



## เอกสารประกอบการเรียน

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2 รหัสวิชา 3122 – 2103

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2546

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์

นายสุรศักดิ์ เทพทอง

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

วิทยาลัยเทคนิคตรัง สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

## คำนำ

ตามที่สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ได้มีนโยบายให้ปรับปรุงระบบการเรียนการสอนของวิทยาลัยในสังกัดให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษา มีความรู้ความสามารถ และทักษะในการคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น สามารถประกอบอาชีพในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นที่ต้องการของตลาดแรงงาน และสถานประกอบการ เพื่อสนองนโยบายและดำเนินการให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่กำหนด ข้าพเจ้าได้จัดทำเอกสารประกอบการเรียนวิชาผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 รหัสวิชา 3122 – 2103 ฉบับนี้ขึ้น สำหรับใช้ในการเรียนการสอนของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารประกอบการเรียนวิชาผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 รหัสวิชา 3122 – 2103 ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่นักเรียน นักศึกษา ครู อาจารย์ สถาบันการศึกษาและผู้สนใจทั่วไป

นายสุรศักดิ์ เทพทอง

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

## คำชี้แจง

เอกสารประกอบการเรียนฉบับนี้ เป็นเอกสารประกอบการเรียนวิชาผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 รหัสวิชา 3122 – 2103 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ เนื้อหาวิชาประกอบด้วยทฤษฎีและปฏิบัติ มีจุดประสงค์เพื่อให้นักศึกษาได้มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการผลิตผลิตภัณณ์จากน้ำยางประเภท หล่อยางและแม่พิมพ์ยาง สามารถเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี และทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีสำหรับ ทำผลิตภัณณ์จากน้ำยางประเภทหล่อยางและแม่พิมพ์ยางได้

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารประกอบการเรียนชุดนี้จะอำนวยความสะดวกให้แก่ นักศึกษา ประชาชนผู้สนใจ และสถาบันอาชีวศึกษาเป็นอย่างมาก หากมีข้อบกพร่อง หรือผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าพร้อมที่จะน้อมรับคำแนะนำเพื่อแก้ไขเพิ่มเติม ทั้งนี้ขอหาสาระ กิจกรรมและใบงานให้สมบูรณ์ ยิ่งขึ้น เอกสารประกอบการเรียนวิชาผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนมากที่สุด เมื่อศึกษาทฤษฎีควบคู่กับการฝึกปฏิบัติตามใบงาน

นายสุรศักดิ์ เทพทอง

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

## คำนิยม

ตามที่คณะกรรมการการอาชีวศึกษา มีนโยบายให้สถานศึกษาพัฒนาคุณภาพจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะในวิชาชีพ เพื่อเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิต มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรม มีสุขภาพกายใจสมบูรณ์แข็งแรงเป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงามทั้งในการทำงาน และการอยู่ร่วมกัน มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงานและอุทิศตนเพื่อสังคม โดยให้จัดการเรียนการสอนเป็นไปตามนโยบายดังกล่าว วิทยาลัยเทคนิคตรังจึงให้ครูผู้สอนจัดทำแผนการสอนที่พัฒนากระบวนการเรียนการสอนทุกรายวิชา โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น

เอกสารประกอบการเรียนนี้ นายสุรศักดิ์ เทพทอง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคตรัง ได้ใช้ความรู้ความสามารถและประสบการณ์จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนวิชาผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 รหัสวิชา 3122 – 2103 ผู้สอนได้ทดลองใช้และปรับปรุงติดต่อกันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 – 2557 จนได้ผลเป็นที่น่าพอใจยิ่ง นายสุรศักดิ์ เทพทอง เป็นครูผู้สอนที่มีความคิดริเริ่ม มีภาวะเป็นผู้นำ พัฒนาตนเองด้วยการศึกษา ค้นคว้า เข้ารับการอบรมพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง มีความตั้งใจศึกษาและได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) 3 ทุน และทุนสนับสนุนจากจังหวัดตรัง 1 ทุน ภายในเวลา 2 ปี มีความอดสาหัสในการทำงาน นำความรู้ความสามารถจากประสบการณ์ตรง มาพัฒนาเป็นสื่อการเรียน เอกสารประกอบการเรียน ที่เสริมให้ผู้เรียนเป็นคนดี คนเก่ง มีความสุข เอกสารประกอบการเรียนได้ปรับปรุงพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนได้รับผลเป็นที่น่าพอใจยิ่ง ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ครูและผู้เรียน ประสิทธิภาพที่เห็นชัด คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงขึ้น ผู้เรียนเห็นความสำคัญ เห็นคุณค่าและเจตคติที่ดีต่อวิชานี้

จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการเรียนของ นายสุรศักดิ์ เทพทอง ฉบับนี้ จะอำนวยประโยชน์แก่ครูผู้สอน ผู้เรียนวิชาผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 ตลอดทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เพื่อนำเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน ส่งเสริมความรู้และยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

(นายประสงค์ อยู่ทอง)

ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคตรัง



## รายละเอียดของรายวิชา

รหัสวิชา 3122-2103 ชื่อวิชา ผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2 จำนวน 3 หน่วยกิต 6 ชั่วโมง/สัปดาห์  
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม  
สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์

### จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้เข้าใจกระบวนการผลิตภัณฑ์จากน้ำยางประเภทหล่อยางและแม่พิมพ์ยาง
2. เพื่อให้สามารถเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี และทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยางประเภทหล่อยางและแม่พิมพ์ยาง
3. เพื่อให้สามารถทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางประเภทหล่อยางและแม่พิมพ์ยาง
4. เพื่อให้มีระเบียบวินัยในการปฏิบัติงาน มีความรอบคอบ ตระหนักถึงคุณภาพของงานและมีจริยธรรมในงานอาชีพ

### มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจกระบวนการผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง ประเภทหล่อยาง และแม่พิมพ์ยาง
2. เตรียมน้ำยางผสมสารเคมีและทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยางประเภทหล่อยางและแม่พิมพ์
3. ทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางประเภทหล่อยางและแม่พิมพ์ยาง

### คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติ กระบวนการผลิตภัณฑ์จากน้ำยางประเภทหล่อยาง และแม่พิมพ์ยาง การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยางประเภทหล่อยางและแม่พิมพ์ยาง การทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางประเภทหล่อยางและแม่พิมพ์ยาง

## ตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

รหัสวิชา 3122-2103 ชื่อวิชา ผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2 จำนวน 3 หน่วยกิต 6 ชั่วโมง/สัปดาห์  
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม  
สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์

| หน่วย<br>ที่ | ชื่อหน่วยการเรียนรู้                                    | ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์ |            |         |           |            |            |            |          | เวลา<br>(ชม.) |
|--------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|------------|---------|-----------|------------|------------|------------|----------|---------------|
|              |                                                         | พุทธิพิสัย                 |            |         |           |            |            | ทักษะพิสัย | จิตพิสัย |               |
|              |                                                         | ความรู้                    | ความเข้าใจ | นำไปใช้ | วิเคราะห์ | สังเคราะห์ | ประเมินค่า |            |          |               |
| 1            | กระบวนการผลิตและคุณภาพมาตรฐาน<br>น้ำยางชั้น             | 3                          | 3          | 3       | 3         | 3          | 3          | 5          | 4        | 12            |
| 2            | สารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง                         | 2                          | 2          | 3       | 3         | 3          | 3          | 5          | 4        | 12            |
| 3            | การเตรียมและทดสอบน้ำยางผสม<br>สารเคมี                   | 3                          | 3          | 3       | 3         | 3          | 3          | 5          | 4        | 12            |
| 4            | การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่าง<br>แบบขึ้นเดียว             | 2                          | 3          | 4       | 3         | 3          | 3          | 5          | 4        | 12            |
| 5            | การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่าง<br>แบบ 2 ซีก                | 2                          | 3          | 4       | 3         | 3          | 3          | 5          | 4        | 18            |
| 6            | การผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทหล่อขึ้นรูป                       | 2                          | 3          | 4       | 3         | 3          | 3          | 5          | 4        | 18            |
| 7            | การผลิตแม่พิมพ์ยางและขึ้นรูป<br>ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง | 3                          | 3          | 3       | 3         | 3          | 3          | 5          | 4        | 18            |
|              | แบบทดสอบปลายภาค                                         | -                          | -          | -       | -         | -          | -          | -          | -        | 6             |
|              |                                                         |                            |            |         |           |            |            |            |          |               |
|              |                                                         |                            |            |         |           |            |            |            |          |               |
|              |                                                         |                            |            |         |           |            |            |            |          |               |
|              |                                                         |                            |            |         |           |            |            |            |          |               |
|              |                                                         |                            |            |         |           |            |            |            |          |               |
|              |                                                         |                            |            |         |           |            |            |            |          |               |
|              | รวม                                                     | 17                         | 20         | 24      | 21        | 21         | 21         | 35         | 28       | 108           |
|              | ความสำคัญ/สัดส่วนคะแนน (ร้อยละ)                         | 45                         |            |         |           |            |            | 35         | 20       | 100           |

## ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

รหัสวิชา 3122-2103    ชื่อวิชา ผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2    จำนวน 3 หน่วยกิต 6 ชั่วโมง/สัปดาห์  
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม  
สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์

| หน่วยที่ | ชื่อหน่วยการเรียนรู้และรายการสอน                    | สัปดาห์ที่ | จำนวน<br>ชั่วโมง |
|----------|-----------------------------------------------------|------------|------------------|
| 1        | กระบวนการผลิตและคุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น             | 1 – 2      | 1 – 12           |
| 2        | สารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง                     | 3 – 4      | 13 – 24          |
| 3        | การเตรียมและทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี                   | 5 – 6      | 25 – 36          |
| 4        | การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบขึ้นเดียว             | 7 – 8      | 36 – 48          |
| 5        | การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก                | 9 – 11     | 49 – 67          |
| 6        | การผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทหล่อขึ้นรูป                   | 12 – 14    | 68 – 84          |
| 7        | การผลิตแม่พิมพ์ยางและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง | 15 – 17    | 85 – 108         |
|          | แบบทดสอบปลายภาค                                     | 18         | 6                |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          |                                                     |            |                  |
|          | รวม                                                 | 18         | 108              |

