล่อร้อนยังแบ่งตามลักษณะการผลิตได้เป็น 3 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชนิดจุ่ม
2. ชนิดเท
3. ชนิดเหวี่ยง

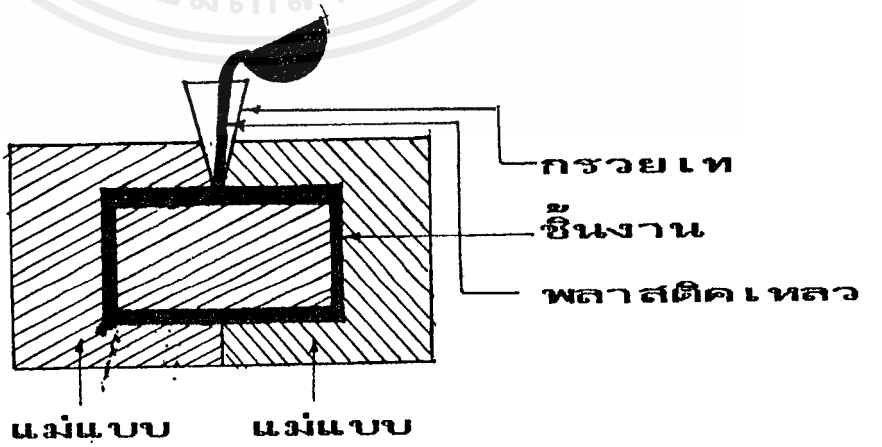
1. ชนิดจุ่ม (Plastisol Dip Casting)



ภาพที่ 33 แบบจุ่ม (PLASTISOL DIP CASTING)

นำแม่แบบตัวผู้ที่ทำให้ร้อน มีรูปร่างภายในเหมือนชิ้นงานที่ต้องการหล่อจุ่มลงในอ่างพลาสติคเหลว ทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด ยกแม่แบบขึ้นแล้วนำเข้าเตาอบที่มีอุณหภูมิ 350-400 องศา ฟ. นานตามที่ต้องการ ลอกชิ้นงานออกจากแม่แบบ แม่แบบควรเป็นวัสดุที่อบความร้อน เช่น ดินเผาเคลือบ และโลหะบางชนิด

2. ชนิดเท (Plastisol Slush Casting)

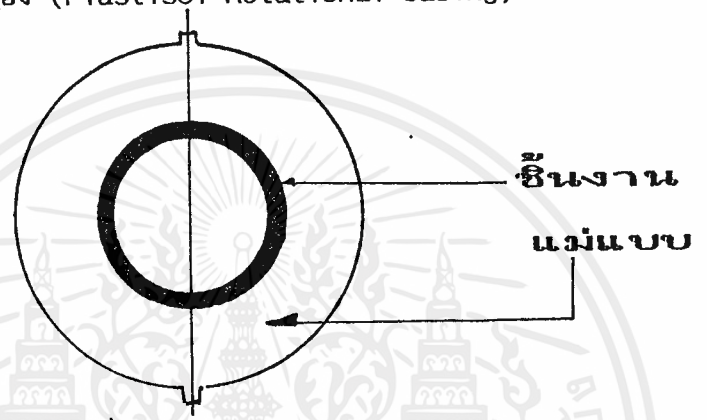


ภาพที่ 34 ชนิดเท (PLASTISOL SLUSH CASTING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทพลาสติคเหลวลงในแม่แบบปิดกลวงที่ทำให้ความร้อนจนเต็ง รูปร่างของแม่แบบเหมือนกับลักษณะภายนอกของชิ้นงาน ทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด พลาสติคจะเกาะติดผิวแม่แบบ ทิ้งไว้นานจะเกาะหนาขึ้น เมื่อได้เวลาที่กำหนดเทพลาสติคเหลวออก นำแม่แบบไปเข้าเตาอบที่มีอุณหภูมิ 350–400 องศา ฟ. นานตามเวลาที่กำหนด นำแม่แบบออกเปิดเอาชิ้นงานออกมา

3. ชนิดเหวี่ยง (Plastisol Rotational Casing)



ภาพที่ 35 ชนิดเหวี่ยง PASTISOL RVTATIPNAL CASTING

เทพลาสติคเหลวในประมาณที่กำหนดลงไปในแม่แบบ ปิดแม่แบบแล้วเหวี่ยงแม่แบบไปรอบๆ ทั้งในแนวดิ่งและแนวนอนเพื่อให้พลาสติคเหลวติดผิวแม่แบบโดยสม่ำเสมอ นำแม่แบบเข้าเตาอบตามเวลาที่กำหนด นำแม่แบบออกแล้วเปิดเอาชิ้นงาน

ชนิดของพลาสติค ส่วนมากใช้พลาสติคพวกไวนิล และโปลีเอทีลีน

ชนิดของผลิตภัณฑ์
- ชนิดจุ่ม เช่น ถุงมือ รองเท้ายางกันฝน ยางหุ้มปลั๊กไฟฟ้า วัสดุที่ใช้กับกรรมวิธีชนิดนี้ต้องนิ่ม หยุ่นตัว เพื่อจะถอดออกจากแม่แบบได้โดยง่าย
- ชนิดเท เช่น ตุ๊กตาเด็กเล่น ฟุตบอลยาง
- ชนิดเหวี่ยง เช่น ฟุตบอล ของเล่นพลาสติค

2.7.5 ประเภทอัดขึ้นรูปพลาสติคแผ่น (THERMOFORMING)

กรรมวิธีการผลิตประเภทอัดขึ้นรูปพลาสติคแผ่น (Thermoforming) เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีซึ่งเพิ่งนำมาใช้ในกิจการอุตสาหกรรมเมื่อปี ค.ศ. 1950 นี้เองเครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้มีหลายชนิดแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดการใช้งาน แต่มีหลักการใหญ่เหมือนกัน คือนำแผ่นเทอร์โมพลาสติคไปรนไฟให้ร้อนจนอ่อนตัวแล้วนำไปอัดขึ้นรูป ทิ้งให้เย็นแผ่นพลาสติคจะคงรูปตามแม่แบบที่อัด

กรรมวิธีการผลิตประเภทนี้ใช้กับการผลิตชิ้นงานในจำนวนไม่มาก บางครั้งจะใช้กับงานออกแบบผลิตภัณฑ์ทดสอบ (Prototype) ซึ่งสามารถทำแม่แบบได้รวดเร็วและใช้ผลิตชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ได้ ซึ่งหากจะผลิตด้วยกรรมวิธีแบบฉีด (Injection Molding) จะต้องลงทุนทำแม่แบบเป็นจำนวนมาก ใช้เวลาเตรียมการผลิตนาน และบางครั้งไม่มีเครื่องผลิตที่ใหญ่พอกับขนาดของชิ้นงาน ตัวอย่างเช่น การทำผนังด้านในของตู้เย็น เป็นต้น

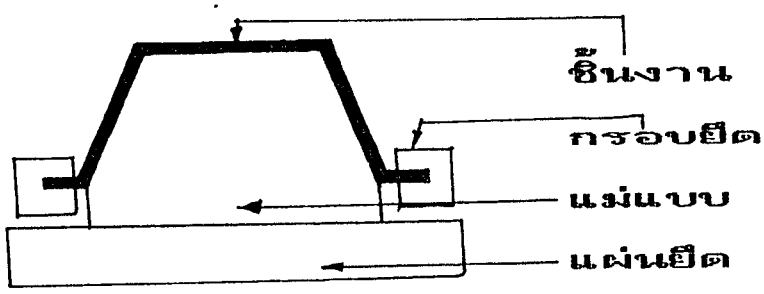
<u>กรรมวิธีชนิดนี้แบ่งออกได้ 3 แบบ คือ</u>

1. อัดด้วยแม่แบบ (Mechanical Thermoforming)
2. แบบสูญญากาศ (Vacuum Thermoforming)
3. แบบอัดลม (Blow Themofoming)

<u>แบบอัดด้วยแม่แบบ (Mechanical Thermofoming)</u>

<u>กรรมวิธีการผลิต</u>

1. ยึดแผ่นเทอร์โมพลาสติคกับกรอบยึด (Frame หรือ Yoke)
2. รนแผ่นพลาสติคให้ร้อนอ่อนตัว ด้วยอุณหภูมิประมาณ 275-400 องศา ฟ.
3. กดกรอบซึ่งมีแผ่นพลาสติคที่อ่อนตัวลงไปบนแม่แบบ (โดยปกติกรรมวิธีแบบนี้ใช้แม่แบบตัวผู้ ดูในรูปประกอบ)
4. ทิ้วไว้จนเย็นแข็งตัว จึงถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบ



ภาพที่ 36 แบบอัดด้วยแม่แบบ MECHANICAL THERMOFORMING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

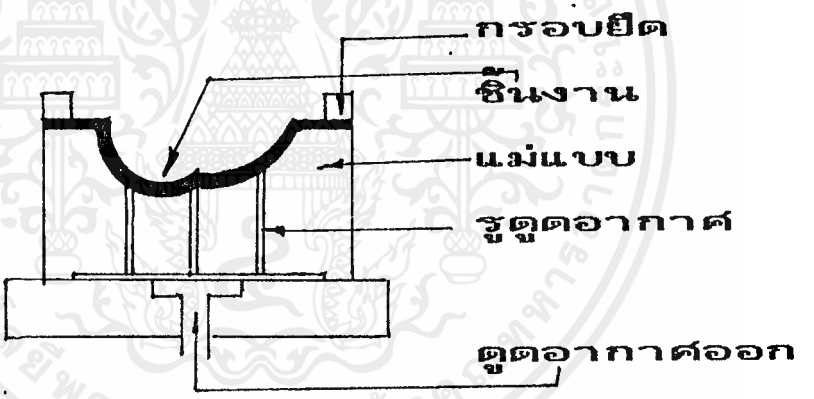
แบบสูญญากาศ (Vacuum Thermoforming)

กรรมวิธีการผลิต

เป็นกรรมวิธีที่นำไปใช้มากที่สุด ระยะแรกได้ถูกนำไปใช้ผลิตแทนที่ทางการทหาร ซึ่งมีลักษณะ เป็นภาพนูนต่อมาจึงใช้ผลิตภัณฑ์ประ เภทอื่นอย่างแพร่หลาย

ขั้นการผลิต มีดังนี้

1. ยึดแผ่นเทอร์โมพลาสติคติดกับกรอบ
2. รนแผ่นพลาสติคให้ร้อนจนอ่อนตัว
3. กดกรอบลงแนบกับแม่แบบ
4. ดูดอากาศออกจากช่องว่างระหว่างแผ่นพลาสติคกับแม่แบบ แผ่นพลาสติคที่อ่อนตัวจะแนบสนิทกับแม่แบบ ปล่อยทิ้งไว้จนเย็นแข็งตัว
5. ถอดชิ้นงานออก



ภาพที่ 37 แบบสูญญากาศ (VACUUM THERMOFORMING)

แบบลมอัด (Blow Thermoforming)

กรรมวิธีการผลิต

เป็นกรรมวิธีตรงกันข้ามกับแบบสูญญากาศ คือแทนที่จะดูดอากาศออกกลังอัดอากาศเข้าไป

ขั้นการผลิต มีดังนี้

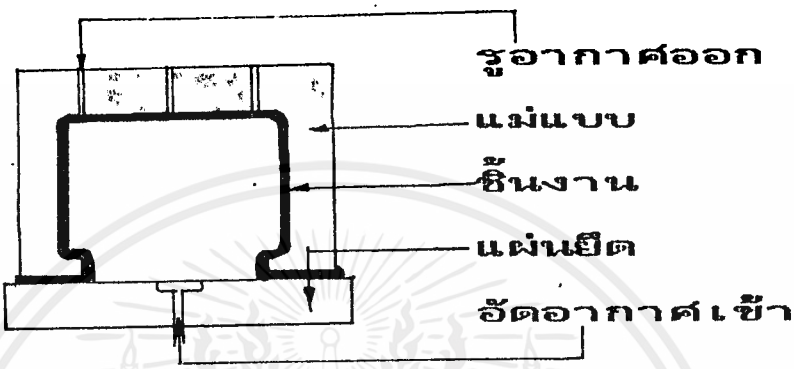
1. ยึดแผ่นเทอร์โมพลาสติคกับกรอบ
2. รนแผ่นพลาสติคให้ร้อนจนอ่อนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดกรอบแนบเข้ากับแม่แบบ (ชนิดตัวเมีย)

4. อัดอากาศเข้าไป แผ่นพลาสติคซึ่งอ่อนตัวจะแนบสนิทกับแม่แบบ อัดอากาศต่อไปจนชิ้นงานเย็นแข็งตัว

5. ถอดชิ้นงานออก



ภาพที่ 38 แบบลมอัด (BLOW THERMOFORMING)

ชนิดของพลาสติค เทอร์โมพลาสติคแผ่นทุกชนิดใช้ได้กับกรรมวิธีประเภทนี้ ที่นิยมใช้มากคือ โปลีสไตรีน เซลลูโลซิค และอะคริลิค พลาสติคแผ่นที่ใช้มักจะเป็นพลาสติคแผ่นที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตแบบรีด (Extrusion) มากกว่าแบบอื่น ทั้งนี้เพราะราคาถูกและยืดตัวได้ดีกว่า

ชนิดของผลิตภัณฑ์ มีมากมาย เช่น ภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ป้ายชื่อร้าน ป้ายโฆษณา ผนังชั้นในของตู้เย็น เครื่องเล่น ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานและรวบรวมข้อมูล

3.1 วิธีการดำเนินงานและรวบรวมข้อมูล

การดำเนินงานการหาข้อมูลเพื่อทำการวิจัยแก้ไขปัญหา ของเครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาที่ใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งจะต้องศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้งาน พฤติกรรมการเรียนการสอนในวิชาเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทยอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้งานเครื่องและสิ่งที่เกี่ยวข้อง โดยใช้วิธีการศึกษาดำเนินงานวิจัยข้อมูลเป็นขั้นตอนดังนี้คือ

1. วิธีการค้นคว้า
2. วิธีการสังเกตและประสบการณ์
3. วิธีการสัมภาษณ์ ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. วิธีการค้นคว้า

เป็นการค้นคว้าทางด้านเอกสารจากตำรา วารสารหรือ วิทยานิพนธ์ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับการวิจัย ซึ่งจะเป็นการค้นคว้าจากห้องสมุดของสถาบันต่างๆ ทั้งทางรัฐบาลและเอกชน เพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูลที่จะสามารถนำมาชี้แจงและอ้างอิงประกอบการวิจัยโครงการได้ วัตถุประสงค์ในการค้นคว้าของการค้นคว้าก็เพื่อจะได้ข้อมูลที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในการใช้วิธีการค้นคว้าหาข้อมูลที่จะทำให้ผู้ค้นคว้าได้ข้อมูลที่มีความแปรผันได้มากมาย และสามารถเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ได้เพื่อเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยแท้จริง

2. วิธีการสังเกต

ผู้วิจัยจะต้องทำการสังเกตพฤติกรรมของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการโดยตรงสังเกตจากการจัดวางตำแหน่งของเครื่องบด และความจำเป็นในการบดน้ำเคลือบทั่วไป รูปแบบของลักษณะของเครื่องบดที่ใช้ในสถานศึกษา พร้อมทั้งสังเกตปัญหาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นของผู้ใช้เมื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบ

3. วิธีการสัมภาษณ์

วิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวกกว่าวิธีอื่นๆ และสามารถทำได้ง่ายโดยเป็นการสัมภาษณ์ด้วยตนเองกับผู้มีประสบการณ์ และผู้เชี่ยวชาญทางด้าน วิชา เครื่องปั้นดินเผาที่สามารถจะให้ข้อมูลได้อย่างถูกต้องในการสัมภาษณ์สามารถยืดหยุ่นในการตั้งคำถามได้มากจากการสัมภาษณ์เราสามารถจะทราบถึงข้อมูลที่แท้จริงที่แสดงออกทางวาจาและกริยาของผู้ให้สัมภาษณ์ในการสัมภาษณ์ซักถาม ได้มีการบันทึกเทปและจดบันทึก เพื่อที่จะนำเป็นข้อมูลอ้างอิงในการวิจัยทำโครงการได้เหมาะสม

3.1.2 แหล่งที่มาของข้อมูล

จากการค้นคว้าศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการบดน้ำเคลือบ และการใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบดน้ำเคลือบ เพื่อวิจัยโครงการและออกแบบปรับปรุง ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จากทางสถาบันต่างๆ และบุคคลากรทั้งภาครัฐบาลและเอกชนที่กรุณาให้ความร่วมมือและคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ด้วยดีจากแหล่งข้อมูลมีดังนี้คือ

- ห้องสมุด ครุศาสตร์อุต ฯ ส.จ.ล.
- ห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรม ส.จ.ล.
- ห้องสมุดกลาง ส.จ.ล.
- หอสมุดแห่งชาติ
- โรงฝึกงานเครื่องปั้นดินเผา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล นครราชสีมา
- โรงงานอุตสาหกรรม เครื่องปั้นดินเผา
- โรงฝึกงานเครื่องปั้นดินเผา คณะสถาปัตยกรรม ส.จ.ล.
- ห้องสมุด คณะวิศวกรรมศาสตร์ ฯลฯ

3.1.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำข้อมูลทั้งหมดมาสรุป แล้วนำผลสรุปข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบแล้วนำผลการวิเคราะห์นั้นมาสรุปผลจากการวิเคราะห์เมื่อนำผลการวิเคราะห์เข้าด้วยกันเพื่อทำการออกแบบแก้ปัญหาของเครื่องบดน้ำเคลือบสำหรับการเรียนวิชาเครื่องปั้นดินเผา ให้ประโยชน์และประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เมื่อเป็นการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษา ตลอดจนบุคคลากรให้มีคุณภาพที่สังคมยอมรับ

3.2 ศึกษาประเภทของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง ในการเรียนวิชาเครื่องปั้นดินเผา ในระดับอุดมศึกษานี้ จะเป็นสูตรน้ำเคลือบที่เป็นพื้นฐานในการเรียนเรื่องน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา เพื่อที่จะได้นำความรู้ความเข้าใจในการเรียน เรื่องน้ำเคลือบไปศึกษาต่อไปในระดับที่สูงขึ้น โดยที่จะจำแนกชนิดของสูตรน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลองออกได้ดังนี้

1. สูตรที่บอกเป็นร้อยละของส่วนผสม

สูตรที่บอกเป็นร้อยละของส่วนผสมนี้จะเป็นสูตรที่ส่วนผสมต่างๆ เป็นร้อยละ ซึ่งสูตรประเภทนี้สามารถนำไปใช้ได้เลยไม่ต้องคำนวณอีก สูตรประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นสูตรที่ได้ทำการทดลองมาแล้วสามารถใช้ได้เลย

การศึกษาสูตรประเภทนี้ จุดประสงค์ต้องการให้ผู้เรียนนำสูตรเคลือบที่มีอยู่แล้วมาทดลองผสมสารที่ให้สีต่างๆ ที่มีเปอร์เซนต์ต่างกันไป เพื่อหาความเข้มของสีในแต่ละสูตรเคลือบ ที่เหมาะสมกับงานที่ต้องการใช้งาน

2. สูตรที่บอกเป็นส่วนผสม (RECIPIES)

สูตรประเภทนี้จะบอกส่วนผสมต่างๆ เป็นน้ำหนักโดยจะกำหนดน้ำหนักของสารแต่ละอย่างเป็นกรัมที่แน่นอน ตามลักษณะของสูตรที่ต่างกันไป โดยน้ำหนักของสารใน 1 สูตร จะเรียกว่า น้ำหนักสมมูลย (EQU IVALENT WEIGHT)

การศึกษาสูตรประเภทนี้ เป็นการให้ผู้เรียนได้คิดค้นสูตรเคลือบจากการนำสารต่างๆ มาผสมกันเพื่อนำสูตรเคลือบโดยต้องอาศัยความรู้พื้นฐานจากคุณสมบัติของสารแต่ละชนิดด้วย เพื่อให้ได้สูตรเคลือบที่ใหม่ๆ

3. สูตรเอ็มไพริคัล เป็นน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบ

การทดลองสูตรประเภทนี้เป็นการใช้น้ำหนักส่วนผสม (RECIPE) และน้ำหนักโมเลกุล (MOLE WEIGHT) มาคิดคำนวณเพื่อต้องการสูตรเคลือบที่เหมาะสมกับการนำไปหรือสามารถคิดค้นสูตรเคลือบใหม่ๆ ได้

4. สูตรเคลือบฟริต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรเคลือบฟริตนี้เป็นสูตรที่ต้องอาศัยกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้แล้ว คือ กฎของการทำฟริต มาเป็นแบบในการคำนวณโดยใช้ปริมาตรของสารต่างๆที่แตกต่างกันออกไป จุดประสงค์ ของการศึกษาสูตรประเภทนี้คือให้ศึกษากฎของการทำฟริต เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นในวิชาเครื่องปั้นดินเผา

5. สูตรเคลือบจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

สูตรเคลือบแบบนี้จะเป็นการเลือกวัตถุดิบมาทดลอง เพื่อหาอัตราส่วนของวัตถุดิบแต่ละอย่างว่าอัตราส่วนใดที่ให้ผลดีที่สุด เพื่อเลือกนำไปใช้งานจุดประสงค์ในการศึกษาสูตรนี้ก็คือ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการคิดค้นสูตรเคลือบ (GLAZE) เนื้อดินปั้น (CLAY BODY) หรือสีเคลือบ (GLAZE COLOR) โดยอาศัยตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในการคำนวณ

สรุป

สูตรเคลือบขั้นทดลองที่ใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผามี 5 ประเภท คือ

1. สูตรที่บอกเป็นร้อยละของส่วนผสม
2. สูตรที่บอกเป็นส่วนผสม
3. สูตรเอ็มไพริคับ
4. สูตรเคลือบฟริต
5. สูตรเคลือบจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

จากการศึกษา การเรียนการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผาแล้ว จะมีการเรียนการสอนในเรื่องน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา ในเรื่องน้ำเคลือบ จะเน้นการเรียนสูตรเคลือบในบางส่วน และส่วนใหญ่จะเน้นเฉพาะสูตรที่มีความจำเป็นและใช้กันมากจะมีอยู่ 3 ประเภท คือ

3.2.2 ศึกษาขั้นตอนในการทดลองสูตรน้ำเคลือบ

ขั้นตอนในการทดลองสูตรน้ำเคลือบที่ปฏิบัติกันอยู่ใน สถาบันการศึกษาในปัจจุบันมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการคิดคำนวณ สูตรน้ำเคลือบในขั้นตอนนี้จะเป็นการคิดคำนวณส่วนผสมของเคลือบและปริมาตรหรือน้ำหนักของส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 นำสูตรน้ำเคลือบที่คิดส่วนผสมแล้วมาชั่งตามน้ำหนักของส่วนผสมแต่ละอย่าง

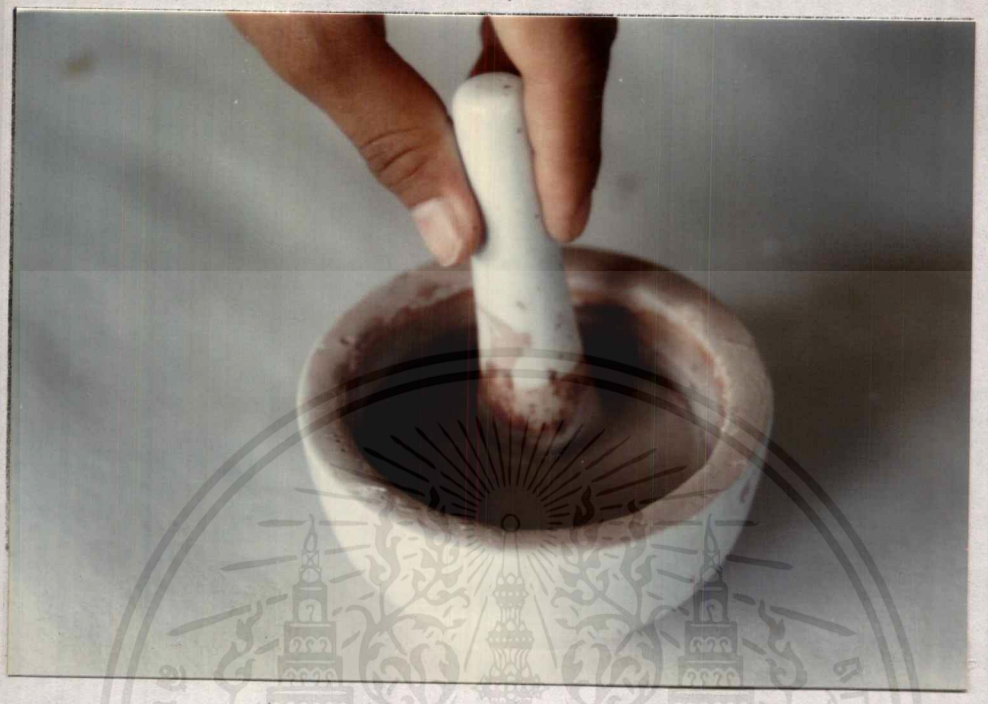
ภาพที่ 39 ชั่งส่วนผสมแต่ละอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 รวมส่วนผสมที่ชั่งแล้วลงในภาชนะที่จะใช้บดน้ำเคลือบจนครบตามสูตรเคลือบที่จะทดลอง

ภาพที่ 40 นำส่วนผสมที่ชั่งแล้วรวมลงในโกร่งบด

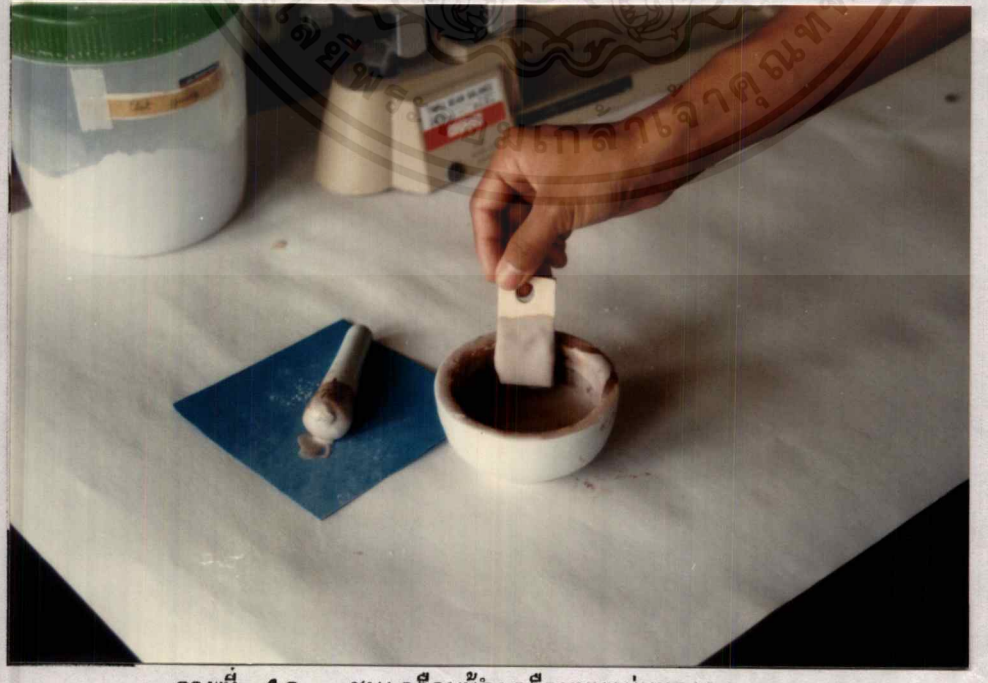
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 บดผสมส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน และกรองด้วยตะแกรงกรองแบบละเอียด ก่อนที่จะชุบเคลือบ



ภาพที่ 41 บดผสมส่วนผสมของน้ำเคลือบ

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อบดส่วนผสมได้ที่แล้วนำแผ่นทดลองที่เตรียมไว้มาทำการเคลือบน้ำเคลือบบนแผ่นทดลอง



ภาพที่ 42 ชุบเคลือบน้ำเคลือบบนแผ่นทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 6 นำแผ่นทดลองที่ชุบเคลือบแล้วตากภายในร่มทิ้งไว้ให้แห้งจนสนิทก่อนนำไปเผา และบันทึกรหัสหรือสูตรของน้ำเคลือบที่ทดลอง ลงบนแผ่นน้ำเคลือบเพื่อป้องกัน ความสับสนกัน ในกรณีที่ทดลอง จำนวนมากสูตรเคลือบ

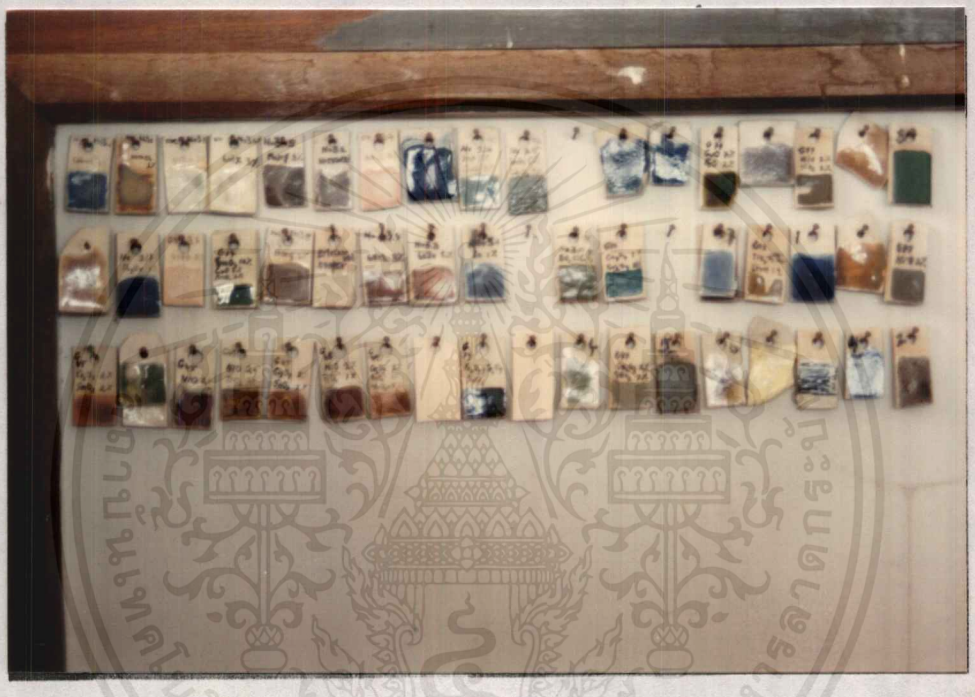
ภาพที่ 43 ตากแผ่นทดลองให้แห้งและบันทึกรหัส หรือสูตรเคลือบบนแผ่นทดลอง

ขั้นตอนที่ 7 เก็บส่วนผสมของน้ำเคลือบที่เหลือจากการชุบแผ่นทดลองแล้วในภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อป้องกันกรณีต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น เช่น แผ่นทดลองสูญหาย หรือผิดพลาดในขณะเผา

ภาพที่ 44 แสดงการเก็บส่วนผสมของน้ำเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 8 นำแผ่นทดลองที่ชุบเคลือบที่แห้งแล้วไปเผาตามอุณหภูมิของชนิดของสูตรเคลือบ เมื่อเผาแล้วนำแผ่นทดลองที่ได้มาศึกษาข้อดีข้อเสีย หรือสีของสูตรเคลือบที่ได้เป็นอย่างไร แล้วบันทึกผลที่ได้ เพื่อใช้ในการศึกษา สูตรเคลือบต่อไป หรือเมื่อต้องการใช้สูตรเคลือบที่ทดลองแล้วมาใช้ในงานจริง ก็สามารถนำมาคิดคำนวณในปริมาตรที่ต้องการได้ ซึ่งสูตรน้ำเคลือบที่ทดลอง จะมีการเก็บไว้เป็นตัวอย่างสูตรเคลือบเสมอ



ภาพที่ 45 การเก็บแผ่นทดลอง สูตรน้ำเคลือบที่ทดลอง

สรุป

ขั้นตอนการทดลองสูตรน้ำเคลือบมี 8 ขั้นตอน คือ

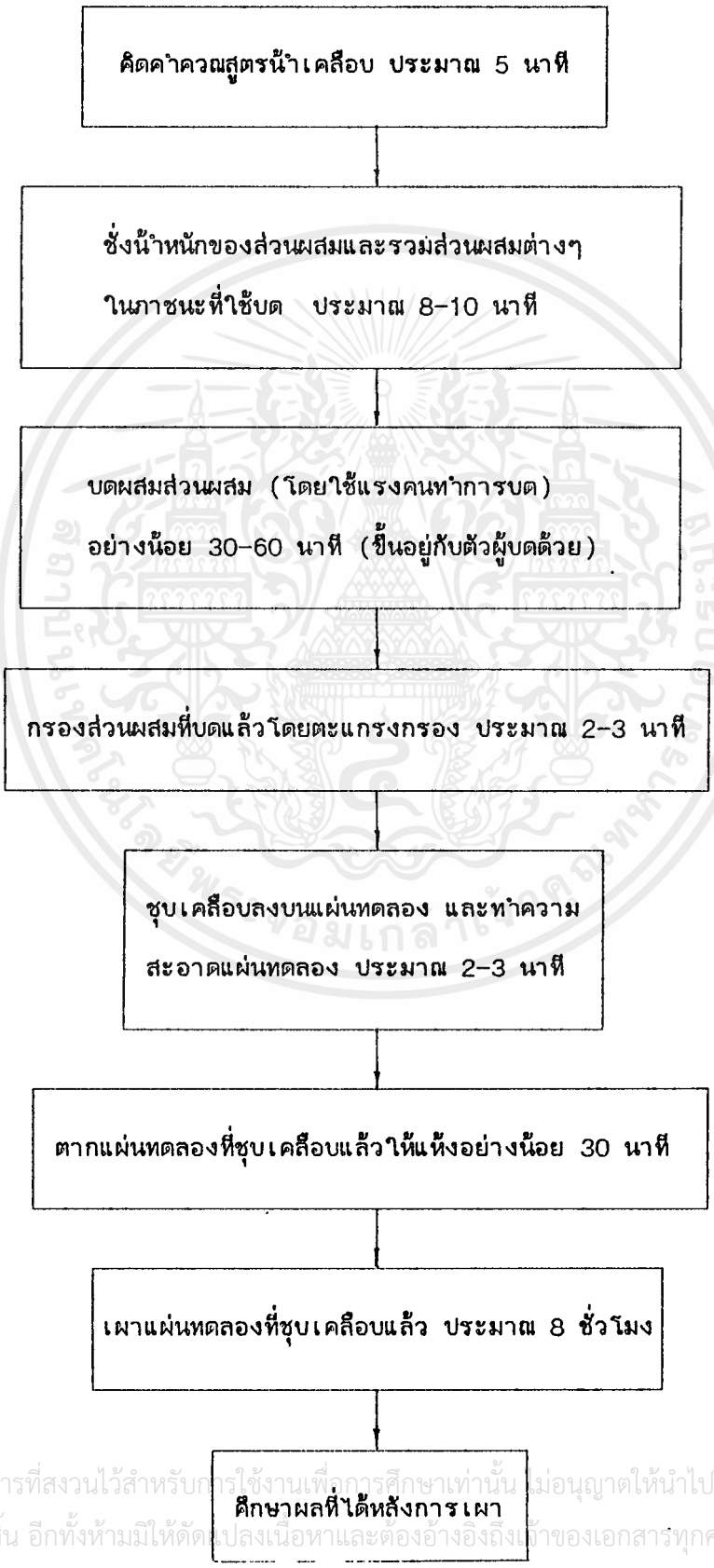
1. คิดคำนวณสูตรน้ำเคลือบ
2. ชั่งน้ำหนักของส่วนผสม
3. รวมส่วนผสมต่างๆในภาชนะที่จะใช้บดผสม
4. บดผสมส่วนผสม
5. ชุบเคลือบลงบนแผ่นทดลอง
6. ตากแผ่นทดลองที่ชุบเคลือบแล้วให้แห้งก่อนเผา
7. เก็บส่วนผสมที่เหลือไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิด
8. เผาแผ่นทดลองที่ชุบเคลือบแล้วและศึกษาผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 เวลาในการปฏิบัติการทดลองสูตรน้ำเคลือบ

ขั้นตอนในการปฏิบัติการทดลองสูตรน้ำเคลือบในแต่ละสูตรเคลือบ ที่ได้ศึกษามาในห้องปฏิบัติงาน อย่างต่อเนื่องพอจะแบ่งออกได้ดังนี้

ขั้นตอนและเวลาในการปฏิบัติการทดลองสูตรน้ำเคลือบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองสูตรน้ำเคลือบขั้นทดลองภายในห้องปฏิบัติการ ประมาณ 47 นาที ซึ่งเริ่มจากขั้นตอนที่ 1 คือ คิดคำนวณสูตรน้ำเคลือบ จนถึงขั้นตอนชุบเคลือบบดแผ่นทดลองและทำความสะอาดแผ่นทดลองก่อนนำไปเผา

3.2.4 ศึกษาปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง

ปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลองเพื่อการทดลองสูตรน้ำเคลือบในแต่ละครั้งส่วนใหญ่ จะใช้ปริมาณของส่วนผสมที่น้อยเพื่อที่จะไม่สูญเสียวัสดุที่มากเกินไป ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสูตรเคลือบแต่ละชนิด

สูตรเคลือบเครื่องปั้นดินเผาจะมีการคิดอยู่ 2 กรณี คือ

1. คิดจากร้อยละ หรือเปอร์เซนต์ของส่วนผสม

การคิดแบบนี้จะคิดจำนวนผสมเป็นร้อยละ คือส่วนผสมทั้งหมดจะอยู่ใน 100% ซึ่งการทดลองสูตรเคลือบแบบนี้นิยมจะใช้น้ำหนักของส่วนผสม ตามเปอร์เซนต์ของสูตร คือ 100 กรัม หรือในบางครั้งจะใช้เพียง 50 กรัม ในการทดลองแต่อาจทำให้สูตรเคลือบเกินการผิดพลาดได้ จากการชั่งน้ำหนักส่วนผสม

2. คิดจากสูตรที่บอกเป็นส่วนผสม

สูตรประเภทนี้จะบอกส่วนผสมต่างๆ เป็นน้ำหนักโดยจะกำหนดน้ำหนักของสารแต่ละอย่างเป็นกรัมที่แน่นอนตามลักษณะของสูตรที่ต่างกันไป

ในการทดลองสูตรประเภทนี้นิยมใช้การเทียบน้ำหนักส่วนผสมลงมาให้เท่ากับ 100 กรัม หรือ 50 กรัม แต่อาจจะผิดพลาดในชั่งน้ำหนักเช่นกันกับสูตรที่คิดเป็นร้อยละปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง ในแต่ละครั้งจะใช้ในปริมาตรที่น้อยเพื่อสะดวกในการเตรียมและการบดผสมในขั้นทดลองตลอดจนประหยัดวัสดุ ในการทดลองคือ จะใช้ปริมาตร 100 กรัม หรือ 50 กรัม ในการทดลองแต่ละครั้ง

3.2.5 ลักษณะและขนาดของแผ่นทดลองน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา

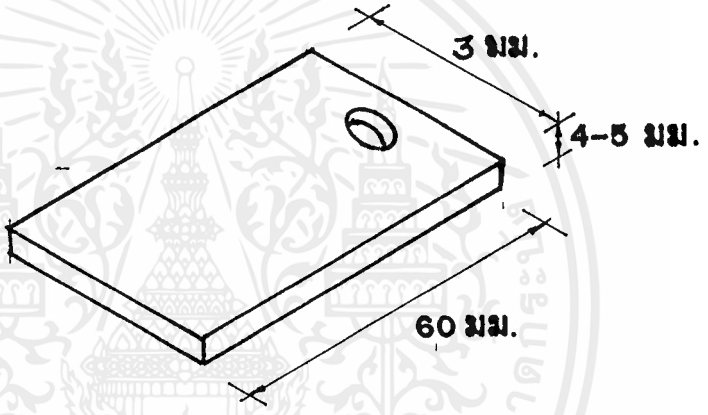
แผ่นทดลองที่ใช้ทดลองน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา จะเป็นแผ่นที่ใช้เคลือบด้วยน้ำเคลือบที่บดผสมแล้วเพื่อนำไปเผาเพื่อทดสอบผลของน้ำเคลือบที่ทำการทดลองว่ามีผลอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไร ลักษณะของแผ่นทดลองจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของการทดสอบ ซึ่งพอจะจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ลักษณะแผ่นเรียบ

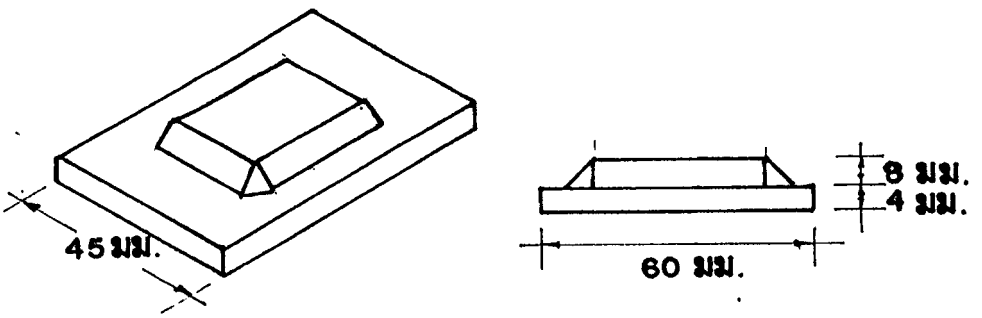
ลักษณะแผ่นเรียบนี้จะใช้ทดลองน้ำเคลือบเพื่อทดสอบสูตรเคลือบทั่วไป และทดสอบสีของน้ำเคลือบในเปอร์เซนต์ต่างๆ โดยทั่วไปจะเป็นลักษณะแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีรูสำหรับแขวนมีขนาด ประมาณ 30x60 มม. หรือเล็กขนาด 25x25 มม. หนาประมาณ 4-5 มม. มีพื้นที่ผิวด้านบน เท่ากับ 18 ตร.ซม. แต่ละเคลือบผิวของแผ่นทดลองไม่เต็มแผ่นจะเคลือบประมาณ 15 ตร.ซม.



ภาพที่ 46 ลักษณะของแผ่นทดลองแบบแผ่นเรียบ

2. ลักษณะแผ่นนูน

ลักษณะแผ่นทดลองแบบแผ่นนูนนี้จะเป็นแผ่นทดลองที่ทำจากดินเครื่องปั้นดินเผา มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือสี่เหลี่ยมจตุรัสในบางครั้งอาจเป็น สามเหลี่ยมก็ได้ ขนาดของแผ่นทดลองแบบนูนนี้ มีขนาดที่แตกต่างกันไปซึ่งมีขนาดที่ใหญ่ที่สุด คือ ขนาด 45x60 มม. หนาประมาณ 8-15 มม. มีพื้นที่ผิวประมาณ 27-30 ตร.ซม.



ภาพที่ 47 ลักษณะและขนาดของแผ่นทดลองแบบนูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 48 แสดงลักษณะของแผ่นทดลองแบบนูนแบบต่างๆ

ลักษณะของแผ่นทดลอง แบบนูนนี้จะใช้ในการทดสอบน้ำเคลือบในเรื่องการไหลของน้ำเคลือบในการเผา คือจะดูว่าน้ำเคลือบมีการไหลมากหรือน้อยในส่วนที่เอียง หรือมุมของชิ้นงาน

สำหรับขนาดและรูปแบบของแผ่นทดลองโดยทั่วไปไม่มีการ กำหนดขนาดและรูปร่างที่แน่นอนเป็นมาตรฐานในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับผู้ที่จะทดลองสอบเองว่าจะสะดวกในการทำหรือต้องการทดลองน้ำเคลือบประเภทใด ต้องการผลการทดสอบอย่างไร

สรุป

ลักษณะและขนาดของแผ่นทดลอง แผ่นทดลองแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. แบบแผ่นเรียบ
2. แบบแผ่นนูน

ขนาดของแผ่นทดสอบ

ขนาดเล็กสุด 25 x 25 มม. หนา 4 มม.

ขนาดใหญ่สุด 45 x 60 มม. หนา 15 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ผิวหน้าแผ่นทดลอง

พื้นที่น้อยที่สุด 6.25 ตร.ซม.

พื้นที่ใหญ่สุด 30 ตร.ซม.

ลักษณะและขนาดของแผ่นทดลอง

ลักษณะของแผ่นทดลองไม่มีการกำหนดที่แน่นอนส่วนขนาดก็ไม่มีการกำหนดที่แน่นอนเป็นมาตรฐานในการทำส่วนใหญ่จะใช้ในขนาดที่เล็กเพื่อง่ายในการทำและสะดวกในการใช้และประหยัดพื้นที่ในเตาเผา

3.2.6 ศึกษาปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้จริงในการทดลอง

ปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้จริงในการเคลือบแผ่นทดลองจะมีปริมาตรที่เคลือบอยู่บนแผ่นทดลองในแต่ละแผ่น ซึ่งมีขนาดที่ต่างกันไปและในการทดลองจะมีการสูญเสียน้ำเคลือบในขั้นตอนต่างๆ ก่อนที่จะถึงตอนการเคลือบแผ่นทดลองโดยแสดงเป็นไดอะแกรมได้ดังนี้

ปริมาตรส่วนผสม 100 กรัม = 119 ลบ.ซม. (ขณะแห้ง)
น้ำที่ใช้ผสม 50% ของน้ำหนัก = 50 กรัม
ปริมาตรส่วนผสม(แห้งร่วมกับน้ำ)
= 119 ลบ.ซม. + 50 ลบ. ซม. = 92 ลบ.ซม.(เปียม)

↓

ผ่านขั้นตอนการบดปริมาตรหลังการบดเหลือ 84 ลบ.ซม.
สูญเสียไป 8 ลบ.ซม.หรือ 9.5%

↓

ผ่านขั้นตอนการกรอง (ตระแกรงเบอร์ 100) เหลือ 79 ลบ.ซม.
สูญเสียไป 5 ลบ.ซม. หรือ 6.3%

↓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการเคลือบแผ่นทดลอง

พื้นที่ผิวแผ่นทดลองที่ใหญ่สุด = 30 ตร.ซม.

ต้องเคลือบน้ำเคลือบหนาไม่เกิน 3 มม.

ต้องใช้น้ำเคลือบปริมาตร 9 ลบ.ซม. หรือ 11.3%

ปริมาตรที่เหลือจากการเคลือบแผ่นทดลอง = 61 ลบ.ซม.คิดเป็นเปอร์เซนต์ = 66.3%

หมายเหตุ

*สูญเสียไปกับส่วนที่ติดอยู่รอบๆ ของแผ่นทดลองที่ต้องทำความสะอาดออกก่อนเผาเคลือบ หรือคิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย = 11.3%

สรุป

ปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้จริงในการทดลองในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้คือ

- ขั้นตอนการบดสูญเสีย 8 ลบ.ซม.
- ขั้นตอนการกรอง 5 ลบ.ซม.
- ขั้นตอนการเคลือบแผ่นทดลอง 9 ลบ.ซม.
- สูญเสียน้ำเคลือบส่วนที่ติดกรอบแผ่นทดลอง 9 ลบ.ซม.
- เหลือปริมาตรน้ำเคลือบ 61 ลบ.ซม. จากน้ำเคลือบ 92 ลบ.ซม.

3.2.7 จำนวนของสูตรน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง

จำนวนสูตรที่ใช้ในการทดลอง นี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของการเรียนแต่ละระดับ คือ

1.ระดับวิชาโท

ในระดับนี้จะเรียนวิชาเครื่องปั้นดินเผาเป็นวิชารอง การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องน้ำเคลือบจะเป็นการศึกษาเพื่อให้รู้ถึงลักษณะต่างๆ ของน้ำเคลือบ การคำนวณน้ำเคลือบ ขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนการผสมน้ำเคลือบ การทดลองน้ำเคลือบ

จำนวนสูตรที่ใช้ทดลอง

ในระดับวิชาโท น้ำจะมีการคิดคำนวณ สูตรน้ำเคลือบ จะใช้จำนวนสูตรที่น้อย คือ 1-2 สูตร คือจะให้นักศึกษา คิดคำนวณตามลักษณะของสูตรเคลือบที่ง่าย และทำการปฏิบัติได้โดยไม่สับสน

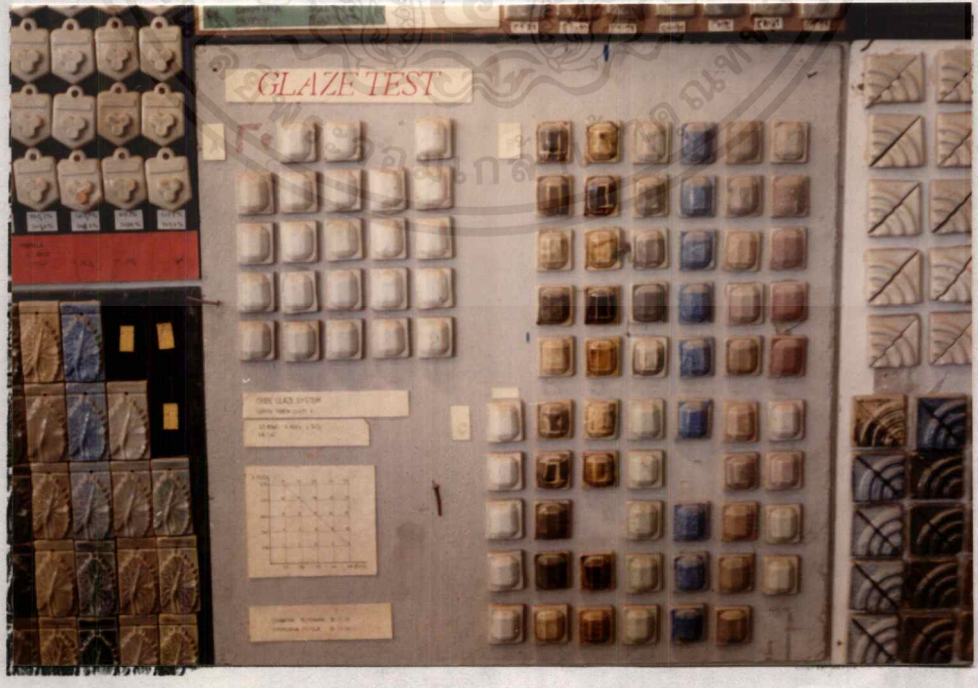
2. **ระดับวิชาเอก**

ในระดับนี้จะเรียนวิชาเครื่องปั้นดินเผาเป็นวิชาหลัก เฉพาะการเรียนในเนื้อหาทุกๆ เรื่อง จะเรียนเพื่อให้รู้จริงและลึก เพื่อจะได้มีทักษะ และประสบการณ์ในการปฏิบัติงานจริง

จำนวนสูตรที่ใช้ทดลอง

ในระดับนี้จะเน้นมากเรื่องน้ำเคลือบ ตลอดจนให้ผู้เรียนคิดค้นสูตรใหม่ๆ ขึ้นด้วยตนเอง โดยมากการทดลองปฏิบัติงานจริง และมีการส่งผลงานที่ทำเป็นงานในการศึกษาในแต่ละภาค

จำนวนสูตรที่ใช้จึงใช้จำนวนที่มาก อาจจะเป็น 10-20 สูตร หรือมากกว่านี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเรียน และจำนวนนักศึกษาในแต่ละภาคเรียน หรืออาจารย์ผู้สอนเอง



ภาพที่ **49** แสดงจำนวนสูตรเคลือบที่ใช้ทดลองในระดับวิชาเอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องบดน้ำเคลือบภายในห้องปฏิบัติงาน

การปฏิบัติการทดลองสูตรน้ำเคลือบนี้ส่วนใหญ่ จะทดลองภายในห้องปฏิบัติการที่จัดเตรียมไว้โดยเฉพาะ ห้องปฏิบัติการนี้จะอยู่ในส่วนของโรงงานเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งผู้เรียนจะใช้ห้องปฏิบัติการนี้ ทำการชั่งส่วนผสมต่างๆ ของเคลือบและบดผสมส่วนผสมให้เข้ากันจนได้ที่แล้วทำการกรองส่วนผสมก่อนนำไปเคลือบลงบนแผ่นทดลอง แล้วทำความสะอาดภาชนะต่างๆ ภายในห้องนี้

วัสดุอุปกรณ์และครุภัณฑ์ภายในห้องปฏิบัติงาน ประกอบด้วย

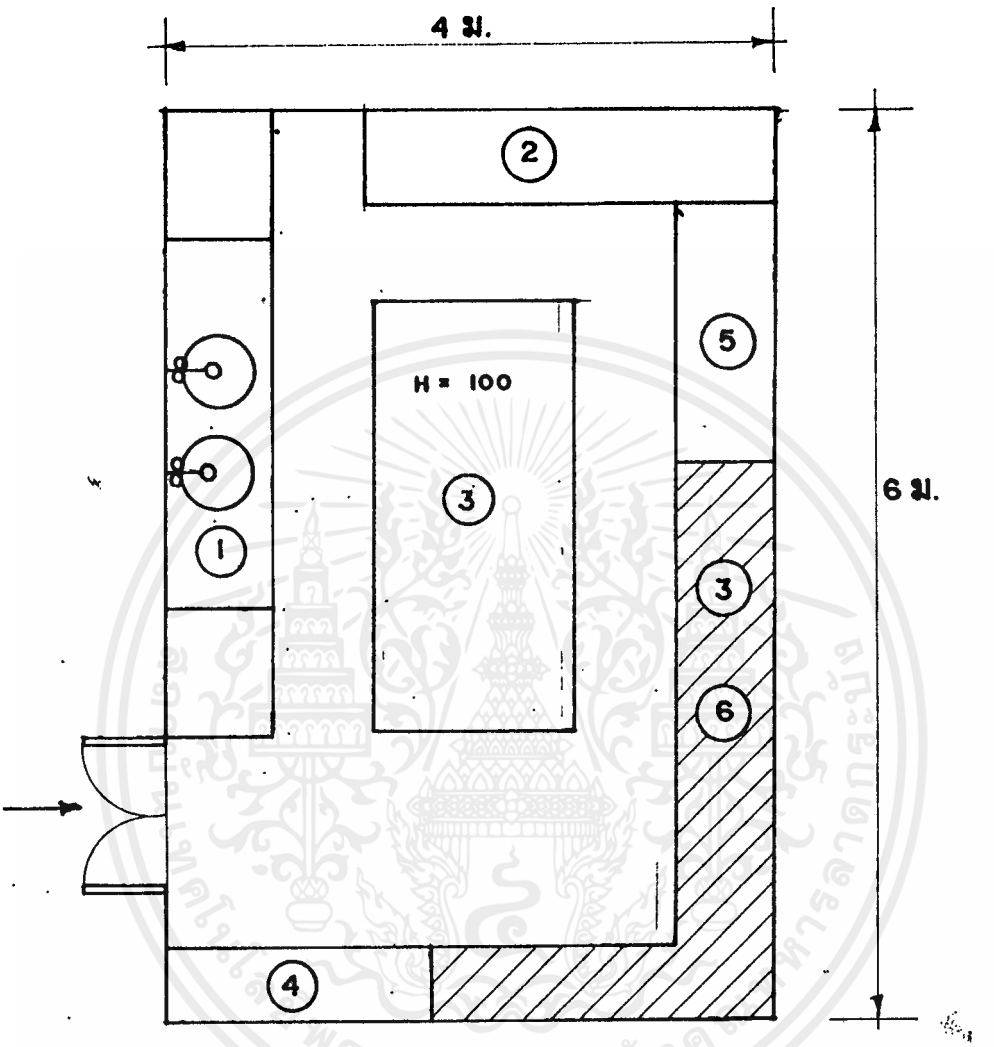
1. วัสดุส่วนผสมของเคลือบ
2. เครื่องชั่ง
3. โกร่งบดหรือเครื่องบดน้ำเคลือบ
4. ตะแกรงกรอง
5. โต๊ะทำงาน
6. ตู้เก็บส่วนผสมประเภทสี
7. อ่างน้ำสำหรับล้างทำความสะอาด
8. ตู้เก็บเครื่องชั่ง

ลักษณะของห้องปฏิบัติการทดลองน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา

ภาพที่ 50 แสดงลักษณะของห้องปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของห้องปฏิบัติงาน

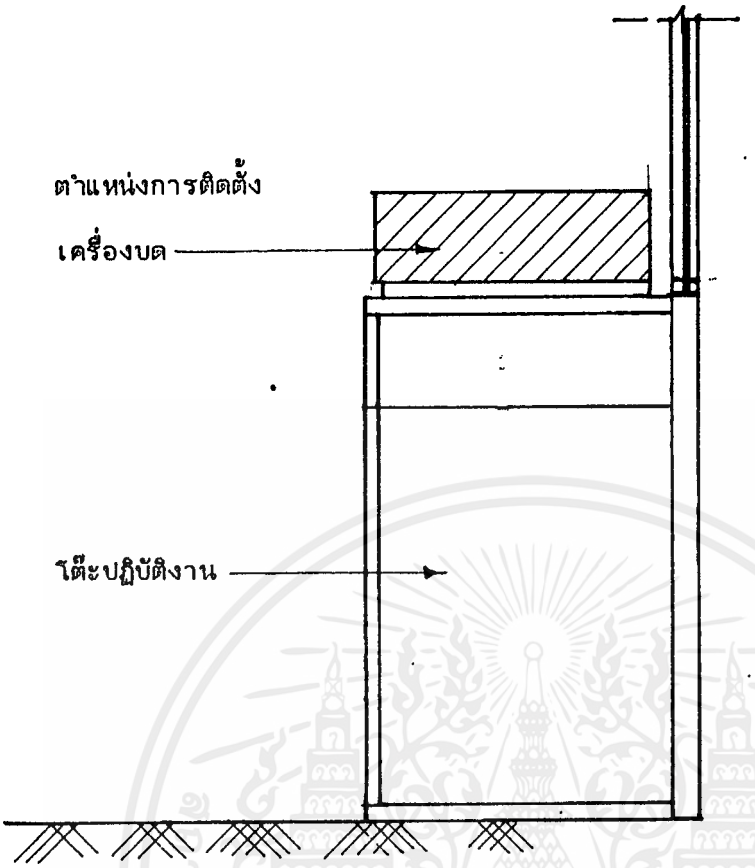


1. อ่างน้ำ
2. วัสดุส่วนผสมของเคลือบ
3. โต๊ะปฏิบัติงาน
4. ตู้เก็บส่วนประเภทสี
5. ตู้เก็บเครื่องชั่ง
6. บริเวณติดตั้งเครื่องบด

ภาพที่ 51 แสดงขนาดของห้องปฏิบัติงาน

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องบดในห้องปฏิบัติงานจะติดตั้งไว้ที่บนโต๊ะปฏิบัติงาน ซึ่งในห้องปฏิบัติงานส่วนใหญ่จะจัดตำแหน่งของการทำงานให้ปฏิบัติได้อย่างต่อเนื่องสะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 52 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องบดน้ำเคลือบ

สรุป

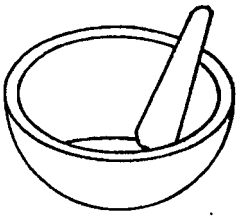
ตำแหน่งติดตั้งเครื่องบดจะติดตั้งเครื่องบดไว้ที่บนโต๊ะปฏิบัติงาน ภายในห้องทดลองโต๊ะปฏิบัติมีขนาดหน้ากว้าง 50 ซม. สูง 85 ซม. ผู้ปฏิบัติจะปฏิบัติงานโดยยืนปฏิบัติงาน

3.2.9 ลักษณะการบดของเครื่องบด

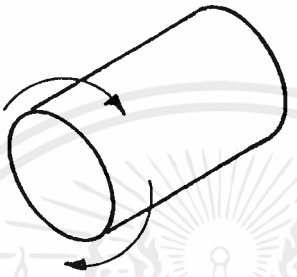
จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการบดแบบต่างๆ ที่ผ่านมาทั้งผลิตภัณฑ์เครื่องบดแบบเดิม และผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงผู้จัดทำได้นำระบบต่างๆ ของเครื่องบดที่มีอยู่ในปัจจุบันมาเพื่อเลือกใช้กับเครื่องบดที่จะทำการออกแบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

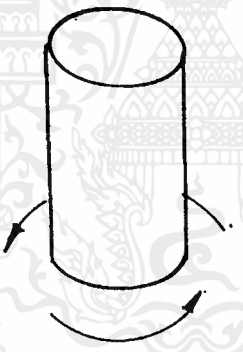
1. การบดแบบโกร่งบด



2. การบดแบบหม้อบดนอนแล้วหมุน



3. การบดแบบใช้แรงเหวี่ยง



ภาพที่ 53 ลักษณะการบดน้ำเคลือบ

โดยใช้ข้อพิจารณาดังนี้ คือ

1. ประสิทธิภาพของการทำงานในการบดน้ำเคลือบ
2. คุณภาพของน้ำเคลือบได้
3. ใช้เวลาในการบดที่น้อย

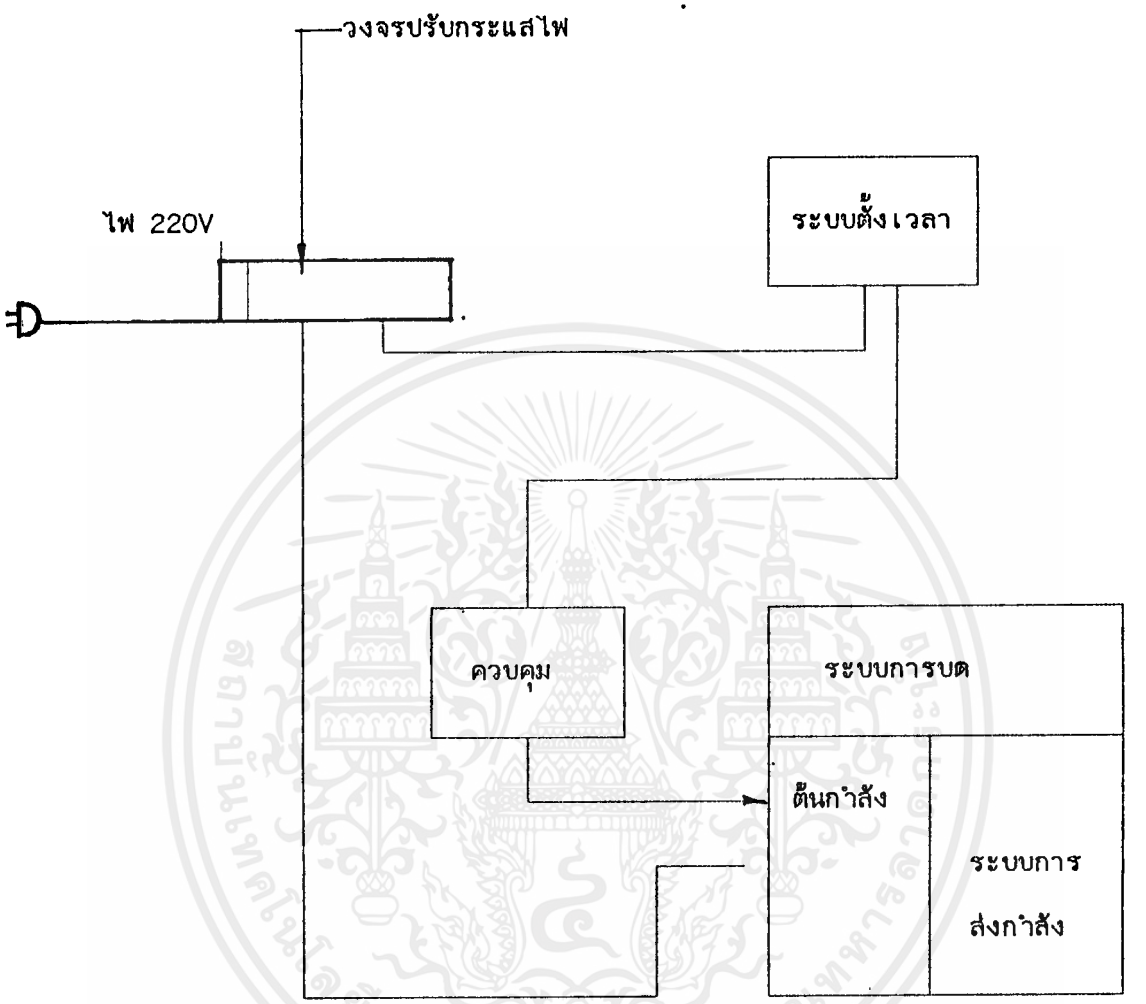
สรุป

ลักษณะการบดของเครื่องบดที่เลือกมาเพื่อพิจารณามี 3 ลักษณะ คือ

1. การบดแบบโกร่งบด
2. การบดแบบหม้อบดนอนแล้วหมุน
3. การบดแบบใช้แรงเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.10 ระบบการทำงานของเครื่องบดน้ำเคลือบ



หลักในการทำงานของเครื่องบด

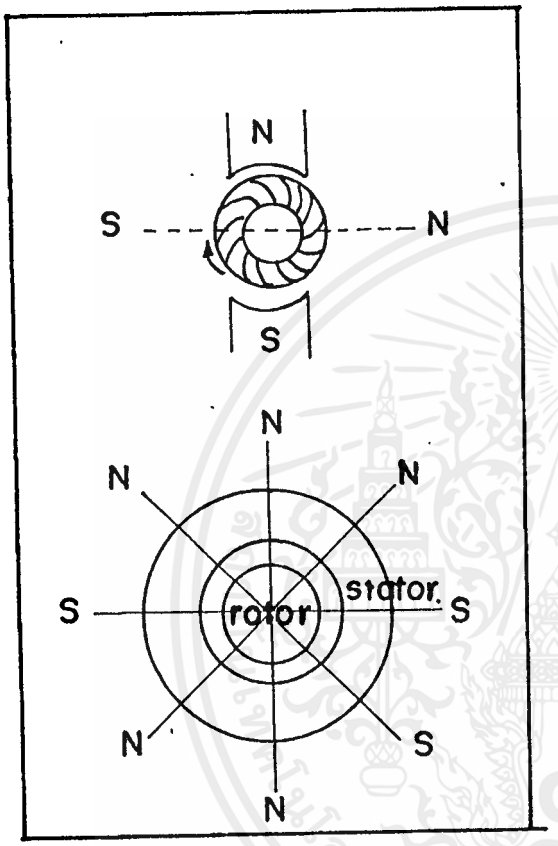
1. ไฟ 220V จ่ายไฟให้กับวงจรปรับกระแสไฟ
2. วงจรปรับไฟจะปรับไฟแล้วส่งต่อไปยัง 2 ส่วน คือต้นกำลังและระบบตั้งเวลา
3. ระบบตั้งเวลาจะเป็นต้นกำหนดระยะเวลาในการจ่ายกระแสไฟให้กับต้นกำลัง โดยส่งผ่านส่วนควบคุม
4. ส่วนควบคุมจะเป็นตัวตัดต่อกระแสไฟที่ส่งไปยังต้นกำลัง
5. ต้นกำลังจะรับกระแสไฟแล้วทำงานโดยส่งแรงผ่าน ระบบการส่งกำลังไปยังระบบการบด

3.2.11 ข้อมูลเกี่ยวกับต้นกำลังของเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักเบื้องต้นของมอเตอร์ (Basic of Practional Horssepotor)

มอเตอร์ คือเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลการหมุนของมอเตอร์ เกิดจากแรงดึงดูดของแม่เหล็กขั้วต่างชนิดกัน และแรงผลักของแผ่นแม่เหล็กชนิดเดียวกัน



จากรูปที่ 1 แสดงถึงมอเตอร์กระแสตรงขั้วเหนือของ Stator จะผลักขั้วเหนือของ Rotor (ส่วนหมุน) และจะดูดขั้วใต้ของ Rotor ทำนองเดียวกัน ขั้วใต้ของส่วนนิ่ง Sator จะผลักขั้วใต้และดูดขั้วเหนือของส่วนหมุน Rotor เพราะฉะนั้น Rotor หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา

จากรูปที่ 2 แสดงถึงการเกิดของขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าใน Stator ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปโดยที่ Stator อยู่นิ่งขั้นแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดึงดูดขั้วแม่เหล็กต่างชนิดกันของตัว Rotor และจะผลักขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันของ Rotor ทำให้ตัว Rotor ของมอเตอร์หมุนไปได้

ภาพที่ 54 หลักการทำงานของมอเตอร์

อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นตัวสำคัญที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับความต้องการเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะมาให้เห็นกันโดยตรง หรือจะมาให้เห็นทางอ้อมก็ตาม อุปกรณ์ตัวนี้ก็คือมอเตอร์

มอเตอร์แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. มอเตอร์กระแสสลับ (AC. Motor)
2. มอเตอร์กระแสไฟตรง (DC.Motor)

จะขอกล่าวถึงเฉพาะมอเตอร์กระแสไฟตรง ซึ่งนำใช้กับการออกแบบ

มอเตอร์ไฟตรง (DC.Motor)

นิยามสั้นๆ ของมอเตอร์ก็คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูดผลักของสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ไฟตรงที่เรารู้จักกันทั่วๆ ไป และเห็นกันเป็นประจำก็คือมอเตอร์ที่ทำหน้าที่สตาร์ทเครื่องยนต์นั่นเอง หรือมีช่างมักเรียกกันว่าไดสตาร์ท (จริงๆ แล้วน่าจะเรียกมอเตอร์สตาร์ทมากกว่า เพราะขณะนี้มีมันทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ไม่ใช่ไดนาโมเหมือนตอนอัดไฟ แบตเตอรี่)

<u>ชนิดของมอเตอร์</u> Type of Motor แบ่งออกเป็น

(1) A.C. Motor (สลับ)

- มอเตอร์เฟสเดียว Single Phase Motor
- มอเตอร์หลายเฟส Poly Phase Motor

(2) D.C. Motor (ตรง)

แต่ในที่นี้จะพูดถึง A.C. Motor ที่จะนำไปใช้กับเครื่องบดแบบใหม่ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบ Single Phase Induction Motor Capacitor Motor A.C. Motor แบบเฟสเดียว (Single Phase) แบ่งออกเป็น

(1) Split Phase Motor

(2) Capacitor Motor

(3) Repulsion Motor

Split Phase Motor เป็น A.C.Motor มีแรงม้าน้อยๆ (ต่ำกว่า 1 แรงม้า) ใช้กับเครื่องมือที่ต้องการแรงม้าน้อยๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ, เครื่องซักผ้า, เครื่องเผาน้ำมันและสว่านเจาะแบบกลวง

มีส่วนประกอบใหญ่ 4 ส่วน คือ

(1) ส่วนที่หมุน Rotor ประกอบด้วย

- แกนเหล็ก (Core)
- เพลา (Shaft)
- ขดลวด (Squired Cage Winding)

(2) ส่วนที่อยู่นิ่ง (Stater)

(3) ฝาครอบมอเตอร์ (End Plates)

(4) สวิทช์แรงเหวี่ยง (Centrigugal Switch)

Capacitor เป็น AC.Motor มีขนาดแรงม้าตั้งแต่ 1/20 ถึง 10 แรงม้าใช้ในเครื่องทำความเย็น, ในเครื่องวัดความไหล หรือคอมเพสเซอร์ในเครื่องซักผ้า และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปรับอากาศซึ่งต้องการ Torfue ตอนเริ่มวิ่งสูง

การสร้างแคปปาซิเตอร์เหมือนกับ Split Phase Motor แต่มี Capacitor ที่ต่ออนุกรมเข้ากับขดลวดรันนิ่งเกือบมีค่าเท่ากันความจริง Capacitor ก็คือ Split Phase Motor ที่ปรับปรุงให้ดีขึ้นให้มีทอร์คสูง คือตอนเริ่มวิ่งแทนที่จะให้ความต้านทานขดลวดช่วยสตาร์อย่าง Split Phase Motor แต่กลับใช้ Capacitor ต่ออนุกรมเข้ากับขดลวดสตาร์สูงตัว Capacitor ส่วนมากอยู่ข้างนอกบนตัวมอเตอร์ แคปปาซิเตอร์ Capacitor ที่ใช้มี 3 ชนิด คือ

(1) ชนิดใช้แคปปาซิเตอร์เฉพาะตอนสตาร์ท

(2) ชนิดใช้แคปปาซิเตอร์มีค่าคงที่ทั้งตอนสตาร์ทและตอนวิ่ง

(3) ชนิดใช้แคปปาซิเตอร์ตอนสตาร์ทมีค่าหนึ่ง ตอนวิ่งมีอีกค่าหนึ่ง

REPULSION MOTOR

มอเตอร์ชนิด Repulsion มีชื่อเรียกทั่วๆ ไปว่ามอเตอร์เฟสเดียวชนิด wound rotor motor ชนิดนี้มีทอร์ตตอนสตาร์ทสูงและมีความเร็วคงที่ดังนั้นจึงนำไปใช้กับงานที่ซึ่งต้องการแรงหมุนสูงๆ เช่น ในเครื่องอัดลม ตู้เย็น เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่

Repulsion Motor แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

(1) Repulsion Motor เป็นมอเตอร์เฟสเดียวซึ่งมีขดลวดส่วนหนึ่งต่ออยู่กับที่ Supply และขดลวดส่วนหมุนต่ออยู่กับ Commutator แปรงถ่านซึ่งวางอยู่บน Cummutator จะต่อเข้าด้วยกัน และจะวางอยู่ในแกนแม่เหล็กทำมุมกับแกนแม่เหล็ก มอเตอร์ชนิดนี้สามารถเปลี่ยนความเร็วได้

(2) Repulsion Start Induction Motor เนื่องจากมีขดลวดส่วนนิ่งแบบเดียวกัน Repulsion Motor ดังนั้นมอเตอร์ชนิดนี้จึงมีสตาร์ทแบบ Repulsion Motor เมื่อมอเตอร์วิ่งถึงความเร็วหนึ่ง ขดลวดส่วนหมุนจะทำให้เกิดลัดวงจร เพื่อที่จะต่อให้เป็นแบบ Squired Cage Winding ดังนั้น มอเตอร์จึงวิ่งแบบ Induction Motor เช่นมอเตอร์ Split Phase มีความเร็วคงที่

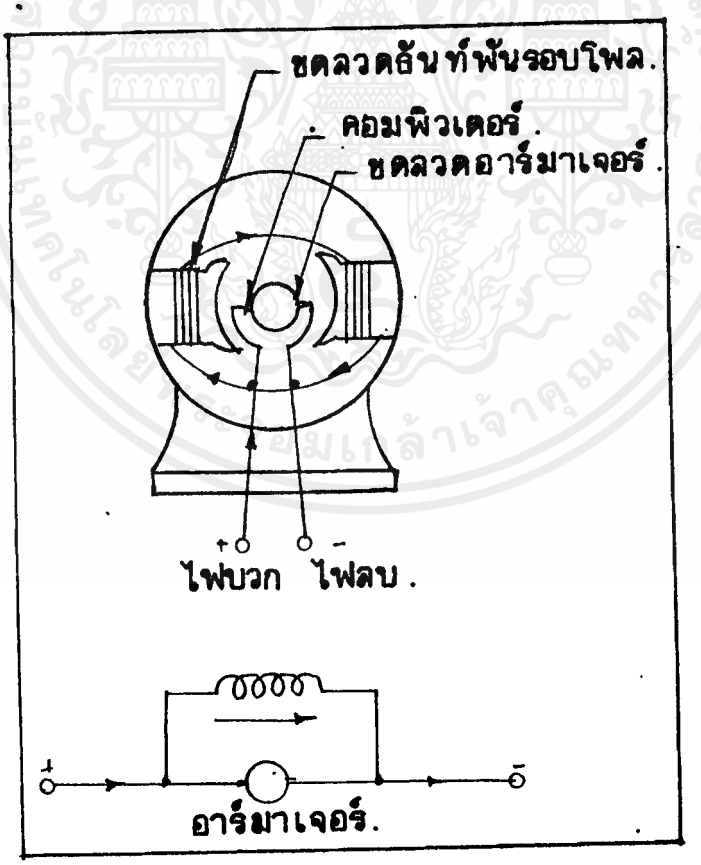
(3) Repulsion Induction Motor มีขดลวดส่วนหนึ่งนิ่งแบบเดียวกับมอเตอร์ชนิดที่กล่าวชนิดนี้จะพันแบบ Repulsion Motor Squired Cage ชุดหนึ่งขณะเริ่มสตาร์ท ทอร์คของส่วนหมุนจะเกิดจากขดลวดพันแบบ Squired Cage หลังจากมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์เริ่มหมุน จะเหนี่ยวนำให้เกิดทอร์ดในขดลวด Squired Cage ดังนั้นจะทำให้เกิดทอร์ดมาช่วยเสริมกับทอร์ดที่จะเกิดบ่อยๆ ลดลงเนื่องจากความเร็วที่เพิ่มขึ้นทำให้ Voltage ลดลงเมื่อมอเตอร์วิ่งถึงความเร็วสูงสุด Sychronous Speed ทอร์ดที่เกิดขึ้นจะเป็นผลบวก Squired Cage ของขดลวด Squired Cage Winding และขดลวด Repulsion แต่ถ้ามอเตอร์วิ่งเกินความเร็วสูงสุดทอร์ดที่เกิดนั้นจะเป็นผลต่าง

<u>ดีซีซันท์มอเตอร์</u> (D.C.Shunt Motor)

ในดีซีซันท์มอเตอร์นี้สนามแม่เหล็กจะมี 2 ชุด ชุดแรกเป็นชุดใหญ่ซึ่งพันอยู่รอบทุ่นอาร์มาเจอร์ (หัวหมุน) กระแสส่วนใหญ่จะไหลเข้าสู่ขดลวดอาร์มาเจอร์ในขณะทำงาน ความเร็วในการหมุนของตัวมอเตอร์นั้นก่อนค้างคงที่ จะตกลงบ้างเมื่อกระแสมากขึ้น หรือโหลดมากขึ้นนั่นเอง ดีซีซันท์มอเตอร์ใช้ในการควบคุมโหลด ที่มีความเร็วตกลงตามแรงหมุน โหลดบางชนิด เช่น พัดลม และปั้มน้ำ จะมีความเร็วลดลง เมื่อแรงหมุนลดลง



<u>รูปที่ 55</u> แสดงโครงสร้างการพันลวดของดีซีซันท์มอเตอร์

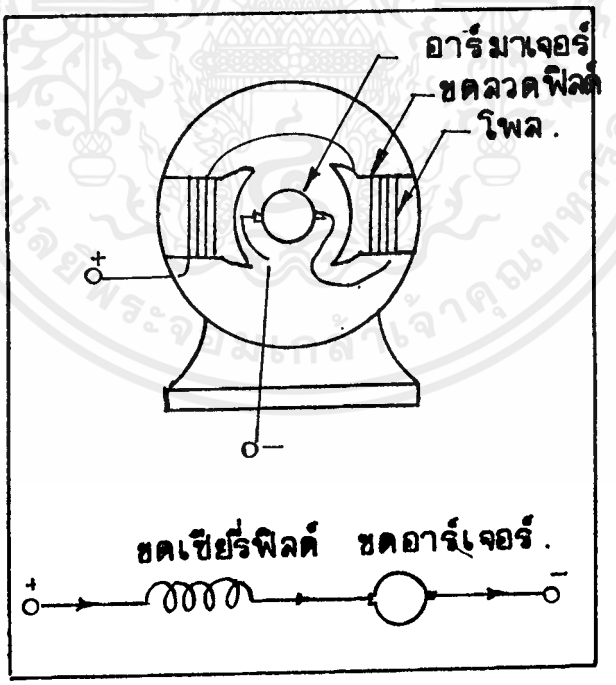
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ดีซีเซียรี่มอเตอร์</u> (D.C.Scrics Motor)

มอเตอร์ชนิดนี้ถ้าโหลดมากความเร็วจะตกดังนั้น ความเร็วสูงมากขณะที่แรงหมุนหรือโหลดลดลง ผลอันนี้เองทำให้เราต้องต่อโหลดให้กับเซียรี่มอเตอร์เสมอ มิฉะนั้นมอเตอร์จะมีความเร็วสูงขึ้นมากจนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แบรี่ คอมพิวเตอร์ แปรงถ่าน ฯลฯ

งานที่ใช้มอเตอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่ต้องการแรงหมุน เริ่มต้นสูงๆ แต่พอทำงานไปแล้วความเร็วเพิ่มขึ้น แรงหมุนจะลดลง เช่นพวกยกรถ (fork lift truck) รถเครน (cranc) รอกยก (choist) เป็นต้น

มอเตอร์แบบนี้ให้แรงหมุนเริ่มแรกสูงถึง 500% ของค่าเต็มพิกัดซึ่งมากกว่าแรงหมุนสูงสุดที่ซันท์มอเตอร์ทำได้



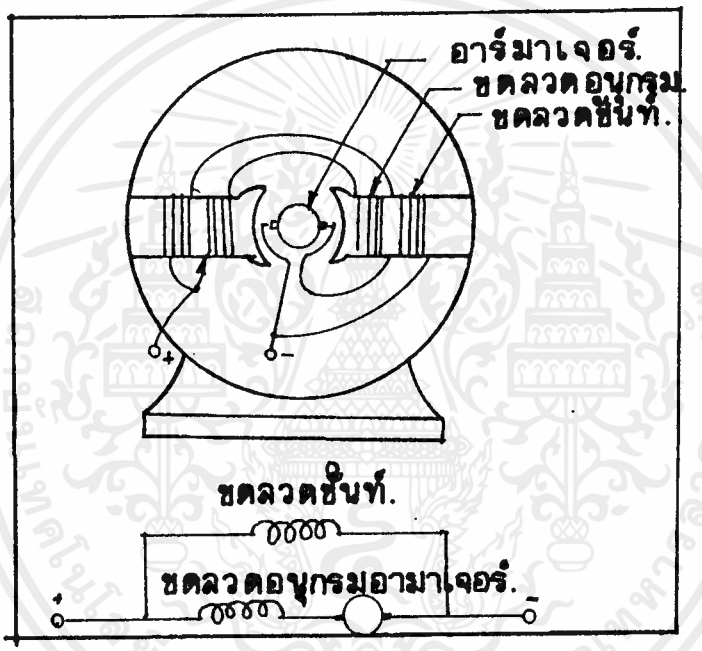
<u>รูปที่ 56</u> แสดงโครงสร้างการพันของดีซีเซียรี่มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีซีคอมเปาวน์มอเตอร์ (D.C.Compeund Motor)

เป็นมอเตอร์ที่เกิดจากการเอาลักษณะสมบัติของซันท์ และเซียรี่มารวมกันออกมาได้โครงสร้าง

ลักษณะสมบัติของคอมเปาว์มอเตอร์นั้นอยู่กึ่งๆ ระหว่างมอเตอร์ 2 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว โดยความเร็วจะไม่เพิ่มค่าสูงมากนักเมื่อโหลดลดลง ทำให้สามารถใช้งานได้กว้างขวางขึ้นกว่ามอเตอร์แบบเซียรี่ และให้แรงหมุนเริ่มต้นได้สูงกว่าซันท์มอเตอร์



รูปที่ 57 ลักษณะโครงสร้างภายในของดีซีคอมเปาวน์มอเตอร์

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

เป็นชนิดหนึ่งของดีซีเซียรี่มอเตอร์ ซึ่งออกแบบมาใช้ได้ทั้งไฟตรงและไฟสลับส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กๆ ไม่เกิน 1/2 แรงม้า ได้ความเร็วไม่สม่ำเสมอขึ้นกับโหลด

ข้อดีของมอเตอร์แบบนี้คือ ควบคุมความเร็วได้ง่าย โดยการต่อตัวต้านทานปรับค่าได้อนุกรมเข้าไปสำหรับไฟตรง หรือถ้าไฟสลับเข้ามาก็สามารถคุมความเร็วโดยใช้ SCR ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบคุณสมบัติมอเตอร์ 2 ชนิด