## สารบัญ

| เรื่อง                                                         | หน้า     |
|----------------------------------------------------------------|----------|
| คำนำ                                                           | ก        |
| คำชี้แจง                                                       | ข        |
| คำนิยม                                                         | ค        |
| รายละเอียดของรายวิชา                                           | ง        |
| ตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา                                  | จ        |
| ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ | ฉ        |
| สารบัญ                                                         | ช        |
| สารบัญภาพ                                                      | ฅ        |
| สารบัญตาราง                                                    | ฉ        |
| <b>หน่วยที่ 1 กระบวนการผลิตและคุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น</b>      | <b>1</b> |
| 1. การผลิตน้ำยางชั้น                                           | 2        |
| 1.1 ประวัติการทำน้ำยางชั้น                                     | 2        |
| 1.2 กระบวนการผลิตน้ำยางชั้น                                    | 3        |
| 2. การใช้สารเคมีสำหรับเก็บรักษาน้ำยาง                          | 9        |
| 2.1 การเก็บรักษาน้ำยางด้วยแอมโมเนีย                            | 9        |
| 2.2 การเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น        | 10       |
| 3. คุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น                                     | 14       |
| 3.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC, Total Solid Content)            | 16       |
| 3.2 ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC, Dry Rubber Content)               | 17       |
| 3.3 ความเป็นด่าง (Alkalinity)                                  | 19       |
| 3.4 จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No. Volatile Fatty Acid Number) | 20       |

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง                                                             | หน้า      |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5 จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH No. Potassium Hydroxide Number) | 21        |
| 3.6 เวลาความคงตัวต่อแรงกล (Mechanical Stability Time)              | 23        |
| 3.7 ปริมาณตะกอน (Sludge Content)                                   | 24        |
| 3.8 ปริมาณยางจับตัว (Coagulum Content)                             | 24        |
| 3.9 ทองแดงและแมงกานีส (Copper and manganese)                       | 24        |
| 3.10 สีของน้ำยาง (Color)                                           | 24        |
| 4. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการทดสอบน้ำยางชั้น                   | 24        |
| 5. สรุป                                                            | 25        |
| กิจกรรม                                                            | 26        |
| แบบฝึกหัด                                                          | 27        |
| แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้                                        | 28        |
| แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้                                        | 32        |
| ใบงานที่ 1.1                                                       | 36        |
| ใบงานที่ 1.2                                                       | 39        |
| เอกสารอ้างอิง                                                      | 41        |
| <b>หน่วยที่ 2 สารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง</b>                  | <b>42</b> |
| 1. ประเภทและหน้าที่ของสารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง              | 43        |
| 1.1 สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer)                                 | 44        |
| 1.2 สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent)                           | 45        |
| 1.3 สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูป (Accelerator)                         | 46        |
| 1.4 สารกระตุ้น (Activator)                                         | 47        |
| 1.5 สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant)                          | 47        |
| 1.6 สารตัวเติม และสารสี (Filler and Pigment)                       | 47        |
| 1.7 สารอื่น ๆ                                                      | 53        |

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง                                                                          | หน้า      |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2. วิธีการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาง                                             | 54        |
| 2.1 เครื่องมือทำดิสเพิลชั่น                                                     | 55        |
| 2.2 สูตรสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมดิสเพิลชั่น (Dispersion)                        | 58        |
| 2.3 การเตรียมสารเคมีให้อยู่ในรูปของอิมัลชัน และสารละลาย (Emulsion และ Solution) | 60        |
| 2.4 การเตรียมสารละลาย (Solution)                                                | 62        |
| 3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาง                      | 63        |
| 4. สรุป                                                                         | 64        |
| กิจกรรม                                                                         | 65        |
| แบบฝึกหัด                                                                       | 66        |
| แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้                                                     | 67        |
| แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้                                                     | 71        |
| ใบงานที่ 2.1                                                                    | 75        |
| ใบงานที่ 2.2                                                                    | 78        |
| ใบงานที่ 2.3                                                                    | 81        |
| เอกสารอ้างอิง                                                                   | 84        |
| <b>หน่วยที่ 3 การเตรียมและทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี</b>                             | <b>85</b> |
| 1. หลักการสำคัญของการเติมสารเคมีลงในน้ำยาง                                      | 86        |
| 2. การผลิตน้ำยางผสมสารเคมีและการเติมสารเคมีลงผสมในน้ำยาง                        | 87        |
| 2.1 การผลิตน้ำยางผสมสารเคมี                                                     | 87        |
| 2.2 ลำดับการเติมสารเคมีลงผสมในน้ำยาง                                            | 87        |
| 2.3 วิธีการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี                                               | 88        |
| 3. สูตรตัวอย่างส่วนผสมสำหรับการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี                           | 89        |
| 4. การบ่มน้ำยางผสมสารเคมี                                                       | 89        |
| 5. การทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี                                                     | 90        |
| 5.1 การตรวจระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูป หรือระดับของการบ่มน้ำยางผสม          | 90        |

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง                                                                | หน้า       |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 6. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยาสผสมสารเคมี               | 97         |
| 7. สรุป                                                               | 98         |
| กิจกรรม                                                               | 99         |
| แบบฝึกหัด                                                             | 100        |
| แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้                                           | 101        |
| แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้                                           | 104        |
| ใบงานที่ 3.1                                                          | 107        |
| ใบงานที่ 3.2                                                          | 110        |
| ใบงานที่ 3.3                                                          | 113        |
| เอกสารอ้างอิง                                                         | 116        |
| <b>หน่วยที่ 4 การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบขึ้นเดียว</b>             | <b>117</b> |
| 1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแม่พิมพ์                                  | 118        |
| 1.1 ความหมายของรูปต้นแบบการทำแม่พิมพ์                                 | 119        |
| 1.2 ชนิดของแม่พิมพ์                                                   | 120        |
| 2. การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบขึ้นเดียว                            | 122        |
| 2.1 แม่พิมพ์ทุบ                                                       | 122        |
| 2.2 แม่พิมพ์ขึ้น                                                      | 128        |
| 2.3 การผลิตแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบขึ้นเดียว                           | 134        |
| 2.4 การผลิตแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาสแบบขึ้นเดียว                            | 138        |
| 3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบขึ้นเดียว | 143        |
| 4. สรุป                                                               | 143        |
| กิจกรรม                                                               | 144        |
| แบบฝึกหัด                                                             | 145        |
| แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้                                           | 146        |
| แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้                                           | 148        |
| ใบงานที่ 4.1                                                          | 150        |
| ใบงานที่ 4.2                                                          | 153        |

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง                                                        | หน้า       |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| เอกสารอ้างอิง                                                 | 156        |
| <b>หน่วยที่ 5 การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก</b>             | <b>157</b> |
| 1. แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อ                                      | 158        |
| 2. การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก                            | 160        |
| 2.1 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก                             | 160        |
| 2.2 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก                               | 165        |
| 3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก | 178        |
| 4. สรุป                                                       | 178        |
| กิจกรรม                                                       | 179        |
| แบบฝึกหัด                                                     | 180        |
| แบบประเมินผลก่อนเรียนรู้                                      | 181        |
| แบบประเมินผลหลังเรียนรู้                                      | 183        |
| ใบงานที่ 5.1                                                  | 185        |
| ใบงานที่ 5.2                                                  | 188        |
| เอกสารอ้างอิง                                                 | 192        |
| <b>หน่วยที่ 6 การผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทหล่อขึ้นรูป</b>           | <b>193</b> |
| 1. การหล่อขึ้นรูป                                             | 194        |
| 1.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยวิธีการจุ่ม                | 195        |
| 1.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยวิธีการหล่อ                | 195        |
| 2. ชนิดของแม่พิมพ์                                            | 197        |
| 2.1 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์                                      | 197        |
| 2.2 แม่พิมพ์โลหะ                                              | 199        |
| 3. น้ำยางผสมสารเคมีสำหรับหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์         | 199        |
| 3.1 น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้แห้งได้  | 200        |
| 3.2 น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็ง    | 201        |
| 4. วิธีการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์งานหล่อ      | 202        |



## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง                                                                              | หน้า       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์โดยวิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบแล้ว<br>บ่มทิ้งไว้           | 202        |
| 4.2 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์โดยวิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบแล้วกวน<br>อย่างต่อเนื่อง    | 203        |
| 4.3 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์วิธีพรีวัลคาไนซ์                                         | 204        |
| 5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยการหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์                   | 206        |
| 5.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบตัน                                            | 206        |
| 5.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบกลวง                                           | 208        |
| 6. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยการหล่อด้วยแม่พิมพ์โลหะ                           | 209        |
| 6.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเท                                                | 209        |
| 6.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเหวี่ยง                                           | 212        |
| 7. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ทำ<br>ผลิตภัณฑ์งานหล่อ | 213        |
| 8. สรุป                                                                             | 213        |
| กิจกรรม                                                                             | 214        |
| แบบฝึกหัด                                                                           | 215        |
| แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้                                                         | 216        |
| แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้                                                         | 220        |
| ใบงานที่ 6.1                                                                        | 224        |
| ใบงานที่ 6.2                                                                        | 227        |
| ใบงานที่ 6.3                                                                        | 230        |
| เอกสารอ้างอิง                                                                       | 233        |
| <b>หน่วยที่ 7 การผลิตแม่พิมพ์ยางและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง</b>               | <b>234</b> |
| 1. แม่แบบและสูตรยางสำหรับทำแม่พิมพ์ยาง                                              | 235        |
| 1.1 แม่แบบหรือรูปต้นแบบ                                                             | 236        |
| 1.2 สูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับทำแม่พิมพ์ยาง                                           | 236        |

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง                                                                     | หน้า       |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2. แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อรูปลอยตัว                                          | 238        |
| 2.1 วิธีการทำแม่พิมพ์ยางรูปลอยตัวขนาดเล็ก                                  | 238        |
| 3. กระบวนการผลิตแม่พิมพ์สำหรับงานหล่อรูปปูนดำและปูนสูง                     | 251        |
| 3.1 กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ปูนดำจากยางธรรมชาติ                               | 251        |
| 3.2 กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ปูนดำจากยางซิลิโคน                                | 255        |
| 4. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง                                    | 260        |
| 4.1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปูนดำจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ                      | 260        |
| 4.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ                   | 263        |
| 5. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์ยางและผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง | 266        |
| 6. สรุป                                                                    | 267        |
| กิจกรรม                                                                    | 268        |
| แบบฝึกหัด                                                                  | 269        |
| แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้                                                | 270        |
| แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้                                                | 273        |
| ใบงานที่ 7.1                                                               | 276        |
| ใบงานที่ 7.2                                                               | 279        |
| ใบงานที่ 7.3                                                               | 282        |
| เอกสารอ้างอิง                                                              | 285        |
| <b>บรรณานุกรม</b>                                                          | <b>286</b> |
| <b>แบบทดสอบปลายภาค</b>                                                     | <b>288</b> |
| <b>ภาคผนวก</b>                                                             | <b>300</b> |
| ภาคผนวก ก เฉลยแบบฝึกหัด                                                    | 300        |
| ภาคผนวก ข เฉลยแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้                                  | 310        |
| ภาคผนวก ค เฉลยแบบประเมินผลหลังการเรียนรู้                                  | 312        |
| ภาคผนวก ง เฉลยแบบทดสอบปลายภาค                                              | 314        |
| ภาคผนวก จ เกณฑ์การประเมินใบงาน                                             | 316        |