ข้อเปรียบเทียบ	มอเตอร์ไฟตรง D.C.	มอเตอร์ไฟสลับ A.C.		
		อินดัคชั่นมอเตอร์		ซิงโครนัสมอเตอร์
		เฟสเดียว	3 เฟส	
1.วิ่งความเร็วเต็มโหลด	ได้	ได้	ได้	ได้
2.ความเร็วรอบคงที่	ไม่เชิง	ค่อนข้างคงที่	ค่อนข้างคงที่	คงที่มาก
3.วิ่งความเร็วที่ซิงโครนัส	ไม่เลย	ต่ำกว่าเล็กน้อย	ต่ำกว่าเล็กน้อย	ได้
4.ปรับความเร็วได้	ใช่	ไม่ได้	เฉพาะแบบวาวด์โรเตอร์	ไม่ได้
5.หลายความเร็วรอบ เช่น 7,501,000 Room	ไม่ได้	บางแบบทำได้	ทำได้	ทำได้
6.วิ่งความเร็วเกินขนาด (over speed)	ได้	ได้	ได้	ได้
7.กลับทิศทางได้	ได้	ได้บางแบบ	ได้	ได้
8.เพาเวอร์แฟคเตอร์	ต่ำกว่า 1 log	เฟสเดียว	ต่ำกว่า 1 log	อาจจะไปเป็น lead PF ขึ้นกับกระแสฟิลด์
9.แรงหมุนเริ่มแรก	ค่อนข้างสูง	ต่ำกว่า 1 log ขึ้นกับชนิดมอเตอร์	100-300%ของแรงหมุนตามพิกัด	

- ซึ่งปกติตัวมอเตอร์จะปรับความเร็วเองไม่ได้ นอกจากเราจะดัดแปลง เช่นเปลี่ยนความถี่ไฟสลับหรืออื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มอเตอร์ที่มีหลายความเร็วรอบนั้นสำหรับอินดัคชั่นจะใช้เพียงตัวถังเดียว แต่สำหรับแบบซิงโครนัส จะต้องใช้สองตัวถัง

<u>การติดตั้งมอเตอร์</u>(ที่มา-วิเคราะห์และออกแบบระบบการควบคุมมอเตอร์ของ โยธิน เปรมปร)

ต้องคำนึงถึงความสะดวกในการติดตั้ง, ซ่อม, ตรวจสอบ นอกจากนั้นสภาพของอากาศว่ามีความชื้น, ฝุ่นละออง หรือก๊าซต่างๆ มากน้อยเพียงไร ก็เป็นตัวกำหนดว่าจะต้องใช้มอเตอร์ที่มีโครงสร้างมิดชิดแค่ไหน

ฐานรองรับของมอเตอร์จะต้องได้ระดับ (ถ้าเป็นการติดตั้งตามแนวนอน) และอิสระจากการสั่นสะเทือนทั่วๆ ไป จะใช้ฐานทำด้วยคอนกรีต หล่อยกพื้นขึ้นมาแล้วยึดตัวมอเตอร์เข้าไว้ด้วยโบลท์หรือสลัด (bolt of lstud) สำหรับการส่งแรงจากมอเตอร์ไปยังโหลด โดยการใช้สายพานยึดนั้น ตัวมอเตอร์จะต้องยึดอยู่บนรางเลื่อน เพื่อสามารถที่จะปรับแนวและความตึงของสายพานได้

<u>การสวมกับปลิ้งหรือมู่เล่เข้ากับแกนมอเตอร์</u>

ในการที่จะเชื่อมโยงระหว่างมอเตอร์กับโหลด จำเป็นที่จะต้องใช้กับปลิ้ง (ตัวเชื่อมโยง) อัดสวมเข้าไปยังแกนมอเตอร์ ซึ่งการอัดกับปลิ้งเข้ากับแกนมอเตอร์ได้แน่นั้นอาจใช้แท่งเหล็ก ทำเป็นลิ่มตอกเป็นเดือย เข้าไปในร่องแกนมอเตอร์ ถ้าแกนมอเตอร์ไม่มีเดือย การอัดกับปลิ้งเข้าไปก็ต้องใช้ความร้อนช่วยโดยการบนไฟให้กับปลิ้ง อุณหภูมิสูงขึ้นราวๆ 60 องศาเซนติเกรด แล้วรับอัดแกนเข้าไป เมื่อเย็นตัวลงก็จะรัดแน่น เราก็เอาแหวนล็อคตรงปลายไว้อีกที

<u>การเล็งแนวและตั้งศูนย์มอเตอร์</u> (Motor Alignment)

การตั้งศูนย์นับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการติดตั้งมอเตอร์ เพราะการเล็งศูนย์ที่ผิดพลาดจะทำให้แบริ่งหรือลูกปืนในมอเตอร์เสียหายก่อนอายุ เกิดการสั่นสะเทือนขณะใช้งานหรือแกนมอเตอร์อาจจะบิดเบี้ยวหรือแตกหักได้ ถ้าสังเกตุเห็นความสั่นสะเทือนขณะใช้งานผิดปกติ ก็คาดการณ์ได้เลยว่า เป็นเพราะตั้งศูนย์ไม่ดี ซึ่งต้องรีบตรวจสอบโดยทันที

การที่จะรู้ว่าแกนมอเตอร์กับแกนของโหลดที่มาต่ออยู่ในแนวเดียวกันหรือไม่หาได้โดยวัดระยะ X ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างริมนอกของกับปลิ้งทั้งสองตัว ของทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกนการวัดทำได้โดยใช้เกย์ที่เรียกว่า Eceler gauge วัดจุดใดจุดหนึ่งบนริมนอกของกับปลิ้งแล้วหมุนไป 90 องศา ทำการวัดอีกครั้ง ต่อไปก็หมุนเป็น 180 องศา และ 270 องศา ถ้าระยะที่วัดได้ทั้ง 4 ครั้งตรงกัน ก็เป็นอันว่าแกนขนานกัน (ค่าที่ถือว่าตรงกันหมายถึงค่าที่มีความหมายผิดพลาดต่างกันไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร หรือ 0.002 นิ้ว)

วิธีวัดแนวศูนย์ที่ดีที่สุดในทางปฏิบัติ คือการใช้เกย์วัด 2 ตัว (two Dial gauge) ติดเข้ากับแกนและกับปลิ้ง ซึ่งเกย์ทั้งสองนี้จะตั้งวัดแนวคนละแนวกัน ตัวแรกจะวัดระยะตามแนวแกนอีกตัววัดตามแนวรัศมี หมุนแกนช้าๆ และดูเข็มบอกระยะบนเกย์ก็จะรู้ทันทีว่าจุดใดต้องการปรับแต่งและไปแนวใด

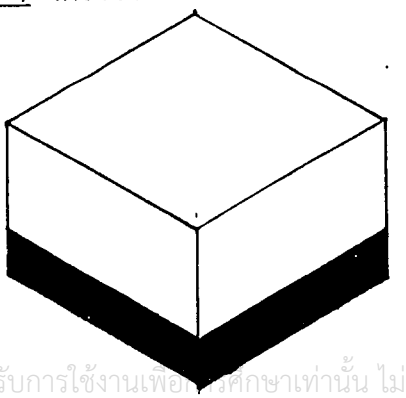
3.2.12 <u>ศึกษาตำแหน่งของต้นกำลังของเครื่องบด</u>

ต้นกำลังของเครื่องบดน้ำเคลือบนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้นกำลังของเครื่องบด ซึ่งตำแหน่งของต้นกำลังจะต้องจัดวางให้เหมาะสมกับระบบต่างๆ ของเครื่องบดเพื่อที่จะได้ไม่เกิดปัญหาในภายหลัง ซึ่งจะต้องมีข้อพิจารณาในการจัดวางตำแหน่งดังนี้

1. สัมพันธ์กับระบบการส่งกำลังของเครื่องบด เพื่อสะดวกในการผลิตและลดต้นทุนในการผลิต
2. ประหยัดเนื้อที่ของเครื่องบด
3. สัมพันธ์กับระบบถ่ายเทความร้อนของต้นกำลัง
4. มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างระบบส่งกำลังของเครื่อง

<u>รูปแบบของการจัดวางตำแหน่งของต้นกำลังของเครื่องบด</u>

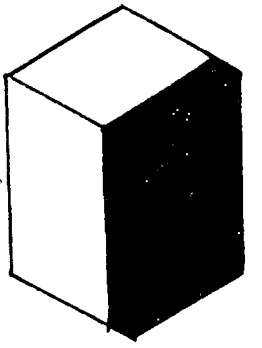
<u>รูปแบบที่ 1</u> จัดวางไว้ด้านใต้ของเครื่องบด



<u>ภาพที่ 58</u> การวางตำแหน่งต้นกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบที่ 2 จัดวางไว้ด้านข้างเครื่องบด



ภาพที่ 59 การจัดวางตำแหน่งต้นกำลัง

สรุป

การจัดวางตำแหน่งของต้นกำลังของเครื่องบดรูปแบบที่เลือกมาพิจารณามี 2 รูปแบบคือ

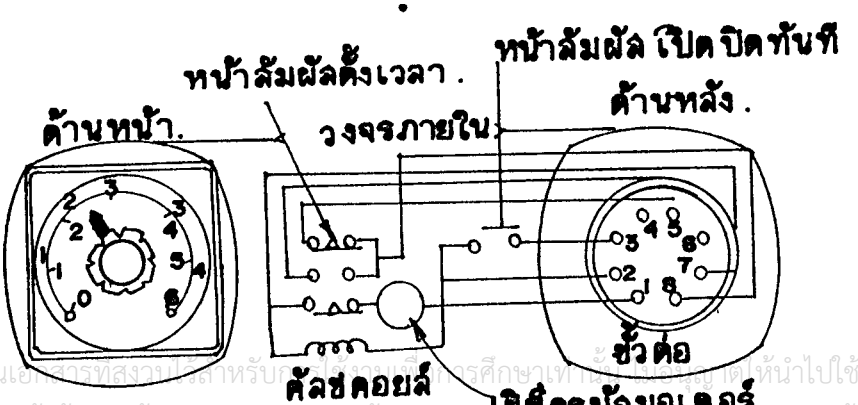
1. จัดวางไว้ด้านใต้ของเครื่องบด
2. จัดวางไว้ด้านข้างของเครื่องบด

3.2.13 ศึกษาเกี่ยวกับระบบการตั้งเวลา

1. ตัวตั้งเวลาหรือไทเมอร์ (Timer)

ตัวตั้งเวลา หมายถึง อุปกรณ์ที่เมื่อได้รับสัญญาณที่เป็นไฟฟ้าหรือทางกลหน้าสัมผัสภายในยังจะไม่เปิดหรือปิดทันที แต่จะมีหน่วยเวลาออกไปตามเวลาที่ได้ตั้งทิ้งไว้ เมื่อครบเวลานั้นหน้าสัมผัสก็จะปิดหรือเปิด ตัวตั้งเวลาเป็นรีเลย์ ที่มีการหน่วยเวลานั่นเอง

ตัวตั้งเวลาชนิดมอเตอร์เป็นตัวตั้งเวลาที่ภายในมีซิงโครมัสเตอร์ (Synchronous motor) ซึ่งจะหมุนด้วยความเร็วคงที่ตามความถี่ของไฟสลับ การหมุนด้วยความเร็วคงที่นี้จะเป็นมาตรฐาน ที่นี้จะเป็นมาตรฐานที่จะใช้ในการกำหนดเวลาที่หน่วง นอกจากนั้นภายในยังมีคลัช (ctutoh) และกลไกลจำนวนเฟืองเพื่อใช้ทอเวลาใช้ยาวนานขึ้น ตัวตั้งเวลาชนิดนี้สามารถตั้งเวลาได้ยาวนานมีเสถียรภาพในการทำงานได้ดีเลิศ

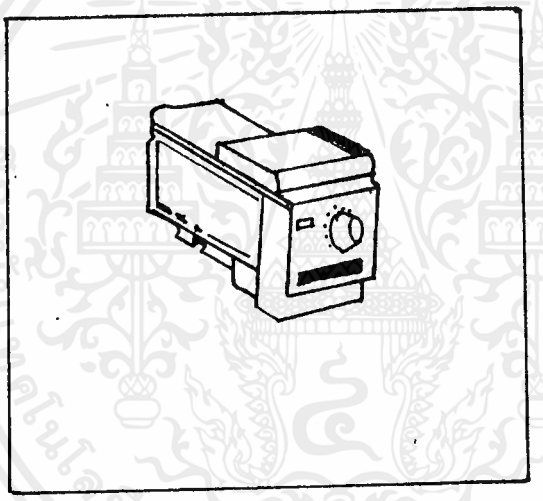


ภาพที่ 60 การทำงานของระบบตตั้งเวลา

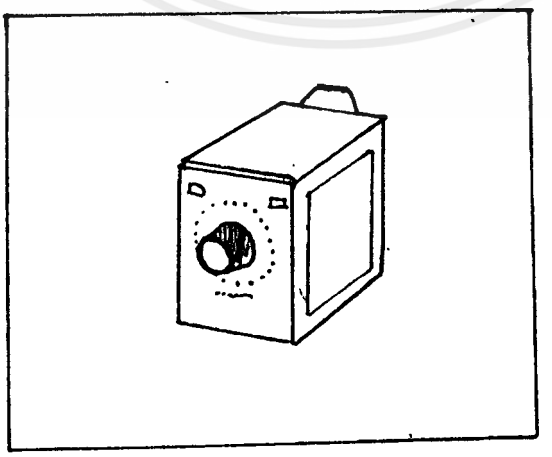
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 60 เป็นรูปแสดงการต่อสายของวงจรภายในตัวตั้งเวลาชนิดนี้จะเห็นว่าวงจรไฟสลับที่จ่ายให้ซิงโครนัสมอเตอร์กับวงจรทางด้านหน้าสัมผัส ซึ่งมีการตั้งเวลาจะแยกจากกันทางด้านไฟฟ้า

นอกจากตัวตั้งเวลาชนิดมอเตอร์นี้แล้ว ยังมีตัวตั้งเวลาที่อาศัยคุณสมบัติของลมหรือน้ำมันในการหน่วงเวลา ตัวตั้งเวลาชนิดนี้มักจะใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงของเวลามากนัก ในกรณีที่มีต้องการความเที่ยงตรงของเวลาหน่วงควรใช้ตัวตั้งเวลาอิเล็คทรอนิคส์



ภาพที่ 61 ตัวตั้งเวลาชนิดลม (pneumotic timer)



ภาพที่ 62 ตัวตั้งเวลาอิเล็คทรอนิคส์ (electronic timer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การทำงาน</u> จะเป็นดังนี้

1. เมื่อมีแรงดันไฟสลับคร่อมระหว่างขั้น 2 และ 7 ของฟอกเกทจะทำให้มีกระแสไหลเข้าคลัทช์คอยล์ (clutchcoil) คอยล์จะดูดให้กลไกลของคลัทช์ทำงาน
2. ในขณะเดียวกันจะมีกระแสไหลเข้ามอเตอร์ ทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน
3. หน้าสัมผัสที่อยู่ใกล้คลัทช์คอยล์ จะถูกดูดให้หน้าสัมผัสปิดทันที
4. เมื่อมอเตอร์หมุน และคลัทช์ทำงานการหมุนจะส่งต่อออกไปหมุนแกนซึ่งมีขดลวดสปริงพันโดยรอบ ทิศทางการหมุนจะต้องต้านกับแรงสปริง
5. แผ่นหมุนที่อยู่ตรงปลายของแกนหมุน จะมีกระเดื่อง ซึ่งไว้สำหรับเตะกลไกลของหน้าสัมผัสหน่วงเวลา ซึ่งเป็นหน้าสัมผัสลัญญาณออก เราสามารถหมุนตั้งตำแหน่งของแผ่นหมุนได้ โดยการปรับปุ่มซึ่งอยู่ภายนอกเครื่องการตั้งตำแหน่งของแผ่นหมุนก็คือ การตั้งเวลานั่นเอง
6. เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้กระเดื่องของแผ่นหมุนจะทำให้กลไกลของหน้าสัมผัสทำงาน เมื่อหน้าสัมผัสเปิด มอเตอร์ซึ่งต่อผ่านหน้าสัมผัสนั้นจะหยุดหมุน
7. แม้มอเตอร์จะหยุดหมุน หน้าสัมผัสยังคงสภาพอยู่ ตัวตั้งเวลาจะหยุดทำงาน เมื่อปลดแรงดันไฟสลับที่คร่อมขั้ว 2 และ 7 ออก ซึ่งจะทำให้คลัทช์คอยล์หยุดทำงาน แกนจะหมุนกลับที่เดิมซึ่งด้วยแรงของขดลวดสปริง

2.<u>ระบบของนาฬิกาไขลานอัตโนมัติ</u>

แม้ว่านาฬิกาที่ทำงานด้วยลานจะถูกนาฬิกาควอรตซ์ตีตลาดถอยร่นไม่เป็นขบวนเลยก็ตาม แต่นาฬิกาลานก็มีข้อดีที่ซึ่งผู้ที่เคยใช้ไม่เคยลืม ได้แก่ ความทนทานสมบุกสมบันของมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนาฬิกาไขลานอัตโนมัตินับว่าให้ความสะดวกและประหยัดแก่ผู้ใช้อย่างมาก ถ้าเราจะสืบสาวความเป็นมาของนาฬิกาประเภทนี้ก็ต้องย้อนหลังไปดูเครื่องนับก้าวตั้งแต่เมื่อปี พ.ศ.2295 เครื่องนับก้าวดังกล่าวนี้ประกอบด้วย ก้อนน้ำหนักแกว่งซึ่งจะไปหมุนล้อนักก้าวอีกต่อหนึ่งในราวปี พ.ศ. 2343 ก็มีช่างทำนาฬิกาหัวใสชาวสวิส นำเอาหลักการของเครื่องนับก้าวมาใช้ในนาฬิกา ในช่วง 20 ปี ถัดจากนั้นก็ได้มีการสร้างนาฬิกาไขลานอัตโนมัติออกมาอย่างมากมาย จวบจนปี พ.ศ. 2436 ชาวสวิสเจ้าแห่งนาฬิกา จึงได้ทำการผลิตนาฬิกาไขลานอัตโนมัติในเชิงอุตสาหกรรมขึ้น แต่สำหรับนาฬิกาข้อมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตโนมัติเรือนแรกนั้นประดิษฐ์ขึ้นโดยชาวอังกฤษ ชื่อ โทมัส ชาร์วิน เมื่อปี พ.ศ. 2472

ระบบป้องกันการไขลานเกินขีด

เนื่องจากจักรลอกจะแกว่งเสมอตราบเท่าที่ผู้สวมนาฬิกามีการเคลื่อนไหวจึงอาจเปิดช่องให้คนเกียจคร้านถือเป็นข้ออ้างอยู่เฉยๆ ไม่ยอมทำงานเพราะเกรงลานนาฬิกาจะขาดได้ เรื่องนี้ผู้ประดิษฐ์ได้ป้องกันไว้เรียบร้อยแล้ว กล่าวคือ เขาจะให้ลานนาฬิกาพันรอบเพลาอยู่ภายในวงล้อ ปลายนอกของลานนาฬิกาจะเป็นแถบสปริงที่ค่อนข้างแข็ง แถบสปริงนี้จะแตะกับผนังด้านในของวงล้อ ทำหน้าที่เหมือนคลัทช์ในขณะที่ลานนาฬิกาถูกไขไว้แต่เพียงพอประมาณ แถบสปริงจะแนบติดกับภายในของวงล้อ เพื่อเพลาหมุนก็จะม้วนลานนาฬิกาให้แน่นขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งลานนาฬิกาตึงเต็มที่ ก็จะดึงแถบสปริงออกจากผนังวงล้อ ดังนั้น หากเพลายังคงหมุนต่อไป แถบสปริงจะเพียงแต่ไถลครูดไปตามผนังภายในของวงล้อ โดยไม่ทำให้ลานนาฬิกาแน่นขึ้นแต่ประการใด รอจนกว่าลานอ่อนลงไปแล้ว แถบสปริงจึงจะกลับแนบติดกับภายในวงล้อ พร้อมที่จะทำให้มีการไขลานอีกครั้งหนึ่ง (รูปที่ 64)

3. นาฬิกาแผ่นตัวเลข

เหตุที่นาฬิกาแสดงเวลาด้วยแผ่นตัวเลขได้รับความนิยมมักเนื่องมาจากหลักการของการใช้แผ่นพับแสดงตัวเลขขนาดใหญ่บอกเวลานั้น สามารถออกแบบให้ทำงานได้ด้วยกลไกง่ายๆ อีกทั้งยังขจัดปัญหาในการที่จะต้องเพ่งมองดู ขีดบอกชั่วโมง นาที บนเข็มหน้าปัดของนาฬิกาแบบเข็มให้หมดไป สำหรับกลไกที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของแผ่นพับแสดงตัวเลขบอกเวลานั้น ใช้หลักการเช่นเดียวกับที่ใช้อยู่ในตู้ภาพยนต์ที่ใช้มือหมุนในสมัยก่อน กล่าวคือ เมื่อใช้มือหมุนก้านหมุน แผ่นพับจะพลิกพับซ้อนกันไปแผ่นต่อแผ่นอย่างต่อเนื่องโดยการควบคุมของก้านจับแผ่นพับซึ่งยึดอยู่กับที่ สำหรับนาฬิกาแสดงเวลาด้วยแผ่นตัวเลขนี้จะใช้กลไกการผลิตแผ่นตัวเลขอย่างช้าๆ 2 ชุด แยกกันโดยชุดหนึ่งจะทำให้หน้าที่พลิกแผ่นตัวเลขแสดงเวลาเป็นนาทีทุกๆ นาที และอีกชุดหนึ่งจะพลิกแผ่นตัวเลขแสดงเวลาเป็นชั่วโมงทุกๆ ชั่วโมง

บนกระบอกแผ่นพับบอกชั่วโมงจะมีชุดของแผ่นพับ ซึ่งเขียนเลขและอักษรบอกชั่วโมงเรียงกันไปจาก 1 PM ถึง 12 PM และ 1 AM ถึง 12 AM โดยแต่ละชั่วโมงนั้นจะใช้แผ่นพับ 1 คู่ (2 แผ่น) สำหรับแสดงตัวเลขบอกเวลา ดังนั้น จะมีแผ่นพับทั้งหมด 48 แผ่น บนกระบอกแผ่นพับบอกชั่วโมง ในระหว่างครึ่งชั่วโมงแรกของแต่ละชั่วโมงแผ่นพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นแรกของแต่ละคู่ของแผ่นพับบอกชั่วโมงจะถูกกันไว้มิให้พับลงมาด้านหน้าด้วยก้านจับแผ่นพับ ซึ่งยึดติดกับตัวเรือนนาฬิกา เมื่อครบครึ่งชั่วโมงหลังของแต่ละชั่วโมง การหมุนตัวของกระบอกแผ่นพับบอกชั่วโมงจะทำให้แผ่นพับแผ่นแรกของคู่ของแผ่นพับหลุดพ้นจากการควบคุมของก้านจัดแผ่นพับ พับตัวลงมาด้านหน้าบอกเวลาชั่วโมงต่อไป ในขณะจะครบแต่ละชั่วโมงดังกล่าวนี้แผ่นพับแผ่นที่สองของคู่ของแผ่นพับ จะถูกกันไว้มิให้พับลงมาด้านหน้าด้วยก้านเล็กๆ ที่ยื่นออกมาจากแผ่นพับบอกตัวเลข 59 นาที ดังนั้นแผ่นพับบอกชั่วโมงจะพับลงมาก็ต่อเมื่อแผ่นพับบอกตัวเลข 59 นาที พับตัวมันเองลงมาเท่านั้น เป็นการป้องกันความผิดพลาดมิให้แผ่นพับบอกชั่วโมงพับลงมาก่อนหน้าที่จะครบชั่วโมง

ชุดของเฟืองกลาง, เฟืองเล็ก และเฟืองตัวหนอนจะทำหน้าที่ทดรอบการหมุนด้วยความเร็วสูงของมอเตอร์ให้เหลือเพียง 1 รอบต่อชั่วโมงที่เฟืองพับ ก้านเพลาขับจากล้อเฟืองขับนี้จะหมุนกระบอกแผ่นพับบอกนาที เพื่อพับแผ่นพับทุกใบจนครบภายในเวลา 1 ชั่วโมง และก้านเพลาขับนี้จะต่อยาวไปขับชุดเฟืองทดรอบชุดที่สองซึ่งอยู่ใกล้กับปุ่มปรับตั้งเวลาเพื่อทดรอบไปขับล้อเฟืองฟันตรงตัวใหญ่ ซึ่งติดอยู่กับก้านเพลากลวงที่สวมร่วมแกนอยู่กับก้านเพลาขับกระบอกแผ่นพับบอกนาที โดยบนก้านเพลากลวงนี้จะมีกระบอกขับแผ่นพับบอกชั่วโมงติดอยู่ ซึ่งจะถูกก้านเพลากลวงขับให้หมุนไปด้วยอัตรา 1 รอบ ทุก 24 ชั่วโมง

4. วิทยุนาฬิกา

สิ่งประดิษฐ์ที่รวมเอานาฬิกาและวิทยุมาไว้ในเครื่องเดียวกันเป็น "วิทยุนาฬิกา" นี้เริ่มมีมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2490 วิทยุนาฬิกา เป็นแบบหนึ่งที่นิยมผลิตกันมาก จากรูปแสดงให้เห็นชิ้นส่วนกลไกของนาฬิกาและเครื่องตั้งเวลามีปุ่มปิดบนหน้าปัดนาฬิกาอยู่ 2 ปุ่ม ปุ่มด้านซ้ายสำหรับตั้งเวลาปิดวิทยุ ซึ่งสามารถตั้งเวลาได้นานถึง 60 นาที ก่อนที่วิทยุจะปิดเองโดยอัตโนมัติ ปุ่มด้านขวาสำหรับเลือกการใช้งานตามแต่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่งสามารถปิดปุ่มให้อยู่ที่ตำแหน่ง "อัตโนมัติ" (AUTO) "เปิด" (ON) "ปิด" (OFF) และ "ปลุก" (ALARM) ตัวอย่างเช่น เมื่อปิดปุ่มเลือกไปที่ตำแหน่ง "ปลุก" เมื่อถึงเวลาที่ตั้งเอาไว้ นาฬิกาก็จะเริ่มต้นปลุกด้วยเสียงดนตรีก่อนนาน 10 นาที หลังจากนั้นก็จะเปลี่ยนเสียงดนตรีมาเป็นเสียงออดแทนเมื่อต้องการปิดเสียงปลุกก็ให้ปิดปุ่มเลือกไปที่ตำแหน่งอื่นที่ไม่ใช้ตำแหน่งปลุก ส่วนด้านหลังของตัวเรือนมีปุ่มสำหรับตั้งเข็มเวลา และเวลาปลุกซึ่งจะเหมือนกับนาฬิกาปลุกทั่วๆไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์จะเป็นตัวขับกลไกลนาฬิกาและเฟืองควบคุมการทำงานของสวิทช์โดยที่ตัวสวิทช์ต่ออนุกรมกับสายไฟที่จะป้อนให้กับวิทยุ

กลไกลตั้งเวลาสำหรับเปิดวิทยุ

การตั้งเวลาสำหรับปิดวิทยุสามารถตั้งเวลาได้นาน 60 นาทีก่อนที่วิทยุจะปิดเองโดยอัตโนมัติ การทำงานของกลไกตั้งเวลาสำหรับปิดวิทยุ เริ่มจากเมื่อมีการปิดปุ่มตั้งเวลาไปทางขวา กลไกลตั้งเวลาก็เริ่มต้นทำงาน เฟืองที่เนียนที่อยู่ติดกับแกนของปุ่มตั้งเวลาจะขับเฟืองเสี้ยวให้หมุนและลูกเบี้ยวของเฟืองจะเสียจะกดปลายข้างหนึ่งของคาน ทำให้ปลายอีกข้างหนึ่งกระดกสูงขึ้นจนต้นสวิทช์ให้อยู่ในตำแหน่ง "เปิด"

หลังจากนั้นเฟืองขับก็จะไปเคลื่อนเฟืองที่เนียนให้หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาอย่างช้าๆ เป็นผลให้เฟืองเสี้ยวถูกขับโดยเฟืองพีเนียนให้หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา และเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที เฟืองเสี้ยวก็จะผละออกจากเฟืองที่เนียน คานก็จะตกลงมาทำให้สวิทช์เลื่อนไปที่ตำแหน่ง "ปิด" วิทยุก็จะปิดเองโดยอัตโนมัติ

กลไกตั้งเวลาสำหรับปลุก

เริ่มจากการตั้งเข็มปลุกให้ตรงกับเวลาที่ต้องการจะให้ปลุกแล้วปิดปุ่มเลือกการใช้งานไปที่ตำแหน่ง "ปลุก" ซึ่งจะไปเลื่อนคานควบคุมสวิทช์ ทำให้ร่องบากล่างอยู่ที่ตำแหน่งพร้อมที่จะทำงาน ในขณะนี้สวิทช์ยังคงอยู่ที่ตำแหน่ง "ปิด" สัญญาณปลุกก็ยังไม่ทำงาน และสะพานรูปฟันปลาของเฟืองชั่วโมงยังอยู่ห่างจากกันมาก

เมื่อถึงเวลาปลุกที่ตั้งเอาไว้ สะพานรูปฟันปลาของเฟืองชั่วโมงจะเคลื่อนมาบรรจบกับสะพานรูปฟันปลาของเฟืองปลุกพอดี เฟืองปลุกจะเริ่มต้นให้เฟืองชั่วโมงถอยร่น ไปทางข้างหลังซึ่งก็จะไปดันคานควบคุมสวิทช์เปิด สัญญาณปลุกเสียงดนตรีก็จะเริ่มดังขึ้น

หลังจากนั้น 10 นาที จุดยอดของสะพานรูปฟันปลาของเฟืองทั้งสองจะมาจรดก้นพอดี ณ.ตำแหน่งนี้เฟืองชั่วโมงจะถูกดันร่นถอยลึกเข้าไปมากกว่าเดิมอีกทำให้คานควบคุมสวิทช์ถูกดันไปจนสุดร่องบากบนก็จะหลุดออกไปจากเครื่องกีดขวางคานควบคุมสวิทช์จะเลื่อนต่ำลงไปในที่สุดแขนออกไฟฟ้าจะถูกปล่อยเป็นอิสระ สัญญาณออกจะดังขึ้นมาแทนเสียงดนตรี

5. สวิทช์ตัดวงจรอัตโนมัติ

สวิทช์ตัดวงจรอัตโนมัติทำงานเหมือนกับฟิวส์ โดยจะติดตั้งอยู่ร่วมในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้า เพื่อทำหน้าที่ตัดวงจร เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในวงจรจำนวนมากเกินไปจนอาจจะก่อให้เกิดอันตราย ข้อแตกต่างจากฟิวส์ก็คือ เมื่อสวิทช์ตัดวงจรไปแล้ว หากต้องการต่อวงจรใหม่หลังจากตรวจสอบซ่อมแซมสิ่งผิดปกติในวงจรแล้ว ก็สามารถทำได้ง่ายๆ โดยเพียงแต่โยกไกที่สวิทช์ให้กลับไปอยู่ที่ตำแหน่งเปิดทำงานเท่านั้น ซึ่งต่างจากฟิวส์ที่ต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งตัว นอกจากนี้ การแก้ไขดัดแปลงเพื่อให้สวิทช์ตัดวงจรทำงานรับกระแสไฟฟ้าที่มากกว่าขีดจำกัดของมัน ก็ไม่อาจกระทำได้ ซึ่งให้ผลดีในการที่จะต้องเลือกใช้ขนาดของสวิทช์ตัดวงจรที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกรณี โดยไม่มีการปะปนกันในสวิทช์ตัดวงจรแบบเก่านั้นการตัดวงจรจะอาศัยการโก่งงอตัวของแถบโลหะต่างชนิดที่เชื่อมติดอยู่ด้วยกัน การโก่งงอนี้เป็นผลมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันมากเกินขีดจำกัด ทำให้แถบโลหะชนิดหนึ่งขยายตัวมากกว่าแถบโลหะอีกชนิดหนึ่ง สำหรับสวิทช์ตัดวงจรในปัจจุบันมีการทำงานตัดวงจรด้วยวิธีการ 2 อย่าง ร่วมกันคือ โดยอาศัยความร้อนและอำนาจแม่เหล็กหรือ ขดลวดแม่เหล็กซึ่งมีลูกเลื่อนหรือแกนกลางที่ถูกหน่วงเวลาการเคลื่อนที่ด้วยผลของความเสียดทานของไหลนอกจากนั้นยังมีการออกแบบให้สามารถทำงานรับกระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัด ยังคงดำเนินต่อไปแล้วมันก็จะทำการตัดวงจรทันที หรือถ้าในกรณีของการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร มันจะทำการตัดวงจรภายในเวลา 1 ใน 100 ของวินาทีเท่านั้น

ตู้แผงวงจรรวม ซึ่งมีการใช้สวิทช์ตัดวงจรอัตโนมัติต่อร่วมไว้ในวงจรแยกแต่ละวงจรเพื่อป้องกันกระแสในวงจรแยกมิให้สูงเกินขีดจำกัด ซึ่งถ้าดูแผงหน้าของตู้แผงวงจรรวมแล้ว ก็เหมือนกับสวิทช์ไฟฟ้าอยู่มากมายหลายตัวนั่นเอง

การทำงานของสวิทช์ตัดวงจรอัตโนมัติด้วยอำนาจแม่เหล็ก ซึ่งมีช่วงหน่วงเวลาโดยอาศัยผลของความเสียดทานของของไหล ขณะเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดที่พันอยู่โดยรอบหลอดที่มีของไหล บรรจุอยู่ภายในตราบเท่าที่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดยังมีค่าน้อยกว่าค่าขีดจำกัดที่กำหนดไว้แรงดึงของอำนาจแม่เหล็กจากสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น รอบขดลวดก็จะมีค่าไม่มากพอที่จะเอาชนะแรงผลักของสปริงที่มีต่อลูกเลื่อน (หรือแกนกลาง) ได้ผลก็คือลูเลื่อนจะหนุดอยู่กับที่เป็นกรณีเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดมีค่าเกินขีดจำกัดดังเช่น ในช่วงเริ่มต้นเดินให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานจากสภาวะหยุดนิ่งเป็นต้น ในลักษณะนี้สนามแม่เหล็กจะเข้มขึ้นจนสามารถออกแรงชนะแรงต้านของสปริงได้ มีผลให้ลูกเลื่อนค่อยๆ เคลื่อนตัวไปทางขวาช้าๆ ทั้งนี้เพราะมีแรงต้านของสปริงได้สูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ลูกเลื่อนเคลื่อนตัวไปทางขวาอีกทั้งยังมีแรงต้านอันเกิดจากแรงเสียดทาน และแรงต้นตรงที่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลภายในหลอดกระทำต่อลูกเลื่อน ขณะเดียวกันนั้นมอเตอร์ก็จะหมุนเริ่มเร็วขึ้นซึ่งตามคุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้าก็จะใช้กระแสไฟฟ้าน้อยลงกว่าเมื่อเริ่มต้นมาก สนามแม่เหล็กจึงอ่อนลงจนแพ้แรงดันของสปริง ทำให้ลูกเลื่อนถูกสปริงดันกลับมาอยู่ทางซ้ายมือสุดเหมือนเดิม

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้ไหลผ่านขดลวดเป็นเวลานานเกินกว่าช่วงหน่วงเวลา ดังเช่นกรณีที่มอเตอร์ออกแรงบิดรับภาระเกินกว่ากำลังกำหนดของมัน หรือในกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าจำนวนสูงมากพอที่จะทำให้เกิดแรงดึงของอำนาจแม่เหล็กมากจนเอาชนะแรงต้านของทั้งสปริงและของไหล ลูกเลื่อนก็จะเลื่อนตัวเข้ามาอยู่ภายในขดลวดทั้งหมด ซึ่งก็จะยิ่งช่วยเพิ่มอำนาจแรงดูดแม่เหล็กที่ส่งจากไปรอบๆขดลวดให้ยิ่งสูงขึ้นมากผลคือ มันจะดูดเอาก้านอาร์มาเจอร์เข้ามา กลไกกระเดื่องต่างๆ ที่ต่ออยู่กับก้านอาร์มาเจอร์จะเคลื่อนตัวขึ้นตัดวงจรทันที กรณีเมื่อเกิดการลัดตัววงจรขึ้น กระแสไฟฟ้าจำนวนมากมหาศาลจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งแรงดึงแม่เหล็กไปกระชากดึงเอาก้านอาร์มาเจอร์ถูกดูดเข้ามาติดนั้น กระเดื่องล็อคจะถูกดันให้ขึ้นไปชี้อยู่บนลูกกลิ้งเพื่อปล่อยให้ตกลงมาจากตำแหน่งต่อวงจร พร้อมกันนั้นก็จะทำให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกันเป็นการตัดวงจรในตอนนี้อำนาจแม่เหล็กที่ดูดก้านอาร์มาร์เจอร์อยู่จะหมดลงปล่อยก้านอาร์มาเจอร์ให้ดีดกลับมาพาให้กระเดื่องล็อคตัวลงมาวางบนลูกกลิ้ง พร้อมกันนั้นก็จะส่งแรงดันไปโยกให้ไกพับกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งตัดวงจร

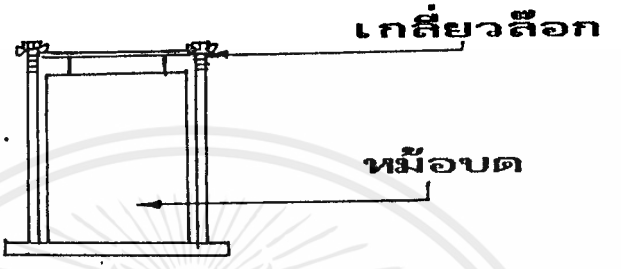
สวิทช์ตัววงจรอัตโนมัติ ชนิดที่ทำงานทั้งด้วยความร้อนและด้วยอำนาจแม่เหล็ก สวิทช์ตัดวงจรอัตโนมัติแบบนี้ จะมีชิ้นก้านเหล็กยึดติดแนบไว้กับแถบโลหะคู่ ในกรณีที่มีกระแสเกินขีดจำกัดไหลผ่านสวิทช์เป็นเวลานานเกินกว่าช่วงเวลาที่ยอมให้ได้แล้วความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้แถบโลหะคู่โก่งงอ (เนื่องจากโลหะทั้ง 2 ขยายตัวไม่เท่ากัน) ปลดกระเดื่องล็อคให้เป็นอิสระอันมีผลทำให้สัมผัสแยกตัวออกจากกันเป็นการตัดวงจรอีกทั้งยังมีผลทำให้ไกโยกพับลงไปอยู่ที่ตำแหน่งตัดวงจรด้วย ส่วนในกรณีที่มีกระแสจำนวนมากไหลผ่านตัวมันหรือในกรณีเกิดการลัดวงจรนั้น กระแสจำนวนมากดังกล่าวจะก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงมากอยู่โดยรอบแกนโลหะคู่ ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้ก้านเหล็กที่แนบชิดอยู่กับแกนโลหะคู่กลายเป็นแม่เหล็กไปด้วย ยังให้แถบโลหะคู่ถูกดูดด้วยก้านเหล็กเกิดการโก่งอย่างรวดเร็วปลดกระเพื่องล็อคให้เป็นอิสระในทันทีดังนั้นในกรณีนี้ หน้าสัมผัสจะแยกตัวออกจากกันเป็นการตัดวงจรในทันทีทันใด โดยไม่มีช่วงหน่วงเวลาเหมือกรณีที่แถบโลหะคู่ค่อยๆโก่งงอด้วยผลจากความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.14 ลักษณะการล๊อคหม้อบดน้ำเคลือบกับเครื่องบด

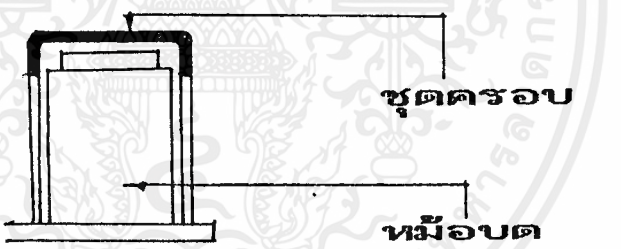
การล๊อคหม้อบดน้ำเคลือบในขณะที่เครื่องทำงานจะเป็นการช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น ต่อตัวหม้อบดเองและตัวเครื่องบด้วยซึ่งผู้จัดทำได้นำรูปแบบของการล๊อคหม้อบดมาเพื่อพิจารณาดังนี้

1. ล๊อคโดยใช้น๊อตล๊อคหม้อบดติดกับตัวเครื่องบด



ภาพที่ 63 แสดงการล๊อคแบบใช้น๊อตล๊อค

2. ล๊อคโดยการครอบหม้อบดทั้งหมด



ภาพที่ 64 แสดงการล๊อคแบบครอบหม้อบดทั้งหม้อ

ข้อพิจารณาในการเลือก

- ความสะดวกในการใช้งาน
- ประสิทธิภาพการทำงาน
- ความปลอดภัยของเครื่องและหม้อบด
- ง่ายต่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม
- การบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ลักษณะการล็อคหม้อบดกับเครื่องบดที่เลือกมาพิจารณามี 2 รูปแบบคือ

1. ล็อคโดยใช้น็อตหม้อบดติดกับเครื่องบด

2. ล็อคโดยครอบหม้อบดทั้งหม้อ

3.2.15 รูปแบบของหม้อบดที่ใช้ในการทดลอง

รูปแบบของหม้อบดที่ใช้ในการทดลองเป็นตัวสำคัญในการบดผสมส่วนต่างๆ มาก เพื่อให้ส่วนผสมที่ผสมกันแล้วได้มีคุณภาพดี และลดเวลาในขั้นตอนการผสมลง ผู้จัดทำได้เลือกพิจารณารูปแบบของหม้อบด คือ

1. หม้อบดทรงกระบอก

ภาพที่ 65 หม้อบดทรงกระบอก

2. หม้อบดทรงกลม

ภาพที่ 66 หม้อบดทรงกลม

ข้อพิจารณาในการเลือก

- เหมาะสมกับลักษณะการบดของเครื่องบด
- ประสิทธิภาพในการบดส่วนผสม
- สัมผัสกับปริมาตรที่ใช้บด

สรุป

รูปแบบของหม้อบดที่ใช้ในการทดลอง เลือกนำมาพิจารณา 2 รูปแบบคือ

1. แบบทรงกระบอก

2. แบบทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.16 การศึกษาเกี่ยวกับระบบส่งกำลัง

การศึกษาเรื่องนี้เกี่ยวข้องระบบการส่งกำลังแบบต่างๆ ซึ่งสามารถนำที่จะนำมาใช้กับเครื่องผสมน้ำสลิป ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบกำลังของ สุวิทย์ วงศ์เงิน ที่กล่าวไว้ว่า ระบบส่งกำลังสามารถแบ่งการทำงานได้ดังนี้

ก. ระบบการส่งกำลังโดยสายพาน

การส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปสู่อีกเพลาหนึ่ง โดยใช้สายพานนั้นเป็นวิธีส่งกำลังซึ่งถูกและลงทุนน้อยกว่าอย่างอื่นเนื่องจากการติดตั้งต่างๆ ไม่ยุ่งยาก และค่าบำรุงรักษาต่ำ ประสิทธิภาพการใช้งานก็ดีพอสมควร นอกจากนั้นยังมีข้อดีด้านการใช้งานคือ ช่วยผ่อนคลายแรงประเภท ทำให้การทำงานของเครื่องจักรเรียบขึ้น แต่การใช้สายพานมีข้อเสียที่อายุการใช้งานมักสั้นกว่า และไม่แข็งแรงเท่าการส่งกำลังโดยใช้โซ่หรือเกียร์อย่างไรก็ตามพัฒนาการการด้านการออกแบบสายพานโดยปรับปรุงวัสดุที่ใช้เสรอมกำลังให้แข็งแรงขึ้นสามารถทำให้นำไปใช้งานหนักๆ แทนโซหรือเกียร์ได้

ข. ระบบส่งกำลังด้วยโซ

วิธีใช้และการประกอบ

ระบบส่งกำลังด้วยสายพานและสายพารลิ่ม เป็นการส่งกำลังโดยใช้ความฝืด แต่การส่งกำลังด้วยโซ่เป็นการส่งกำลัง โดยการขบกันระหว่างโซ่กับเฟืองเช่นเดียวกับระบบสายพานโซ่ จะใช้เมื่อการงานนั้นไม่พอเหมาะโซ่สามารถส่งได้และกำลังมากกว่าสายพานเมื่อมุมโอบน้อยกว่า จึงใช้ระยะห่างระหว่างเพลาน้อยกว่า นอกจากนี้ยังไม่ต้องใช้แรงดึงโซ่ให้ตึงมากจึงใช้เพลาเล็กมาก แต่อย่างไรก็ดีระบบส่งกำลังแบบนี้ ไม่มีการยืดหยุ่นต้องระวังรักษามากต้องหล่อลื่นอย่างสม่ำเสมอ และต้องป้องกันฝุ่นละอองเป็นอย่างดี นอกจากนี้ราคาขายยังแพงกว่าสายพานมาก

การจัดระบบโซ่ ให้จัดโซ่ด้านตึงไว้ด้านบนเสมอการจัดระบบโซ่เอียงย่อมทำได้แต่ตั้งในแนวดิ่งทีเดียวไม่ดีเพราะโซ่จะหย่อนตรงส่วนล่างสุดทำให้ขบกับเฟืองไม่สนิท ถ้าจำเป็นต้องจัดให้ส่งกำลังในแนวดิ่งจริงๆ ให้ใช้เฟืองกดโซ่ ถ้าเป็นการส่งกำลังหลายเพลาจำเป็นต้องใช้เฟืองกดโซ่เสมอ ให้พยายามหลีกเลี่ยวการจัดระบบส่งกำลังด้วยเฟืองแบบเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งฉาก เพราะโซ่จะกดหน้าของเฟืองด้านบนทำให้สึกหรอเร็ว

เนื่องจากโซ่เมื่อใช้ไปนานๆ จะยืดตัวดังนั้นจึงควรมีชุดทำให้โซ่ตึงเอาไว้ เช่น เฟืองกดสายพาน หรือปรับระยะเพลา โซ่โดยทั่วไป ย่อมให้หย่อนได้ประมาณ 2% ของระยะห่างระหว่างเพลาโซ่ถ้าใช้กับเครื่องที่มีแรงกระตุกมากเช่นเครื่องยนต์จะทำให้สั่นได้ง่ายและจะทำให้เครื่องเดินไม่เรียบส่วนมากจะต้องใช้ชุดลดความสั่น (Vibration daniper)

ค. <u>ระบบส่งขัดด้วยฟันเฟืองและฟอร์มของฟันเฟือง</u>

ระบบส่งกำลังขับด้วยฟันเฟืองหรือเฟืองทด ประกอบด้วยขบวนเฟืองสองตัวหรือมากกว่าขึ้นไปขบกันต่อๆ กันไป เฟืองตัวที่เล็กที่สุดเรียกว่าเฟืองขับ ฟอร์มของเฟืองนั้นมีอยู่หลายฟอร์มด้วยกัน และใช้กับเพลางานในลักษณะต่างๆ กัน

<u>เฟืองตรง</u> เฟืองชนิดนี้เพลา หรือเพลาเฟืองต้องหมุนขนานกัน ทรงของฟันเฟืองเป็นทรงกระบอก ฟันเป็นซี่ตรงๆ หรือเฉ หรือเป็นฟันก้างปลา

<u>เฟืองซี่ตรง</u> ใช้กันมากที่สุด

<u>เฟืองฟันเฉ</u> เมื่อขบกันจะมีเสียงค่อยมาก เพราะฟันค่อยๆ เข้าสัมผัสขบกันและค่อยๆ แยกจากกันแต่เฟืองประเภทนี้ให้แรงดันในแนวแกนมาก แบริ่งที่ใช้ต้องเป็นแบริ่งที่รับแรงกระแทกได้

<u>เฟืองก้างปลา</u> ใช้สำหรับงานส่งกำลังขับส่งๆ แรงดันในแนวแกนเป็นศูนย์

<u>เฟืองดอกจอก</u> เพลาของชุดเฟืองดอกจอก มีแนวตัดกัน มีจุดตัดลักษณะของเฟืองมีทรงเป็นรูปกรวย ฟันบนเฟืองดอกจอกเป็นได้ทั้งฟันซี่ตรง ฟันเฉ และฟันวนก้นหอยสไปราล

<u>เฟืองฟันเกลียว</u> เพลาของชุดเฟืองเกลียว ตัดกันเป็นกากะบาด ฟันของเฟืองชนิดนี้เป็นฟันเฉ

<u>เส้นแนวของฟันเฟือง</u> ฟันเฟืองในขณะที่หมุนขบกันจะต้องขบกันโดยไม่มีแรงกระแทกระหว่างฟัน ยิ่งกว่านั้น ยังจะต้องเงียบไม่มีเสียง และไม่มีความฝืดอีกด้วย ด้วยเหตุนี้ฟันเฟืองจึงต้องมีเส้นแนวรอบฟันเฟืองลักษณะหนึ่ง แนวเส้นของฟันเฟืองที่นิยมใช้กันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดคือแนวเส้นอีวอลลูต ซึ่งเป็นแนวเส้นโค้ง ส่วนหนึ่งของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่บนวงกลมเฟืองห่างไปจากจุดเฟืองนั้นๆ สำหรับเฟืองสายพาน เส้นอีวอลลูตเป็นเส้นตรง เส้นอีวอลลูตนี้มีกำหนดเป็นมาตรฐานไว้แล้ว นอกจากนี้ยังมีฟันเฟืองที่ใช้แนวเส้นของเป็นทางเดินไซคลอยด์อีกด้วย แต่เฟืองชนิดนี้ ไม่มีใช้ในงานช่างกลของเรา (สุวิทย์ วงค์เงิน, 2527: 80-85)

3.2.17 ศึกษาเกี่ยวกับชิ้นส่วนในระบบการส่งกำลัง

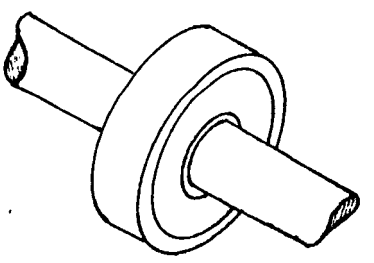
แบริ่ง

ความเป็นมาของแบริ่ง

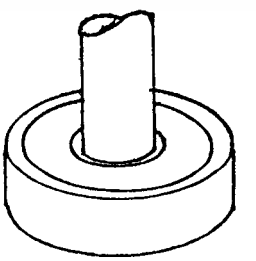
ถ้าหากวัตถุ 2 ชิ้น จำจะต้องมีการเสียดสีกันแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการเสียดสีเนื่องจากการไถลหรือการหมุนก็ตาม ก็จะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้น ซึ่งนอกจากก่อให้เกิดความต้านทานต่อการเคลื่อนที่แล้วยังอ่กให้เกิดความร้อนและการสึกอีกด้วยการที่จะลดแรงเสียดทานนี้ลงก็โดยการใช้หลักการกลิ้งของวัตถุกลม เนื่องจากลดพื้นที่ผิวกระทบลงได้มาก จากคุณลักษณะดังกล่าว จึงได้นำมาสร้างแบริ่งขึ้น และให้ชื่อว่าแบริ่ง ต่อต้านความเสียดทานหรือแบริ่งหมุน ซึ่งประกอบด้วย แหวนเหล็กกล้าชุบแข็ง 2 วง มีลูกหมุนเหล็กกล้าชุบแข็งอยู่ตรงกลางระหว่างวงแหวนทั้งสอง ซึ่งรับแรงจากแหวนวงใน ส่งต่อไปยังแหวนวงนอกและลูกหมูแต่ละลูกจะถูกแยกห่างจากกัน ด้วยลูกกรงเพื่อสะดวกต่อการกลิ้งไม่ให้ชนกันเอง

การแบ่งชนิดของแบริ่ง

จะแบ่งตามชนิดของลูกหมุน ถ้าเป็นชนิดลูกปืน เรียกว่า แบริ่งลูกปืน (Ball Bearing) ถ้าเป็นชนิดลูกกลิ้งก็เรียกว่า แบริ่งลูกกลิ้งนอกจากนี้ยังแบ่งย่อยลงไปอีกเป็นแบริ่งแรงแนวรัศมีและแบริ่งรับแรงแนวแกน ซึ่งออกแบบให้สามารถรับแรงแนวนั้นได้มากกว่าอีกแนวหนึ่ง



ภาพที่ 67 แบริ่งแนวรัศมี



ภาพที่ 68 แบริ่งรับแรงแนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานที่แตกต่างกัน แนวแรงที่กระทำต่อแบริ่งก็จะแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีแบริ่งหลายแบบเพื่อการเลือกใช้ให้เหมาะสม กับงานแต่ละชนิดแต่ละอย่างได้ จะไม่มีแบริ่งแบบใดสมบูรณ์แบบ เหมาะสมกับงานทุกชนิด

<u>การเลือกใช้แบริ่ง</u>

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าแบริ่งมีหลายแบบ ดังนั้นการเลือกใช้แบริ่งให้เหมาะสมกับงาน จะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อแบริ่ง
2. ความเร็วหมุนของแหวนวงใน และแหวนวงนอก
3. อายุการใช้งานของแบริ่ง ที่ต้องการ
4. ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง แหวนวงใน-แหวนวงนอกกับอุณหภูมิภายนอก
5. ความเที่ยงของแกนของแบริ่ง ที่ต้องการ
6. ขนาดของแรงบิดที่เกิดจากการความเสียดทาน และความดังของเสียงที่เกิดขึ้น
7. ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นที่ต้องการใช้
8. จำนวนของแบริ่งที่ใช้กับแรง
9. โลหะที่ใช้ทำเพลา และเบลือกตุ๊กตา จะต้องเรียบและได้แนวเส้นตรง
10. เนื้อที่สำหรับแบริ่ง จำกัดหรือไม่

<u>คุณลักษณะของแบริ่งลูกปืนรับแรงแนวรัศมีแบบต่างๆ</u>

1. <u>แบริ่งลูกปืนแถวเดียวร่องลึก</u> (Single row, deep groove ball bearing) เป็นแบริ่งชนิดที่ใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดทางเดินในของลูกปืนเป็นร่องลึกจึงกลิ้งได้สะดวก และมีความเที่ยง สามารถรับแรงแนวรัศมีได้มากและรับแรงแนวแกนได้พอสมควร เหมาะสำหรับงานที่มีความเร็วสูง แบริ่งชนิดนี้อาจมีฝาปิดหรือ ซีล เพื่อบรรจุจารบีไว้หล่อลื่นภายใน ทำให้อายุการใช้งานของจาระบียาวนาน เพราะไม่รั่วไหลออกและกันวัตถุภายนอกเข้าสู่ภายในด้วย

2. <u>แบริ่งแม็กมิโต</u> มีลักษณะคล้ายกับแบริ่งลูกปืนแถวเดียวร่องลึกผิดกันตรงบ่าของแหวนวงนอก ซึ่งมีเพียงบ่าเดียว จึงแยกออกจากแหวนวงในได้เหมาะสำหรับใช้กับส่วนที่ต้องถอดออกอยู่เสมอ และมีแรงแนวแกนกระทำต่อแบริ่งเพียงทิศเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. <u>แบริ่งลูกปืนสองแถวร่องลึก</u> มีลักษณะเหมือนกับแบริ่งลูกปืนแถวเดียวร่องลึก เพียงแต่เพิ่มจำนวนลูกปืนเป็น 2 แถว จึงสามารถรับแรงได้มากขึ้น

4. <u>แบริ่งลูกปืนแถวเดียว</u> กับแรงแนวเอียงทั้งแหวนวงในและวงนอกแยกออกจากกันได้ เหมาะสำหรับใช้กับส่วนที่ต้องถอดเข้าถอดออก อยู่เสมอสามารถรับได้ทั้งแรงแนวรัศมีและแรงแนวแกนทิศเดียวได้มากกว่าแบริ่งลูกปืนแถวเดียวร่องลึกโดยทั่วไปมุมกระทบที่ใช้ออกแบบแบริ่งชนิดนี้คือ 15,30 และ 40 องศา ถ้ามุมกระทบโตจะสามารถรับแรงแนวแกนได้มากแต่ถ้าใช้ที่ความเร็วสูงมุมกระทบเล็กจะเหมาะสมมากกว่า

<u>การเลือกแบริ่งไปใช้ให้เหมาะสมกับงาน</u>

ในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งมีอุปกรณ์เครื่องจักต่างๆ ยุ่งยากสลับซับซ้อนจะสามารถมีการผลิตที่ราบรื่นมีปัญหาอันนำไปสู่การชงักในการผลิตน้อยที่สุดนั้นคุณภาพและความทนทานของแบริ่งดูจะเป็นตัวเอกที่สำรัญตัวหนึ่ง ปัญหาของแบริ่งมีผลกระทบกระเทือนอย่างมาก ต่อค่าซ่อมแซมบำรุงรักษาเครื่องจักร มีกฎง่ายๆ อยู่ข้อหนึ่งว่าปัญหาซึ่งเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเพียง 20% ย่อมหมายถึง 80% ของปัญหาทั้งหมดมาจากชิ้นส่วนนั้นๆ ดังนั้นถ้าเราสามารถแก้ไขปัญหาของแบริ่งซึ่งมักเกิดขึ้นเสมอๆ ย่อมหมายถึงว่าเราสามารถลดค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรกล ได้มากทีเดียวทั้งนี้เพราะความเสียหายของแบริ่งสามารถนำไปสู่ความเสียหายอื่นๆ อีกมาก

ปัญหาของแบริ่งที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ส่วนใหญ่จะสามารถแก้ไขได้โดยเปลี่ยนชนิดของแบริ่ง ถึงแม้ว่าบางครั้งเราอาจไม่ทราบปัญหาที่แท้จริงของความเสียหายนั้นก็ตามแบริ่งต่างๆ มีความสามารถ สมรรถนะ การใช้งาน และมีจุดอ่อนจุดแข็งต่างๆ ที่ควรพิจารณาเพื่อเลือกชนิดของแบริ่ง ที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

- ความสามารถในการรับแรง
- ขีดจำกัดความเร็ว
- ความสามารถในการรับแรงลุน (THRUST)
- ขีดจำกัดความไม่ตรงแนว (MISALIGNMENT)
- เคลียแรนซ์ (LEARAPCE) ภายในของแบริ่ง

<u>ความสามารถในการรับรอง</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลองมาพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อแบริ่งกับอายุการใช้งานของแบริ่ง ซึ่งมีการค้นความวิจัยสามารถสรุปเป็นสูตรความสัมพันธ์ง่ายๆ ดังนี้

ถ้าให้ L เป็นอายุใช้งานของแบริ่งคิดเป็นจำนวนรอบ

F เป็นแรงที่กระทำต่อแบริ่ง

เราจะได้ $L \times \frac{1}{(F)n}$

นั่นคือ อายุใช้งานของแบริ่งแปรผกผันกับกำลังที่ ของแรงที่กระทำต่อแบริ่งค่าของ นี้ขึ้นกับชนิดของแบริ่งดังรายละเอียดต่างต่อไปนี้

- แบริ่งแบบเม็ดกลม n เท่ากับ 3
- แบริ่งแบบลูกกลิ่ง n เท่ากับ 3.5
- แบริ่งแบบลูกกลิ้งกึ่งกลม n เท่ากับ 3.5

ขอยกตัวอย่างแบริ่งเม็ดกลม ซึ่งมีสูตรความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานและแรงที่กระทำเป็น $L \frac{1}{F^3}$

จากสูตรนี้พอจะอนุมาณได้ว่าถ้าแรงที่กระทำต่อแบริ่งลดลงครึ่งหนึ่งอายุการใช้งานของแบริ่งนั้นจะเพิ่มขึ้นเป็น 8 เท่าของเดิม

จากของแบริ่งแบบเม็ดกลม เราอาจเขียนสูตรในรูปใหม่เป็น

$$L_1 = \frac{(F2^3)}{F_1} L_2$$

ถ้าแทนค่า F_2 ด้วย C หรือค่าความสามารถในการรับแรง

F_1 ด้วย P คือแรงกระทำต่อแบริ่งกำหนดให้เท่ากับ 1 ล้านรอบ

เราได้ค่า L เป็นค่าจำนวนรอบใช้งานที่โหลด P ดังนี้

$$L = \frac{(C)^3}{P} \quad \text{ล้านรอบ}$$

เช่นเดียวกันสำหรับแบริ่งลูกกลิ้ง หรือแบบลูกกลิ้งที่กึ่งทรงกลมจะได้สมการความสัมพันธ์ เป็น

$$L = \frac{(C)^{3.5}}{P} \quad \text{ล้านรอบ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพาน

การส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปสู่อีกเพลาหนึ่ง โดยใช้สายนั้นเป็นวิธีส่งกำลังซึ่งถูกและลงทุนน้อยกว่าอย่างอื่น เนื่องจากการติดตั้งต่างๆ ไม่ยุ่งยาก และค่าบำรุงรักษาต่ำ ประสิทธิภาพในการใช้งานก็ดีพอสมควร นอกจากนั้นยังมีข้อดีด้านการใช้งานคือ ช่วยผ่อนคลายแรงกระแทก (Shook Load) ทำให้การทำงานของเครื่องจักรเรียบขึ้น แต่การใช้สายพานมีข้อเสียที่อายุการใช้งานมักสั้นกว่า และไม่แข็งแรงเท่าการส่งกำลังโดยใช้โซ่และเกียร์ อย่างไรก็ตามพัฒนาการด้านการออกแบบสายพานโดยปรับปรุงวัสดุที่ใช้เสริมกำลังให้แข็งแรงขึ้นสามารถทำให้นำไปใช้งานหนักๆ แทนโซ่หรือเกียร์ได้

ชนิดของสายพาน

การแบ่งจำนวนของสายพานนั้น ใช้ลักษณะหน้าตัดของมันเป็นบรรทัดฐานในการแบ่งได้ 2 พวกใหญ่ๆ คือ

1. สายพานรูปตัววี
2. สายพานแบบ ซึ่งรวมทั้งสายพานแบบโพลีวี และแบบซิงโครนัสด้วยสายพานรูปตัววี

สายพานรูปตัววีเป็นสายพานส่งกำลังที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดใช้ในงานที่ต้องการแรงฉุดสูง และความเร็วสูงพอประมาณ อายุการใช้งานยาวกว่าสายพานแบบแบน

สายพานรูปตัววีใช้งานได้ดีในช่วงความเร็ว 1,500-1,600 ฟุต/นาที แต่สายพานโพลีรีเทน เป็นยางสังเคราะห์ชนิดหนึ่ง ชนิดที่มีหน้าแคบและทำมุม 60 องศา สามารถใช้ได้ถึงความเร็ว 10,000 ฟุต/นาที การที่ไม่สามารถใช้สายพานในการส่งกำลังที่ความเร็วสูงมากๆ เพราะแรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเพิ่มขึ้นตามค่ากำลังสองของความส่งเร็วจะมีขนาดใหญ่ และเหวี่ยงให้สายพานขยายออกจนไม่เกาะกับมู่เล่นั่นเอง สำหรับที่ความเร็วต่ำกว่า 1,000 ฟุต/นาที ราคาของมู่เล่และสายพานมักทำให้ไม่ประหยัดในการที่จะใช้สายพาน ส่งกำลังเพราะที่ความเร็วต่ำๆ มีวิธีส่งกำลังอีกหลายวิธี ซึ่งราคาต่ำกว่า อย่างไรก็ตามในบางครั้งเราก็อาจจะคุมที่จะใช้สายพานที่ความเร็วต่ำขนาด 300 ฟุตต่อนาทีก็ได้ เนื่องจากความทนทานของสายพานที่ความเร็วต่ำนั่นเองล

ตามทฤษฎีแล้วอัตราการทดลองไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของสายพาน แต่ความจริงแล้วประสิทธิภาพในการส่งกำลังจะลดลงเมื่ออัตราทอลองเพิ่มขึ้น ที่เป็นดังนี้อาจจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายได้ในรูปของปัญหาการปรับแรงตึงในสายพาน ซึ่งเป็นตัวประกอบที่สำคัญในด้านประสิทธิภาพ ค่าอัตราการทดลองที่ใช้งานได้ดีโดยทั่วไปควรจะต่ำกว่า 7 ต่อ 1 ประสิทธิภาพของมันจะตกประมาณ 90-98%

ความตึงของสายพานมีความสำคัญที่สุดต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของมัน ความตึงน้อยเกินไป จะทำให้สายพานลื่นไม่เกาะกับมู่เล่ตลอดเวลาการใช้งานทำให้ประสิทธิภาพตกลงอย่างมาก แต่ความตึงมากเกินไปจะทำให้แบริ่งของเพลาเกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว อายุการใช้งานของมันจะสั้น การตั้งสายพานที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก แต่ได้ความหมายว่าเราจะต้องคอยดูแลให้ความตึงสายพานของมันคงที่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติโดยปกติแล้ว ถ้าเราตั้งความตึงสายพานถูกต้องแล้วจะทำให้มันใช้งานได้ดีไปหลายเดือนทีเดียว สายพานในท้องตลาดมักได้รับการออกแบบให้ใช้ในอุณหภูมิบรรยากาศ เราควรหลีกเลี่ยงการใช้สายพานเหล่านี้ในอุณหภูมิต่ำกว่า -30 องศาฟาเรนไฮต์ หรือสูงกว่า 180 องศาฟาเรนไฮต์ เพราะจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

<u>มาตรฐานของสายพานแบบตัววี</u>

มาตรฐานควบคุมขนาดสัดส่วนของสายพานเพื่อให้บริษัทผู้ผลิต ใช้เป็นมาตรฐานอันเดียวกัน มีมาตรฐานของ ANSI และ META ของอเมริกา เราแบ่งมาตรฐานของสายพานเป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะหน้าตัดของมัน ดังนี้ สายพานสำหรับงานอุตสาหกรรมแบ่งเป็น

1. สายพานสำหรับงานหนัก มีด้วยกัน 2 แบบ
   1.1 แบบธรรมดา (Conventional) มีหน้าตัดเป็นแบบ A,B,C,D และ E
   1.2 แบบหน้าแคบ (Norrow) มีหน้าตัดเป็นแบบ 3_V,5_V,8_V
2. สายพานสำหรับงานเบา ใช้ส่งกำลังต่ำกว่า 1 แรงม้า มาตรฐานหน้าตัด คือ 2L, 3L, 4L และ 5L

สำหรับสายพานแบบตับเบิ้ลวี ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับเอาสายพานแบบวี 2 เส้นมาซ้อนกันหลังชนหลัง มีผลิตเฉพาะหน้าตัดของสายพานแบบธรรมดาเป็นและสำหรับสายพานซึ่งออกแบบใช้สำหรับในงาน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วตลอดเวลา มาตรฐานของหน้าตัดจะเป็นแบบ P,Q,R,T,W คือมีความหน้าบนตั้งแต่ 7/8 นิ้วถึง 2 3/4 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งบำรุงรักษา สายพานรูปตัววี

การติดตั้งควรตรวจส่วนขับเคลื่อนเสียก่อน

ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนสายพานใหม่หรือการติดตั้งระบบขับเคลื่อนใหม่ส่วนที่ต้องสำรวจก่อนก็คือ ตลับลูกปืน หรือแบริ่ง เพลา และส่วนอื่นๆ ที่อาจจะเป็นปัญหาในอนาคตซึ่นส่วนเหล่านี้ควรจะอยู่ในสภาพดี กล่าวคือแบริ่งไม่ลึก เพลาไม่คด ฯลฯ หากซ่อมไม่ได้ก็ควรเปลี่ยนเสียใหม่ ก่อนจะใส่พานใหม่ หากเป็นการเปลี่ยนสายพานใหม่แต่อย่างเดียวก็ต้องตรวจร่องของมู่เล่ด้วยว่าลึกไปมากน้อยเพียงไร โดยการมองด้วยตาเปล่าตรวจดูด้วยเกจ หรือใช้มือคลำดู แต่ต้องระมัดระวังไม่ให้ถูกบาดได้ ร่องสายพานที่ลึกไปมากๆ จะลดอายุของสายพานถึง 50% ให้ค่าบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าร่องของมู่เล่ลึกไปมากจะเสียรูป ก็ควรจะเปลี่ยนเสียใหม่ ร่องมู่เล่ที่สกปรกมีสนิมจับจะลดประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนและอายุการของสายพานเช่นกัน จึงควรทำความสะอาดร่องเหล่านี้ให้ทั่วๆ ก่อนจะใส่สายพานเส้นใหม่น้ำยาที่ใช้ล้างได้ดี คือเมธิลคอโรฟอร์ม มู่เล่ที่ใช้งานมาแล้ว ถ้าส่วนล่างสุดของร่องเป็นเงามักแสดงว่าไม่ร่องมู่เล่หรือตัวสายพาน หรือทั้งสองอย่างลึกไปมากทำให้สายพานกดลงสัมผัสผิวล่างของร่อง ควรตรวจดูว่าเป็นเพราะอะไรแล้วจัดการเปลี่ยนเสียใหม่

การติดตั้งมู่เล่

มู่เล่ที่นิยมใช้กันโดยเฉพาะในการส่งกำลังสูงๆ ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ตังมู่เล่และบุชซิ่ง การออกแบบมู่เล่ลักษณะนี้ทำให้ไม่ต้องตอกลิ่มอัดเข้าไปอันจะทำให้ตัวขับ เช่นมอเตอร์เสียหายตัวบุชซิ่งจะถูกผ่าซีกทางด้านตรงข้ามร่องลิ่ม เพื่อให้สามารถปรับความคับหลวมของรูกลางของมู่เล่ ซึ่งเป็นกรวยหุ้มเท่ากันการที่ผิวสัมผัสระหว่างบุชซิ่งและรูปของมู่เล่เป็นกรวยนี้ ทำให้สามารถบีบบุชซิ่งให้ยึดติดกับเพลาได้แน่นมาก โดยอาศัยหลักการผ่อนแรงของลิ่ม

ข้อควรปฏิบัติในการติดตั้งมู่เล่มีดังนี้

1. ทำความสะอาดผิวสัมผัสทุกแห่งให้แน่ใจว่า ไม่มีเศษวัสดุอื่นเกาะอยู่

2. สวมบุชซิ่งเข้ากับตัวมู่เล่ใส่น็อตเข้าไปอย่างหลวมๆ ไม่ต้องใส่สารหล่อลื่นลงไปตามเกลียวน็อต หัวน็อตอาจจะอยู่ด้านนอกหรือด้านในก็ได้ แล้แต่การออกแบบ ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรระมัดระวังอย่างยิ่งของการประกอบมู่เล่แบบนี้ก็คือ อย่าให้สารกล่อลื่นหาผิวสัมผัสระหว่างบุชชิ่งกับตัวมู่เล่ เพราะมู่เล่แบบนี้จะได้รับการออกแบบให้สามารถขันน็อต เพื่อเป็นปีบตัวบุชชิ่งให้แน่นโดยอาศัยประแจธรรมดาก็เพียงพอแล้ว ถ้ามีสารหล่อลื่นที่ผิวสัมผัสนี้การขันประแจจนตึงๆ มือเท่านั้น ก็อาจทำให้ตัวมู่เล่แตกได้ เนื่องจากแรงที่เกิดขึ้นโดยหลักการของลิ่ม มีขนาดเพิ่มขึ้นมากมาย เมื่อตัวลิ่มกินลึกเข้าไป

3. สวมมู่เล่ที่ประกอบนี้เข้าไปกับเพลา ปรับร่องลิ่มให้ตรงกันแล้วสอดลิ่มเข้าไป ถ้าหากบุชชิ่งสวมเข้าเพลาได้ยากให้เอาไขควงแบบที่เป็นลิ่ม สอดเข้าไปตามรอยผ่าของบุชชิ่งแล้วจัด จะช่วยได้มากตั้งแนวและระดับด้วยสายตา แล้วขันน็อตไว้หลวมๆ อย่าเพิ่งขันให้แน่นเพราะต้องปรับมู่เล่ให้ได้ระนาบก่อน สำหรับมู่เล่แบบง่ายๆใช้ส่งกำลังต่ำๆ มักจะล็อคตัวมู่เล่กับเพลา โดยวิธีใช้ลิ่มและยึดลิ่มให้แน่นด้วยสกรู การติดตั้งไม่มีอะไรยุ่งยาก

<u>การตั้งแนวระนาบของมู่เล่</u>

แม้ว่าการตั้งแนวระนาบสายพานรูปตัววีจะไม่ถือเป็นความสำคัญมากดังเช่นการส่งกำลังแบบอื่น แต่การตั้งแนวมู่เล่ให้ได้ระนาบเดียวกันจะช่วยยืดอายุการใช้งานของสายพานได้มาก การตั้งแนวระนาบแบ่งเป็น 2 ขั้น คือ

1. ตรวจดูว่าเพลาทั้งสองขนานกันหรือไม่ วิธีตรวจง่ายๆ วัดระยะระหว่างเพลาทั้งสอง สัก 3 หรือ 4 จุด ถ้าเพลาขนานกันจะต้องได้ระยะห่างระหว่างเพลาเท่ากันหมด

2. ตั้งตำแหน่งของมู่เล่ให้อยู่ในแนวตรงกัน เมื่อตั้งมู่เล่ได้ระนาบแล้วจึงขันน็อตให้มู่เล่ยึดแน่นกับเพลา

<u>การใส่สายพาน</u>

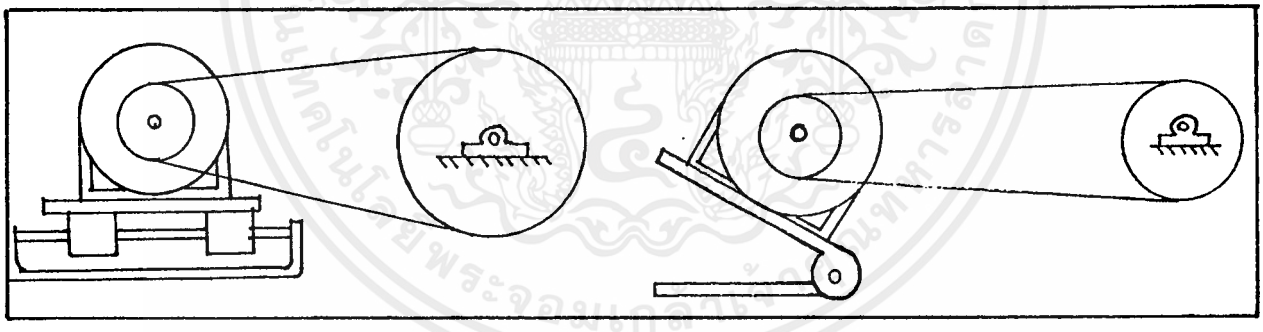
วิธีใส่สายพานที่ถูกต้อง คือ เลื่อนระยะระหว่างเพลาให้ใกล้กันเข้าเมื่อให้สามารถคล้องสายพานเข้าไป. โดยไม่ต้องใช้อะไรงัดเข้า การงัดสายพานจะทำให้เส้นใยภายในขาดได้ หรือสายพานบิดเสียรูป ทำให้สายพานพลิกขณะใช้งานได้

<u>การปรับความตึงสายพาน</u>

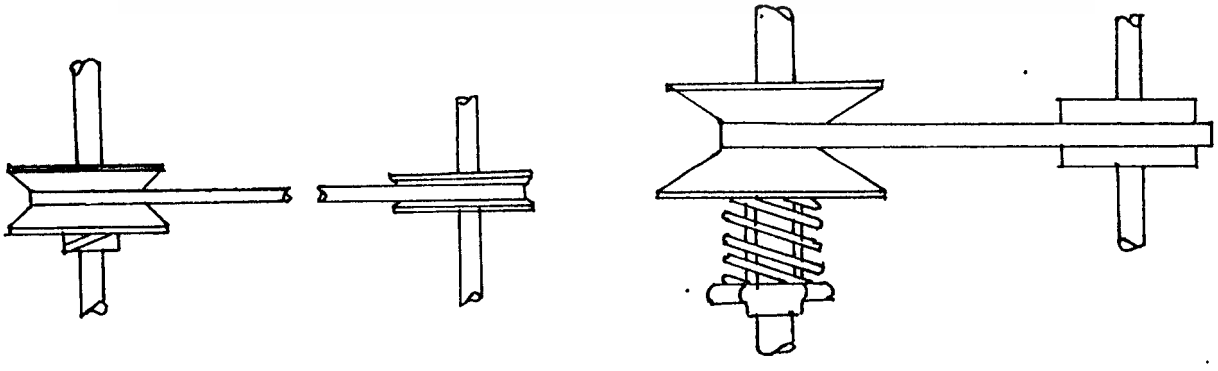
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความตึงที่พอเหมาะของสายพานเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่ออายุใช้งานของสายพานและประสิทธิภาพในการส่งกำลัง ปัญหาและสายพานมากกว่า 90% ที่สามารถแก้ไขได้โดยเพียงแต่ปรับความตึงของสายพาน สายพานที่ตึงเกินไปจะทำให้แบริ่งสึกเร็วแต่สายพานที่หย่อนเกินไปจะทำให้สายพานลื่นบนมู่เล่ นอกจากนี้สายพานที่หย่อนจะขาดได้ง่ายเพราะเกิดการกระตุกตอนแรกที่แรงกระทำ ปัญหาว่าความตึงขนาดไหนจึงจะพอดีนั้น ตอบได้ยากเพราะความตึงที่เหมาะสมเปลี่ยนแปลงตามชนิดขนาด และผู้ผลิต แค็ตตาล็อคของสายพานในปัจจุบันนี้มักจะมีบ่งไว้ว่าควรจะปรับความตึงของสายพานแบบนั้นๆ ขนาดไหน อย่างไรก็ตามวิธีง่ายๆ ซึ่งใช้กันทั่วๆ ไป โดยไม่อาศัย เครื่องมือวัด หรือเปิดตารางดู ก็คือ ปรับความตึงให้เพียงพอที่จะไม่ให้เกิดการลื่นเมื่อมีแรงกระทำสูงสุด ซึ่งโดยมากมักเป็นตอนสาร์ท หรือช่วงจังหวะเริ่มรอบใหม่ของการทำงาน โดยการค่อยๆ เพิ่มระยะระหว่างมู่เล่เพื่อเพิ่มความตึงเล็กน้อย

ลักษณะการปรับความตึงของสายพาน

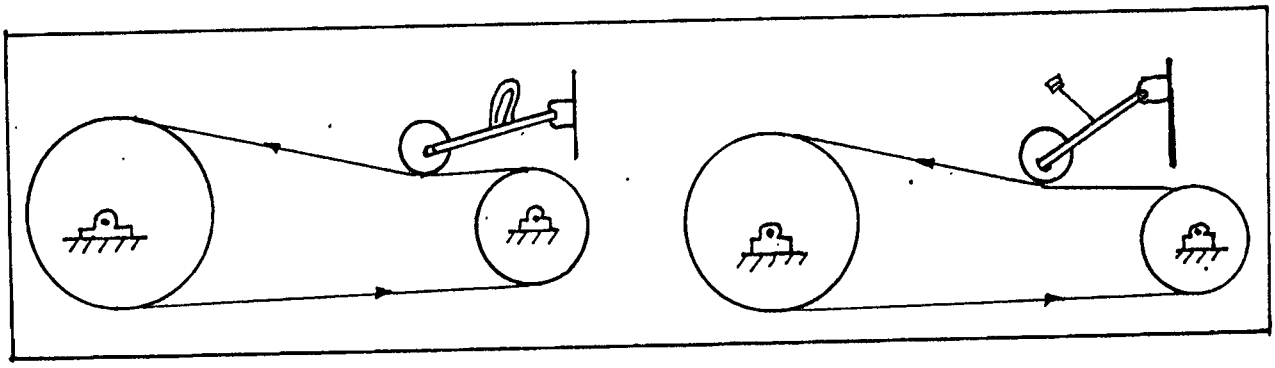


ภาพที่ 69 การปรับความตึงของสายพาน

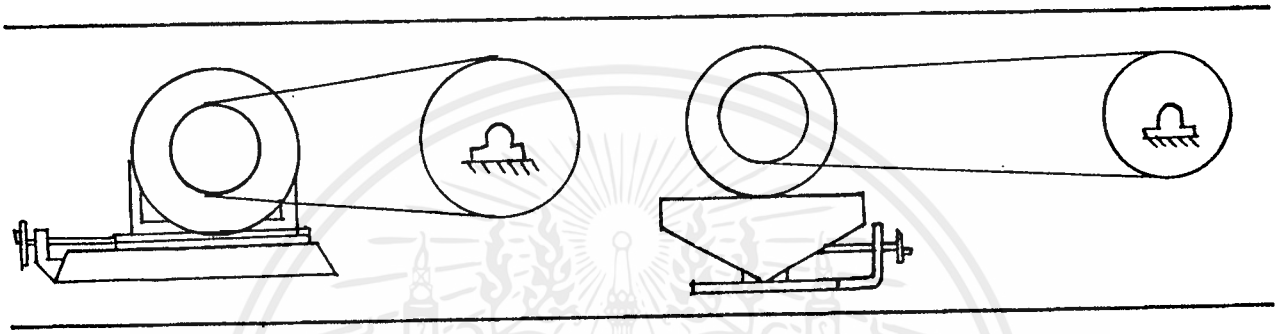


ภาพที่ 70 การปรับความตึงของสายพาน

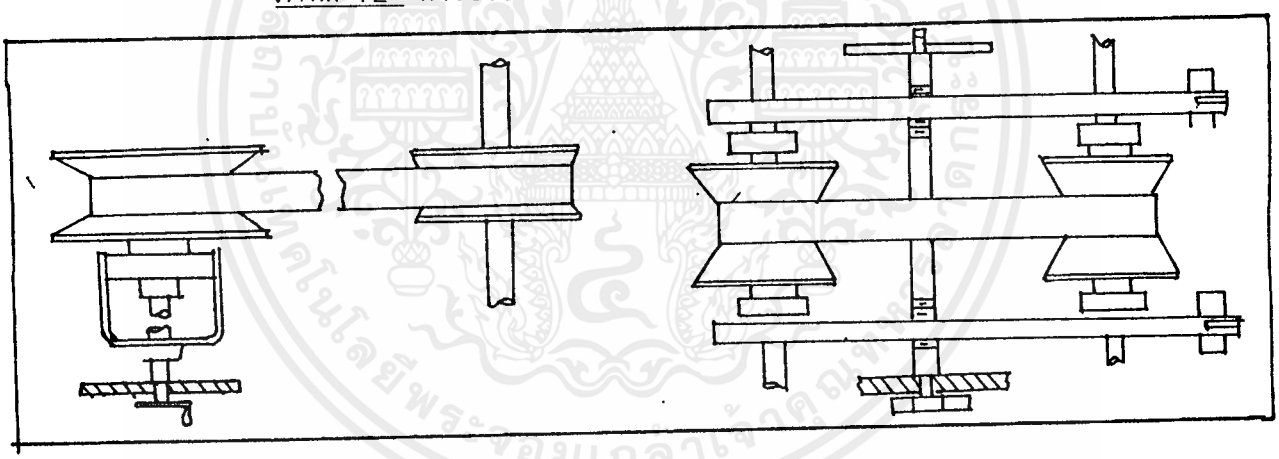
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



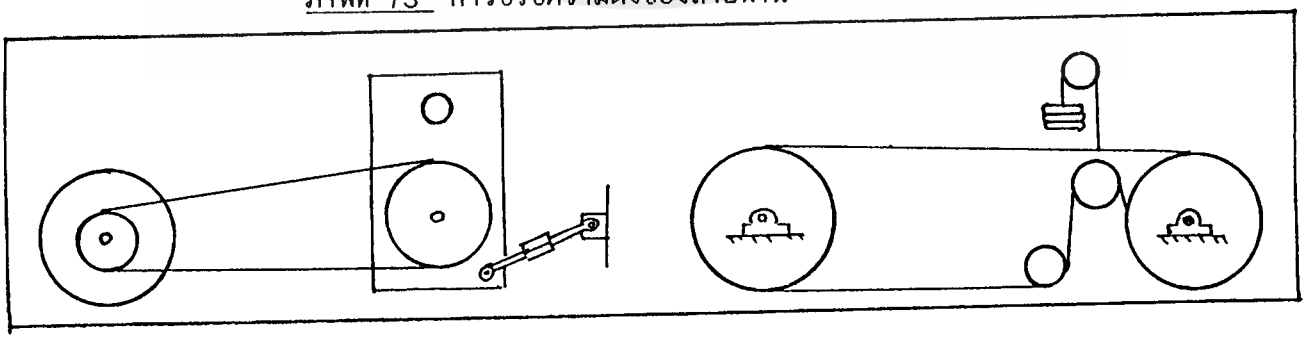
ภาพที่ 71 การปรับความตึงของสายพาน



ภาพที่ 72 การปรับความตึงของสายพาน



ภาพที่ 73 การปรับความตึงของสายพาน



ภาพที่ 74 การปรับความตึงของสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.18 ศึกษาเกี่ยวกับสวิทช์ควบคุม