## สารบัญภาพ

|                                                                                         | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 1.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีการระเหยน้ำ                                    | 4    |
| ภาพที่ 1.2 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีครีมมิง (Creaming)                           | 5    |
| ภาพที่ 1.3 เครื่องผลิตน้ำยางข้น                                                         | 8    |
| ภาพที่ 1.4 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า                              | 8    |
| ภาพที่ 1.5 ถังทนแรงดันสูงสำหรับบรรจุแอมโมเนีย                                           | 10   |
| ภาพที่ 1.6 การเก็บรักษาน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย 0.275% ร่วมกับ SPP ปริมาณต่าง ๆ ต่อค่า VFA | 11   |
| ภาพที่ 1.7 การใช้แอมโมเนีย 0.25% ร่วมกับการดบอริกปริมาณต่าง ๆ ต่อค่า VFA                | 12   |
| ภาพที่ 1.8 ผลของการใช้แอมโมเนีย 0.25% ร่วมกับ ZDC ปริมาณต่าง ๆ ต่อค่า VFA               | 13   |
| ภาพที่ 1.9 การเก็บรักษาน้ำยางด้วยแอมโมเนีย 0.15% ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ต่อค่า VFA          | 13   |
| ภาพที่ 1.10 การหาค่าปริมาณของแข็งในน้ำยาง                                               | 17   |
| ภาพที่ 1.11 การหาปริมาณเนื้อยางแห้ง                                                     | 18   |
| ภาพที่ 1.12 การหาค่าปริมาณความเป็นต่างของน้ำยาง                                         | 20   |
| ภาพที่ 1.13 ชุดหาค่าปริมาณจำนวนกรดไขมันระเหยได้                                         | 21   |
| ภาพที่ 1.14 การหาค่าจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์                                           | 22   |
| ภาพที่ 1.15 เครื่องหาเวลาความคงตัวต่อแรงกล                                              | 23   |
| ภาพที่ 1.1.1 การทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง                                  | 37   |
| ภาพที่ 2.1 หลักการทำงานของเครื่องบอลมิลล์                                               | 55   |
| ภาพที่ 2.2 หลักการทำงานของเครื่องอัลทราสมิลล์                                           | 56   |
| ภาพที่ 2.3 หลักการทำงานของเครื่องอัลตราโซนิกมิลล์                                       | 57   |
| ภาพที่ 2.4 หลักการทำงานของเครื่องคอลลอยด์มิลล์                                          | 57   |
| ภาพที่ 2.5 หลักการทำงานของเครื่อง Silverson Mixer                                       | 60   |
| ภาพที่ 2.1.1 กำมะถันและเครื่องเตรียม 50% กำมะถัน                                        | 76   |
| ภาพที่ 2.2.1 การเตรียม 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์                                         | 79   |
| ภาพที่ 2.3.1 การเตรียม 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต                                        | 82   |
| ภาพที่ 3.1 เตรียมสารเคมีและเติมลงในน้ำยางตามลำดับ                                       | 88   |
| ภาพที่ 3.2 กวนสารเคมีด้วยมือและเครื่องกวดอย่างต่อเนื่อง                                 | 88   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                                                                         | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 3.3                                                              | 91   |
| เทสสารคลอโรฟอร์มลงผสมกับน้ำยางคนสารเคมีด้วยแท่งแก้วให้กระจาย<br>ทุกส่วน |      |
| ภาพที่ 3.4                                                              | 91   |
| คนจนยางจับตัวกันเป็นก้อน ทดลองดึง                                       |      |
| ภาพที่ 3.5                                                              | 93   |
| เทน้ำยางลงในถาดแบนและอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน                              |      |
| ภาพที่ 3.6                                                              | 94   |
| วัดและตัดชิ้นทดสอบเป็นรูปวงกลม                                          |      |
| ภาพที่ 3.7                                                              | 94   |
| ชิ้นทดสอบแช่ในสารละลายโทลูอินและวัดหาค่า                                |      |
| ภาพที่ 3.8                                                              | 95   |
| แสดงการทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีโดยใช้ Tensile Tester                       |      |
| ภาพที่ 3.9                                                              | 96   |
| จุ่มหลอดแก้วในน้ำยางผสมสารเคมีและอบแห้ง                                 |      |
| ภาพที่ 3.10                                                             | 96   |
| วัดความยาวของชิ้นทดสอบ                                                  |      |
| ภาพที่ 3.11                                                             | 97   |
| ทดสอบการดึงด้วยเครื่องดึงยาง                                            |      |
| ภาพที่ 3.1.1                                                            | 108  |
| แสดงการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี                                           |      |
| ภาพที่ 3.2.1                                                            | 111  |
| แสดงวิธีการทดสอบคลอโรฟอร์ม                                              |      |
| ภาพที่ 3.3.1                                                            | 114  |
| แสดงการทดสอบวิธี Swelling Test                                          |      |
| ภาพที่ 4.1                                                              | 119  |
| แม่พิมพ์หินทรายที่ใช้ในการหล่อโลหะสำริด                                 |      |
| ภาพที่ 4.2                                                              | 119  |
| รูปต้นแบบจากน้ำยางพาราสำหรับทำแม่พิมพ์                                  |      |
| ภาพที่ 4.3                                                              | 121  |
| แม่พิมพ์ทุบและชิ้นงานหล่อ                                               |      |
| ภาพที่ 4.4                                                              | 122  |
| แม่พิมพ์ถาวรหรือแม่พิมพ์ขึ้น                                            |      |
| ภาพที่ 4.5                                                              | 122  |
| แม่พิมพ์ทุบ                                                             |      |
| ภาพที่ 4.6                                                              | 123  |
| ชิ้นงานต้นแบบ                                                           |      |
| ภาพที่ 4.7                                                              | 124  |
| ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำและสี                                              |      |
| ภาพที่ 4.8                                                              | 124  |
| แปรงทาปูนปลาสเตอร์และเกลี่ยให้มีความหนาเท่า ๆ กัน                       |      |
| ภาพที่ 4.9                                                              | 125  |
| ปูเส้นใยมะพร้าวและปาดผิวให้เรียบ                                        |      |
| ภาพที่ 4.10                                                             | 125  |
| รื้อรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์                                             |      |
| ภาพที่ 4.11                                                             | 126  |
| ทาปูนปลาสเตอร์ให้ทั่วแม่พิมพ์                                           |      |
| ภาพที่ 4.12                                                             | 126  |
| เกลี่ยปูนปลาสเตอร์และปูเส้นใยมะพร้าว                                    |      |
| ภาพที่ 4.13                                                             | 127  |
| ค้อนไม้ตอกแม่พิมพ์ทุบออกจากผิวของชิ้นงาน                                |      |
| ภาพที่ 4.14                                                             | 127  |
| ชิ้นงานหล่อปูนปลาสเตอร์จากแม่พิมพ์ทุบ                                   |      |
| ภาพที่ 4.15                                                             | 128  |
| แบบพิมพ์ขึ้นที่จำเป็นต้องทำแม่พิมพ์ขึ้น                                 |      |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|              |                                                        | หน้า |
|--------------|--------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 4.16  | รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ลากเส้นแบ่งชั้นพิมพ์              | 129  |
| ภาพที่ 4.17  | กั้นดินน้ำมันเพื่อทำพิมพ์แม่พิมพ์ชั้นที่ 1             | 129  |
| ภาพที่ 4.18  | แปรงทาปูนปลาสเตอร์ทั่วแบบแม่พิมพ์ชั้นที่ 1             | 130  |
| ภาพที่ 4.19  | มีดปลายแหลมขูดเป็นร่องรูปสี่เหลี่ยมและทาวาสลิน         | 130  |
| ภาพที่ 4.20  | กั้นดินน้ำมันและทาปูนปลาสเตอร์ให้ทั่วพิมพ์             | 131  |
| ภาพที่ 4.21  | กั้นดินน้ำมันรอบ ๆ พร้อมทาวาสลินทั่วบริเวณแม่พิมพ์ชั้น | 131  |
| ภาพที่ 4.22  | ปูนปลาสเตอร์ผสมเส้นใยมะพร้าวเสริมแรงแม่พิมพ์ครอบ       | 132  |
| ภาพที่ 4.23  | ถอดแม่พิมพ์ครอบและแม่พิมพ์ขึ้นออกจากกัน                | 132  |
| ภาพที่ 4.24  | ตกแต่งผิวด้วยเครื่องมือแต่งปูนแต่ละชั้น                | 133  |
| ภาพที่ 4.25  | แม่พิมพ์สำเร็จ                                         | 133  |
| ภาพที่ 4.26  | แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบขึ้นเดียว                       | 134  |
| ภาพที่ 4.27  | แม่พิมพ์รูปต้นแบบจากน้ำยาพารา                          | 135  |
| ภาพที่ 4.28  | ผสมปูนปลาสเตอร์และพอกบนแม่พิมพ์รูปต้นแบบ               | 136  |
| ภาพที่ 4.29  | ด้านหลังของแม่พิมพ์ต้นแบบปูนปลาสเตอร์                  | 136  |
| ภาพที่ 4.30  | แกะแม่พิมพ์รูปต้นแบบออก ตกแต่งผิว                      | 137  |
| ภาพที่ 4.31  | อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน                                  | 137  |
| ภาพที่ 4.32  | แม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาสแบบขึ้นเดียว                        | 138  |
| ภาพที่ 4.33  | รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์กั้นกรอบด้วยดินน้ำมัน             | 138  |
| ภาพที่ 4.34  | พ่นสีสเปรย์และทาวาสลิน                                 | 139  |
| ภาพที่ 4.35  | ทาเรซินและเสริมแรงด้วยใยแก้ว                           | 139  |
| ภาพที่ 4.36  | แปรงจุ่มเรซินลงในบริเวณที่ปูใยแก้ว                     | 140  |
| ภาพที่ 4.37  | จัดแม่พิมพ์ออกจากไม้กระดานรอง                          | 141  |
| ภาพที่ 4.38  | สกัดรูปต้นแบบและตัดขอบของแม่พิมพ์ออก                   | 141  |
| ภาพที่ 4.39  | ขัดและแต่งผิวให้สวยงาม                                 | 142  |
| ภาพที่ 4.40  | ชิ้นงานหล่อจากแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาส                      | 142  |
| ภาพที่ 4.1.1 | แม่พิมพ์ขึ้นเดียวปูนปลาสเตอร์                          | 151  |
| ภาพที่ 4.2.1 | สารเคมีและกระบวนการผลิตไฟเบอร์กลาส                     | 154  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                                                                        | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 5.1 แม่พิมพ์จากยางพาราและแม่พิมพ์จากยางซิลิโคน                  | 159  |
| ภาพที่ 5.2 แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์และแม่พิมพ์จากไฟเบอร์กลาส            | 159  |
| ภาพที่ 5.3 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก                               | 160  |
| ภาพที่ 5.4 ชิ้นงานรูปต้นแบบสำหรับทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์                | 161  |
| ภาพที่ 5.5 วัดขนาดชิ้นงานรูปต้นแบบและพับกล่อง                          | 161  |
| ภาพที่ 5.6 เทปูนปลาสเตอร์ลงในกล่องและกดรูปต้นแบบลงครึ่งหนึ่งของความหนา | 162  |
| ภาพที่ 5.7 แกะชิ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์                           | 162  |
| ภาพที่ 5.8 ประกอบกล่องและเทปูนปลาสเตอร์ทำแม่พิมพ์ซีกที่ 2              | 163  |
| ภาพที่ 5.9 แกะแม่พิมพ์แยกจากกันตกแต่งให้เรียบร้อย                      | 164  |
| ภาพที่ 5.10 อบแม่พิมพ์ให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน                           | 164  |
| ภาพที่ 5.11 แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก                           | 165  |
| ภาพที่ 5.12 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก                                | 166  |
| ภาพที่ 5.13 รูปต้นแบบลักษณะเป็นรูปลอยตัว                               | 166  |
| ภาพที่ 5.14 แบ่งซีกพิมพ์โดยการกั้นด้วยดินน้ำมัน                        | 167  |
| ภาพที่ 5.15 ปูนปลาสเตอร์ประกบดินน้ำมัน                                 | 167  |
| ภาพที่ 5.16 รีดดินน้ำมันให้แนบติดกับรูปต้นแบบ                          | 168  |
| ภาพที่ 5.17 กั้นแนวรอบขอบด้วยดินน้ำมัน                                 | 168  |
| ภาพที่ 5.18 วางหมุดและตกแต่งให้แนบสนิท                                 | 169  |
| ภาพที่ 5.19 เทยางซิลิโคนลงบนรูปต้นแบบและปาดด้วยฟูกัน                   | 169  |
| ภาพที่ 5.20 หัวฉีดลมเป่าฟองอากาศออกจากรูปต้นแบบ                        | 170  |
| ภาพที่ 5.21 เกลี่ยยางซิลิโคนให้มีความหนาเท่า ๆ กัน และเทชั้นที่ 2      | 170  |
| ภาพที่ 5.22 ปูผ้ากอซเพื่อเพิ่มความแข็งแรง                              | 171  |
| ภาพที่ 5.23 ลงยางซิลิโคนในชั้นที่ 4                                    | 171  |
| ภาพที่ 5.24 ลงยางซิลิโคนชั้นที่ 5                                      | 172  |
| ภาพที่ 5.25 ตัดหัวหมุดดินน้ำมันและควักหมุดดินน้ำมันออก                 | 172  |
| ภาพที่ 5.26 ถูส่วนเว้าของแม่พิมพ์ด้วยดินน้ำมัน                         | 173  |
| ภาพที่ 5.27 ทาเรซินและปูด้วยใยแก้ว                                     | 173  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                                                                            | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 5.28 ทาเรซินลงบนใยแก้วให้ทั่วเป็นเนื้อเดียวกัน                      | 174  |
| ภาพที่ 5.29 พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสยังไม่ได้ตกแต่งขอบพิมพ์                    | 174  |
| ภาพที่ 5.30 รีบบุนพลาสติกเตอร์และดินน้ำมันกันขอบออก                        | 175  |
| ภาพที่ 5.31 ทาวาสลินที่ผิวรูปต้นแบบด้านหลัง                                | 175  |
| ภาพที่ 5.32 เทยางซิลิโคนซีกที่ 2                                           | 176  |
| ภาพที่ 5.33 ถอดแม่พิมพ์ยางซิลิโคนและแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสออกจากรูปต้นแบบ | 176  |
| ภาพที่ 5.34 ตกแต่งพิมพ์ครอบ                                                | 177  |
| ภาพที่ 5.35 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนที่เสร็จสมบูรณ์                              | 177  |
| ภาพที่ 5.1.1 แม่พิมพ์บุนพลาสติกเตอร์แบบ 2 ซีก                              | 186  |
| ภาพที่ 5.2.1 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก                                   | 189  |
| ภาพที่ 6.1 ผลิตภัณฑ์จากยางจากการจุ่ม                                       | 195  |
| ภาพที่ 6.2 ลูกบอลยางขึ้นรูปโดยวิธีหล่อเหวี่ยง                              | 196  |
| ภาพที่ 6.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางโดยวิธีหล่อเท                             | 196  |
| ภาพที่ 6.4 แม่พิมพ์บุนพลาสติกเตอร์รูปแบบต่าง ๆ                             | 198  |
| ภาพที่ 6.5 การหล่อผลิตภัณฑ์ยางด้วยแม่พิมพ์บุนพลาสติกเตอร์                  | 198  |
| ภาพที่ 6.6 แม่พิมพ์โลหะ                                                    | 199  |
| ภาพที่ 6.7 การเตรียมและบ่มน้ำยางคอมปาวด์                                   | 203  |
| ภาพที่ 6.8 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ด้วยการกวนอย่างต่อเนื่อง                 | 204  |
| ภาพที่ 6.9 ผังขั้นตอนการหล่อแบบต้น                                         | 207  |
| ภาพที่ 6.10 ผลิตภัณฑ์ยางจากการหล่อแบบต้น                                   | 208  |
| ภาพที่ 6.11 ผังขั้นตอนการหล่อแบบกลาง                                       | 208  |
| ภาพที่ 6.12 แม่พิมพ์หล่อขึ้นงานแบบกลาง                                     | 209  |
| ภาพที่ 6.13 ผังขั้นตอนการหล่อโดยวิธีหล่อเท                                 | 210  |
| ภาพที่ 6.14 การเหวี่ยงของแม่พิมพ์ในตู้อบร้อน                               | 212  |
| ภาพที่ 6.1.1 แสดงการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์                                   | 225  |
| ภาพที่ 6.2.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบต้น                          | 228  |
| ภาพที่ 6.3.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบกลาง                         | 231  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|             | หน้า                                                           |
|-------------|----------------------------------------------------------------|
| ภาพที่ 7.1  | รูปต้นแบบสำหรับทำแม่พิมพ์ยาง                                   |
| ภาพที่ 7.2  | แม่พิมพ์ยางจากน้ำยางธรรมชาติสูตรเนื้ออย่างล้วน                 |
| ภาพที่ 7.3  | รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ยึดส่วนฐานด้านล่างด้วยสกรู                |
| ภาพที่ 7.4  | จุ่มรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ลงในน้ำยางคอมปาวด์                    |
| ภาพที่ 7.5  | การอบชิ้นงานด้วยตู้อบลมร้อน                                    |
| ภาพที่ 7.6  | แม่พิมพ์ยางสำเร็จ                                              |
| ภาพที่ 7.7  | ชิ้นงานปูนปลาสเตอร์ที่หล่อจากแม่พิมพ์ยาง                       |
| ภาพที่ 7.8  | แม่พิมพ์ยางที่มีส่วนขึ้นนอกแข็ง                                |
| ภาพที่ 7.9  | รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ยึดส่วนฐานด้านล่างด้วยฟิวเจอร์บอร์ด       |
| ภาพที่ 7.10 | เทน้ำยางคอมปาวด์ลงบนรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์                      |
| ภาพที่ 7.11 | ป้ายน้ำยางผสมกับซีลี้อยหาทาบฟิล์มน้ำยาง                        |
| ภาพที่ 7.12 | อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน                                          |
| ภาพที่ 7.13 | แม่พิมพ์ยางแบบให้มีส่วนขึ้นนอกแข็ง                             |
| ภาพที่ 7.14 | หล่อปูนปลาสเตอร์จากแม่พิมพ์ยางที่มีส่วนขึ้นนอกแข็ง             |
| ภาพที่ 7.15 | แม่พิมพ์ยางที่มีส่วนเสริมแรงด้วยแม่พิมพ์ครอบปูนปลาสเตอร์       |
| ภาพที่ 7.16 | รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ยึดฐานด้านล่างและเทราดน้ำยางคอมปาวด์      |
| ภาพที่ 7.17 | แปรงป้ายน้ำยางเพื่อความสม่ำเสมอและเข้าอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน    |
| ภาพที่ 7.18 | ปูนปลาสเตอร์ครอบแม่พิมพ์ยางเสริมความแข็งแรง                    |
| ภาพที่ 7.19 | แม่พิมพ์ยางสำเร็จ                                              |
| ภาพที่ 7.20 | แม่พิมพ์ยางไปหล่อปูนปลาสเตอร์                                  |
| ภาพที่ 7.21 | รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ทาสารเคลือบในเตา                          |
| ภาพที่ 7.22 | ทาน้ำยางคอมปาวด์ด้วยแปรงให้ทั่วรูปต้นแบบและจุ่มไล่ฟองอากาศ     |
| ภาพที่ 7.23 | แสดงการปูผ้ากอซ เพื่อเสริมแรงและแม่พิมพ์ยางที่ทำเสร็จ          |
| ภาพที่ 7.24 | ปูนปลาสเตอร์ผสมเส้นใยมะพร้าวเสริมแรงแม่พิมพ์ครอบ               |
| ภาพที่ 7.25 | ชิ้นงานรูปต้นแบบปูนดำ                                          |
| ภาพที่ 7.26 | ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งและเทยางให้ทั่วชิ้นงานรูปต้นแบบ       |
| ภาพที่ 7.27 | ตัดผ้ากอซให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยมปูซ้อนกันวางบริเวณที่ลงยางเอาไว้ |



## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                                                                           | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| ภาพที่ 7.28 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำเป็นพิมพ์ครอบแม่พิมพ์ยางซิลิโคน          | 258  |
| ภาพที่ 7.29 จัดพิมพ์ครอบออกจากแม่พิมพ์ยางซิลิโคน                          | 258  |
| ภาพที่ 7.30 แกะแม่พิมพ์ยางซิลิโคนออกจากรูปต้นแบบ                          | 259  |
| ภาพที่ 7.31 แม่พิมพ์ยางซิลิโคน และแม่พิมพ์ครอบปูนปลาสเตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์ | 259  |
| ภาพที่ 7.32 แม่พิมพ์ยางธรรมชาติพร้อมแม่พิมพ์ครอบประกอบ                    | 260  |
| ภาพที่ 7.33 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำและสีฝุ่น                                | 261  |
| ภาพที่ 7.34 เทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์ยาง                                      | 262  |
| ภาพที่ 7.35 แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ยางได้ชิ้นงานสำเร็จ                   | 262  |
| ภาพที่ 7.36 แม่พิมพ์ยางธรรมชาติสำหรับทำแผ่นพื้น                           | 263  |
| ภาพที่ 7.37 ผสมปูนซีเมนต์ หิน ทราย สีฝุ่น และน้ำ                          | 264  |
| ภาพที่ 7.38 เทลงในแม่พิมพ์ยาง                                             | 264  |
| ภาพที่ 7.39 ใช้เกรียงเหล็กเกลี่ยส่วนผสมให้ทั่วและสม่ำเสมอ                 | 265  |
| ภาพที่ 7.40 แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ยาง                                   | 265  |
| ภาพที่ 7.41 ผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นสำเร็จ                                       | 266  |
| ภาพที่ 7.1.1 แม่พิมพ์ยางรูปลอยตัวจากน้ำยางธรรมชาติสูตรเนื้ออย่างล้น       | 277  |
| ภาพที่ 7.2.1 แม่พิมพ์หุ่นต่ำจากน้ำยางธรรมชาติ                             | 280  |
| ภาพที่ 7.3.1 แผ่นพื้นจากการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ                 | 283  |