การออกแบบที่ไม่ดีหรือการวางตำแหน่งของปุ่มควบคุมเครื่องจักรไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายๆ แต่ไหนแต่ไรมาแม้กระทั่งในปัจจุบันนี้ เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นซึ่งเป็นผลให้ผู้ปฏิบัติงานต้องนิ้วด้วน แขนขาด หรือกึ่งตายก็มักจะโทษว่าเกิดเนื่องจากความสะเพร่าไม่ระมัดระวังของผู้ปฏิบัติงาน ทั้งๆที่มีอยู่หลายกรณีเลยทีเดียวที่ต้นเหตุเกิดเนื่องมาจากความผิดพลาดของผู้ออกแบบ วางตำแหน่งของปุ่มควบคุมไม่ดี ก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายๆ การออกแบบที่ดีจะต้องคำนึงว่าจะทำอย่างไรจึงจะลดโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ สิ่งสำคัญก็คือ ส่วนประกอบของปุ่มควบคุมต้องถูกต้องและวางไว้ในตำแหน่งที่ปลอดภัยที่สุด

ปุ่มบังคับแบบต่างๆ

หลักการที่สำคัญที่สุดที่ต้องระลึกไว้เสมอก็คือต้องจัดวางตำแหน่งของปุ่มควบคุมให้ห่างไกลจากการที่อาจจะแตะต้องได้โดยบังเอิญ เช่น ในกรณีปุ่มบังคับเครื่องอัดสายพานหมุนลูกกลิ้ง เครื่องเจาะรู และเครื่องจักรที่ทำงานในทำนองเดียวกันนี้ ปุ่มเหล่านี้ต้องวางให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ไม่ถูกชิ้นส่วนของงานกระทบถูกได้โดยง่ายในระหว่างทำงานถูกเกี่ยวโดยเสื้อผ้า หรือโดยการชนอย่างไม่ตั้งใจของผู้ปฏิบัติงาน

สวิทช์แบบโยกและสวิทช์แบบเลือกปรับชนิดมีหัว อาจเป็นเหตุให้เกิดอันตรายได้ง่าย สวิทช์เหล่านี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในที่ที่ชิ้นส่างที่เคลื่อนที่มีส่วนที่ยื่นออกมาซึ่งอาจจะเกี่ยวถูกได้ หรือสวิทช์อยู่ในตำแหน่งที่มีผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ช่วยอาจเกี่ยวถูกโดยบังเอิญควรจะเลือกใช้แบบเรียบไม่มีส่วนยื่นแหลมออกมา ถ้าจะใช้แบบเลือกปรับก็ไม่ควรมีหัวชี้แต่ทำเป็นเครื่องหมายขีดเป็นร่องและทาสีได้ดีกว่า จะได้ไม่ถูกเกี่ยวโดยง่าย ส่วนสวิทช์แบบโยกควรเปลี่ยนไปใช้แบบปุ่มกด

สวิทช์แบบปุ่มจะกดจะต้องระมัดระวังไม่ให้ถูกกดโดยบังเอิญ เช่นยืนพิงถูกหรือท้าวถูกปัญหาเหล่านี้จะป้องกันได้ง่ายๆ โดยทำของกันปุ่มจะถูกกดลงเมื่อเราจะเอานิ้วจิ้มลงตรงกลางเท่านั้น ถ้าบังเอิญไปพิงถูกขอบที่กันไม่ทำให้ปุ่มบุ๋มลงไป ขอบกันนี้ก็ต้องกันให้เต็มที่ไม่ควรให้มีส่วนที่โผล่ขึ้นมาได้เลย จะให้ดีควรบุ๋มเล็กน้อย

ขนาดและสปริงของปุ่มควบคุมก็เป็นส่วนประกอบอีกอย่างหนึ่งที่ต้องพิจารณาด้วย ปุ่มที่ใหญ่เกินไปเล็กเกินไป หรือแข็งไป ทำให้ต้องออกแรงในการกดมากเหล่านี้ล้วนแต่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปสรรคที่จะทำให้ลดความคล่องตัวของผู้ปฏิบัติงาน เป็นการเปิดโอกาศให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ปุ่มควบคุมขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางราวๆ 1 1/4 นิ้ว สามารถจะกดได้ด้วยนิ้วเพียงนิ้วเดียว และเพียงเบาๆ เท่านั้นปุ่มขนาดนี้สะดวกแก่การปฏิบัติงานมากในทางปฏิบัติแล้วผู้ที่อยู่ในวงการแนะนำให้ใช้ปุ่มควบคุมแบบที่ใหญ่ขึ้นไปสักเล็กน้อยเช่น แบบที่ต้องกดด้วยนิ้ว 2 นิ้ว หรือ 3 นิ้ว ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางของปุ่มขนาดราวๆ 2 1/2 นิ้ว แบบนี้จะต้องแข็งสักหน่อย เพื่อว่าผู้ปฏิบัติงานจะต้องใช้ 2–3 นิ้ว ในตอนกดแทนที่จะใช้เพียงนิ้วเดียวเป็นการป้องกันการกดโดยเผลอไผลไม่ได้ตั้งใจได้ ปุ่มควบคุมที่ต้องใช้สองนิ้วกดนิ้วเดียวเป็นการป้องกันการกดโดยเผลอไผลไม่ตั้งใจปุ่มควบคุมที่ต้องใช้สองนิ้วกดควรคำนึงถึงปัญหาเรื่องการเลือกขนาดปุ่ม ความแข็งตลอดจนการฝึกปฏิบัติงานด้วย เพราะนิ้วอาจเมื่อยได้ง่ายๆ ในทางปฏิบัติแล้วควรใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางในการกด

สวิทช์เลือกแบบปรับหรือหมุนเช่นนี้ใช้ปรับความเร็วของเครื่องจักรถ้ามีเส้นผ่าศูนย์กลางเกิดกว่า 4 นิ้ว ก็จะสร้างความลำบากในการหมุนปรับ ทางที่ดีแล้วต้องใช้ขนาดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว เป็นขนาดที่เหมาะมือที่สุด

ปุ่มกดให้เครื่องหยุดฉุกเฉินโดยปกติแล้วมักจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าปุ่มชนิดอื่นๆ และต้องไม่แข็ง กดลงได้ทันทีทันควัน นอกจากนี้แล้วยังควรจะทาสีให้เห็นเด่นชัด และมีตัวอักษรกำกับให้เห็นได้ชัดอีกด้วย ไม่ควรจะมีขอบรอบเพื่อจะได้กดลงได้รวดเร็วโดยไม่ติดขัดอะไร ถึงแม้จะกดด้วยฝ่ามือก็ได้

<u>ตำแหน่งที่จะติดตั้งปุ่มควบคุม</u>

ปุ่มสำหรับเดินเครื่องและปุ่มสำหรับหยุดเครื่องควรวางอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมผู้ปฏิบัติงานไม่ว่าใหม่หรือเก่าต้องไม่หลงลืม สามารถควบกดปุ่มได้ถูกต้องแม้ว่าจะอยู่ในสภาพที่รับร้อนก็ตาม ถ้าปุ่มทั้งสองนี้อยู่ในแผงเดียวกันก็ต้องพยายามแยกให้อยู่ห่างกันโดยมีปุ่มอื่นๆ แทรกอยู่ตรงกลาง ในกรณีที่แผงควบคุมเป็นแผงคู่ ควรจะจัดตำแหน่งของปุ่มบังคับของแผงทั้งคู่ให้เหมือนกันเพื่อจดจำได้ง่าย ส่วนในกรณีที่มีเครื่องเดินหลายเครื่อง ต้องวางแผงให้อยู่ในตำแหน่งที่เห็นเครื่องได้หมด อาจจะมองจากกระจกก็ได้ถ้าต้องการ ที่ต้องทำเช่นนี้เพื่อป้องกันอันตรายซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เมื่อมีต้นกำลังทำความสะอาด ปรับ หรือซ่อมบำรุงรักษา เครื่องอยู่ถ้ามองเห็นได้ทั่วก็ไม่มีอันตราย ถ้ามองไม่เห็นเมื่อกดปุ่มไปแล้วก็อาจเกิดอันตรายต่อคนเหล่านี้ได้โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์เพราะไม่รู้ว่ามีคนอยู่ที่นั่น ปุ่มกดให้เครื่องหยุดฉุกเฉินเป็นปุ่มที่มีความสำคัญมาก ต้องจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสม ถ้าไม่วาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ตรงกลางก็ต้องวางไว้ด้านข้างทั้งสองเพื่อว่าถ้าผู้ปฏิบัติงานโดยเครื่องหนีบที่มือขวา เขาก็ยังคงสามารถใช้มือซ้ายกดปุ่มฉุกเฉินหยุดเครื่องทันท่วงที ตำแหน่งที่จะติดตั้งปุ่มก็ต้องวางอยู่ในที่ที่จะแตะถึงได้อย่างสะดวก ไม่ต้องก้มตัวหรือเขย่งตัวในขณะกด ข้อแนะนำอีกอย่างหนึ่งคือ ควรวางอยู่ในตำแหน่งที่อยู่ใกล้จุดที่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ความสูงของปุ่มนี้จากพื้นควรจะให้ได้ 30 นิ้ว เพื่อจะได้ให้ผู้ปฏิบัติงานกดได้อย่างสะดวกไม่ว่าจะอยู่ในอิริยาบถอย่างไร เช่นยืนอยู่ก้มตัวอยู่ หรือกำลังก้มถ้าบริเวณที่อาจเกิดอันตรายได้ง่ายมีบริเวณกว้างจะต้องมาใช้ปุ่มหยุดฉุกเฉิน หลายปุ่มต่อเนื่องกันไป ผู้ปฏิบัติงานจะได้กดหยุดได้จากจุดใดจุดหนึ่งก็ได้ จะได้รวดเร็วขึ้น

<u>สวิทช์</u>

สวิทช์จะเป็นตัวกำหนดการปิด เปิดวงจร สวิทช์อายประกอบด้วยชำๆ เดียวหรือหลายขั้วก็ได้ เช่น อาจจะมีขั้วเพียงขั้วเดียวสองขั้ว หรือมากกว่านั้นโดยทั่วไปสวิทช์มักจะใช้เป็นตัวเปิด ปิด ให้วงจรทำงานหรือไม่ให้วงจรทำงาน การสัมผัสของตัวนำไฟฟ้าให้ครบวงจรการทำงานของสวิทช์ ควบคุมโดยระบบแมตตานิก

ลักษณะของสวิทช์มีมากมายหลายชนิด แล้วแต่หน้าที่การทำงานหรือลักษณะการเปิด ปิดวงจร แบ่งออกเป็น

1. แบบกด (Push Bution Switch)
2. แบบโยก (Toggle Switch)
3. แบบเลื่อน (Slide Switch)
4. แบบหมุน (Rotary or Selector Switch)
5. แบบจิ๋ว (Micro Switch)

1. <u>แบบกด</u>

ทำงานโดยการใช้มือกดแบ่งเป็น

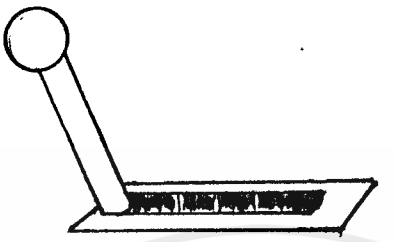
1.1 สวิทช์กดปล่อยตัง (Momentary Switch) เมื่อกดจะทำให้วงจรปิดเมื่อปล่อยจะทำให้วงจำเปิด เช่น สวิทช์กดออด เป็นต้น สวิทช์แบบนี้เหมาะกับงานจำพวกปิดวงจรชั่วขณะ

1.2 สวิทช์กดติดกดดับ (Lock Switch) เมื่อจะกดทำให้วงจำปิดการให้วงจรเปิด ก็กดอีกครั้งวงจรก็จะเปิดไฟจะดับ เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป

ภาพที่ 75 สวิทช์กดติดกันดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. <u>สวิทช์แบบโยก</u> ลักษณะการใช้งานเป็นแบบโยกก้านสวิทช์ให้ทำงาน จำนวนของขาสวิทช์แล้วแต่การใช้งาน โดยมากจะมีตั้งแต่ 2 ขาขึ้นไป

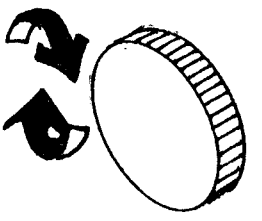


<u>ภาพที่ 76</u> แสดงสวิทช์แบบโยก

3. <u>สวิทช์เลื่อน</u> คล้ายกับสวิทช์โยกแต่ใช้งานโดยการเปลี่ยนปุ่มสวิทช์ซึ่งอาจจะมีจังหวะการเลื่อนหลายๆ ช่วง

<u>ภาพที่ 77</u> แสดงสวิทช์แบบเลื่อน

4. <u>สวิทช์หมุน</u> ส่วนมากจะเป็นการใช้หน้าที่เลือกทางเดินไฟฟ้าหลายตำแหน่ง เช่นการเลือกแบบในวิทยุเป็นต้น



<u>ภาพที่ 78</u> แสดงสวิทช์แบบหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สวิทช์จิ้ว</u> เป็นสวิทช์ที่มีความเชื่อถือได้สูง สามารถผ่านแรงเคลื่อนและกระแสได้หลายๆ แอมแปร์ ส่วนสัมผัสที่เป็นตัวนำเคลือบด้วยทอง ทำให้เป็นทางเดินไฟฟ้าที่ดี ลักษณะสวิทช์จะทำงานโดยการกดเบาๆ ที่คานหรือปุ่มเล็กๆ โดยปกติแล้วจะต้องมีกลไกลเข้ามาประกอบเพื่อทำหน้าที่กดสวิทช์เพราะปุ่มกดเล็กเกินไปกว่าที่จะใช้นิ้วกดได้โดยสะดวกไมโครสวิทช์นี้มีหลายชนิดจำนวนขาที่ใช้งานมี 2 หรือ 3 ขาขึ้นไป สวิทช์ชนิดนี้ได้รับการออกแบบมาให้ใช้กับงาน การติดตั้งจะต้องระมัดระวัง เพราะส่วนของแรงกดอาจทำให้สวิทช์แตกได้

3.2.19 <u>หลักการออกแบบแผงควบคุมเครื่องจักรที่ปลอดภัย</u>

- ต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรด้วย
- ในการออกแบบขนาด ช่องว่างระหว่างปุ่มควบคุมและตำแหน่งที่จะติดตั้งจะต้องคำนึงถึงส่วนสูงของผู้ปฏิบัติงานโดยเฉลี่ยด้วย จะได้ปฏิบัติงาน ได้สะดวกคล่องแคล่ว ไม่ควรยึดถือระยะตายตัวของฝรั่ง เพราะคนจองเขาตัวสูงกว่าคนไทย
- จัดวางปุ่มต่างๆ ให้รวบรวมกันอยู่ในที่ที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมได้ถนัดมือที่สุด
- ควรจำไว้ด้วยว่าผู้ปฏิบัติงานมีมือและเท้าอย่างละคู่ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ในการบังคับปุ่มป้องกันภัยในยามฉุกเฉินได้เสมอ
- ไม่ควรใช้สิทธิแบบโยก และแบบเลือกปรับที่มีเข็มชี้ในงานเกี่ยวกับเครื่องจักรที่เคลื่อนที่
- ปุ่มหยุดฉุกเฉินควรใช้สีแตกต่างจากปุ่มอื่นๆ และควรใช้สีให้เป็นมาตรฐานเดียวกันกับเครื่องทุกเครื่องในโรงงานจะได้ไม่ปวดหัว

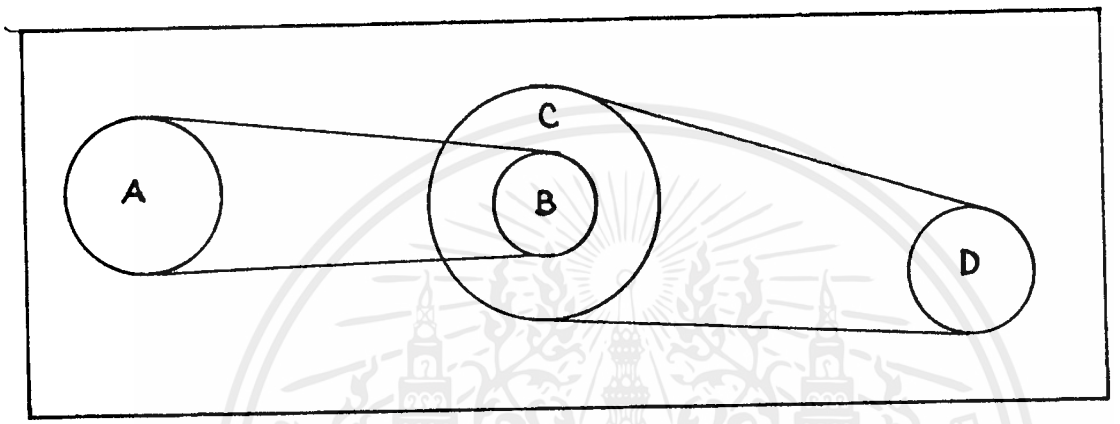
3.2.20 <u>การเปลี่ยนความเร็วรอบ</u>

ความเร็วที่จะเปลี่ยนได้แก่ความเร็วรอบและความเร็วเชิงเส้น <u>การเปลี่ยนความเร็วรอบ</u> ขึ้นอยู่กับการจัดมู่เล่ถ้าต้องการเพิ่มความเร็วรอบให้สูงขึ้นต้องใช้มู่เล่ ตัวขับมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยาวกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของ มู่เล่ ตัวส่งและถ้าต้องการลดความเร็วรอบให้น้อยลงจะต้องใช้มู่เล่ ตัวขับมีเส้นผ่าศูนย์กลางสั้นกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ ตัวส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การเปลี่ยนความเร็วเชิงเส้น</u> เปลี่ยนได้จากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ หรือใบเลื่อยที่มีแกนร่วม ถ้าจำนวนรอบเท่ากันแต่ขนาด 1 รอบต่างกันก็จะทำให้ความเร็วเชิงเส้นเปลี่ยนไปตามความต้องการ

การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบ และเส้นผ่าศูนย์กลางของ มู่เล่ เมื่อต้องการเปลี่ยนความเร็ว



<u>ภาพที่ 79</u> ตำแหน่งของมู่เล่

จากรูป กำหนดให้มู่เล่ A ได้รับกำลังจากมอเตอร์

จัดชนิดของมู่เล่ได้ดังนี้

A และ C เป็นมู่เล่ตัวขับ

B และ D เป็นมู่เล่ตัวส่ง

<u>ตามหลัก</u> มู่เล่ คู่ใดที่ใช้สายพานร่วมกันจะมีความเร็วเชิงเส้นเท่ากัน

<u>ความจริง</u> มู่เล่ คู่ใดที่ใช้เพลาร่วมกันจะมีความเร็วรอบเท่ากัน

<u>สายพานทดเดียว</u>

กำหนดให้ d_1 เป็นความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ ตัวขับ

กำหนดให้ d_2 เป็นความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ ตัวส่ง

n_1 เป็นความเร็วรอบนาทีของมู่เล่ ตัวขับ

n_2 เป็นความเร็วของรอบต่อนาทีมู่เล่ ตัวส่ง

ฉะนั้นความเร็วเชิงเส้นของมู่เล่ ตัวขับเท่ากับ เส้นรอบวงตัวขับ ความเร็วรอบตัวขับ

เท่ากับ $d_1 n_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้นความเร็วเชิงเส้นของมู่เล่ ตัวส่งเท่ากับ เส้นรอบวงตัวขับ ความเร็วรอบตัวส่ง

เท่ากับ d_2n_2

แต่มู่เล่ ตัวขับ และตัวส่งใช้สายพานร่วมกันย่อมมีความเร็วเชิงเส้นเท่ากัน

เพราะฉะนั้น d_1n_1 เท่ากับ d_2n_2

นั่นคือ ผลคูณของเส้นผ่าศูนย์กลาง มู่เล่ ตัวขับ กับความเร็วรอบของ มู่เล่ ตัวขับมีค่าเท่ากับ ผลคูณของเส้นผ่าศูนย์กลาง มู่เล่ ตัวส่ง กับความเร็วรอบของมู่เล่ ตัวส่ง

การคำนวณหาอัตราทด

ถ้าให้ i เป็นอัตราทด

$i = \frac{\text{ความเร็วรอบของล้อขับ } n_1}{\text{ความเร็วรอบของล้อตาม } n_2}$ หรือ

$i = \frac{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อตาม } d_2}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อขับ } d_1}$

ตัวอย่าง เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อขับ เท่ากับ 18 เซนติเมตร

ความเร็วรอบของล้อขับ เท่ากับ 1000 เซนติเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อตาม เท่ากับ 45 เซนติเมตร

เพราะฉะนั้น ความเร็วรอบของล้อตาม เท่ากับ $\frac{18 \text{ ซม.} \times 1000 \text{ รอบ/นาที}}{45 \text{ ซม.}}$

เท่ากับ 400 รอบ/นาที

3.3 วัสดุโครงสร้างระบบส่งกำลังและกรรมวิธีการผลิต

เหล็ก

คุณสมบัติของเหล็ก.

เหล็กบริสุทธิ์มีความเหนียว อ่อนตัวสูงมีความแน่นที่อุณหภูมิ 20 องศา ซ. เท่ากับ 7.87 กรัม/ลบ.ซม. หลอมเหลวที่ 1539 องศา ซ. และจะเดือดเป็นไอที่ 2450 องศาซ. ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย 65 แคลลอรี่/กรัม ถ้าอุณหภูมิเหล็กสูง 768 องศา ซ. แม่เหล็กจะดูดไม่ติด

แต่เหล็กมีข้อเสียอยู่อย่างหนึ่ง คือ สามารถรวมกับออกซิเจนได้ดี จึงไม่มีคุณสมบัติต้านทานการเป็นสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของเหล็กที่ผลิตออกมาสู่ตลาด

1) เหล็กหล่อ ได้แก่ เหล็กดิบ มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น เหล็กหล่อสีขาว สีเทา คุณสมบัติทั่วไปของเหล็กมีความแข็งสูงมาก จนเปราะแตกง่ายและเหล็กหล่อเหนียวมาก เหล็กหล่อพิเศษ จะมีความเหนียวสามารถรับแรงได้สูง

2) เหล็กอ่อน สามารถดีเป็นรูปได้ง่าย

3) เหล็กกล้ามี 3 ชนิด คือ

3.1 เหล็กกล้าชนิดอ่อน ได้แก่ เหล็กเส้นก่อสร้าง ตะปู ตัวดึงรถยนต์

3.2 เหล็กกล้าปกติ ใช้ทำเครื่องมือช่างไม้ เครื่องจักรพแทรกเตอร์

3.3 เหล็กกล้าแข็ง ใช้ทำมีดกลึง ตะไบ เหล็กสกัด ฯลฯ

4) เหล็กคาร์บอนและเหล็กผสม มีความแข็งมากน้อยแล้วแต่ส่วนผสมในเนื้อเหล็กเช่นผสม

คาร์บอน	– ทำให้แข็งแรง
นิเกิล	– ทำให้เหนียว แข็ง ทนความร้อน
โครเมี่ยม	– ช่วยป้องกันสนิม
แมงกานีส	– ช่วยทำให้แข็งแรง ทนแรงกระแทกสึกหรอ
ทังสเตน	– ช่วยให้แข็งในอุณหภูมิ

รูปแบบของเหล็กที่ใช้อยู่มั่วไปในปัจจุบัน

1) เหล็กเส้นกลมตัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 3/16-9 นิ้ว ยาว 6 เมตร

2) เหล็กแผ่นหนา 1/32-4 นิ้ว ขนาด 1.3-2.4 เมตร

3) เหล็กกลวง รูปสี่เหลี่ยมกว้าง 1/4-4 1/2 นิ้ว

4) ท่อเหล็กกลมกลวง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2-6 นิ้ว

5) เหล็กพืดหนา 1/2-1/4 นิ้ว กว้าง 1/4-4 นิ้ว ยาว 6 เมตร

6) เหล็กรูปตัว และ

เหล็กเส้นกลม เป็นเหล็กที่มีผิวเรียบ มีอยู่ชั้นคุณภาพเดียว ซึ่งใช้สัญญลักษณ์ว่า SR 24 ขนาดของเหล็กเรียกตามขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง เช่น 6 ก็หมายถึงเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระบุเท่ากับ 6 มม. ขนาดที่มีขายในท้องตลาดคือ 6,9,12,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15,19,22,25,28 และ 34 มม. ส่วนความยาวมาตรฐานคือ 10 เมตร แต่ 6,8,10.5 และ 12 เมตร ก็มีบ้างแต่ถ้าต้องการเป็นจำนวนมากก็สามารถสั่งตามความยาวที่ต้องการได้ ซึ่งจะมีผลดีที่ไม่มีเศษเหล็กเหลือ ขนาดและน้ำหนักของเหล็กเส้นกลม

โลหะแผ่น (SHEET METAL)

โลหะแผ่นใช้งานในช่างทั่วไป หมายถึง โลหะแผ่นทุกชนิดที่มีความหนาไม่เกิน 3/16 นิ้ว

โลหะแผ่นที่ใช้งานในอุสาหกรรมมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป ดังนั้น การทำงานแต่ละประเภทจำเป็นจะต้องศึกษาและเลือกใช้วัสดุหรือโลหะให้เหมาะสมกับคุณภาพของงาน และคุณสมบัติของโลหะด้วยจึงทำให้ผลของงานที่ได้เป็นที่น่าพอใจ และมีคุณค่ามากยิ่งขึ้น.

โลหะแผ่นที่นำมาใช้งานส่วนมาก ได้แก่ เหล็กซึ่งรีดออกมาเป็นแผ่นๆ มีขนาดความหนาหลายขนาดต่างๆ และยังมีการเคลือบผิวด้วยโลหะต่างๆเช่นเคลือบผิวด้วยตะกั่วสังกะสี หรือดีบุก เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังมีการเอาโลหะผสมมาใช้อีกหลายชนิดเช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น

โลหะแผ่นโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. โลหะแผ่นเปลือย
2. โลหะแผ่นเคลือบผิว

1.โลหะแผ่นเปลือย โดยมากจะเป็นประเภทที่ไม่ใช้เหล็กประเภทเหล็ก เช่น สแตนเลส เป็นต้น แต่ในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะสแตนเลส และอลูมิเนียมเท่านั้น

2.โลหะแผ่นเดียว โลหะแผ่นเดียวที่ทำด้วยเหล็กเป็นส่วนใหญ่แต่การใช้งาน เช่น การเคลือบดีบุก เคลือบสังกะสี เป็นต้น การเคลือบผิวจะทำให้เนื้อเหล็กไม่ถูกกัดกร่อนจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจะทำให้ได้มีอายุการใช้งานนานมากขึ้น

ประโยชน์ของการนำไปใช้เช่น เครื่องเรือน เครื่องครัว โต๊ะ–เก้าอี้ ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องประดับ

การเชื่อม

กระบวนงานเชื่อมประสาน การเชื่อมประสานให้ชิ้นงานติดเป็นเนื้อเดียวกันนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีกรรมวิธีทำงานหลักการวิธี ซึ่งเกิดขึ้นตามวิวัฒนาการของความเจริญทางด้านอุตสาหกรรม และลักษณะของงานที่ทำ ซึ่งกระบวนการต่างๆ ที่ได้คิดค้นและนำมาใช้ในการเชื่อมประสาน โดยแยกตามแบบวิธีการเชื่อมประสามนได้เป็นประเภทใหญ่ๆ 3 ประการคือ

1. <u>การเชื่อมหลอมเหลว</u>

เป็นกรรมวิธีเชื่อมประสามโดยการใช้ความร้อนเผาใช้ชิ้นงานร้อนจะละลาย และใช้โลหะเติมเป็นตัวประสานให้ประสานติดกัน หรือถ้าไม่ใช่ก็เผาให้ชิ้นงานหลอมละลาย ประสานกัน เป็นการเชื่อมที่ใช้กันมากที่สุดในวงการอุตสาหกรรม ในปัจจุบัน ซึ่งการเชื่อม แบบนี้ได้แก่

1.1 การเชื่อมไฟฟ้า

- การเชื่อมแบบเปิด เชื่อมด้วยมือ
- การเชื่อมแบบปิด
- การเชื่อมแบบใช้แก๊สคลุม

1.2 การเชื่อมแก๊ส

1.3 การเชื่อมแบบความต้านทาน

1.4 การเชื่อมแบบปฏิกิริยาเคมี

1.5 การหล่อเชื่อม

2. <u>การเชื่อมโดยใช้แรงกด</u>

การเชื่อมแบบนี้เป็นการต่อชิ้นงานให้ติดกัน โดยไม่ให้คำนึงถึงความแข็งแรงมากนัก ใช้กันมากในชุดเริ่มต้นจองวงการอุตสาหกรรม มีวิธีการใหญ่ๆ อยู่ 2 อย่างคือ

2.1 <u>การตีอัด</u> การทำงานโดยการตีอัดนี้ จะต้องเผาให้ชิ้นงานใกล้จุดหลอมเหลวละลาย แล้วจึงตีอัดต่อชิ้นงานหรือโดยวิธีแบบอื่นๆ เช่น

- การใช้ค้อนตีอัดขณะร้อน
- การใช้ล้อรีดทับ
- การหล่ออัด

2.2 <u>การเชื่อม</u> โดยใช้ความต้านทานไฟฟ้าซึ่งกรรมวิธีการทำงานแบบนี้ แบ่งออกเป็นหลายวิธีคือ

- การเชื่อมจุด
- การเชื่อมแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเชื่อมแบบ
- การเชื่อมแบบต่อเลข
- การเชื่อมแบบ

3. การบัดกรี

การบัดกรีเป็นการเชื่อมประสานแบบหนึ่งซึ่งความแข็งแรงของรอบประสานจะเห็นรอยการเชื่อมหลอมเหลว การบัดกรีนั้นการทำงานคล้ายกับการเชื่อมหลอมเหลวแตกต่างกันตรงที่ การบัดกรีชิ้นงานไม่ร้อนจนหลอมละลายขณะที่ตัวประสาน(ตัวเดิม) หลอมละลายประสานติดชิ้นงานมีอยู่ 2 วิธีคือ

3.1 การบัดกรีอ่อน

อุณหภูมิในการทำงานจะสูงไม่เกิน 400 องศา ซ. ตัวประสานเรียกว่าตัวบัดกรี จะทำจากตะกั่วผสมดีบุก จะมีตัวช่วยประสานให้ตัวบัดกรีกับชิ้นงานติดกันได้ง่ายขึ้นเรียกว่าน้ำประสาน

3.2 การบัดกรีแข็ง

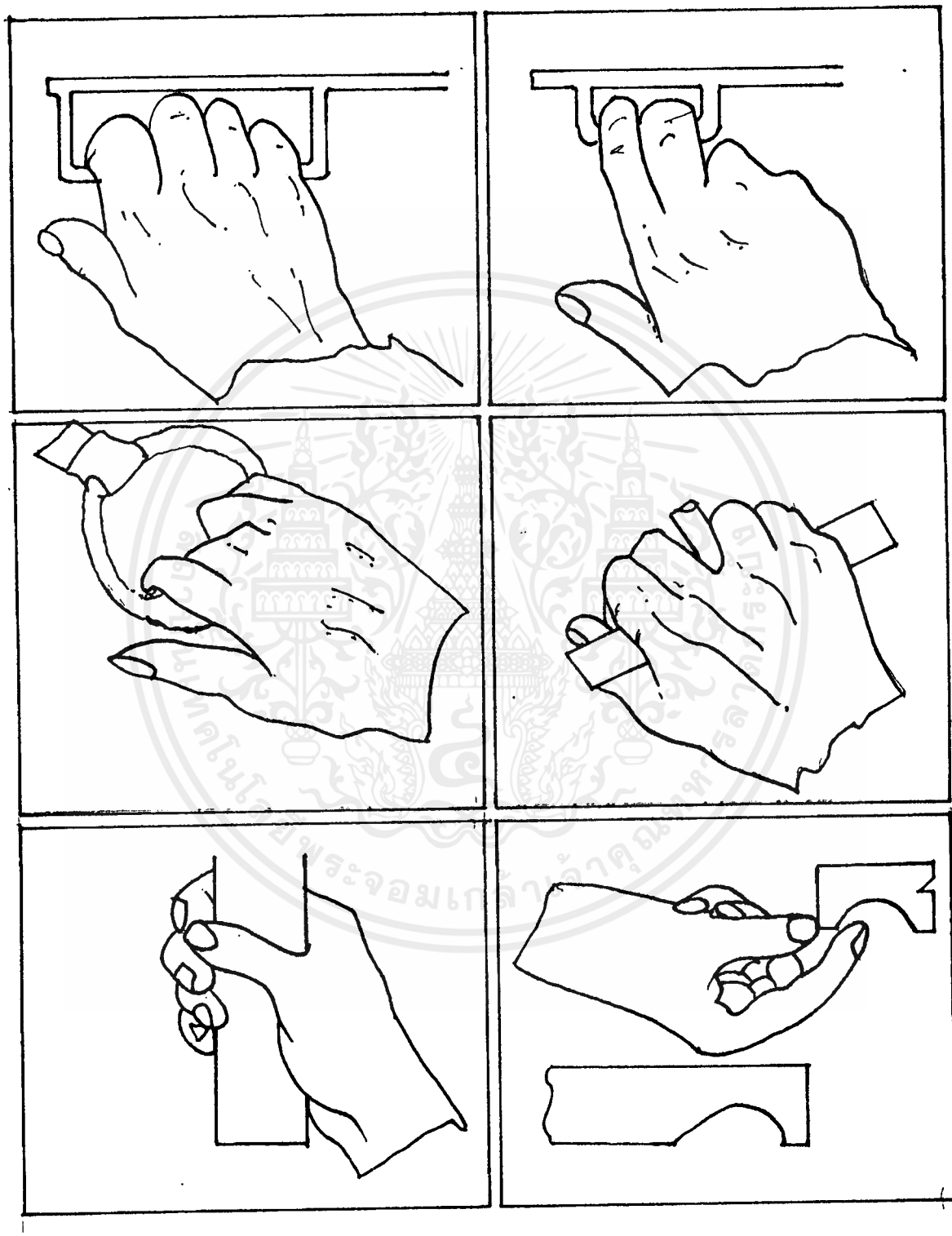
รอยบัดกรีแข็ง จะมีความแข็งแรงมากแต่น้อยกว่ารอยเชื่อมอุณหภูมิที่ทำงานอยู่ระหว่าง 400 องศา ซ.

งานเชื่อมโลหะ

โลหะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดของวงจรการอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือเครื่องจักรต่างๆ อุปกรณ์การสร้างในการขึ้นรูปโลหะเหล่านี้อาจจะทำได้หลายประการ เช่นการหล่อทำมาเป็นส่วนๆ แล้วนำมาประกอบกัน การต่อโดยวิธีการต่างๆ วิธีการที่จะให้ได้ความคงทนแข็งแรงและชิ้นรูปร่างได้ง่าย คือ การต่อประสานกันซึ่งการต่อประสานบางชนิดจะเสียเวลาในการทำงานน้อย สะดวกซึ่งการต่อประสานมีหลายแบบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

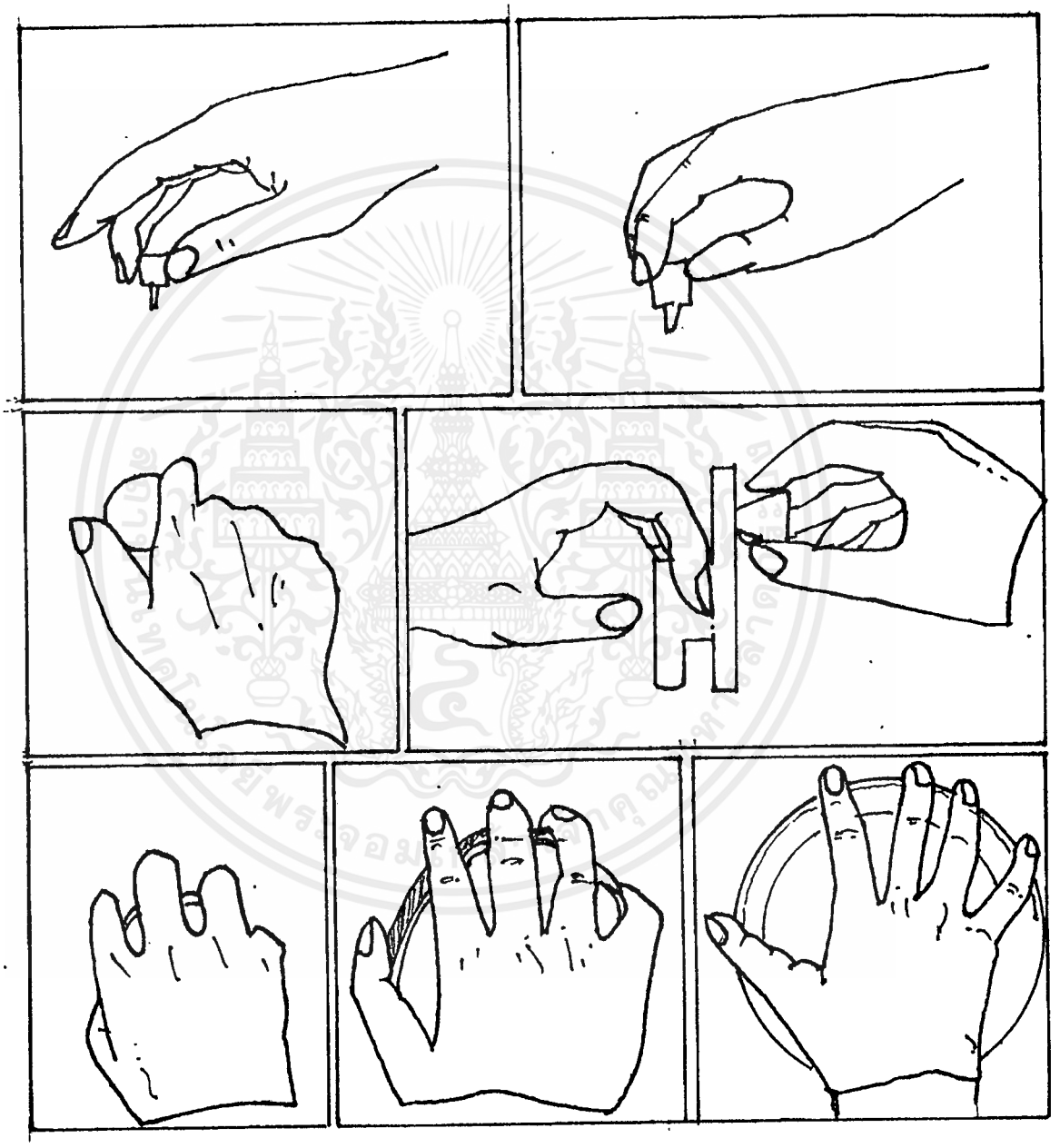
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การศึกษาเกี่ยวกับสรีระศาสตร์



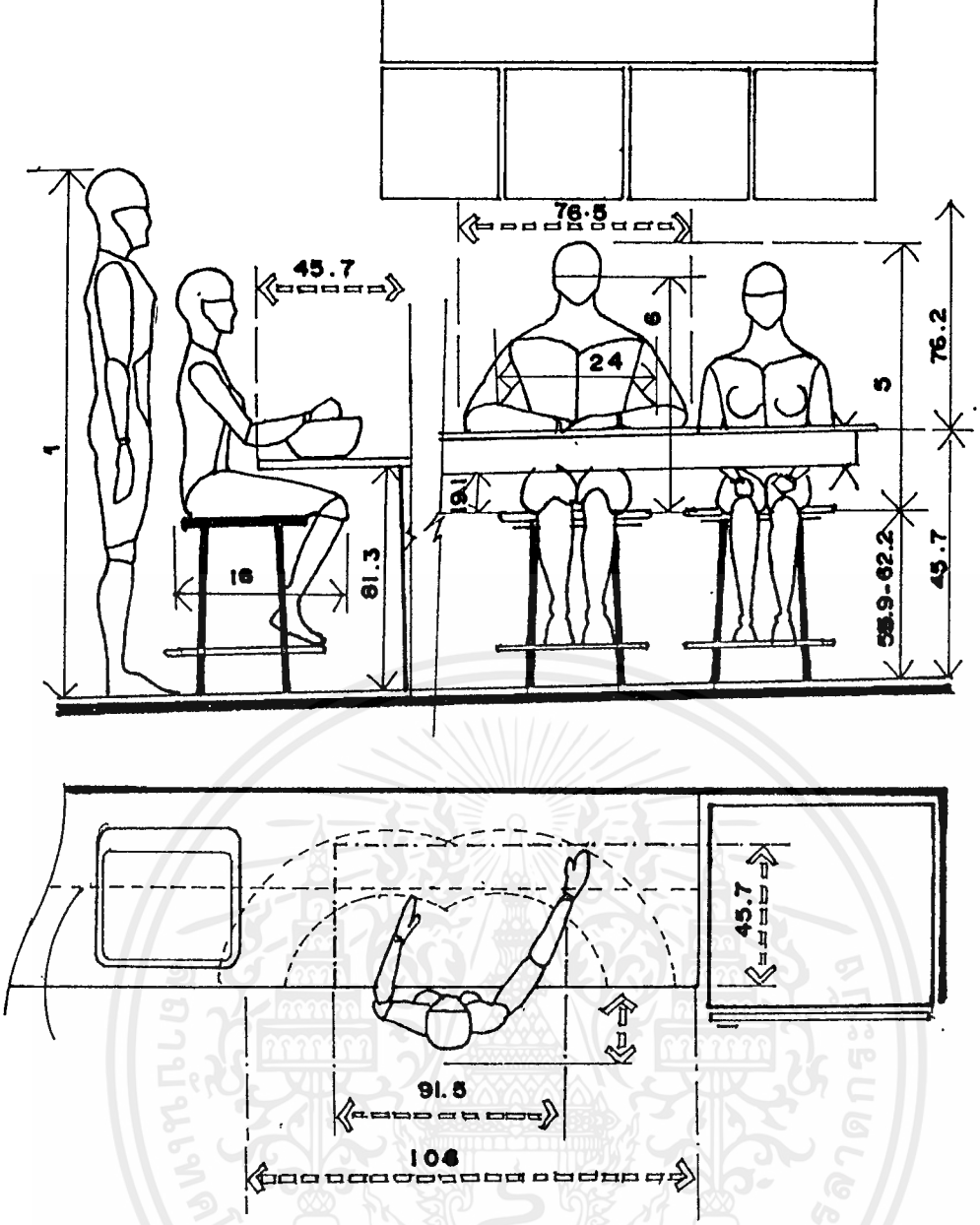
ภาพที่ 80 แสดงการจับในรูปแบบต่างๆ ของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