## สารบัญตาราง

|                |                                                                             | หน้า |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 1.1   | น้ำยางโปรตีนต่ำจากการทำครีมเจือจางซ้ำ                                       | 6    |
| ตารางที่ 1.2   | ผลของการเก็บรักษาน้ำยางสดด้วย $\text{ZnO} + \text{TMTD} + \text{NH}_3$      | 14   |
| ตารางที่ 1.3   | แสดงข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ISO 2004 สำหรับน้ำยางข้นจากการปั่น                | 15   |
| ตารางที่ 1.4   | ค่า Alkalinity ในน้ำยางข้น                                                  | 19   |
| ตารางที่ 2.1   | สมบัติการดึงฟิล์มยางที่เติมสารตัวเติมคาโอไลนิต์เคลย์ปริมาณต่าง ๆ            | 49   |
| ตารางที่ 2.2   | แสดงการคงรูปที่ 93 °C ตามเวลาที่กำหนด                                       | 49   |
| ตารางที่ 2.3   | ดิสเพิลชั่น 50% กำมะถัน (50% Sulphur)                                       | 59   |
| ตารางที่ 2.4   | ดิสเพิลชั่น 50% สารตัวเร่ง (50% Accelerator)                                | 59   |
| ตารางที่ 2.5   | ดิสเพิลชั่น 50% ซิงค์ออกไซด์ (50% Zinc Oxide)                               | 59   |
| ตารางที่ 2.6   | สูตรการเตรียมอิมัลชัน (Emulsions)                                           | 61   |
| ตารางที่ 2.7   | สูตรการเตรียมอิมัลชัน 20% โพแทสเซียมลอเรต<br>(20% Potassium laurate)        | 61   |
| ตารางที่ 2.8   | ตัวอย่างการเตรียมสารละลายเคซีน 10% (10% Casein)                             | 62   |
| ตารางที่ 2.9   | สูตรการเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์<br>(10% Potassium hydroxide) | 62   |
| ตารางที่ 2.10  | สูตรตัวอย่างการเตรียมสารช่วยจับตัวเข้มข้น 10%                               | 63   |
| ตารางที่ 2.1.1 | แสดงสูตรการเตรียมดิสเพิลชั่น 50% กำมะถัน                                    | 76   |
| ตารางที่ 2.2.1 | สูตรการเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์                              | 79   |
| ตารางที่ 2.3.1 | สูตรการเตรียมอิมัลชัน 20% สบู์โพแทสเซียมโอเลต                               | 82   |
| ตารางที่ 3.1   | ตัวอย่างสูตรน้ำยางผสมสารเคมี                                                | 89   |
| ตารางที่ 3.1.1 | สูตรการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามตาราง                                       | 108  |
| ตารางที่ 3.2.1 | ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบคลอโรฟอร์ม                                     | 112  |
| ตารางที่ 3.3.1 | ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบ                                               | 115  |
| ตารางที่ 6.1   | สูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์                        | 200  |
| ตารางที่ 6.2   | น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้แห้งได้                    | 201  |
| ตารางที่ 6.3   | น้ำยางคอมปาวด์สำหรับหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็ง                         | 201  |
| ตารางที่ 6.4   | สูตรผสมเคมีของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในระบบกำมะถัน                               | 205  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                |                                                                                | หน้า |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 6.5   | สูตรผสมเคมีของน้ำยางพริ้วลาคาไนซีในระบบเปอร์ออกไซด์                            | 206  |
| ตารางที่ 6.6   | สูตรน้ำยางคอมปาวด์ไวต่อความร้อนสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์หล่อ<br>โดยวิธีหล่อเท สูตร A | 211  |
| ตารางที่ 6.7   | สูตรน้ำยางคอมปาวด์ไวต่อความร้อนสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์หล่อ<br>โดยวิธีหล่อเท สูตร B | 211  |
| ตารางที่ 6.1.1 | สูตรการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ตามตาราง                                            | 226  |
| ตารางที่ 7.1   | ตัวอย่างส่วนผสมของสารระบบทำให้ยางคงรูป                                         | 237  |
| ตารางที่ 7.2   | สูตรยางคอมปาวด์เนื้อยางล้วน                                                    | 237  |
| ตารางที่ 7.3   | สูตรยางคอมปาวด์ผสมสารตัวเติม                                                   | 238  |
| ตารางที่ 7.1.1 | สูตรน้ำยางคอมปาวด์                                                             | 277  |
| ตารางที่ 7.2.1 | สูตรการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์                                                    | 280  |

## หน่วยที่ 1

### กระบวนการผลิตและคุณภาพมาตรฐานน้ำยางข้น

#### หัวเรื่อง

1. การผลิตน้ำยางข้น
2. การใช้สารเคมีสำหรับเก็บรักษาน้ำยาง
3. คุณภาพมาตรฐานน้ำยางข้น
4. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการทดสอบน้ำยางข้น
5. สรุป

#### สาระสำคัญ

การผลิตน้ำยางข้น สามารถผลิตได้หลายวิธีตามกระบวนการหลักที่ปฏิบัติโดยทั่วไปมี 4 วิธี คือ 1. วิธีการระเหยน้ำ 2. วิธีการทำให้เกิดครีม 3. วิธีการปั่น และ 4. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า วิธีการระเหยน้ำใช้หลักการแยกน้ำออกอย่างเดียว ทำให้การกระจายตัวของอนุภาคยางไม่ถูกกระทบกระเทือน ส่วนวิธีอื่น ๆ ทำให้ขนาดอนุภาคของยางขนาดเล็กถูกกำจัดออกในระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ น้ำยางข้นขึ้น ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำยางข้นประกอบด้วยคุณสมบัติหลักที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเนื้อยางแห้ง ความเป็นด่าง โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเสถียรต่อแรงกล เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะเป็นเครื่องบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำยางข้น การเก็บรักษาน้ำยาง โดยทั่วไปใช้แอมโมเนีย หรือใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น ทั้งนี้ เพื่อความเหมาะสมของน้ำยางข้น แต่ละชนิด

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้น
2. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารเคมีสำหรับเก็บรักษาน้ำยาง
3. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำยางข้น
4. เพื่อให้ประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และความมีภูมิคุ้มกัน ในการวิเคราะห์สภาพของน้ำยางข้น กระบวนการผลิตและการใช้สารเคมีสำหรับเก็บรักษาน้ำยาง
5. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความขยัน ซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ความเป็นประชาธิปไตย

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความหมายและสมบัติของน้ำยางข้น
2. วิเคราะห์สภาพของน้ำยางข้นจากใบรับรองผล
3. ทดสอบน้ำยางข้นตามมาตรฐานได้อย่างน้อย 3 วิธี
4. เปรียบเทียบใบรับรองคุณภาพของน้ำยางข้นกับค่ามาตรฐาน
5. บอกประวัติของการทำน้ำยางข้นวิธีต่าง ๆ ทั้ง 4 วิธี
6. อธิบายกระบวนการผลิตน้ำยางข้นได้ทั้ง 4 วิธี
7. เขียนผังกระบวนการผลิตน้ำยางข้นได้อย่างน้อย 2 วิธี
8. บอกประโยชน์ของสารเคมีสำหรับเก็บรักษาน้ำยาง
9. อธิบายการเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้แอมโมเนียและการใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น
10. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการทดสอบน้ำยางข้น
11. เตรียมความพร้อมในการเรียนมีระเบียบวินัยและปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด

## 1. การผลิตน้ำยางข้น

### 1.1 ประวัติการทำน้ำยางข้น

ปี พ.ศ. 2467 M.S. Stutchbury ได้เสนอการทำน้ำยางข้นด้วยวิธีการระเหย โดยใช้เทคนิคของถังหมุน (ถ้าระเหยธรรมชาติจะไม่สำเร็จเพราะเกิดเป็นฟิล์มที่ผิวหน้ายาง)

ในปีเดียวกัน (พ.ศ. 2467) W.L. Ultemark ได้จดสิทธิบัตร B.P. 219, 635 เกี่ยวกับการทำน้ำยางข้น โดยวิธีการเซนตริฟิวจ์ (Centrifuge)

ในปีเดียวกัน (พ.ศ. 2467) Isidor Traube ได้จดสิทธิบัตร B.P. 226, 440 เกี่ยวกับการทำน้ำยางข้น โดยวิธีการ creaming มีการใช้สารสกัดจาก moss และ gelatin

ปี พ.ศ. 2481 บริษัท ดันลอป (Dunlop) ได้จดสิทธิบัตร B.P. 492, 030 การทำน้ำยางชั้น โดยวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า หลังจากนั้น ได้จดสิทธิบัตรอีกหลายฉบับ ในเรื่องคล้ายกัน ได้แก่ B.P. 505, 752 B.P. 505, 753 B.P. 511, 088 B.P. 516, 092 B.P. 527, 219 B.P. 532148 วิธีนี้ได้อ้างว่า คุณสมบัติน้ำยางชั้น เทียบเท่าหรือเหนือกว่าน้ำยางที่ได้จากการเซนตริฟิวจ์ ไม่มีการสูญเสียยาง ไปเป็นน้ำยางskim (Skim Latex) ใช้ไฟฟ้าน้อย และ พ.ศ. 2490 วิธีนี้มีความสำคัญไม่แพ้น้ำยางธรรมชาติ

วิธีการทำน้ำยางชั้นแบบอื่น ๆ ได้แก่ Filtration (B.P. 219, 277 พ.ศ. 2467 B.P.344, 875 พ.ศ. 2467) Freezing (B.P. 478, 406 พ.ศ. 2481) Dialysis (B.P. พ.ศ. 2477)

ในราว ปี พ.ศ. 2470 เป็นต้นมา น้ำยางชั้นเริ่มออกมาสู่ตลาด ทั้งในรูปของน้ำยางระเหย น้ำยางครีมและน้ำยางเซนตริฟิวจ์

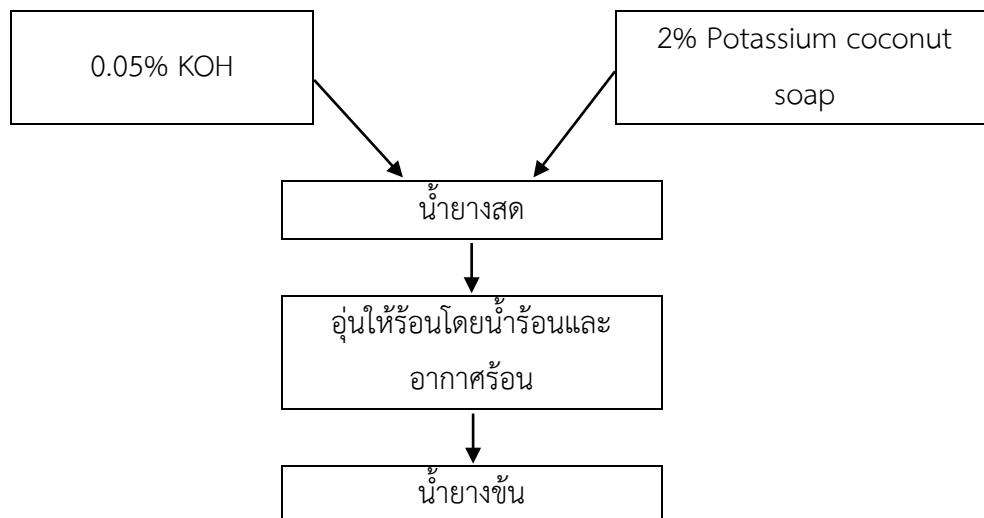
ปี พ.ศ. 2472 บริษัท ดันลอป ได้จดสิทธิบัตร B.P. 319, 410 เกี่ยวกับการปรับปรุงการทำน้ำยางชั้น โดยการใส่แอมโมเนียลงในน้ำยางสด 0.1% ถึง 0.3% และนำไปเซนตริฟิวจ์ ด้วยเครื่องอัลฟาลาวาล (Alfa de laval)

## 1.2 กระบวนการผลิตน้ำยางชั้น

การผลิตน้ำยางชั้น สามารถผลิตได้หลายวิธี กระบวนการหลักที่ปฏิบัติ โดยทั่วไปมี 4 วิธี คือ 1. วิธีการระเหยน้ำ 2. วิธีการทำให้เกิดครีม 3. วิธีการปั่น และ 4. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหยน้ำใช้หลักการแยกน้ำออกจากน้ำยางอย่างเดียว ทำให้การกระจายตัวของอนุภาคยางไม่ถูกกระทบกระเทือน ส่วนกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นด้วยวิธีอื่น ๆ จะทำให้อนุภาคยางขนาดเล็กถูกกำจัดออกในระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้น้ำยางชั้นขึ้น

### 1.2.1 กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหยน้ำ

น้ำยางสดจากสวนก่อนการทำให้ข้นโดยวิธีการระเหยน้ำ ต้องเติมสารที่ทำให้ยางคงตัว (Stabilizers) เช่น Potassium Soap เสียก่อน การระเหยน้ำออกจากน้ำยางจะเกิดขึ้นภายในถัง หรือ ภาชนะที่หมุนได้รอบแกนตามแนวแกน หรือถังถูกให้ความร้อนรอบ ๆ ถัง การระเหยน้ำออกจากน้ำยางจะทำให้ยางชั้นซึ่งมีส่วนประกอบโดยประมาณ คือ ส่วนของของแข็งทั้งหมด 75% ปริมาณเนื้อยาง 60% Caustic potash 1.5% และสารที่ช่วยทำให้น้ำยางคงตัวกับสารโปรตีน อีก 13.5% น้ำยางชั้นที่ได้จากวิธีนี้ จะมีความคงสภาพเป็นน้ำยางดีมาก ทำให้สามารถขนส่งและเคลื่อนย้ายได้ดี มีคุณสมบัติการเหนียวติดดี ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีการระเหยน้ำ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 1.2.2 กระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีการทำให้เกิดครีม

น้ำยางธรรมชาติไม่ว่าอยู่ในสถานะน้ำยางสด หรือสถานะที่มีการใส่สารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง (Preserved Latex) จะประกอบด้วยระบบของสารละลายคอลลอยด์ แบบอิมัลชัน (Colloidal emulsion) ที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางเรียกว่า เซรุ่ม อนุภาคเล็ก ๆ ของยางที่แขวนลอยอยู่ในเซรุ่ม แสดงการเคลื่อนไหวแบบ Brownian (เคลื่อนไหวในทุกทิศทางอย่างไม่เป็นระเบียบ) การเคลื่อนไหวของอนุภาคน้ำยางในน้ำยางสดจะรวดเร็วกว่าการเคลื่อนไหวของอนุภาคน้ำยางที่ใส่สารเคมีรักษาสภาพ ความเร็วจากการเคลื่อนที่ที่จะเกิดการแยกตัวของอนุภาคน้ำยางเกิดเป็นลักษณะครีมอยู่ที่ผิวหน้าน้ำยาง จะรวดเร็วยิ่งขึ้นถ้าอนุภาคน้ำยางมีขนาดใหญ่ขึ้นได้เมื่อเติมสารพวกคอลลอยด์ที่จะไปทำหน้าที่ฟอก หรือเคลือบผิวยาง สารนี้จึงเรียกว่าเป็นตัวการทำให้เกิดครีม (Creaming agent) สารพวกนี้มีทั้งสารที่ได้จากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ดังนี้

#### 1.2.2.1 สารทำให้เกิดครีมจากธรรมชาติ เช่น

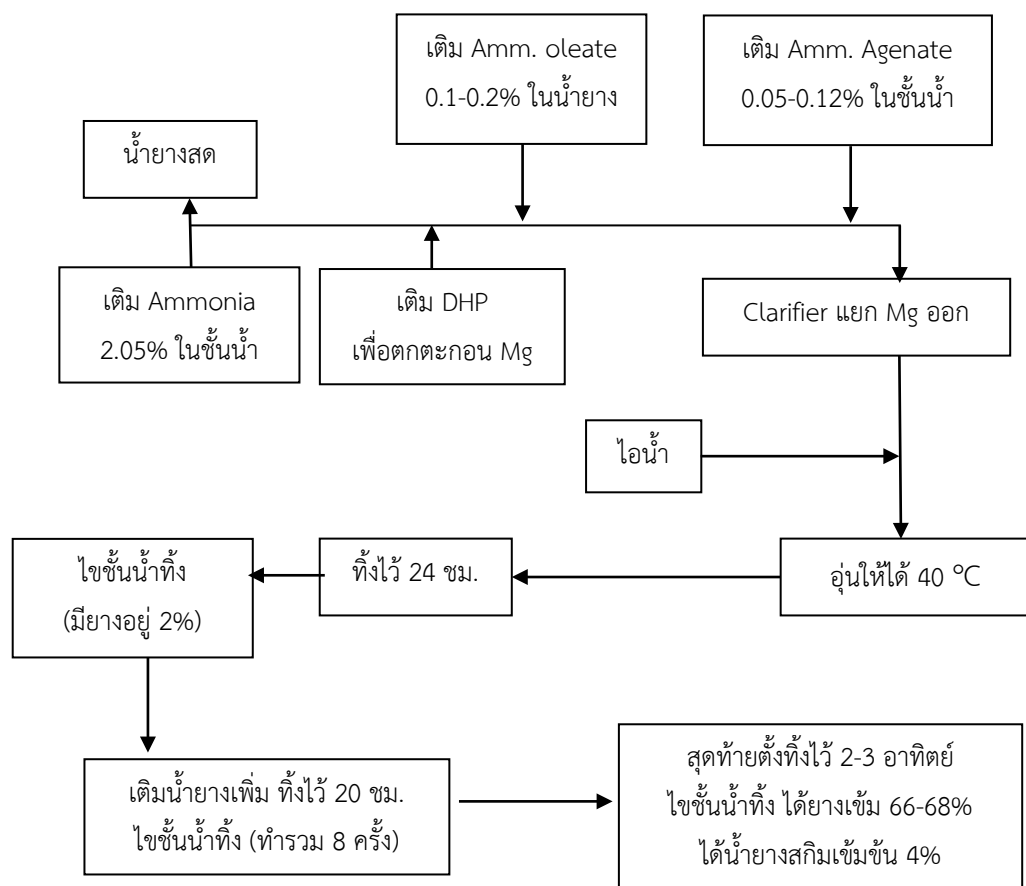
- 1) sodium หรือ ammonium aginate
- 2) tragacanth gum
- 3) locust bean gum
- 4) konjaku flour
- 5) agaragar
- 6) gum tregacanth

#### 1.2.2.2 สารทำให้เกิดครีมจากการสังเคราะห์ เช่น

- 1) sodium polyacrylate
- 2) poly vinyl alcohol
- 3) poly vinyl ether
- 4) poly ethyl oxide
- 5) methyl cellulose

#### 1.2.2.3 สารทำให้เกิดครีมที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เช่น Ammonium aginate

Ammonium aginate จะต้องเก็บไว้ในที่เย็น deep freeze – 10 °C ถ้ามีสภาพดี เมื่อนำ Ammonium aginate มาละลายน้ำจะได้ความหนืดเท่ากับ 14000 ถึง 15000 เซ็นติพอยส์ (Centipoise, cps)



ภาพที่ 1.2 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีครีมมิง (Creaming)

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ตัวอย่างขั้นตอนการผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีครีมมิง คือ เติมแอมโมเนีย 1% m/m เติมสารละลายครีมมิงเอเจนท์ 0.1% m/m ลงในน้ำยางสดแล้ว กวนน้ำยางประมาณ 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ 40 ชั่วโมง น้ำยางก็จะเกิดครีม (แยกชั้น) เกือบสมบูรณ์ แยกส่วนล่าง คือ น้ำยางสกิมออก และเติมแอมโมเนียในส่วนของน้ำยางครีม 0.8% m/m หรือตามเกณฑ์มาตรฐาน ที่โรงงานกำหนด น้ำยางครีมแต่ละชุดจะถูกรวบรวมในแทงค์ (Tank) รวมเป็นเวลาประมาณ 14 – 18 วัน ซึ่งการเกิดครีมจะสมบูรณ์ภายในถังรวม และทำการแยกน้ำยางสกิมออกอีก จากนั้นให้กวนน้ำยางครีมอย่างช้า ๆ ประมาณ 20 – 40 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 – 2 วัน เพื่อความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน