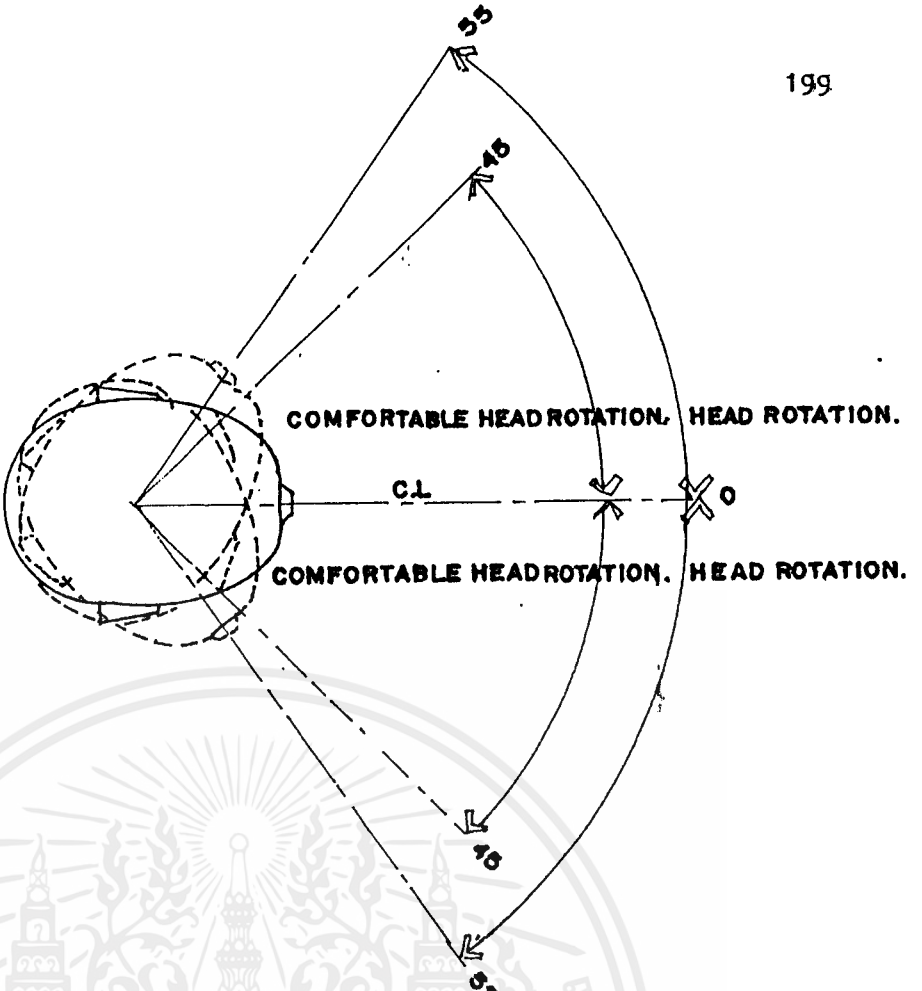
ภาพที่ 81 แสดงการจับหยิบในรูปแบบต่างๆ ของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

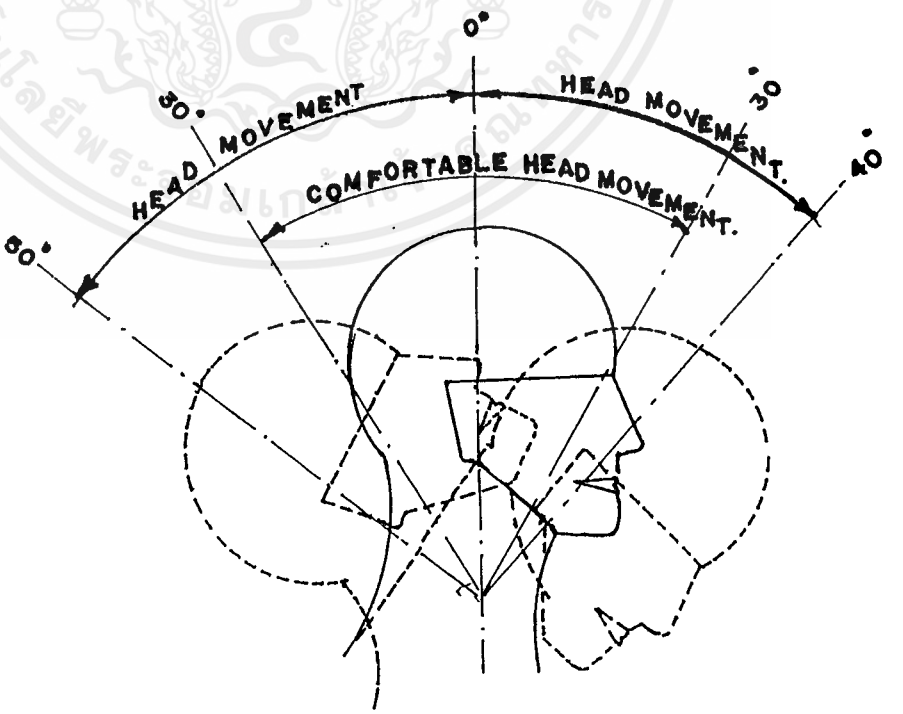


ภาพที่ 82 แสดงสัดส่วนในการทำงานกับโต๊ะปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 83 HEAD MOVEMENT IN HORIZONTAL PLANE



ภาพที่ 84 HEAD MOVEMENT IN VERTICAL PLANE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 กราฟฟิตสีสรรและการตกแต่งที่ใช้กับผลิตภัณฑ์

นอกเหนือจากงานออกแบบที่เน้นหนักไปทางด้าน (พิจารณาจากปัญหาเบื้องต้น) อันเป็นประสิทธิภาพทางการใช้งานของตัวผลิตภัณฑ์แนวทางการออกแบบยังเน้นทางด้านอารมณ์และความรู้สึกในลักษณะอันเป็นนามธรรม โดยอาศัยหลักเกณฑ์ทางด้านศิลป เพื่อบรรลุตามจุดมุ่งหมาย

จากความสำคัญและจุดมุ่งหมายดังกล่าวสามารถแยกเฉพาะประเด็นเพื่อที่จะหาแนวทางการออกแบบในส่วนนี้ได้ว่า

1. ผลิตภัณฑ์จะต้องมีส่วนในการโปรโมทสินค้าในอีกทางหนึ่ง นอกเหนือจากการใช้งานปกติคือ การนำเสนอสินค้าอยู่แล้วได้แก่ มีลักษณะการดึงดูดเชิญชวนต่อผู้พบเห็น สนับสนุนสินค้าให้เด่นชัด สร้างความน่าสนใจ

2. มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับข้อจำกัดทางด้านสถานที่ใช้งานตามที่กำหนด เพื่อให้เกิดประสิทธิผลดังจุดมุ่งหมายเต็มที่

เมื่อทราบถึงแนวทางการออกแบบที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย ก็สามารถกำหนดเป็นลักษณะของงานออกแบบที่ต้องการใน 3 ส่วนนี้ (กราฟฟิค สีหรร และการตกแต่ง) ได้ดังนี้

- ทางกราฟฟิค นอกเหนือจากความกลมกลืนในการใช้สีกับส่วนของงานออกแบบแล้ว ต้องการลักษณะที่สะอาดชัดเจนเพื่อการสังเกตุและสื่อความหมายได้ด้วย
- ทางด้านสีสรร สีควรสนับสนุนเป็นผลิตภัณฑ์มีความเด่นชัด ซึ่งอาจใช้สีเข้มเน้นให้สินค้าชัดเจน แต่ต้องคำนึงถึงว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใช้อยู่ภายในบ้านพักอาศัย และเกี่ยวข้องกับตู้เลี้ยงปลา กลุ่มผู้ใช้ส่วนมากจะเป็นบุคคลที่มีฐานะปานกลาง-ฐานะดี ซึ่งคำนึงถึงทั้งผู้ใช้งาน และลักษณะเครื่องกับการใช้งาน
- ทางด้านการตกแต่ง ลักษณะของการตกแต่งทางด้านรูปฟอร์มของงานออกแบบควรมีความทันสมัย

สรุป

ลักษณะงานออกแบบทั้ง 3 ส่วนที่กล่าวมาจะเป็นตัวกำหนดงานออกแบบตามแนวทางที่วางไว้ขั้นต้น ส่วนการจะกำหนดแน่นอนว่างานออกแบบจะเป็นเช่นไรในส่วนนั้นๆ ยังไม่สามารถชี้ชัดได้ เนื่องจากสามารถสร้างตัวเลือกที่เข้าประเด็นตามข้อกำหนดได้หลายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือก ซึ่งต้องพิจารณาประกอบกับการทดลองออกแบบ เพื่อให้ความเหมาะสมกันที่ดีที่สุด จากทุกๆ ส่วนของงานออกแบบอีกครั้งในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแบบ

3.6 การศึกษาเกี่ยวกับสีสรร

ทฤษฎีสี

ทฤษฎีสี เราแบ่งออกเป็น 3 สี คือ

1. สีแดง
2. สีเหลือง
3. สีน้ำเงิน

เมื่อผสมแม่สีทั้งสามสีจะทำให้เกิดสีใหม่ขึ้น เมื่อนำมาเรียงกันเป็นวงจรโดยอาศัยหลักทฤษฎีสีของ สามารถแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. สีร้อน
2. สีเย็น

สีร้อน

คือ สีที่ดึงดูดความรู้สึก (ADRNEING COLOURED) เมื่อมองไกลๆ เป็นสีที่ให้ความกระชุ่มกระชวย

สีเย็น

คือ สีที่ไม่ดึงดูดความรู้สึกไม่สะดุดตา ให้ความรู้สึกสบายตา สามารถมองได้นานๆ โดยไม่ระคายเคืองนัยตา

การเลือกสีกับผลิตภัณฑ์

นอกจากต้องการความสวยงามแล้ว สียังมีผลในการทำ ให้เกิดความรู้สึกในทางด้านอื่น ซึ่งเป็นผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์อยู่มาก

การใช้สีเพื่อการออกแบบ

การใช้สีตกแต่งผิวนอกเพื่อให้เกิดความสวยงามตามลักษณะของศุนทรีภาพ และเพื่อชักจูงใจสำหรับการขายและความชอบนั้น ๆ ส่วนใหญ่มักมีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ทุกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสี การแต่งผิวเพื่อชักนำโน้มน้าวให้เกิดผลทั้งทางการขาย ความสะดุดตา และความหมาย ความงาม ความงามทั้งหลายโดยประโยชน์ของสีก็ยังแยกได้ประโยชน์หลายชนิด อาจมีทั้งสีกันสนิม กับน้ำหรือต่อต้านภาวะการทำลายจากภายนอกสำหรับวัตถุหรือผลิตภัณฑ์นั้นๆ ด้วย

แต่การที่จะตกแต่งสำหรับผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องการความงามในการตกแต่งแล้วสียังเป็นลักษณะบอกถึงเป้าหมายสำหรับบอกการทำงานหรือเตือนใจ สำหรับผลิตภัณฑ์ในด้านประโยชน์ใช้สอยแต่ละอย่างด้วย โดยมีการกำหนดความหมายของสีจากความรู้สึก และการกำหนดจากมาตรฐานสากล เพื่อบ่งบอกสำหรับผลิตภัณฑ์ใช้งานตามประโยชน์ใช้สอย นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ตกแต่งซึ่งอาจใช้สีใดๆ ก็ได้ ตามความต้องการของผู้ออกแบบและความนิยมของตลาดแต่สำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ด้านประโยชน์ใช้สอยรวมถึงเครื่องจักรต่างๆ ซึ่งอาจมีอันตรายหรือเตือนใจไว้ เช่น เครื่องจักรเคลื่อนที่ช้า เช่น เครื่องบรรทุก เครื่องสกูตเตอร์ ควรใช้สีเหลืองเทา หรืออาจเป็นสีเหลืองที่บริเวณส่วนหรือกันชน และสีเหลืองยังทำให้รู้สึกเบา สะอาด รวมถึงการซ่อมสีก็ทำให้ง่าย ตัวอย่างเช่น รถนักเรียนตามมาตรฐานสากลนั้น มักใช้สีในกลุ่มสีแดงหรือสีเหลือง

เครื่องจักรทางไฟฟ้า อาจใช้สีกล่องเป็นสีน้ำเงิน โดยสีผิวภายในเป็นสีแดงเพื่อเตือนถึงอันตรายหรือบริเวณที่มีกระแสไฟฟ้าสูง ก็ใช้สีสดเตือนไว้กันสำหรับเครื่องมือในการรักษาพยาบาล กล่องหรือสิ่งแสดงต่างๆ ให้กากะบาทสีเขียวบนพื้นขาวเป็นต้น

<u>ลักษณะของสีกับการใช้งาน</u>

สีจะช่วยให้ทัศนวิสัยแจ่มใสที่สุด เมื่อนำมาใช้งานดังนี้

- สีอ่อนตัดกับสีแก่ (ค่าตัวแปรเปลี่ยนของสี)
- สีสดใสกับสีสดใส
- สีอ่อนตัดกับสีสดใส
- สีอุ่นตัดกับสีเย็น

สีตัดกันเองอยู่แล้วตามปกติ เช่น

- สีดำบนพื้นเหลือง
- สีเหลืองบนพื้นดำ
- สีแดงบนพื้นขาว
- สีส้มบนพื้นน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– สีชมพูบนพื้นดำ

เทคนิคการใช้สี

ปัญหาเกี่ยวกับเทคนิคการใช้สีมีดังนี้

1. สีกับรูปร่าง
2. สีกับผิว
3. สีกับวัสดุ
4. การกำหนดสี
5. เครื่องทำการทดสอบสี

สีกับรูปร่าง

สีกับรูปร่างมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด สีชนิดเดียวกันใช้กับของที่มีรูปร่างต่างกันจะแตกต่างกัน แห่งกลมหรือทรงกลมจะมีสีเข้าเพราะสะท้อนแสงได้ดี ทำให้จุดที่สะท้องกับจุดที่อยู่ข้างหลังตัดกันอย่างไร จึงทำให้สีที่อยู่ตอนหลังเข้มกว่า

สีและผิว

ผลิตภัณฑ์ที่มีสีขรุขระหรือผลิตภัณฑ์ที่มีจุดหรือรูปพื้นผิด หากไม่ต้องการให้เห็นง่ายให้ใช้สีด้านหรือสีอ่อน พวกเครื่องจักรหรือส่วนที่มีการให้เคลื่อนไหวไม่ควรมีสีมันเพราะจะทำให้ระคายสายตาทำงานไม่สะดวก

พยายามใช้วัสดุบางอย่างลอกเลียนให้เหมือนของบางอย่าง เช่นทำพลาสติกให้ได้เป็นลายไม้ ควรหลีกเลี่ยวัสดุที่ใช้ตามความเป็นจริง

สีกับวัสดุ

วัสดุที่เกี่ยวข้องกับสีมี 5 ประเภทคือ

1. สีต่างๆ แลคเกอร์ และเคลือบมีหลายสี
2. โลหะคือพวกชุบโคร์เมี่ยม นิเก้ล ชุบอลูมิเนียม มีแตกต่างกัน
3. พลาสติก มีสีต่างๆ มากมาย
4. เครื่องเคลือบดินเผา
5. แก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดสี

การออกแบบต้องกำหนดและในเมื่องานเสร็จเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่ขาดไม่ได้คือการกำหนดชนิดสีที่ต้องการบนแผ่นสี่เหลี่ยมเล็กเป็นตัวอย่าง บางครั้งนักออกแบบต้องติดตามควบคุมการใช้สีในการผลิตครั้งแรก เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการ

ความสัมพันธ์ของสีต่อผลิตภัณฑ์

1. ขนาด
   1.1 สีอ่อน ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูใหญ่ขึ้น
   1.2 สีเข้ม ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูเล็กลง
2. น้ำหนัก
   2.1 สีอ่อนและสีร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์ดูเบา
   2.2 สีเข้มและสีเย็น ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูหนัก
3. ความแข็งแรง
   3.1 สีร้อน ทำให้ความรู้สึกแข็งแรงมาก
   3.2 สีเย็น ทำให้ความรู้สึกแข็งแรงน้อยล
4. อุณหภูมิ
   4.1 สีร้อน ทำให้ความรู้สึกอบอุ่นไม่สบายใจ
   4.2 สีเย็น ทำให้ความรู้สึกสดชื่น สงบเยือกเย็น สบายใจ
5. ความสะอาด
   5.1 สีขาว เป็นสีที่ให้ความรู้สึกสะอาดที่สุด
   5.2 สีอ่อน เช่นสีงาช้าง สีเหลืองอ่อน ฟ้าอ่อน เขียวอ่อนให้ความรู้สึกนุ่มนวลสะอาด
6. ความภูมิฐาน

สีเทาเป็นสีที่ให้ความรู้สึกภูมิฐานที่สุด (อาจมีสีร้อนเน้นหน่อย) ตามปกติสีใช้ในสำนักงานจะใช้สีเทาแกมเขียว และสีเทาแกมน้ำเงิน

อิทธิพลของสีที่มีต่อความรู้สึก

อันที่จริงแล้ว อิทธิพลของสีที่กระทบจิตใจของเราจะรู้สึกไม่เหมือนกันทุกคนทั้งนี้เพราะบางคนพอใจอีกสีหนึ่ง ในขณะที่อีกคนหนึ่งชอบสี่ที่เราเกลียด ข้อนี้อาจเป็นผลมาแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุต่างๆ กัน เช่น คนที่เคยประสพไฟไหม้มาแล้วจนฝังจิตฝังใจแต่นั้นมา จะทนดูสีแดงไม่ได้ หรือบางคนได้รับความประทับใจจากธรรมชาติ และชอบสีเขียวมากกว่าสีใดๆ ซึ่งแต่ละคนจะมีความชอบแตกต่างกันออกไป เพราะฉะนั้นจะต้องทราบถึงความพอใจในสีของเจ้าของ และบุคคลต่างๆ ควบคู่กับความรู้สึกในเรื่องของสีของผู้ออกแบบเองด้วย

<u>สีกับความรู้สึก</u>

สีเขียวให้ความรู้สึกสดใส สดชื่น กระชุ่มกระชวย ให้พักสายตาได้ สีใบไม้หรือสีเขียวเข้ม ใช้ได้ก็ในการเน้นส่วนพื้นหรือฐาน แสดงความสงบเสงี่ยมแสดงความมีฐานันดรศักดิ์

สีน้ำตาล จัดอยู่ในพวกสีอุ่น เป็นสีที่ให้ความรู้สึกแห้งแล้ง ไม่ให้ความรู้สึกพักผ่อนถ้าใช้โดดเดี่ยวจะทำให้งานเกิดความรู้สึกสลดหดหู่ใจ

สีเทา ให้ความรู้สึกภูมิฐาน เคร่งขรึม สุภาพเรียบร้อย เป็นผู้ดี ใช้ได้ในเนื้อที่กว้างลดความจ้าของสีขาว และพะความลึกลับของสีดำ สามารถใช้เป็นสีกลางได้ทุกสี เพราะสามารถทำให้เกิดความกลมกลืนระหว่างสีอื่นๆ ดูแล้วสบายตา

สีดำ โดยปกติทำให้เป็นสีที่ทำให้ความรู้สึกหดหู่ ลึกลับ ให้ความรู้สึกหนักแต่มั่นคง การใช้สีดำสลับกับสีขาวในพื้นที่รวมกับสีอื่น จะทำให้เกิดความกระปี้กระเปร่า มีชีวิตชีวา ถ้าใช้สีดำกับผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง และไม่สกปรก

สีขาว ให้ความรู้สึกสะอาดบริสุทธิ์ ถ้าใช้โดดเดี่ยวจะให้ความรู้สึกเย็นสามารถใช้กับสีของฐานหรือที่อยู่ต่ำกว่าเพื่อเน้นให้เด่น

สีที่กล่าวมานี้เป็นสีด้านความงดงาม ที่เราตกแต่งลงบนผิววัสดุ แต่ยังมีสีที่ควรรู้สึกนั่นคือ สีของวัสดุต่างๆ ในการให้ความรู้สึกของมันอีกมาก เช่นสีของอลูมิเนียม จะออกเป็นสีเทาสำหรับสีเทา ขาวและดำ จะจัดเป็นสีที่เรียกว่า "สีเอกณรงค์" ไม่ควรใช้ร่วมกันระหว่างแม่สี (สีเหลือง แดง น้ำเงิน)

สีสำหรับผลิตภัณฑ์ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการกำหนดนี้เท่าไรนัก ซึ่งอาจเป็นเพราะข้อกำหนดการใช้สีแทนสัญญาลักษณ์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงและควรระวังในการใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ คือ การเปลี่ยนแปลงของสีภายใต้แสงไฟต่างๆ ซึ่งจะเกิดผลต่อผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก จากตารางการสะท้อนแสง ของสีเราจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีต่างๆภายใต้จุดกำเนิดแสดง ซึ่งทำให้เราทราบถึงลักษณะของสีที่เราต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแนะนำในการใช้สี

1. การใช้สีคล้อยไปกับสิ่งแวดล้อมผู้ใช้สีจะต้องคิดว่าสีที่ใช้นั้น กลมกลืน หรือแตกต่างกับสิ่งแวดล้อม เช่น ภูมิประเทศ ดินฟ้าอากาศ อาคารบ้านเรือนข้างเคียง เป็นต้น ถ้าใช้สีเหมือนธรรมชาติมากไปทำให้มองไม่เห็นเด่นออกมา และถ้าหากใช้สีแตกต่างกับสีของธรรมชาติมากไปก็ทำให้เกิดความไม่น่าดูไปได้ ตัวอย่างเช่น อาคารที่อยู่ในชนบทควรใช้สีคล้ายเช่นเดียวกับท้องฟ้าท้องนา แต่อาจเน้นให้สีสดชื่นขึ้นได้เช่นใช้สีส้มหม่นๆ เป็นต้น

2. การใช้สีให้คล้อยไปตามโครงสร้าง คือ ออกเป็นส่วนหนึ่งรับน้ำหนัก เช่น เสาธง คาน เป็นต้น ส่วนที่ได้รับน้ำหนัก เช่น ฝ้า เพดาน ประตู หน้าต่างสีที่ใช้จะช่วยพยุงความรู้สึกในน้ำหนักของสีได้ และยังช่วยถ่วงน้ำหนักของสีได้ และยังช่วยถ่วงน้ำหนักของอาคารให้อยู่ในดุลยภาพที่ดีด้วย การใช้สีไล่น้ำหนักของอาคารจากอ่อนไปหาแก่ ทำให้เกิดการลวงตาเป็นนูนขึ้นหรือเว้าลง ถ้าใช้สีส่วนบนหนัก ส่วนล่างเบาจะทำให้รู้สึกอาคารเบาลอยอยู่เป็นต้น

3. การใช้สีให้คล้อยตามวัสดุก่อสร้าง เช่น สีก่อสร้างทำด้วยอิฐควรให้ความรู้สึกเป็นอิฐ ถ้าเป็นวัสดุอื่น ไม้ กระจก โลหะต่างๆ ก็ไม่ควรที่จะบิดบังอำพรางความเป็นจริงหรือความเป็นตัวของมันเองเสียน่าเกลียด เช่น ทาอิฐ ด้วยสีฟ้า ทำให้ความรู้สึกธรรมชาติของวัสดุขาดความรู้สึกอบอุ่นปลอดภัย สีที่มีอยู่ตามธรรมชาติจะเป็นสีซึ่งใช้ได้มากๆ โดยไม่มีผลเสีย เพราะสีของมันจะถูกเบรคอยู่ในตัว

4. ควรใช้สีตามประโยชน์ใช้สอย การที่ให้สีที่ดีจะเป็นการบอกลักษณะประโยชน์ใช้สอยของมันเสร็จ เช่นสีที่ทาโรงเรียน บ้านพักอาคัย สถานที่ราชการ เป็นต้น หลักของการใช้สีที่เป็นบ้านพักอาคัยไม่ควรเป็นสีที่ฉูดฉาด ควรให้มีสีอ่อนหรือสีที่ถูกเบรคลงบ้าง เพราะสีที่ฉูดฉาดตรงกันข้ามกับสีของโรงมหรสพซึ่งเป็นที่ๆ เราต้องการความเปลี่ยนแปลงเพื่อสนุกตื่นเต้นเพียงชั่วคราว จึงสามารถใช้สีสดๆ ฉูดฉาดตกแต่งไว้

สีของแสง

สีของแสงมีความสำคัญมากในการมองของตา มันจะทำให้เกิดความชัดเจนหรือหลอกลวงทำให้เกิดอารมณ์ต่างๆ ความเครียด หรือนุ่มนวลและความรู้สึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการออกแบบ
ส่วนประกอบหลักที่ประกอบเก้นเป็นเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง

1. ต้นกำลังและระบบการส่งกำลัง
2. ลักษณะการบดผสมน้ำเคลือบ
3. ระบบควบคุมเครื่องบด
4. โครงสร้างเครื่องบดน้ำเคลือบ

ต้นกำลังและระบบการส่งกำลัง

เป็นส่วนกำเนิดกำลังของเครื่องบดน้ำเคลือบ ที่ส่งกำลังไปยังระบบทำงานของเครื่องบดด้วยระบบการส่งกำลัง

ลักษณะการบดผสมน้ำเคลือบ

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการบดผสมให้ส่วนผสมเข้ากันโดยรับแรงมาจากระบบส่งกำลัง

ระบบควบคุมเครื่องบด

ระบบนี้ จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งหมด ตั้งแต่ความเร็ว, เวลา, การปิด-เปิดเครื่องบด

โครงสร้างเครื่องบดน้ำเคลือบ

เป็นส่วนหลักที่จะช่วยมิให้ระบบต่าง ๆ เกิดความเสียหายใน ขณะทำงาน และทำให้เครื่องมีความแข็งแรง ตลอดจนป้องกันความปลอดภัยให้กับผู้ใช้เครื่องด้วย

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับต้นกำลังและระบบการส่งกำลัง

4.1.1 วิเคราะห์เลือกต้นกำลังของเครื่องบด

ตัวเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ต้นกำลังโดยใช้แรงคน

2. ต้นกำลังจากไฟฟ้า (มอเตอร์ไฟฟ้า)

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	ต้นกำลังโดยใช้แรงคน	ต้นกำลังจากไฟฟ้า
1.	ความสะดวกรวดเร็ว	1	4
2.	ประหยัดด้านแรงงาน	2	4
3.	อายุการใช้งานนาน	3	3
4.	การบำรุงรักษา	4	1
5.	เหมาะสมกับการใช้งาน	2	4
รวม		12	16

ตารางที่ 38 ตารางวิเคราะห์ต้นกำลัง

หมายเหตุ 4 ดีมาก, 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ต้นกำลังของระบบการทำงานใช้ต้นกำลังจากไฟฟ้า โดยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล (มอเตอร์ไฟฟ้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 วิเคราะห์เลือกใช้ชนิดมอเตอร์

ตัวเลือก

1. SPLIT PHASE MOTOR
2. CAPACTOR MOTOR
3. REPULSION MOTOR

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	1	2	3
1.	สามารถปรับความเร็วได้	2	2	4
2.	สามารถใช้แรงม้าขนาด 1/6 แรงม้า	3	4	3
3.	สามารถใช้ต่อเนื่องได้บ่อยครั้ง	4	4	4
4.	ให้แรงบิดที่มีค่าสม่ำเสมอ	3	3	3
	รวม	12	13	14

ตารางที่ 39 ตารางวิเคราะห์เลือกใช้มอเตอร์

หมายเหตุ 4 ดีมาก, 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ชนิดของมอเตอร์ที่เลือกใช้คือ REPULSION MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 วิเคราะห์กำลังมอเตอร์

เลือกใช้มอเตอร์ที่มี คอนเคนเซอร์ ช่วยสตาร์ท ซึ่งมีขนาด 100 วัตต์ หรือ 1/16 แรงม้า เพราะฉะนั้นนำมาเพื่อพิจารณา ในการทำหน้าที่ต้นกำลังเครื่องบดน้ำเคลือบ

1. 1/6 MP
2. 1/4 MP
3. 1/2 MP

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	1/6	1/4	1/2
1.	เหมาะสมขนาดการใช้งาน	3	2	1
2.	กินไฟน้อย	4	3	2
3.	ราคาซ่อมแซมถูก	3	2	1
4.	บำรุงรักษาง่าย	3	3	3
	รวม	16	12	8

ตารางที่ 40 วิเคราะห์ตารางมอเตอร์

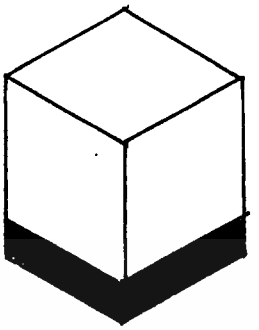
หมายเหตุ 4 ดีมาก, 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

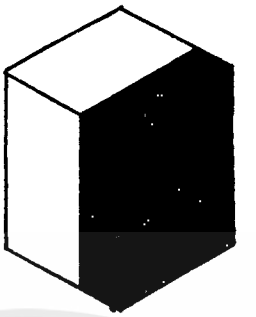
เลือกขนาด แรงม้ามอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/6 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 วิเคราะห์การวางตำแหน่งของต้นกำลัง



แบบที่ 1



แบบที่ 2

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	สัมพันธ์กับระบบส่งกำลัง	2	3
2.	ถ่วงน้ำหนักเครื่อง	3	2
3.	สะดวกในการติดตั้ง	2	3
4.	สะดวกในการใช้งาน	3	3
รวม		10	11

ตารางที่ 41 วิเคราะห์การวางตำแหน่งของต้นกำลัง

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

การวางตำแหน่งของต้นกำลังเลือกวางแบบที่ 2 คือวางไว้ด้านข้างของเครื่อง

บดติดกับระบบส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 วิเคราะห์การติดตั้งมอเตอร์

ลักษณะการติดตั้งมอเตอร์ ที่เลือกมาพิจารณา มีดังนี้

1. ยึดติดกับโครงสร้างระบบส่งกำลัง
2. ยึดติดกับโครงสร้างของเครื่องบด

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	ความแข็งแรงทนทาน	3	2
2.	ถอดประกอบได้ง่าย	1	3
3.	ทนต่อแรงสั่นสะเทือน	3	2
4.	บำรุงรักษาง่าย	2	3
5.	การระบายความร้อน	3	2
6.	สัมพันธ์กับระบบการส่งกำลัง	3	1
รวม		15	13

ตารางที่ 42 วิเคราะห์การติดตั้งมอเตอร์

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

การติดตั้งมอเตอร์ เลือกใช้แบบยึดติดกับโครงสร้างระบบส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 วิเคราะห์ระบบการส่งกำลัง

ตัวเลือก

1. แบบใช้เฟือง
2. แบบใช้สายพาน
3. แบบใช้โซ่

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	เฟือง	สายพาน	โซ่
1.	ประสิทธิภาพในการทำงาน	3	2	3
2.	ประหยัดค่าใช้จ่าย	1	3	2
3.	ผลิตง่าย	1	3	2
4.	สะดวกในการติดตั้ง	2	3	1
5.	ดูแลรักษาได้ง่าย	2	3	2
6.	อัตราการสูญเสียกำลังน้อย	3	2	3
7.	อายุการใช้งาน	3	2	3
รวม		15	18	16

ตารางที่ 43 วิเคราะห์ระบบการส่งกำลัง

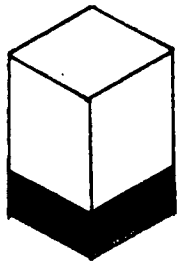
หมายเหตุ 3 ดีมาก, 2 ดี, 1 พอใช้

สรุป :-

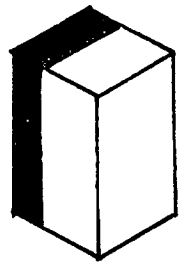
ระบบการส่งกำลังของระบบการทำงานภายในเครื่องบดน้ำเคลือบใช้การส่งกำลังโดยสายพานในการส่งกำลัง เพราะมีความเหมาะสมมากกว่าใช้เฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

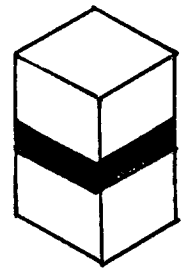
4.1.7 วิเคราะห์ระลักษณะการวางตำแหน่งระบบการส่งกำลัง



แบบที่ 1



แบบที่ 2



แบบที่ 3

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
1.	เนื้อที่ของระบบการส่งกำลัง	3	1	2
2.	การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ	2	3	1
3.	ประหยัดวัสดุโครงสร้าง	3	1	2
4.	ง่ายต่อการติดตั้ง	2	3	2
5.	ความเหมาะสมกับงาน	3	1	2
6.	การถ่วงน้ำหนัก	3	1	2
	รวม	16	10	16

ตารางที่ 44 วิเคราะห์ลักษณะการวางตำแหน่งระบบการส่งกำลัง

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ลักษณะการวางตำแหน่งระบบการส่งกำลังใช้แบบที่ 1 เพราะมีความเหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8 วิเคราะห์วัสดุโครงสร้างของระบบส่งกำลัง

ในลักษณะของการวางระบบส่งกำลังที่ใช้สายพานในการส่งกำลังของการนำงานเครื่องบดน้ำเคลือบนี้ จะต้องมีความแข็งแรงและเหมาะสมกับงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการส่งกำลังที่ดี

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
1.	ความแข็งแรงคงทน	4	3	3
2.	น้ำหนักของโครงสร้าง	2	4	3
3.	ประสิทธิภาพในการทำงาน	4	3	4
4.	ขนาดที่เหมาะสม	2	4	4
5.	การติดตั้งระบบต่างๆ	3	4	2
รวม		15	18	16

ตารางที่ 45 วิเคราะห์วัสดุโครงสร้างของระบบส่งกำลัง

หมายเหตุ 4 ดีมาก, 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

วัสดุที่นำมาใช้ในการทำโครงสร้างทั้งของระบบการส่งกำลัง คือเหล็กแผ่น เพราะมีความเหมาะสมในการทำงาน และการผลิตมา ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.9 วิเคราะห์การผลิต โครงสร้างระบบการส่งกำลัง

ตัวเลือก

1. เชื่อม
2. ใช้น็อตประกอบ

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	1	2
1.	ความแข็งแรง	3	3
2.	อายุการใช้งาน	3	2
3.	สะดวกต่อการติดตั้ง	3	2
4.	ต้นทุนการผลิต	2	1
5.	ความเร็วในการผลิต	2	1
	รวม	13	9

ตารางที่ 46 วิเคราะห์การผลิตโครงสร้างระบบส่งกำลัง

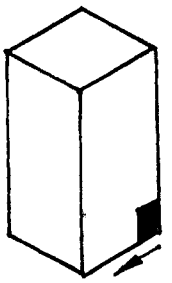
หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

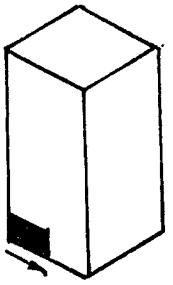
เลือกระบบการผลิตแบบ 1 คือการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

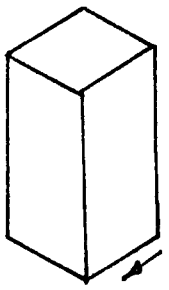
4.1.10 วิเคราะห์ตำแหน่งสายไฟออกจากเครื่อง



ด้านข้าง–ขวามือ



ด้านข้าง–ซ้ายมือ



ด้านหลัง

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	ด้านข้าง–ขวามือ	ด้านข้าง–ซ้ายมือ	ด้านหลัง
1.	ระยะการทำงานของมือทำได้สะดวก	3	2	1
2.	สะดวกในการใช้งาน	3	2	1
3.	ไม่กินเนื้อที่ในการวาง	3	3	2
4.	บำรุงรักษาได้ง่าย	3	3	2
5.	ทำความสะอาดได้ง่าย	3	3	2
รวม		15	13	8

ตารางที่ 47 วิเคราะห์ตำแหน่งสายไฟออกจากเครื่อง

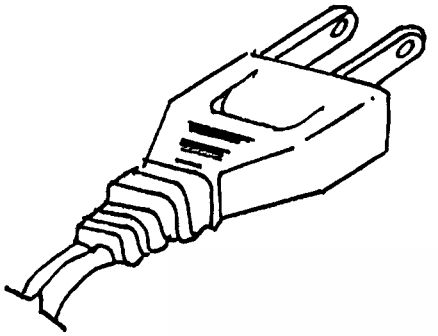
หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

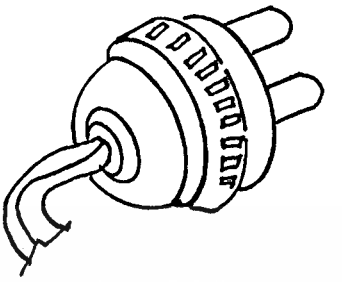
เลือกตำแหน่งสายไฟออกด้านข้าง–ขวามือ มีความเหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

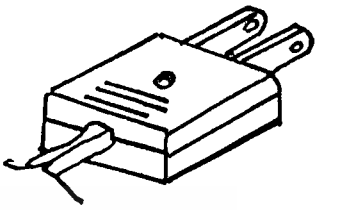
4.1.11 วิเคราะห์ลักษณะของปลั๊กที่จะนำมาใช้



1.แบบปลั๊กแบนหล่อ



2.ปลั๊กกลมถอด



3. ปลั๊กแบนถอด

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	ด้านข้าง–ขวามือ	ด้านข้าง–ซ้ายมือ	ด้านหลัง
1.	ใช้ได้ง่าย, สะดวก	3	1	2
2.	ทนทาน	3	2	2
3.	หาซื้อได้ง่าย	3	2	3
4.	ความปลอดภัย	3	2	2
รวม		12	7	9

ตารางที่ 48 วิเคราะห์ลักษณะของปลั๊กที่จะนำมาใช้

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ลักษณะปลั๊กตัวผู้ที่นำมาใช้ แบบที่ 1 ปลั๊กแบบหล่อ เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิเคราะห์ลักษณะการบดน้ำเคลือบ

4.2.1 วิเคราะห์ลักษณะการบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง

ลักษณะการบดที่นำมาวิเคราะห์

1. แบบใช้โกร่งบด
2. แบบใช้หม้อบดวางลักษณะนอนแล้วหยุด
3. แบบใช้หม้อบดวางลักษณะตั้งแล้วเหวี่ยง

ตารางวิเคราะห์ลักษณะการบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา			
1.	ประสิทธิภาพของน้ำเคลือบ	1	4	3
2.	ประสิทธิภาพในการบด	1	3	4
3.	ประหยัดเวลาในการบด	1	2	4
4.	ผลิตได้ง่าย	4	3	2
5.	ต้นทุนการผลิต	4	2	2
รวม		11	14	15

ตารางที่ 49 วิเคราะห์ลักษณะการบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง

หมายเหตุ 3 ดีมาก, 2 ดี, 1 พอใช้

สรุป

ลักษณะการบดน้ำเคลือบขั้นทดลองที่เลือกใช้ คือแบบใช้หม้อบด ตั้งแล้วใช้แรงเหวี่ยง เพราะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และยังสะดวกรวดเร็วอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 วิเคราะห์ลูกบด

ลูกบดเป็นตัวทำการบดผสมส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน จึงจำเป็นต้องใช้ลูกบดในบดผสมส่วนผสม เพื่อช่วยให้ส่วนผสมละเอียดและน้ำเคลือบมีคุณภาพที่ดี และช่วยลดเวลาในการบดให้น้อยลง

ขนาดของลูดบด

ขนาดของลูกบดที่ใช้ในการบดที่ทำให้การบดผสม ส่วนผสมมีคุณภาพและใช้เวลาบดที่น้อยที่สุด คือ การใช้ลูกบด 3 ขนาด คือ

1. ขนาดใหญ่ 0 12 มม. ใช้ประมาณ 25% ของปริมาตรลูกบด
2. ขนาดกลาง 0 8 มม. ใช้ประมาณ 50% ของปริมาตรลูกบด
3. ขนาดเล็ก 0 4 มม. ใช้ประมาณ 25% ของประมาตรลูกบด

วัสดุที่ใช้ทำลูกบด

ลูกบดที่ทำด้วยพอร์สเลน (PORCELAIN BALL) จะให้ประสิทธิภาพในการบดได้สูง เพราะมีขนาดและรูปทรงที่แน่นอน

ปริมาตรของลูกบดที่ใช้ในการบด

ลูกบดที่ใช้แล้วให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการบดควรจะใช้ประมาณ 30-50% ของปริมาตรภายในของหม้อบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 วิเคราะห์ความเร็วที่ใช้ในระบบการบด

ตัวเลือก

1. ความเร็วคงที่
2. ความเร็วที่ปรับได้

ตารางวิเคราะห์

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	1	2
1.	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับ ต้นกำลัง	3	1
2.	การรับแรงเหวี่ยงข้อเครื่องบด	2	3
3.	อายุการใช้งานของชิ้นส่วน	1	3
4.	ความเหมาะสมกับงาน	2	3
รวม		8	10

ตารางที่ 50 วิเคราะห์ความเร็วที่ใช้ในระบบการบด

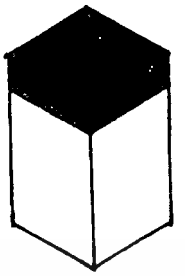
หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

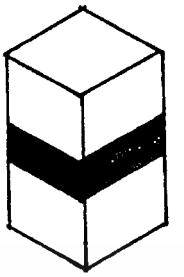
ความเร็วของเครื่องบด ใช้ความเร็วแบบสามารถปรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 วิเคราะห์ตำแหน่งระบบการบด



แบบ 1



แบบ 2

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบ 1	แบบ 2
1.	สัมพันธ์กับระบบส่งกำลัง	3	3
2.	สะดวกในการใช้งาน	2	2
3.	สะดวกในการติดตั้ง	3	1
4.	เหมาะสมกับลักษณะการบด	3	3
รวม		11	9

ตารางที่ 51 วิเคราะห์ตำแหน่งระบบการบด

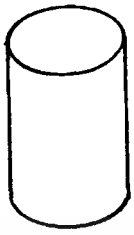
หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

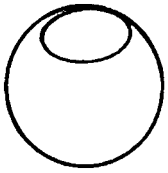
ตำแหน่งระบบการบด เลือกวางไว้ที่ตำแหน่งด้านบนของเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 วิเคราะห์รูปทรงของหม้อบด



ทรงกระบอก



ทรงกลม

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบ 1	แบบ 2
1.	เหมาะสมกับลักษณะการบด	1	3
2.	ง่ายต่อการผลิต	3	2
3.	ประสิทธภาพในการบด	1	3
4.	สัมพันธ์กับปริมาตรที่ใช้บด	3	3
รวม		8	11

ตารางที่ 52 วิเคราะห์รูปทรงของหม้อบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

รูปทรงของหม้อบด ที่เลือกใช้คือ แบบทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 วิเคราะห์จำนวนหม้อบดที่ใช้ในการบดแต่ละครั้ง

ตัวเลือก

1. จำนวน 1 หม้อบด

2. มากกว่า 1 หม้อบด

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	1 หม้อบด	มากกว่า 1 หม้อบด
1.	ประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตเครื่องบด	3	2
2.	เหมาะสมกับแรงของต้นกำลัง	3	2
3.	สะดวกในการทดลอง	2	1
4.	ความปลอดภัยของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องบด	3	1
5.	อายุการใช้งานของเครื่อง	3	2
รวม		14	8

ตารางที่ 53 วิเคราะห์จำนวนหม้อบดที่ใช้ในการบดแต่ละครั้ง

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

จำนวนของหม้อบดที่เลือกใช้ในการทดลอง 1 ครั้ง ใช้หม้อบดจำนวน 1 หม้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 วิเคราะห์ปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้บดในขั้นทดลอง

ในการทดลองสูตรน้ำเคลือบส่วนใหญ่จะทดลองในปริมาตรที่น้อยเพราะเป็นเพียงขั้นตอนการทดลอง และประหยัดทั้งเวลาและวัสดุในการทำงานอีกด้วย จากที่ได้ศึกษาข้อมูลมาผู้จัดได้เลือกปริมาตรน้ำหนักของส่วนผสมมาพิจารณา คือ

1. ปริมาตรน้ำหนัก 50 กรัม
2. ปริมาตรน้ำหนัก 100 กรัม

ปริมาตรน้ำหนัก 50 กรัม ใช้ในการทดลอง

ข้อดี

- ประหยัดวัสดุกว่า 100 กรัม ถึง 50%
- ประหยัดเวลาในการบดผสม
- ภาชนะที่ใช้บดที่มีขนาดที่เล็ก

ข้อเสีย

- มากขั้นตอนในการคิดคำนวณสูตร
- การชั่งส่วนผสมต้องให้ความละเอียดมาก
- อาจเกิดความผิดพลาดในการชั่งน้ำหนัก
- ยากต่อการชุบเคลือบเพราะมีปริมาตรที่น้อย

ปริมาตรน้ำหนัก 100 กรัม

ข้อดี

- สัมพันธ์กับสูตรเคลือบที่คิดเป็นเปอร์เซนต์
- ไม่ต้องยุ่งยากในการคิดคำนวณ
- ง่ายต่อการชั่งน้ำหนักส่วนผสม
- เกิดการผิดพลาดน้อยในการชั่งน้ำหนัก
- ง่ายต่อการชุบเคลือบแผ่นทดลอง
- ไม่ทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

- เบลือกวัตถุดิบกว่าการใช้ปริมาตรน้ำหนัก 50 กรัม ถึง 50%
- ใช้เวลาในการบดนานกว่า ปริมาตรน้ำหนัก 50 กรัม
- ใช้ภาชนะที่ใช้บดที่ใหญ่ขึ้น

สรุป

จากการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ของทั้งสองตัวเลือกแล้วปริมาตรน้ำหนัก 100 กรัม จะมีข้อดีที่มากกว่าข้อเสีย จึงเลือกใช้แบบปริมาตรน้ำหนัก 100 กรัม เพื่อใช้ในการทดลองกับเครื่องบด

4.2.8 วิเคราะห์ปริมาตรของหม้อบด

- ปริมาตรน้ำหนักของส่วนผสมที่เลือกใช้ คือ 100 กรัม
  มีปริมาตร = 119 ลบ.ซม. (ขณะแห้ง)
- น้ำที่ใช้ผสม 50% ของน้ำหนักส่วนผสม = 50 กรัม หรือ 50 ลบ.ซม.
- ปริมาตรส่วนผสม รวมกับน้ำ 119 + 50 = 169 ลบ.ซม.
- ปริมาตรลูกบดที่ใช้ในการบดที่ได้ผลดีที่สุด คือไม่เกิน 30% ของปริมาตรของหม้อบด

  คิดปริมาตรลูกบด

$$\frac{\text{(ปริมาตรส่วนผสม+น้ำ)} \times 30\%}{100} = \text{ปริมาตรลูกบด}$$

แทนค่า $\frac{169 \times 30}{100} = 50.7$ ลบ.ซม.

ปริมาตรลูกบดใช้ 50.7 ลบ.ซม.

ปริมาตรหม้อบด = ปริมาตรส่วนผสม + น้ำบด + ลูกบด

= 119 + 50 + 50.7 ลบ.ซม.

= 219.7 หรือ 220 ลบ.ซม.

สรุป

ปริมาตรของหม้อบดที่ใช้กับเครื่องบด = 220 ลบ.ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.9 วิเคราะห์ที่ป้องกันรอบระบบการบด

รูปแบบตัวเลือกในการพิจารณา

1. แบบที่ 1 ป้องกันแบบครอบทั้งระบบการบด

2. แบบที่ 2 ป้องกันเฉพาะด้านข้าง

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	1 หม้อบด	มากกว่า 1 หม้อบด
1.	เกิดความปลอดภัยสูงต่อผู้ใช้	3	1
2.	ง่ายต่อการผลิต	2	3
3.	ง่ายต่อการติดตั้ง	2	3
4.	ทำให้เกิดความรู้สึกในขณะที่เครื่องทำงานเพื่อให้เกิดความสนใจ	2	2
5.	ป้องกันความเสียหายของเครื่องบด	3	1
	รวม	12	10

ตารางที่ 54 วิเคราะห์ที่ป้องกันรอบระบบการบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

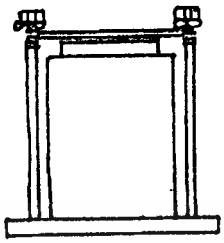
สรุป :-

ที่ป้องกันรอบระบบการบดของเครื่องบด เลือกใช้แบบป้องกันแบบครอบทั้งระบบการบด

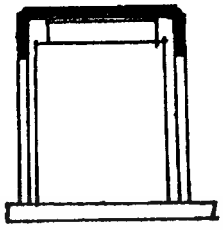
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.10 วิเคราะห์ระบบล็อคหม้อบดติดกับระบบการบด

ตัวเลือก



1. แบบที่ใช้เกลียวล็อคหม้อบด



2. แบบครอบทั้งหม้อบด

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	ความปลอดภัย	3	3
2.	ระบบการผลิต	2	2
3.	ง่ายต่อการใช้งาน	1	3
4.	อายุการใช้งาน	3	2
รวม		9	10

ตารางที่ 55 วิเคราะห์ระบบล็อคหม้อบดติดกับระบบการบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ระบบล็อคหม้อบดติดกับระบบการบดเลือกใช้แบบที่ 2 คือ แบบครอบทั้งหม้อบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.11 วิเคราะห์ระบบการล๊อคฝาครอบหม้อบด

รูปแบบที่เลือกมาพิจารณา

1. แบบล๊อคโดยใช้น๊อตล๊อคหม้อบด
2. แบบล๊อคโดยใช้ระบบกลไก

ตารางวิเคราะห์

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	ความสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน	1	3
2.	ประสิทธิภาพการทำงาน	3	3
3.	ความปลอดภัย	2	2
4.	ง่ายต่อการผลิตฯ ระบบอุตสาหกรรม	3	2
รวม		9	10

ตารางที่ 56 วิเคราะห์ระบบการล๊อคฝาครอบหม้อบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

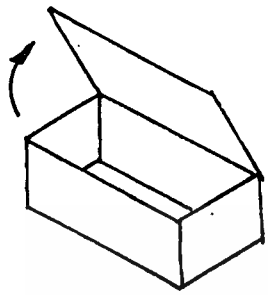
สรุป :-

ระบบการล๊อคฝาครอบหม้อบด เลือกใช้แบบระบบกลไก

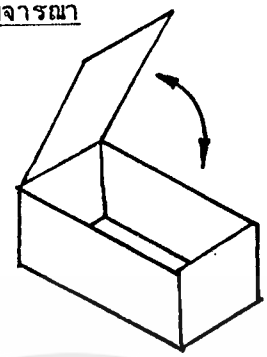
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.12 วิเคราะห์ลักษณะการเปิดที่ป้องกันระบบการบด

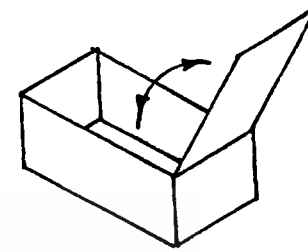
รูปแบบที่เลือกมาพิจารณา



แบบที่ 1



แบบที่ 2



แบบที่ 3

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
1.	เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน	2	3	3
2.	สะดวกในการทำงาน	3	2	2
3.	การผลิตในระบบอุตสาหกรรม	2	3	3
4.	เหมาะสมกับด้านสรีระศาสตร์	2	2	3
รวม		9	10	11

ตารางที่ 57 วิเคราะห์ลักษณะการเปิดที่ป้องกันระบบการบด

หมายเหตุ 3 ดีมาก, 2 ดี,. 1 พอใช้

สรุป

ลักษณะการเปิดที่ป้องกันระบบการบด เลือกใช้แบบที่ 3 คือ การเปิดที่ป้องกันไปทางด้านข้างทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.13 วิเคราะห์วัสดุชุดล๊อคหม้อบดติดกับระบบการบด

วัสดุที่เลือกมาพิจารณา

1. พลาสติค
2. ไฟเบอร์กล๊าส

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	แข็งแรงทนทาน	2	3
2.	การผลิตในระบบอุตสาหกรรม	3	2
3.	ต้นทุนการผลิตต่ำ	2	3
4.	น้ำหนักเบา	3	2
5.	มาตรฐานผลิตภัณฑ์	3	2
รวม		13	12

ตารางที่ 58 วิเคราะห์วัสดุชุดล๊อคหม้อบดติดกับระบบการบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

วัสดุเลือกมาใช้ทำชุดล๊อคหม้อบดติดกับระบบการบดเลือกใช้พลาสติกใช้ในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.14 วิเคราะห์ชนิดพลาสติคที่ป้องกันระบบการบด

ชนิดพลาสติคที่เลือกมาพิจารณา

1. โปลีสไตลีน

2. พีวีซี

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	โปลีสไตลีน	พี วี ซี
1.	ให้ความใสของเนื้อพลาสติก	3	2
2.	ทนต่อแรงกระแทก	3	2
3.	น้ำหนักเบา	2	2
4.	ผลิตในระบบอุตสาหกรรม	2	2
5.	ราคาถูก	2	3
รวม		12	11

ตารางที่ 59 วิเคราะห์ชนิดพลาสติกที่ป้องกันระบบการบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ชนิดพลาสติคที่ป้องกันระบบการบดเลือกใช้พลาสติค โปลีสไตลีน ในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.15 วิเคราะห์ระบบการผลิตพลาสติคทำที่ป้องกันระบบการบด

รูปแบบที่นำมาพิจารณา

1. INJECTION MOLDING

2. THERMFER

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	INJECTON	THERMFER
1.	ผลิตในระบบอุตสาหกรรม	3	1
2.	ความเร็วในการผลิต	3	2
3.	เหมาะสมกับชนิดของพลาสติคเลือกใช้	3	2
4.	ราคาในการผลิต	1	3
รวม		10	8

ตารางที่ 60 วิเคราะห์ระบบการผลิตพลาสติกทำที่ป้องกันระบบการบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ระบบการผลิตพลาสติกทำที่ป้องกันระบบการบด เลือกระบบการผลิตแบบ INJECTON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิเคราะห์ระบบควบคุมเครื่องบด

4.3.1 วิเคราะห์สวิทช์เครื่องบด

ตัวเลือก

1. สวิทช์แบบกด
2. สวิทช์แบบหมุน
3. สวิทช์แบบโยก

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบกด	แบบหมุน	แบบโยก
1.	ง่ายต่อการใช้งาน	3	2	2
2.	สะดวกในการติดตั้ง	3	2	3
3.	ง่ายต่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม	3	3	3
4.	ราคาถูก	2	1	2
5.	อายุการใช้งาน	2	2	1
	รวม	13	10	11

ตารางที่ 61 วิเคราะห์ระบบควบคุมเครื่องบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

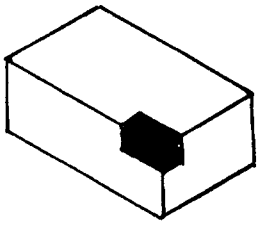
สรุป :-

สวิทช์เปิดปิดเครื่องเลือกใช้แบบกด

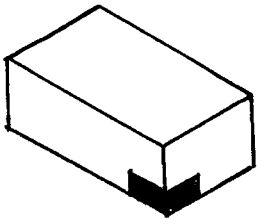
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 วิเคราะห์การวางตำแหน่งสวิทช์ควบคุม

ตัวเลือก



1 ด้านบน



2 ด้านล่าง

ตารางวิเคราะห์

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	ด้านบน	ด้านล่าง
1.	สามารถใช้ได้สะดวก	3	2
2.	ง่ายต่อการมอง	3	1
3.	ง่ายต่อการติดตั้ง	3	2
4.	ทำความสะอาดง่าย	3	2
รวม		12	7

ตารางที่ 62 วิเคราะห์การวางตำแหน่งสวิทช์ควบคุม

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ตำแหน่งการวางสวิทช์ ควบคุมของตัวเครื่องวางได้ด้านบนของตัวเครื่องเพราะมีความเหมาะสมกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 วิเคราะห์ระบบการตั้งเวลา

รูปแบบที่นำมาพิจารณา

1. แบบลาน

2. แบบไฟฟ้า

ตารางวิเคราะห์

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบลาน	แบบไฟฟ้า
1.	ความสะดวกในการใช้งาน	3	2
2.	ความแม่นยำ, ละเอียด	1	3
3.	การติดตั้ง	2	1
4.	ราคา	3	1
5.	การซ่อมบำรุง	3	2
6.	อายุการใช้งาน	2	3
7.	ความเหมาะสมกับงาน	2	1
รวม		16	12

ตารางที่ 63 วิเคราะห์ระบบการตั้งเวลา

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ระบบการตั้งเวลา เลือกใช้แบบลาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 วิเคราะห์ระบบการควบคุมความเร็ว

ตัวเลือก

1. แบบตัวเลขไฟฟ้า
2. แบบหมุนปรับ

ลำดับ	ข้อพิจารณา / ตัวเลือก	แบบตัวเลขไฟฟ้า	แบบหมุนปรับ
1	สะดวกในการใช้งาน	2	3
2	ง่ายต่อการรักษา	1	3
3	ราคาถูก	1	3
4	การบำรุงรักษา	1	3
5	อายุการใช้งาน	2	2
	•		
	รวม	7	14

ตารางที่ 64 วิเคราะห์ระบบการควบคุมความเร็ว

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป ระบบการควบคุมความเร็วใช้แบบหมุนปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 วิเคราะห์การวางลำดับของสวิทช์ควบคุม

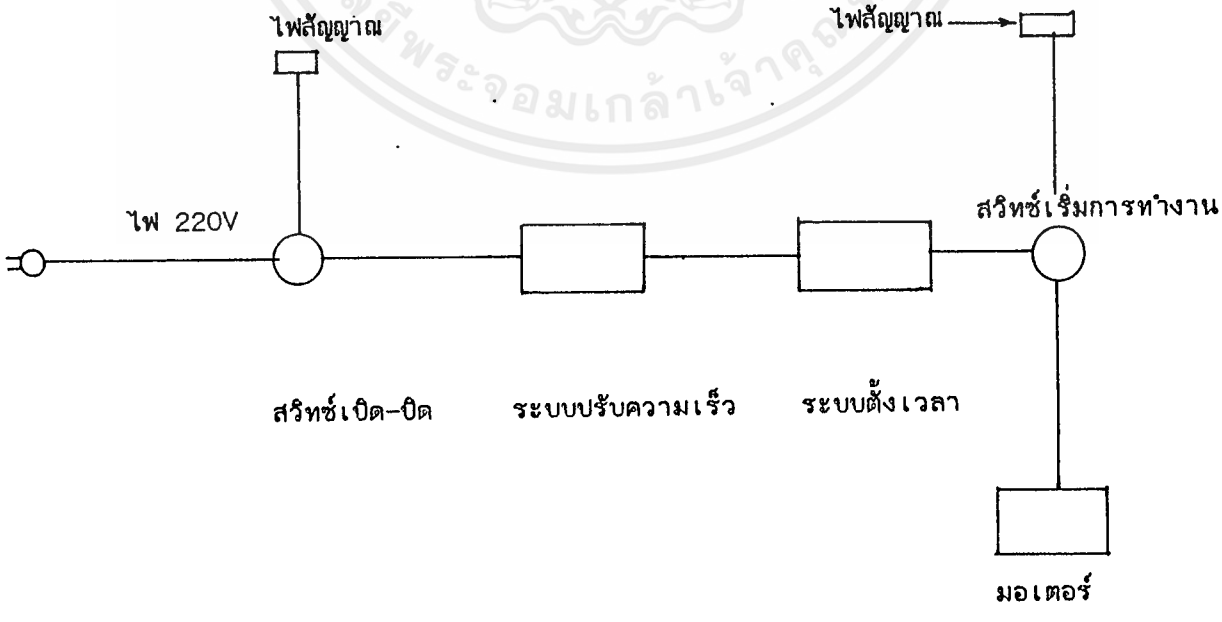
สวิทช์ควบคุมเครื่องบดมีดังต่อไปนี้

1. สวิทช์ เปิด-ปิด เครื่องบด
2. ระบบการตั้งเวลา
3. ระบบการปรับความเร็ว
4. สวิทช์เริ่มการทำงาน
5. ไฟสัญญาณบอกการทำงาน

ข้อพิจารณาในการวางลำดับของสวิทช์ควบคุม

- สามารถใช้งานได้สะดวก
- ไม่ยุ่งยากในการทำงาน
- การเชื่อมต่อวงจรเป็นไปตามลำดับ
- สะดวกในการติดตั้งระบบต่างๆ

ผู้จัดทำได้พิจารณาแล้วว่าการจัดลำดับ ระบบควบคุมจะได้ผลดีในการทำงาน ผู้จัดทำได้วิเคราะห์การจัดวางลำดับออกมาดังนี้คือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 วิเคราะห์ลักษณะการติดตั้งสวิทช์ควบคุม

ลักษณะที่นำมาพิจารณา คือ

แบบที่ 1 ติดตั้งกับโครงสร้างของเครื่องบด

แบบที่ 2 แยกติดตั้งจากโครงสร้างของเครื่องบด

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	สะดวกในการติดตั้ง	3	2
2.	ง่ายในการถอยประกอบ	2	3
3.	บำรุงรักษาง่าย	2	3
4.	เหมาะสมการผลิตในระบบอุตสาหกรรม	3	1
5.	ต้นทุนการผลิตที่น้อย	3	2
รวม		13	11

ตารางที่ 65 วิเคราะห์ลักษณะการติดตั้งสวิทช์ทำงาน

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ลักษณะการติดตั้งสวิทช์ควบคุมที่เลือกมาใช้คือ แบบติดตั้งกับโครงสร้างของเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิเคราะห์โครงสร้างเครื่องบดน้ำเคลือบ

4.4.1 วิเคราะห์ลักษณะของการผลิตเครื่องบด

ลักษณะที่เลือกพิจารณา

1. ผลิตในระบบกึ่งอุตสาหกรรม
2. ผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	กึ่งอุตสาหกรรม	อุตสาหกรรม
1.	มาตรฐานในการผลิต	2	3
2.	ต้นทุนการผลิต	2	3
3.	ความเป็นมาตรฐานในการใช้งาน	2	3
4.	เวลาในการผลิตที่เร็ว	2	3
5.	ความเหมาะสมกับการใช้งาน	3	2
รวม		11	14

ตารางที่ 66 วิเคราะห์ลักษณะของการผลิตเครื่องบด

หมายเหตุ 3 ดีมาก, 2 ดี, 1 พอใช้

สรุป

ลักษณะของการผลิตที่เครื่องบดน้ำเคลือบ เลือกลักษณะผลิตแบบระบบอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 วิเคราะห์วัสดุทำโครงสร้าง

วัสดุที่เลือกมาพิจารณา

1. ไฟเบอร์กล๊าส
2. พลาสติกฉีดขึ้นรูป

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	ไฟเบอร์กล๊าส	พลาสติกฉีดขึ้นรูป
1.	แข็งแรงรับน้ำหนักได้ดี	3	2
2.	น้ำหนักเบา	2	3
3.	ต้นทุนการผลิตต่ำ	3	2
4.	สะดวกในการผลิตระบบอุตสาหกรรม	2	3
5.	มาตรฐานผลิตภัณฑ์	2	3
รวม		12	13

ตารางที่ 67 วิเคราะห์วัสดุทำโครงสร้าง

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

วัสดุที่เลือกมาผลิตโครงสร้างเลือกวัสดุ คือ พลาสติกฉีดขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 วิเคราะห์ประเภทพลาสติกที่ใช้ทำโครงสร้าง

ประเภทของพลาสติคที่เลือกมาพิจารณา

1. THERMOSETTING
2. THERMOPLASTIC

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	THERMOSETTING	THERMOPLASTIC
1.	ความแข็งแรงทนทาน	●	●
2.	เหมาะสมกับการใช้งาน	○	●
3.	สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้	○	●
4.	ความร้อนได้ดี	●	●
5.	ต้นทุนการผลิต	○	●
	รวม	○	●

ตารางที่ 68 วิเคราะห์ประเภทพลาสติกที่ใช้ทำโครงสร้าง

หมายเหตุ ● เหมาะสม ○ ไม่เหมาะสม

สรุป :-

ประเภทของพลาสติคที่เลือกมาใช้ทำโครงสร้าง คือ THERMOPLASTIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 วิเคราะห์ชนิดพลาสติกที่นำมาใช้ทำโครงสร้าง

พลาสติกที่นำมาวิเคราะห์

1. โปลีสไตรลีน
2. โปลีเอสทีลีน
3. โปลีโปรไพลีน
4. เอบีเอส

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	1	2	3	4
1.	ทนต่อการขูดขีดที่ผิว	3	2	3	4
2.	ทนต่อแรงกระแทก	3	1	4	3
3.	ทำความสะอาดได้ง่าย	2	2	3	4
4.	ง่ายต่อการผลิต	2	3	2	4
5.	ทนความร้อน	2	1	4	3
รวม		12	9	16	18

ตารางที่ 69 วิเคราะห์ชนิดพลาสติกที่นำมาใช้ทำโครงสร้าง

หมายเหตุ 4 ดีมาก, 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ชนิดของพลาสติกที่นำมาใช้ทำโครงสร้า คือ พลาสติค ABS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 วิเคราะห์ระบบการผลิตพลาสติคทำโครงสร้าง

รูปแบบที่นำมาพิจารณา

1. INJECTION MOLDING (แบบฉีด)

2. THERMFER (แบบอัดส่ง)

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	ความรวดเร็วในการผลิต	3	2
2.	ผลิตในระบบอุตสาหกรรม	3	1
3.	ความเหมาะสมกับตัว BODYงาน	3	2
4.	ความเหมาะสมกับชนิดของพลาสติคที่เลือกใช้	3	2
5.	ราคาเมื่อเริ่มทำการผลิต	1	3
	รวม	13	10

ตารางที่ 70 วิเคราะห์ระบบการผลิตพลาสติกทำโครงสร้าง

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

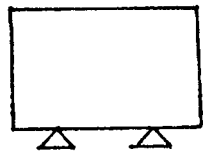
สรุป :-

ระบบการผลิตพลาสติคโครงสร้างใช้แบบ INJECTION MOLDING เพราะมีความเหมาะสม และสามารถผลิตในประมาณที่มากและรวดเร็ว ในแบบการผลิตระบบอุตสาหกรรม

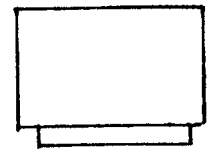
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.6 วิเคราะห์ลักษณะการรองเครื่องบด

ตัวเลือก



1. รองเป็นจุด



2. รองรอบเครื่องบด

ลำดับที่	ข้อพิจารณา \ ตัวเลือก	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	การรับแรงกระแทก	2	3
2.	การถ่ายเทน้ำหนัก	2	3
3.	ผลิตได้ง่าย	3	1
4.	อายุการใช้งาน	2	3
5.	การติดตั้ง	3	2
รวม		12	11

ตารางที่ 71 วิเคราะห์ลักษณะการรองเครื่องบด

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ลักษณะการรองเครื่องบดกันกระแทกในขณะเครื่องบดทำงาน เลือกใช้ยางรอบเป็นจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.7 วิเคราะห์วัสดุทำยางรองเครื่องบด

วัสดุที่เลือกมาพิจารณา

1. พลาสติก

2. ยาง

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	พลาสติก	ยาง
1.	รับแรงกระแทกได้ดี	2	3
2.	ต้นทุนต่ำ	2	3
3.	อายุการใช้งาน	2	2
4.	การผลิตในระบบอุตสาหกรรม	3	2
รวม		9	10

ตารางที่ 72 วิเคราะห์วัสดุทำยางรองเครื่องบด

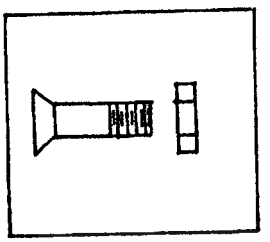
หมายเหตุ 3 ดีมาก, 2 ดี, 1 พอใช้

สรุป

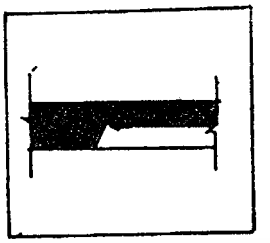
วัสดุทำยางรองเครื่องบดเลือกใช้วัสดุคือ ยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

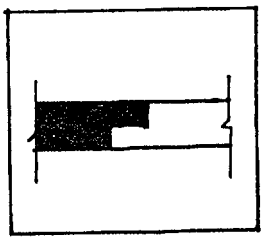
4.4.8 วิเคราะห์ระบบการยึดล็อคโครงสร้าง



1.ล็อคด้วยน็อต



2. ล็อคด้วย Lib



3. เชื่อมด้วยน้ำยาพลาสติค

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	ล็อคด้วยน็อต	ล็อคด้วย Lib	เชื่อมด้วยน้ำยาพลาสติค
1.	มีความแข็งแรงมาก	2	1	3
2.	อายุการใช้งานนาน	2	2	3
3.	ขั้นตอนการผลิตง่าย	3	1	2
4.	ขั้นตอนการประกอบง่าย	2	3	1
5.	ต้นทุนการผลิตต่ำ	3	2	2
6.	ทนแรงสั่นสะเทือนได้ดี	2	1	2
	รวม	14	10	13

ตารางที่ 73 วิเคราะห์ระบบการยึดล็อคโครงสร้าง

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

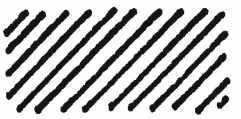
เลือกระบบการยึดด้วยน็อต เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

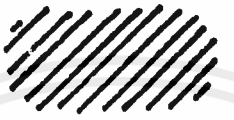
4.4.9 วิเคราะห์ขนาด และลักษณะของช่องระบายอากาศ

จากการศึกษาระบบต้นกำลังวิเคราะห์ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้าต้องมีช่องระบายอากาศ ซึ่งมอเตอร์ขนาด 11.5 ซม. ซึ่งต้องการช่องระบายหนึ่งด้านประมาณ 50 ตารางเซนติเมตร ต่อหนึ่งด้าน

ตัวเลือก



1.สี่เหลี่ยม



2. วางซี่

3. วงกลม

ลำดับที่	ข้อพิจารณา / ตัวเลือก	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
1.	เข้ากับลักษณะของงานได้ดี	3	2	1
2.	มีความกลืนกับตัวงานได้ดี	3	3	1
3.	มีช่องระบายอากาศได้สะดวกสม่ำเสมอดี	3	3	2
4.	กรรมวิธีการผลิตง่าย	3	2	2
5.	ทำความสะอาดง่าย	3	2	2
	รวม	15	12	8

ตารางที่ 74 วิเคราะห์ขนาด และลักษณะของช่องระบายอากาศ

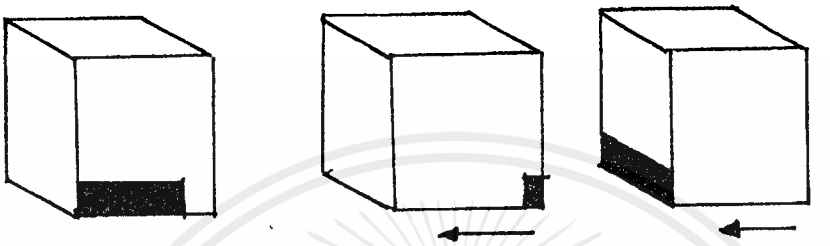
หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

เลือกลักษณะของช่องระบายอากาศแบบสี่เหลี่ยมเหมาะสมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.10 วิเคราะห์ตำแหน่งช่องระบายอากาศ



1.ด้านข้าง 2. ด้านหลัง 3. ด้านหน้า

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
1.	การรับระบบอากาศได้ดี	3	1	2
2.	ไม่ขวางเส้นทางการทำงาน	3	3	1
3.	ทำความสะอาดง่าย	3	1	3
4.	มีความงาม	3	3	3
5.	มีความสมดุลย์รอบข้าง	3	1	1
	รวม	15	9	10

ตารางที่ 75 วิเคราะห์ตำแหน่งช่องระบายอากาศ

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

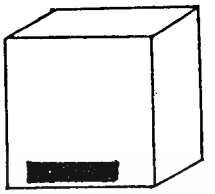
สรุป :-

เลือกตำแหน่งช่องระบายอากาศด้านข้างเหมาะมากที่สุด

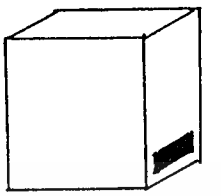
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.11 วิเคราะห์เลือกตำแหน่งมือจับในการยกเครื่อง

ลักษณะของการยกเพื่อการเคลื่อนย้าย จะต้องอาศัยมือจับถึง 2 ด้าน การจับต้องจับให้พอเหมาะพอดีถึงจะสะดวกในการทำงาน ฉะนั้นการพิจารณาตำแหน่งของมือจับพิจารณาดังนี้



1. ด้านข้างซ้าย, ขวา



2. ด้านหน้า, หลัง

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2
1.	การยกได้สะดวก	3	2
2.	การยกได้สมดุลย์ของน้ำหนัก	3	1
3.	การเคลื่อนย้ายสะดวก	3	2
4.	การทำความสะอาดง่าย	3	2
5.	การยกไม่ลื่นหลุดมือ	3	3
รวม		15	10

ตารางที่ 76 วิเคราะห์เลือกตำแหน่งมือจับในการยกเครื่อง

หมายเหตุ 3 ดีมาก, 2 ดี, 1 พอใช้

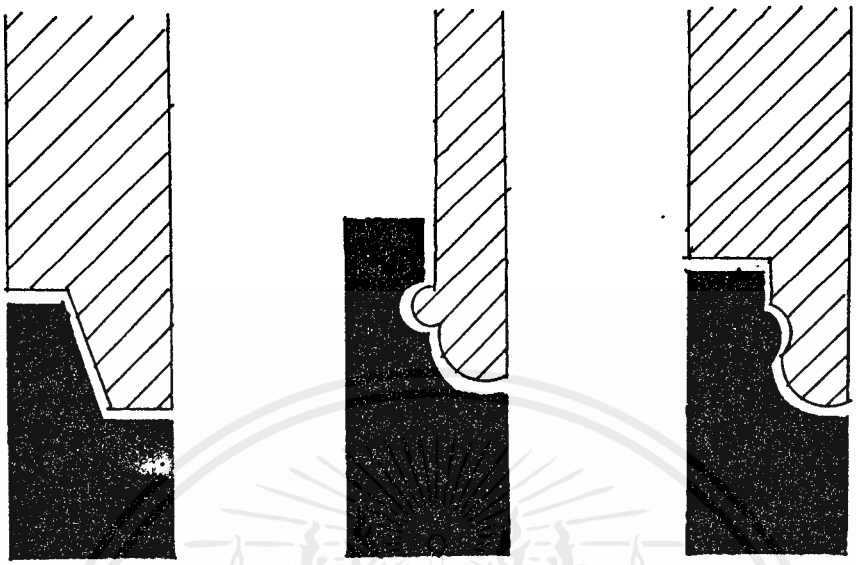
สรุป

เลือกตำแหน่งการวางมือจับอยู่ด้านข้าง ซ้าย และ ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.12 วิเคราะห์ลักษณะการยึดต่อของโครงสร้าง

ตัวเลือก



1.แบบที่ 1 2. แบบที่ 2 3. แบบที่ 3

ลำดับที่	ตัวเลือก / ข้อพิจารณา	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
1.	การผลิตทำได้ง่าย	3	1	1
2.	ทำแบบพิมพ์ง่าย	3	1	1
3.	ถอดออกได้ง่าย	3	2	2
	รวม	9	4	4

ตารางที่ 77 วิเคราะห์ลักษณะการยึดต่อของโครงสร้าง

หมายเหตุ 3 ดี, 2 พอใช้, 1 ไม่ดี

สรุป :-

ลักษณะการยึดต่อโครงสร้าง ที่จะนำมาใช้เป็นแบบที่ 1 เพราะสามารถทำการผลิตได้ง่าย ทำแบบพิมพ์ได้ง่าย และในการประกอบหรือถอดออกได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.13 วิเคราะห์สีที่ใช้กับเครื่องบด

ข้อพิจารณาในการวิเคราะห์

- ดูสะอาดตาไม่น่าเบื่อ
- เหมาะสมกับเป็นอุปกรณ์การศึกษา
- ช่วยความรอบครอบในการทำงาน ของนักศึกษา และฝึกนิสัยในการรักษาความสะอาด
- ง่ายต่อการผลิต ให้เป็นสีของวัสดุที่ทำการผลิต

สีที่เลือกมาใช้กับ BODY

ส่วนที่เป็น BODY ใช้สีขาว เพราะเป็นสีที่ดูสะอาดและสบายตา เหมาะสำหรับเป็นอุปกรณ์การศึกษามากที่สุด

ส่วนที่ป้องกันระบบการบด

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ในขณะเครื่องทำงานเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความสนใจในการใช้เครื่องบด ตลอดจนเป็นแรงกระตุ้นในการเรีย ในส่วนนี้จึงใช้วัสดุที่ใสสามารถมองเห็นการทำงานได้

สรุป

1. BODY เครื่องใช้สีขาว
2. ส่วนที่ป้องกับระบบการบดใช้วัสดุสีใส

4.5 สรุปผลการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบ

จากการศึกษาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด สามารถรวบรวมข้อมูลสรุปผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ เครื่องบดน้ำเคลือบ เครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลองได้ดังนี้

1.ผลการวิเคราะห์ต้นกำลัง และระบบการส่งกำลัง

- ต้นกำลังใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง โดยมีมอเตอร์เป็นตัวเปลี่ยนจากกำลังไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นพลังงานกล ชนิดของมอเตอร์ที่ใช้คือ REPULSION MOTOR ใช้ไฟ 220V โดยมีรอบในการหมุน 1445 รอง/นาที ให้กำลัง 1/6 HP

- ตำแหน่งการติดตั้งต้นกำลังติดตั้งอยู่ส่วนด้านข้างของระบบส่งกำลังโดยยึดติดกับโครงสร้างของระบบส่งกำลัง
- ระบบการส่งกำลังเลือกใช้การส่งกำลังโดยใช้สายพานในการส่งกำลัง โดยมีชิ้นส่วนในการส่งกำลัง คือ สายพาน มู่เล่ แบริ่ง และโครงสร้างระบบส่งกำลัง
- วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างระบบส่งกำลังใช้เหล็กแผ่นในการผลิต ใช้การผลิตโดยการเชื่อมเป็นการประสานชิ้นงาน
- ตำแหน่งของระบบส่งกำลังติดตั้งอยู่ในส่วนล่างสุดของเครื่องบด โดยติดกับต้นกำลังและต่อกับระบบการบด
- การเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าภายในเครื่องใช้สายไฟในการจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยใช้ปลั๊กแบบหล่อสำเร็จรูป ตำแหต่งของสายไฟฟ้าโดยใช้ปลั๊กแบบหล่อสำเร็จ รูป ตำแหน่งของสายไฟที่ออกจากเครื่องบด คือ ออกด้านข้าง -ขวามือ

2. ผลการวิเคราะห์ลักษณะการบดน้ำเคลือบ

- ลักษณะการบดน้ำเคลือบใช้ระบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อเป็นการบดผสมส่วนผสม
- ลูกบดที่ใช้เป็นตัวบดผสมให้ส่วนผสมเข้ากัน ใช้ในปริมาตร 30% ของปริมาตรหม้อบด โดยมีขนาด 3 ขนาด คือ

    1. ขนาดใหญ่ 0 12 มม.. ประมาณ 25% ของปริมาตรลูกบด
    2. ขนาดกลาง 0 8 มม. ประมาณ 50% ของปริมาตรลูกบด
    3. ขนาดเล็ก 0 4 มม. ประมาณ 25% ของปริมาตรลูกบด

  วัสดุที่ใช้ทำลูกบด คือ พอร์สเลน
- ความเร็วของการบดในระบบการบดใช้ความเร็ว แบบสามารถที่รับความเร็วได้
- ตำแหน่งระบบการบดจะอยู่ส่วนบนของระบบการส่งกำลัง
- รูปทรงของหม้อบด ใช้ทรงกลมเป็นแบบในการผลิตหม้อบด โดยใช้หม้อบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 1 หม้อบด ต่อการบด 1 ครั้ง

- ปริมาตรของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลองใช้ปริมาตรน้ำเคลือบ ครั้งละ 100 กรัม ในการบด
- ปริมาตรของหม้อบดจะประกอบด้วย

ปริมาตรส่วนผสม	119	ลบ.ซม. (ขณะแห้ง)
น้ำที่ใช้ผสม	50	ลบ.ซม.
ปริมาตรลูกบด	50.7	ลบ.ซม.

ปริมาตรหม้อบด = 219.7 หรือ 220 ลบ.ซม.