น้ำยางชั้นชนิดครีมมีข้อดีเมื่อเทียบกับน้ำยางชั้นที่เตรียมโดยวิธีอื่น ๆ หลายประการ ได้แก่ ใช้อุปกรณ์เครื่องมือการผลิตที่ง่าย สะดวกและราคาถูก ไม่ต้องใช้พลังงานสูง มีการสูญเสียส่วนของเนื้อยางไปกับส่วนของน้ำยางสกิมเพียงเล็กน้อย แต่ข้อด้อยคือ ใช้เวลานาน ค่อนข้างแปรปรวนได้ง่าย นอกจากนี้ สารครีมมิงเอเจนท์ที่ตกค้างอาจมีผลกระทบต่อสมบัติความเป็นคอลลอยด์ของน้ำยางและต่อสมบัติของฟิล์มยาง อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสนใจที่สามารถทำให้น้ำยางมีความบริสุทธิ์ได้จากการทำครีมและเจือจางซ้ำ จนได้น้ำยางที่เกือบปราศจากโปรตีน แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 น้ำยางโปรตีนต่ำจากการทำครีมเจือจางซ้ำ

| จำนวนครั้งของการทำครีม | ปริมาณเล้า<br>(ของส่วนของแข็ง) | ปริมาณไนโตรเจน<br>(ของส่วนของแข็ง) |
|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 0                      | 1.04%                          | 0.60%                              |
| 1                      | 0.51%                          | 0.31%                              |
| 2                      | 0.18%                          | 0.20%                              |
| 3                      | 0.10%                          | 0.10%                              |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 1.2.3 กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีการปั่น

อัตราการเคลื่อนของอนุภาคยางขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ซึ่งหากสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้ ก็จะช่วยเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางด้วย ฉะนั้นการปั่น (Centrifuge) จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ เพื่อแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนของเซรุ่มนั่นเอง ผู้ผลิตน้ำยางชั้นส่วนใหญ่เกือบทุกประเทศโดยเฉพาะประเทศไทย ใช้วิธีนี้ในการผลิตน้ำยางชั้น โดยน้ำยางสดจากสวนจะถูกรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย (ชาวสวนเรียก ยากันกรอก) หรือแอมโมเนียผสมสารช่วยรักษาสภาพ เช่น เตตระเมทิลไทูรัมไดซัลไฟด์กับซิงค์ออกไซด์ (Tetra methyl Thiuram

Disulphide/Zinc Oxide; TMTD/ZnO) หรือที่โรงงานเรียกว่า สารกันบูด ชาวสวนเรียก ยาสุกขาว เกณฑ์ปริมาณของสารรักษาสภาพที่ใช้จะถูกปรับให้เหมาะสมตามลักษณะการขนส่งและเก็บรักษา ก่อนนำเข้าสู่สายการผลิต น้ำยางสดจากสวนที่ถูกเติมสารรักษาสภาพแล้วจะถูกลำเลียงสู่โรงงาน โดยตรง หรือผ่านจุดรวบรวมน้ำยาง และตรวจสอบคุณภาพน้ำยางในแต่ละบรรจุภัณฑ์ (ถัง 200 ลิตร, แพคเกจจิ้ง เป็นต้น) โดยเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง และสถานะของการเก็บรักษาสถานะความเสถียร ซึ่งได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและค่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA No.) รวมทั้งค่าอื่น ๆ ตามเงื่อนไขการควบคุมคุณภาพของแต่ละโรงงาน เพื่อความมั่นใจในคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการผ่านเข้าสู่สายการผลิตน้ำยางขั้นตามเกณฑ์ของแต่ละโรงงาน เมื่อห้องปฏิบัติการของโรงงานรับรองคุณภาพของน้ำยางสดในบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ จากสวนแล้ว น้ำยางสดเหล่านั้นจะถูกลำเลียงลงในถังรวมขนาดใหญ่เพื่อรอป้อนเข้าเครื่องปั่น อนึ่ง โรงงานส่วนใหญ่จะให้ความเข้มงวดที่ไม่ปล่อยให้ น้ำยางคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดของโรงงานร่วมกับน้ำยางคุณภาพผ่านเกณฑ์กำหนด

เครื่องปั่นน้ำยางขั้นมีอัตราการผลิตตามขนาดเครื่อง เครื่องขนาดเล็กสามารถปั่นน้ำยางสดได้ 15 ลิตร/ชั่วโมง ในขณะที่เครื่องปั่นขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรมจะปั่นน้ำยางสดได้ประมาณ 400 – 600 ลิตร/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับรุ่น (Model) ของเครื่อง การเดินเครื่องปั่นสามารถทำต่อเนื่อง ไม่เกิน 3 ชั่วโมง ต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดและล้างตม (Sludge) ที่ติดอยู่ในหัวปั่นและที่จานแยกน้ำยาง เครื่องปั่นจะแยกน้ำยางสดซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางที่ไม่แน่นอนให้เป็นส่วนของน้ำยางชั้นซึ่งมีการควบคุมเปอร์เซ็นต์เนื้อยางให้ได้ตามกำหนดที่แน่นอน (มีเนื้อยางแห้งหรือ Dry rubber content ; DRC ไม่น้อยกว่า 60%) และส่วนของหางน้ำยางหรือ Skim latex (มีเนื้อยางแห้งประมาณ 3–6%) รวมทั้งแยกสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ยาง (non – rubber contents) ออกจากน้ำยางทำให้น้ำยางชั้นมีสิ่งอื่น ๆ เจือปนลดน้อยลงด้วย

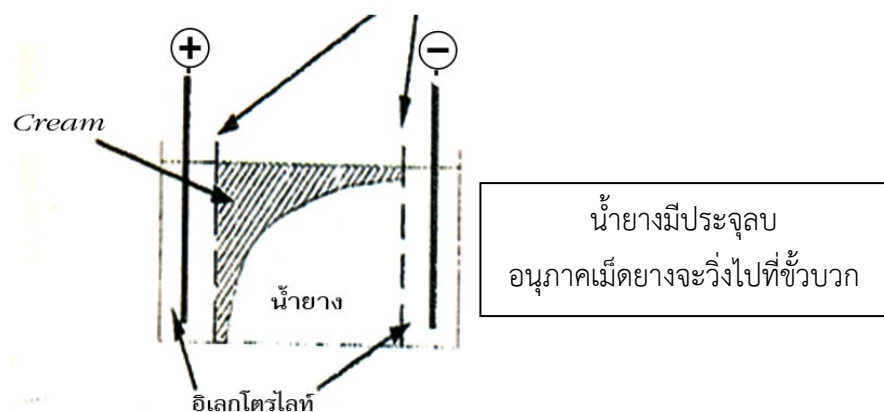
ส่วนของหางน้ำยางจะถูกแปรรูปเป็นยางสกิมบล็อกหรือสกิมเครพ โดยการลดปริมาณแอมโมเนีย (Deammoniation) และทำให้ยางจับตัว (Coagulation) ด้วยกรด โดยใช้กรดกำมะถัน ส่วนของน้ำยางชั้นจะเติมปริมาณแอมโมเนีย และสารรักษาความเสถียรของน้ำยาง เช่น แอมโมเนียมลอรต ตามเกณฑ์ของแต่ละโรงงานก่อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละโรงงานว่าจะทำการผลิตน้ำยางชั้นชนิดใดและหรือภายหลังจากการบีบเก็บในแทงค์ (Tank) รวมน้ำยางชั้น เพื่อรอการลำเลียงจำหน่ายออกจากโรงงาน



ภาพที่ 1.3 เครื่องผลิตน้ำยางข้น  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 1.2.4 กระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า

จากการที่ในสถานะของน้ำยาง อนุภาคยางที่แขวนลอยในเซรุ่มต่างถูกห่อหุ้มด้วยคาร์บอกซิเลตไอออน (Carboxylate ion) ที่มีประจุเป็นลบ ดังนั้นสามารถใช้ไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการแยกส่วนของเนื้อยางจากส่วนของเซรุ่มได้ โดยวิธีการจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวก (anode) ลงในน้ำยางที่ได้เติมสารเคมีช่วยให้ยางคงตัวไว้แล้ว อนุภาคยางจะค่อย ๆ เคลื่อนไปรวมอยู่ทางขั้วบวกและลอยตัวสูงขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำยาง เนื่องจากความหนาแน่นของอนุภาคยางต่ำกว่าความหนาแน่นของเซรุ่ม อย่างไรก็ตามวิธีการทำน้ำยางให้ข้นโดยไฟฟ้าเป็นวิธีที่ยังยาก ต้นทุนสูง จึงไม่เป็นที่นิยม



ภาพที่ 1.4 แผนผังกระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 2. การใช้สารเคมีสำหรับเก็บรักษาน้ำยาง

สารเคมีสำหรับเก็บรักษาน้ำยางเป็นสารที่ช่วยเพิ่มเสถียรของอนุภาคยางให้อยู่ในสภาพคอลลอยด์ โดยการเพิ่มประจุอนุภาคยาง และน้ำที่อยู่รอบ ๆ ผิวอนุภาคยาง ผิวของอนุภาคยาง มีสภาพของประจุเป็นลบ มีฤทธิ์เป็นด่าง ดังนั้นสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางจึงควรมีฤทธิ์เป็นด่าง หรือเป็นสารพวก Stabilizer แบ่งตามระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 2 ประเภทคือ สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะสั้น (Short Term Preservative) และสารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะเวลานาน (Long Term Preservative) สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะสั้นจะเก็บรักษาน้ำยางได้ 2 – 3 วัน ก่อนจะนำน้ำยางมาแปรรูปเป็นยางแท่ง หรือน้ำยางข้น สารเคมีนี้เรียกว่าสารป้องกันการจับตัว ส่วนสารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะเวลานานส่วนใหญ่ใช้เพื่อเก็บรักษาน้ำยางข้นให้คงสภาพของเหลวไม่เกิดการบูดเน่าหรือมีกลิ่นเหม็น สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาเรียกว่า สารรักษาสภาพน้ำยาง ได้แก่ แอมโมเนีย และสารเคมีอื่น ๆ เป็นต้น

### 2.1 การเก็บรักษาน้ำยางด้วยแอมโมเนีย

แอมโมเนีย เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางสดและน้ำยางข้น ปัจจุบันมีการจำหน่ายเพื่อใช้ในการรักษาสภาพของน้ำยาง 2 รูปแบบ คือ