- ส่วนป้องกันระบบการบดของเครื่องบดใช้การป้องกันแบบครอบทั้งระบบการบด
- ระบบการล็อคหม้อบด กับระบบการบดใช้การล็อคแบบครอบทั้งหม้อติดกับระบบการบด โดยมีฝาครอบชุดล็อคหม้อบดเพื่อมอให้หม้อบดและเครื่องบดเกิดความเสียหาย ลักษณะการล็อคฝาครอบใช้การล็อคแบบกลไกในการล็อค
- ลักษณะการเปิดที่ป้องกันระบบการบด เลือกใช้การเปิดโดยเปิดที่ป้องกันออกทางด้านข้าง-ขวามือ โดยมีการเปิดโดยใช้งานพับเป็นแกนเปิดแบบยกขึ้น
- วัสดุที่ใช้ทำชุดล็อคหม้อบดติดกับระบบการบดใช้พลาสติกในผลิตโดยเป็นพลาสติกชนิดเดียวกับพลาสติคใช้ทำโครงสร้างของเครื่องบด

3. ผลการวิเคราะห์ระบบควบคุมเครื่องบด

- สวิทช์เปิด-ปิด การทำงานของเครื่องบด เลือกใช้สวิทช์แบบกด
- ตำแหน่งของสวิทช์ควบคุม จะอยู่ส่วนบนของเครื่องบด จะสะดวกในการใช้งานและการมองของกายภาพของมนุษย์
- ระบบควบคุมเวลา ใช้การตั้งเวลาแบบลาน ลักษณะการตั้งเวลาแบบลานนี้จะใช้การหมุนเพื่อตั้งเวลา
- ระบบการควบคุมความเร็วของการบดเลือกใช้แบบหมุนปรับเพื่อลดความเร็ว และเพิ่มความเร็วของเครื่องบด
- การจัดวางลำดับของสวิทช์ควบคุม จัดวางตามลักษณะการทำงาน คือ เริ่มจากสวิทช์ปิด-เปิด เครื่องบดเพื่อให้ไฟฟ้าเข้าเครื่องบดพร้อมที่จะทำงาน ลำดับต่อมา คือ ระบบปรับความเร็วของเครื่องบดใช้ปรับความเร็วในการบดลำดับต่อมาคือ ระบบตั้งเวลา ระบบนี้จะเป็นตัวตั้งเวลาการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องบด ลำดับสุดท้ายจะเป็นสวิทช์เริ่มการทำงานของเครื่องบดตามที่ตั้งความเร็วและเวลาไว้ ส่วนของสวิทช์ปิด-เปิดเครื่องและสวิทช์เริ่มการทำงานของเครื่องบดจะมีไฟสัญญาณบอกการทำงานของเครื่อง

- ลักษณะการติดตั้งสวิทช์ควบคุมใช้การติดตั้งกับโครงสร้างของเครื่องบดโดยโครงสร้างจะมีส่วนที่ทำมาเพื่อยึดล็อคสวิทช์ต่างๆ

4. ผลการวิเคราะห์โครงสร้างเครื่องบดน้ำเคลือบ

- ระบบการผลิตโครงสร้างของเครื่องบดใช้การผลิตในระบบอุตสาหกรรม
- วัสดุทำโครงสร้างของเครื่องบดใช้พลาสติคฉีดขึ้นรูป ประเภทพลาสติคที่ใช้คือ THERMOPLASTIC ชนิด พลาสติค ABS ใช้ระบบการผลิตโดยกรรมวิธี INJECTION MOLDING (แบบฉีด)
- ส่วนป้องกันระบบการบดใช้พลาสติคโปลีสไตลีน เพราะส่วนนี้ต้องการความใสใช้กรรมวิธีการผลิตแบบ INJECTION MOLDING (แบบฉีด)
- ส่วนที่รองใต้เครื่องบดใช้ยางรองเป็นตัวรองใต้เครื่องบดลักษณะของการรองใต้เครื่องบดแบบรองเป็นจุดๆ รอบเครื่องบด
- ระบบการยึดล็อคโครงสร้าง ใช้การยึดล็อกแบบใช้น็อตยึดต่อโครงสร้างของเครื่องบด ลักษณะการยึดต่อของโครงสร้างใช้ส่วนของโครงสร้างเป็นตัวล็อคระหว่าง 2 ชิ้นงาน
- ขนาดและลักษณะของช่องระบายอากาศ ช่องระบายอากาศมีพื้นที่ด้านละ 50 ตร.ซม. ลักษณะของช่องระบายอากาศใช้แบบสี่เหลี่ยม
- ตำแหน่งของช่องระบายอากาศ จะอยู่ด้านข้างของเครื่องบดอยู่ใกล้กับตำแหน่งของต้นกำลัง
- ตำแหน่งมือจับในการยกเครื่อง ลักษณะการยกเพื่อการเคลื่อนย้ายจะต้องอาศัยมือจับถึง 2 ด้าน จึงมีที่จับอยู่ 2 ข้าง ของโครงสร้าง
- สีของเครื่องบดเลือกใช้สีขาว ในการผลิตโครงสร้างและส่วนที่เป็นส่วนป้องกันระบบการบดใช้ความใสของวัสดุที่ผลิตเป็นสีของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบเครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลอง

จากการศึกษาข้อมูลและปัญหาของเครื่องบดน้ำเคลือบในข้างต้นนี้ผู้จัดทำได้นำข้อมูลและปัญหาต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งพอสรุปส่วนประกอบหลักของเครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาได้ดังนี้

1. ระบบการบดน้ำเคลือบ
2. ต้นกำลังของเครื่องบด
3. ระบบการส่งกำลัง
4. ระบบการควบคุมเครื่องบด

ระบบการบดน้ำเคลือบ

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ทำการบดผสมส่วนผสมของน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาให้เข้ากัน

ต้นกำลังของเครื่องบด

ส่วนต้นกำลังของเครื่องบดจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ส่งกำลังผ่านระบบส่งกำลังไปยังระบบการบดของเครื่องบด

ระบบการส่งกำลัง

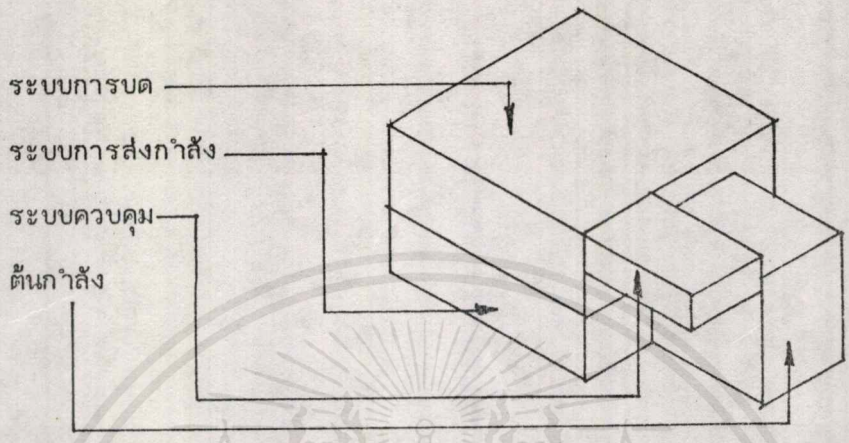
ส่วนนี้จะทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังจากต้นกำลังไปยังระบบการบดของเครื่องบดและทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของต้นกำลังให้เหมาะสมกับระบบการบดของเครื่องบด

ระบบการควบคุมเครื่องบด

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องบด ทั้งหมดตั้งแต่การเปิด-ปิด, ปรับเปลี่ยนความเร็วของการบด, ตั้งเวลาในการทำงานของเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

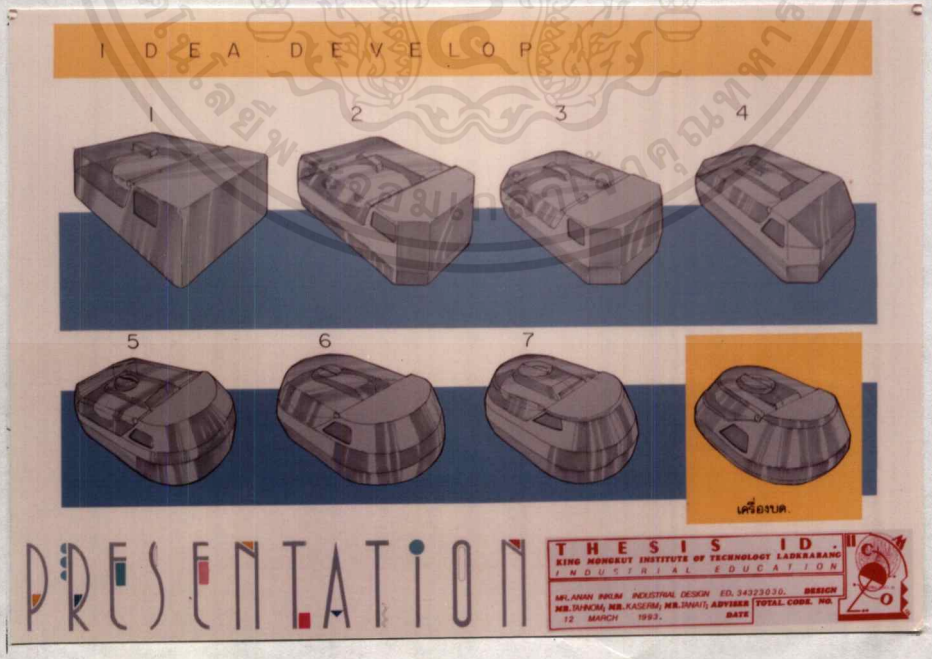
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการจัดวางตำแหน่งของระบบการทำงานของเครื่องบดโดยมีการทำงานที่สัมพันธ์กันซึ่งเขียนเป็นไดอะแกรมได้ดังนี้



ภาพที่ 85 แสดงไดอะแกรมการจัดวางตำแหน่งของระบบการทำงานของเครื่องบด

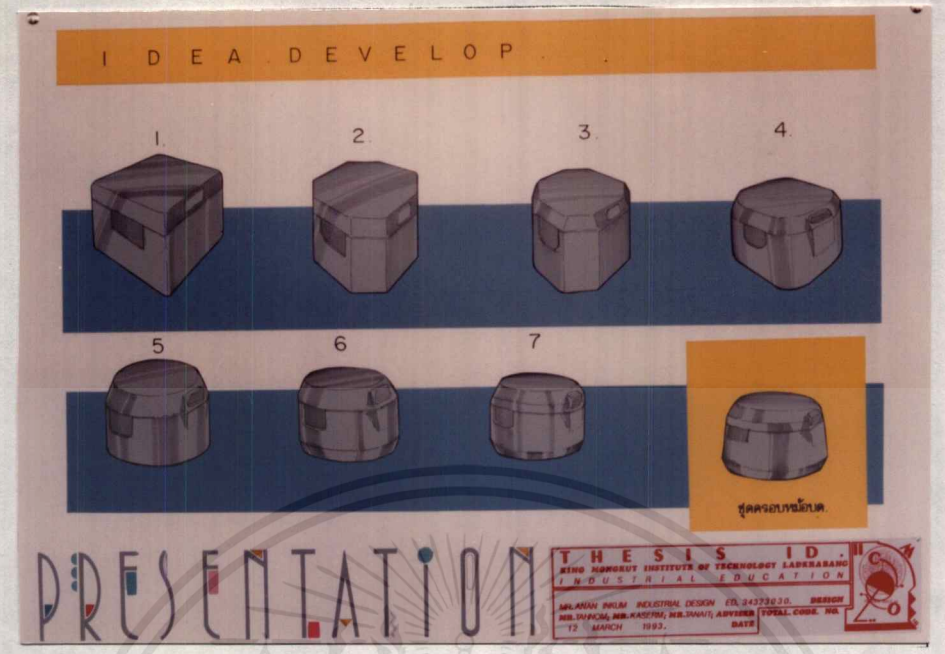
จากไดอะแกรมการจัดวางตำแหน่งระบบการทำงานของเครื่องบด ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลองต่อไป

5.1 การพัฒนาแนวความคิดในการออกแบบ



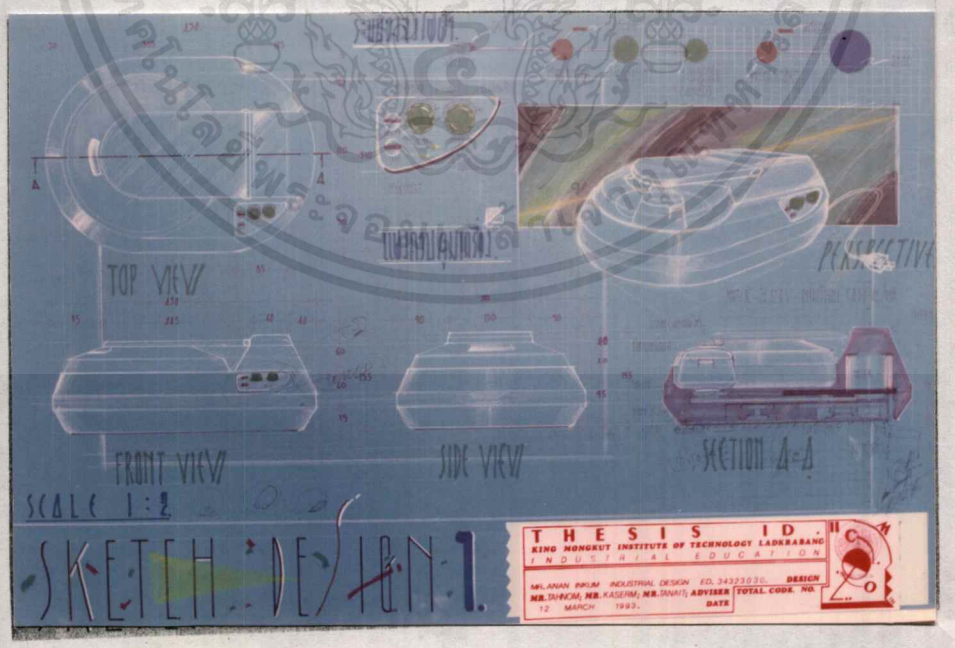
ภาพที่ 86 รูปแบบการพัฒนาเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



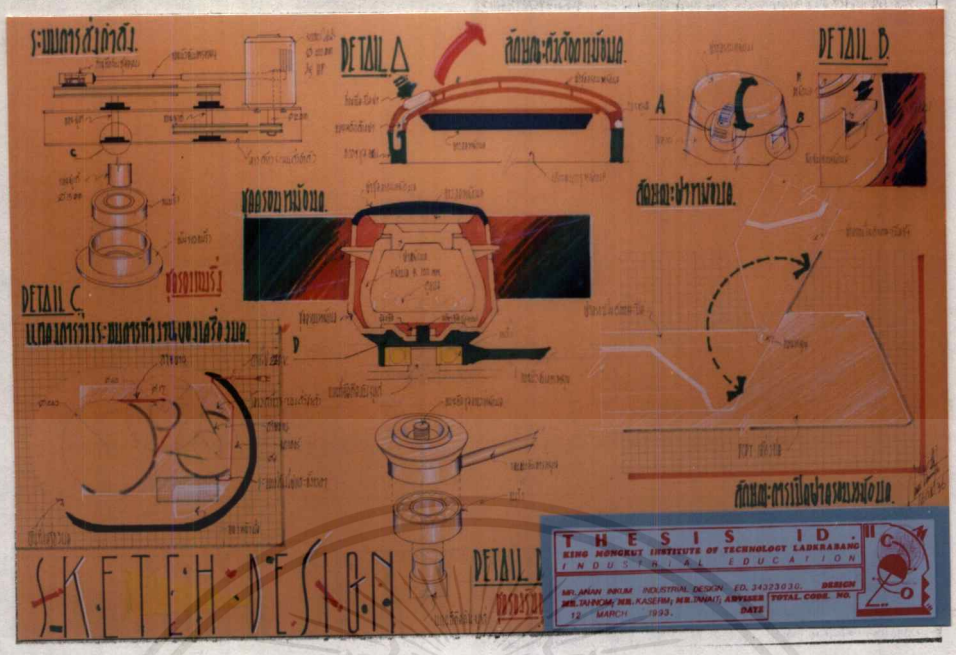
ภาพที่ **87** รูปแบบการพัฒนาชุดครอบหม้อบด

5.2 การออกแบบร่างเครื่องบด

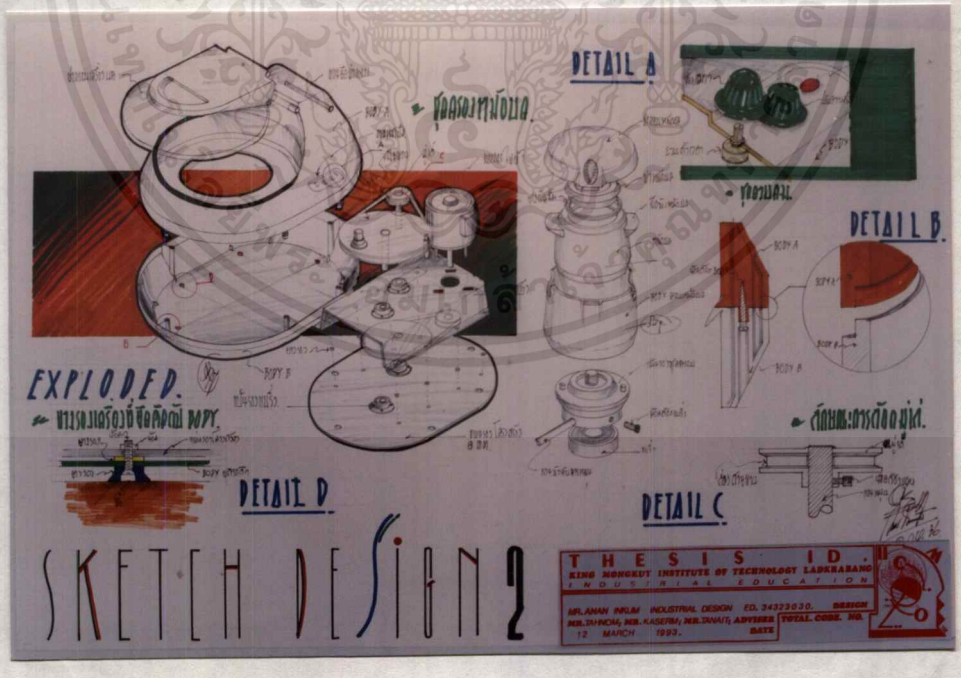


ภาพที่ **88** ออกแบบร่างครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

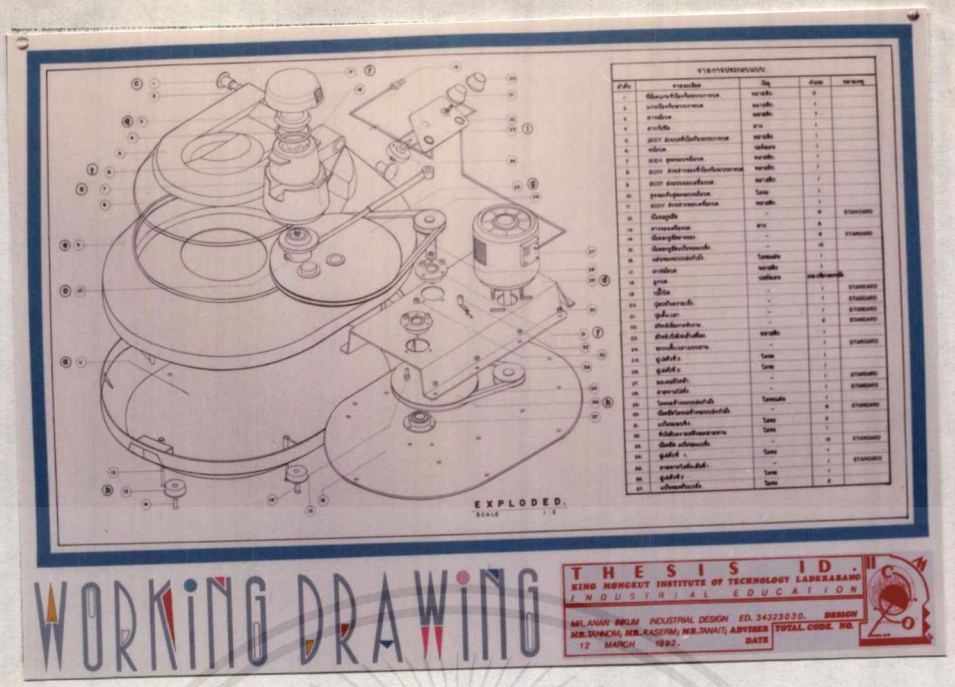


ภาพที่ **89** ออกแบบร่างครั้งที่ 1



ภาพที่ **90** การออกแบบร่างครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

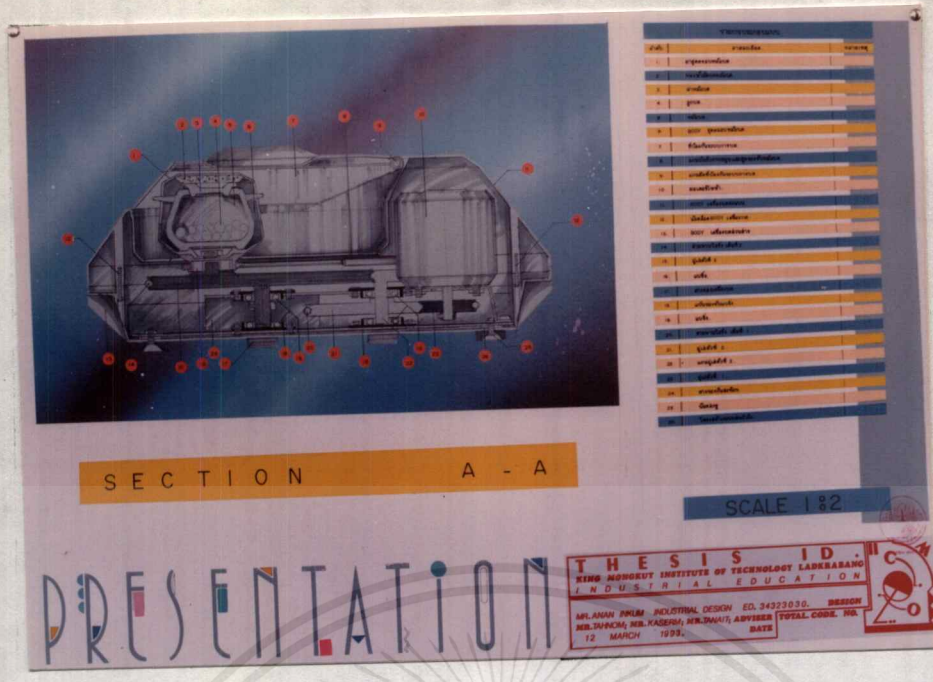


ภาพที่ 96 รูป EXPLODED

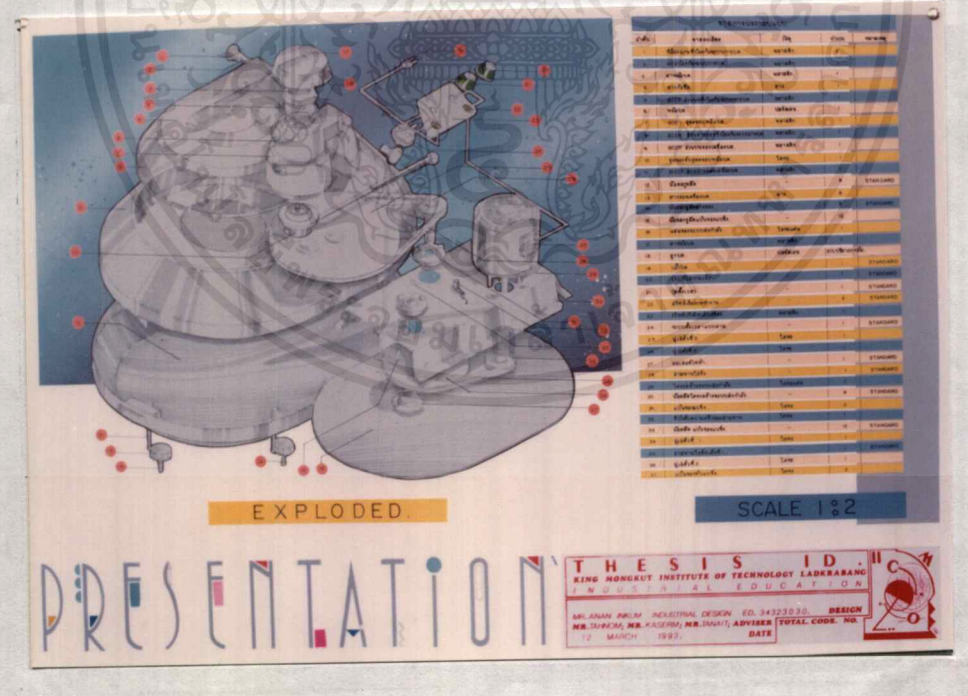
5.5 แบบจำลอง

ภาพที่ 97 ด้านบนของเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



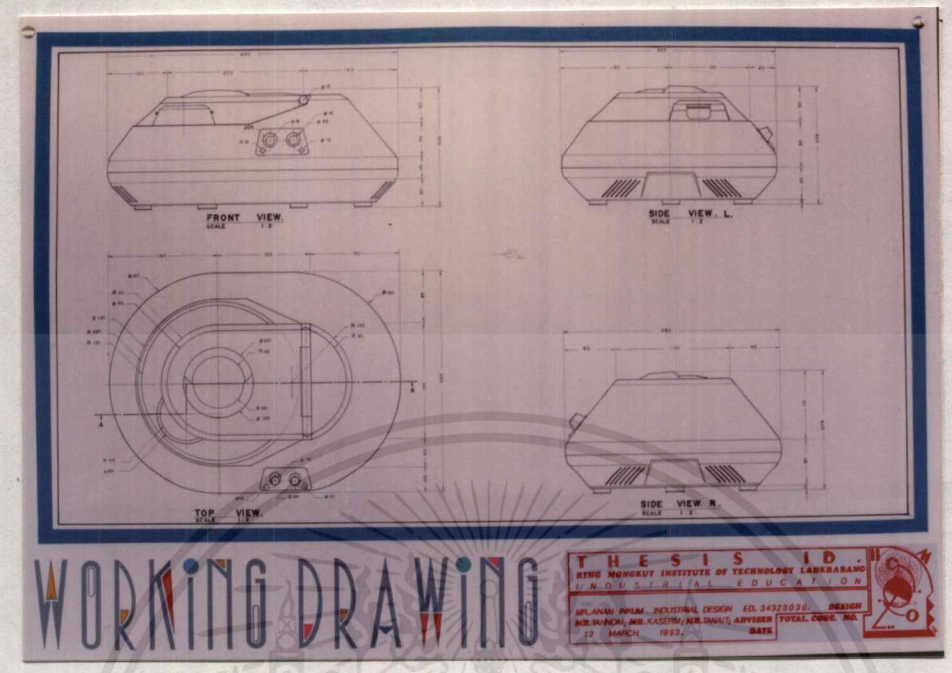
ภาพที่ 93 รูปตัดเครื่องบด



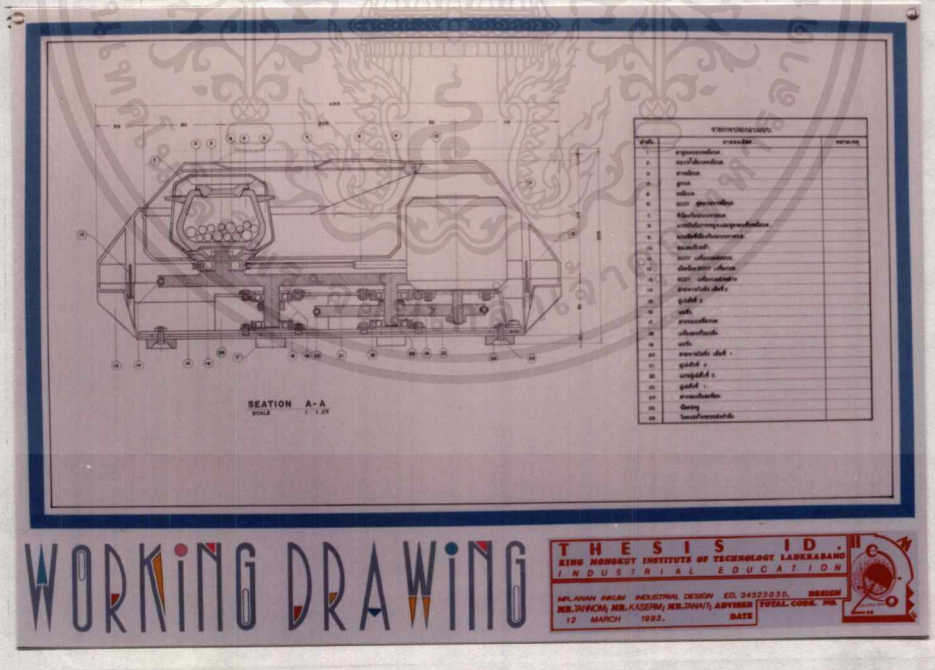
ภาพที่ 93 รูป EXPLODED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 แบบ WORKING DRAWING



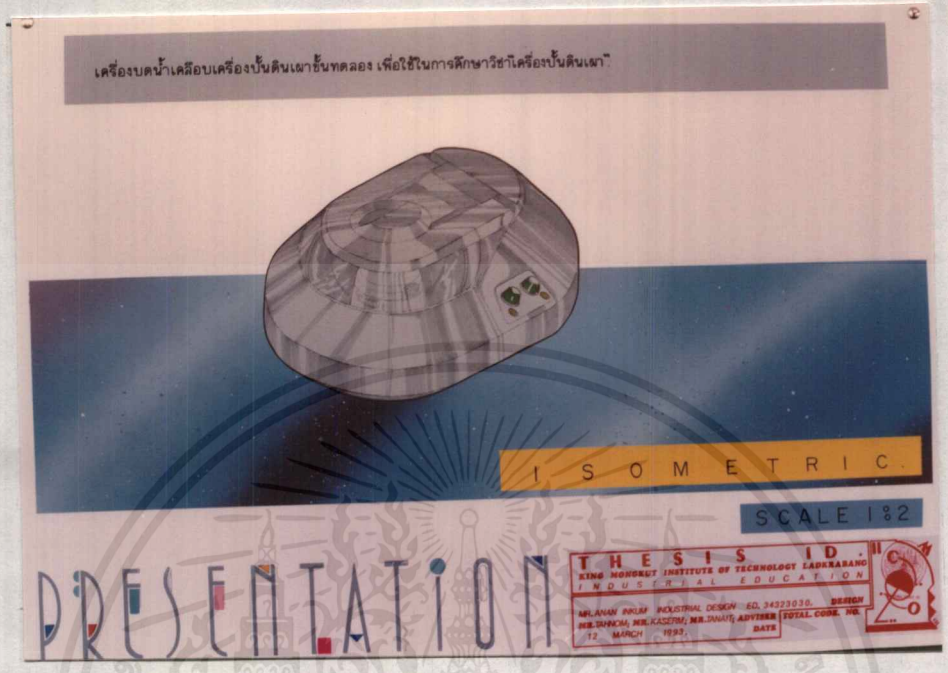
ภาพที่ 94 รูปด้าน



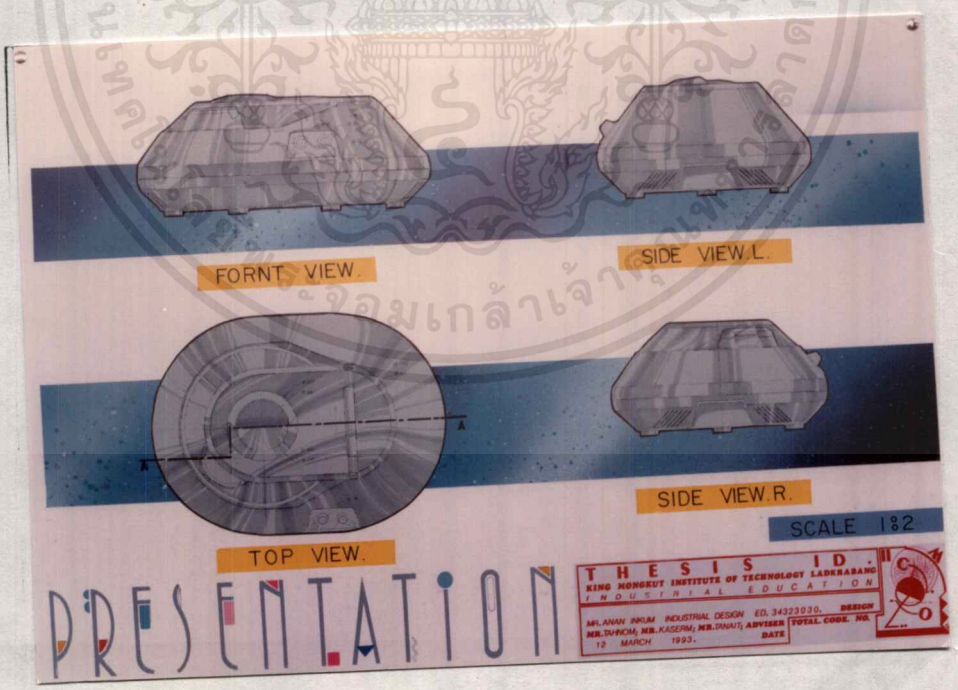
ภาพที่ 95 รูปตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แบบ PRESENTATION

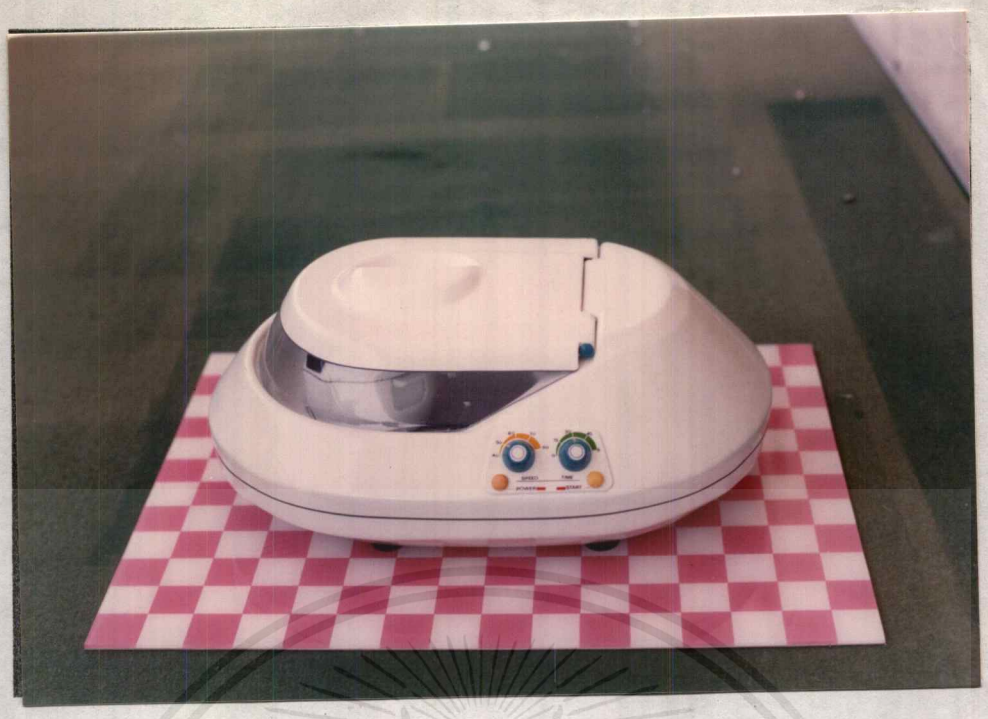


ภาพที่ 91 เครื่องบดน้ำเคลือบขั้นทดลอง



ภาพที่ 92 รูปด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 98 ด้านหน้าของเครื่องบด

ภาพที่ 99 เครื่องบดขณะเปิดฝาครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลในขั้นตอน ผู้จัดทำได้พบว่าเครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลองเพื่อการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผา ในปัจจุบันยังมีปัญหาในการใช้งานและปัญหาต่างๆ ของเครื่องบด ซึ่งพอจะสรุปปัญหาต่างๆ ได้ดังนี้คือ

1. ปัญหาด้านการศึกษาเกิดความล่าช้า เพราะต้องเสียเวลาในการทำงานในบางขั้นตอนมากเกินไป ตลอดจนอุปกรณ์การศึกษามีไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษา
2. ปัญหาเครื่องบดแบบเดิมไม่มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี
3. ปัญหาการผลิตเครื่องบดซึ่งยุ่งยากในบางชิ้นส่วนใช้การผลิตโดยใช้แรงคนในการผลิตทำให้ไม่ได้มาตรฐานที่ดี
4. ขาดความปลอดภัยในการทำงานของเครื่องบด อาจทำให้เครื่องบดได้รับความเสียหายและผู้ได้อาจได้รับอันตรายด้วย
5. เครื่องบดที่ใช้กันอยู่ในสถานศึกษาขาดความทันสมัยเมื่อเทียบกับโรงงานอุตสาหกรรม

จากการสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นของเครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลองที่ใช้ในการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผา ในปัจจุบัน ผู้จัดทำได้เริ่มศึกษาข้อมูลดังนี้

- น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา
- วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา
- การคำนวณสูตรน้ำเคลือบ
- วัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมน้ำเคลือบในห้องปฏิบัติงาน
- หลักสูตรการศึกษาวิชาเครื่องปั้นดินเผา
- เครื่องมือที่ใช้ในการบดน้ำเคลือบ
- เครื่องบดน้ำเคลือบแบบเดิมและผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง
- พลาสติก และกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม
- ลักษณะของการส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชิ้นส่วนในระบบส่งกำลัง
- สัดส่วนๆ ของร่างกายที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ
- วัสดุที่นำมาพิจารณา
- ระบบการควบคุมเครื่องจักรที่ปลอดภัย
- จิตวิทยาเรื่องสีในการใช้งาน
- การตกแต่งที่ใช้กับผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลที่ได้ศึกษา ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเลือกนำมาใช้ในการออกแบบ เครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผาขั้นทดลอง ซึ่งมีผลการออกแบบดังนี้

เครื่องบดน้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา มีระบบการทำงานโดยใช้แรงเหวี่ยงเพื่อทำให้ลูกบดวิ่งทำการบดน้ำเคลือบในปริมาตร 100 กรัม ต้นกำลังของเครื่องบดใช้ไฟฟ้า 220V/AC เป็นมอเตอร์ REPULSION MOTOR 1/6 HP มีจำนวนรอง 1450 รอบ/นาที มีการส่งกำลังโดยใช้สายพานและมู่เล่ โดยมีโครงสร้างของระบบส่งกำลังเป็นเหล็กแผ่นตัดขึ้นรูปเป็นโครงสร้าง ประกอบโดยการเชื่อมต่อโลหะส่วน BODY ของเครื่องเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ และความเสียหายที่จะเกิดกับผู้ใช้ และตัวเครื่องบดโดยใช้พลาสติก A.B.S. เป็นวัสดุในการผลิต ส่วนควบคุมใช้สวิทย์เปิด-ปิด ในการเปิดใช้เครื่อง ส่วนตัวตั้งเวลาใช้ปุ่มหมุนในการปรับตั้งเวลา ส่วนปรับความเร็วใช้ปุ่มหมุนเช่นกัน ที่มีการเคลื่อนที่คือ ส่วนครอบหม้อบดใช้วัสดุใส คือ พลาสติกใสครอบเพื่อความปลอดภัยของเครื่องบด ส่วนด้านที่ตั้งติดกับพื้นมียางรองโดยรองเป็นจุดๆป้องกันการเคลื่อนที่ในขณะทำงาน ส่วนสีของเครื่องบดใช้สีขาวในการผลิต BODY ภายในส่วนโครงสร้างเป็นโลหะทำสีกันสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการตรวจผลงานในการจัดทำวิทยานิพนธ์ โดยคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ผู้จัดทำได้รับข้อเสนอแนะต่างๆ จากคณะกรรมการตรวจ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำโครงการนี้เพื่อไปพัฒนาต่อไป ซึ่งผู้จัดทำพอที่จะสรุปข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

- ควรศึกษาเรื่องพฤติกรรมของผู้ใช้คือ นักศึกษาในการกฏิบัติงานในภาคปฏิบัติ ในการเรียนวิชาเครื่องปั้นดินเผาในเรื่องน้ำเคลือบ
- ควรมีระบบป้องกันในส่วนของฝาครอบระบบการบดน้ำเคลือบในขณะปฏิบัติงาน คือควรมีระบบป้องกันในขณะเครื่องปฏิบัติงาน มิให้ผู้ใช้เปิดฝาครอบเครื่องบดได้
- ควรป้องกันมิให้ฝุ่นละอองเข้าไปภายในเครื่องบดในส่วนที่เป็นบานพับของฝาครอบเครื่องบด
- ส่วนที่เป็นส่วนควบคุมเครื่องบดคือ สวิทช์ควบคุมต่างๆ ควรมีกราฟฟิคบอกการใช้งานให้ชัดเจนมากขึ้น เพื่อสะดวกและความปลอดภัยของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ทรงพันธ์ วรรณมาศ เครื่องปั้นดินเผา สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์ พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ.2532

ทวี พรหมพฤกษ์ เครื่องเคลือบดินเผา คณะวิชาช่างปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร บางเขน สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์

ณรงค์ ชอนตะวัน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ แผงหนังสือเบอร์ 22, สวนจตุจักร, หน้า 108-144

ดนต์ รัตนทัศนีย์ ขบวนการออกแบบศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ส.จ.ร.

ดนต์ รัตนทัศนีย์ เทคโนโลยีเบื้องต้นสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติค คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, ส.จ.ร. เอกสารการพิมพ์ พ.ศ. 2524

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ พลาสติค กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์, พ.ศ.2524, 16-7, 101-102, 106-107

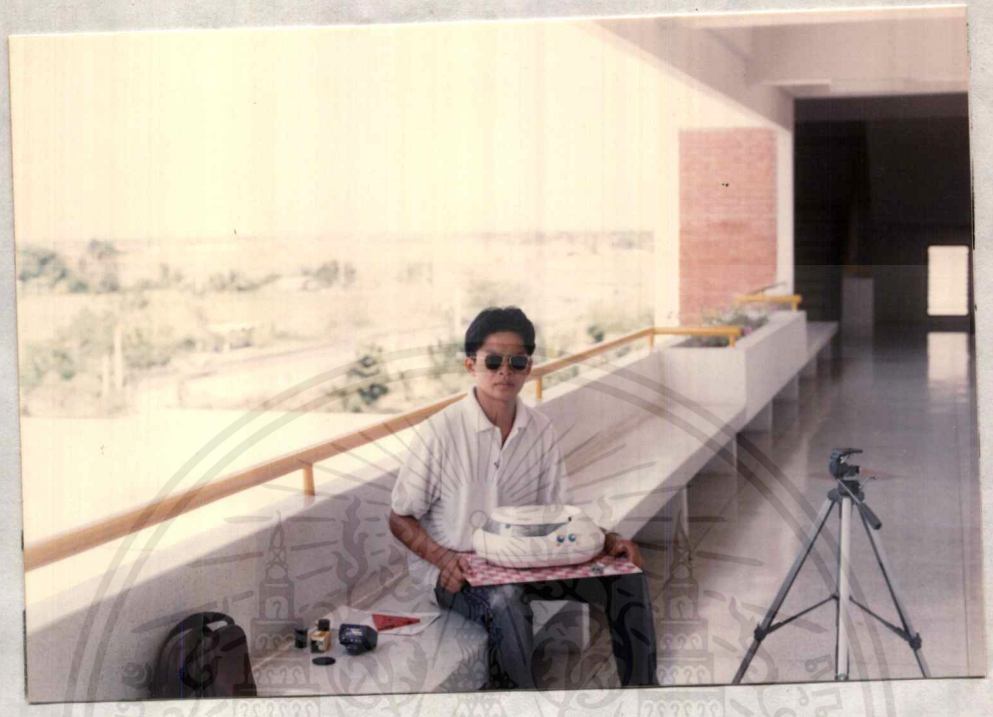
สาคร ค้นธโชติ วัสดุผลิตภัณฑ์ กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์

ไพโรจน์ พงศ์พิพธน์ ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวกับช่างโลหะ

ฝ่ายวิจัยการก่อสร้าง "ข้อมูลลัดส่วนคนไทย" สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ อนันท์ อินทร์ค้ำ

วัน/เดือน/ปี (เกิด) 3 มีนาคม 2512

ระหัสประจำตัว ศอ.34323030

บุตร นาย จันทร์ อินทร์ค้ำ

นาง บุษบา อินทร์ค้ำ

วุฒิการศึกษา

- ประถมศึกษา โรงเรียนวัดสระแก้ว
- มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย
- ประกาศนียบัตรวิชาชีพและวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต เทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
- ปริญญาตรี (ปี พศ. 2535-2536) สาขาวิชา คิลปอุตสาหกรรม ภาควิชา ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้