**2.1.1 แอมโมเนียที่มีความบริสุทธิ์สูง** ประมาณ 99.98% เป็นก๊าซแอมโมเนียซึ่งถูกอัดภายใต้ความดันจนกลายเป็นของเหลว บรรจุใส่ท่อน้ำหนักประมาณ 65 กรัมต่อท่อ นิยมใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางข้น เพราะไม่มีการเติมน้ำลงไปอีก

**2.1.2 สารละลายแอมโมเนีย หรือน้ำแอมโมเนีย** เป็นแอมโมเนียซึ่งละลายในน้ำมีความเข้มข้นประมาณ 25% นิยมใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางสด การนำมาใช้จะเตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายประมาณ 10%

การใช้แอมโมเนียในการเก็บรักษาน้ำยางสด จะต้องใช้ในปริมาณ 0.4% ขึ้นไป จะทำให้ค่า VFA (Volatile fatty acid number) ของน้ำยางอยู่ในเกณฑ์ต่ำเป็นระยะเวลานาน แต่ถ้าเก็บระยะสั้น ๆ อาจจะใช้แอมโมเนียน้อยกว่านี้ได้อีก ปริมาณของแอมโมเนียที่ยอมรับทั่วไป คือ 0.6% (ต่ำสุด) ในน้ำยางข้นแบบเซนทรีฟิวจ์ และ 0.55% (ต่ำสุด) ในน้ำยางข้นแบบครีมมิง (ISO 2004-1976) ข้อเสียของการใช้แอมโมเนียถ้าต้องการเก็บน้ำยางไว้นาน ต้องใช้แอมโมเนียในปริมาณมาก ซึ่งมีผลทำให้ใช้กรดปริมาณมากขึ้น หากต้องการให้น้ำยางจับตัว หรือต้องการไล่แอมโมเนียออก ซึ่งแอมโมเนียมีกลิ่นแรง เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมของโรงงาน ดังนั้นจึงมีการหาสารเคมีอื่นมาใช้หรือใช้ร่วมกับแอมโมเนีย เพื่อจะใช้ในปริมาณน้อยลง โดยสามารถแบ่งประเภทของน้ำยางข้นตามปริมาณการเก็บรักษาด้วยแอมโมเนียได้ 2 ประเภท ดังนี้ น้ำยางข้นที่ใช้แอมโมเนียในการเก็บรักษาอย่างเดียวจะใช้ปริมาณแอมโมเนียสูงเรียกว่า

High Ammonia Latex (HA Latex) และน้ำยางชั้นที่ใช้แอมโมเนียเก็บรักษาในปริมาณต่ำร่วมกับสารเคมีอื่น (Secondary preservatives) เรียกว่า Low Ammonia Latex (LA Latex)



ภาพที่ 1.5 ถังแรงดันสูงสำหรับบรรจุแอมโมเนีย  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 2.2 การเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น

การใช้แอมโมเนียปริมาณต่ำร่วมกับสารเคมีอื่น ซึ่งเรียกลักษณะนี้ว่า สารเคมีที่ใช้ร่วมกับแอมโมเนีย (Secondary preservative) ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) โซเดียมเพนตะคลอโรฟีนเนต (Sodium pentachlorophenate : SPP) กรดบอริก (Boric acid) ซิงค์ไดเอธิลไดไทโอคาร์บาเมต (Zinc diethyldithiocarbamate : ZDC) เตตระเมทิลไทูรัมไดซัลไฟด์ (Tetramethylthiuram Disulfide : TMTD) เป็นต้น

### 2.2.1 การเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้โซเดียมเพนตะคลอโรฟีนเนต (SPP)

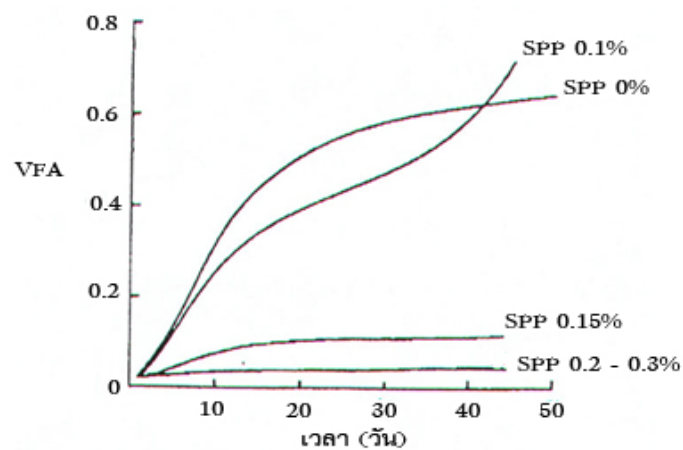
สารนี้เรียกย่อ ๆ ว่า SPP เป็นสารที่ใช้ฆ่าแบคทีเรียได้ดีมีชื่อทางการค้าว่า Santobrite ของบริษัท มอนซันโต (Monsanto) SPP เป็นที่รู้จักใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางมานานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2481 และเริ่มมีการจำหน่ายใช้ในทางการค้าในปี พ.ศ. 2504 สามารถป้องกันการจับตัวของน้ำยางได้ดี โดยใช้ร่วมกับแอมโมเนีย ตามอัตราส่วนดังนี้

#### 2.2.1.1 ปริมาณการใช้

1) ใช้ SPP ปริมาณ 0.2% ร่วมกับแอมโมเนีย 0.1% ต่อน้ำหนักน้ำยาง สามารถเก็บรักษาน้ำยางสดได้นาน 120 วัน

2) ใช้ SPP ปริมาณ 0.2% ร่วมกับแอมโมเนียปริมาณ 0.2% ของน้ำหนัKN้ำยาง สำหรับเก็บรักษาน้ำยางขึ้นเป็นระยะเวลานาน น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาด้วย SPP มีชื่อเรียกว่า LA - SPP

การเก็บรักษาน้ำยางชั้นด้วยแอมโมเนียร่วมกับ SPP นั้น สามารถเก็บรักษาน้ำยางได้นาน น้ำยางมีความเสถียรสูงมาก จนอาจมีปัญหาในการนำน้ำยางนี้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทำให้อย่างมีสีคล้ำ นอกจากนั้นสารเคมี SPP ยังเป็นอันตรายต่อการนำมาทำผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารและยาด้วย จึงไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน



ภาพที่ 1.6 การเก็บรักษาน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย 0.275% ร่วมกับ SPP ปริมาณต่าง ๆ ต่อค่า VFA ที่มา : เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี (2547 : 90)

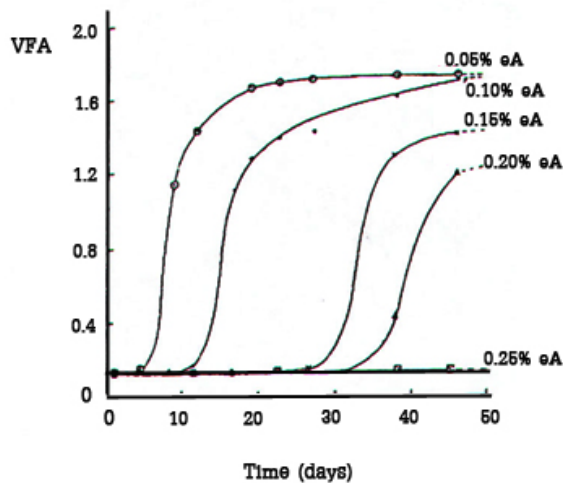
## 2.2.2 การเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้กรดบอริก

กรดบอริกใช้เป็นสารเก็บรักษาน้ำยางมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2499 ใช้ร่วมกับแอมโมเนียในการเก็บรักษาน้ำยางชั้น โดยจะเติมกรดบอริกลงไปนน้ำยางด้วย เพื่อให้มีน้ำยางมีความเสถียรขึ้น

### 2.2.2.1 ปริมาณการใช้

1) ใช้ปริมาณแอมโมเนีย 0.2% ร่วมกับกรดบอริก 0.2% และใส่กรดลอริกลงไปอีก 0.05% เก็บรักษาน้ำยางเป็นเวลานาน

2) ใช้ปริมาณแอมโมเนีย 0.25% ร่วมกับกรดบอริก 0.25% สามารถเก็บรักษาน้ำยางสดได้นานเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 1.7 การใช้แอมโมเนีย 0.25% ร่วมกับกรดบอริกปริมาณต่าง ๆ ต่อค่า VFA  
ที่มา : เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี (2547 : 91)

น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาโดยใช้สารเคมีนี้ จะได้อย่างแน่นอน สบาย แต่มีข้อเสีย คือ ความเสถียรของน้ำยางต่อรังสีคอสมิกจะต่ำทำให้เมื่อนำยางนี้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้วจะวัดค่าไนซ์ช้า เพราะว่าเป็นกรดในยางทำให้การวัดค่าไนซ์ช้า อาจทำให้ไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ยางชนิดน้ำยางชั้นที่เก็บรักษาด้วยสารเคมีนี้ มีชื่อเรียกว่า LA-BA

### 2.2.3 การเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้ซิงค์ไดอัลคิลไดไฮโอคาร์บาเมต (ZDC)

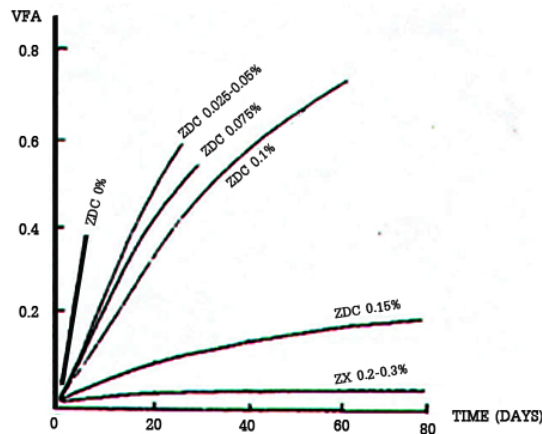
สารเคมีนี้เป็นที่รู้จักใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2491 และมีการผลิตขึ้นเพื่อใช้ทางการค้า ในปี พ.ศ. 2497 ใช้เก็บรักษาน้ำยางชั้นร่วมกับแอมโมเนียปริมาณต่ำ และใส่กรดลอริกลงไป เพื่อทำให้ความเสถียรของน้ำยางเพิ่มขึ้น

#### 2.2.3.1 ปริมาณการใช้

แอมโมเนียปริมาณ 0.2% ใช้ร่วมกับ ZDC 0.2% และใส่กรดลอริก 0.2% สามารถเก็บรักษาน้ำยางได้นาน

น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาโดยใช้สารเคมีนี้ มีความเสถียรต่ำไม่สามารถเก็บได้นาน (ยกเว้นหากใส่กรดลอริกลงไปมาก) น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาด้วยสารเคมีนี้ มีชื่อเรียกว่า LA-ZDC





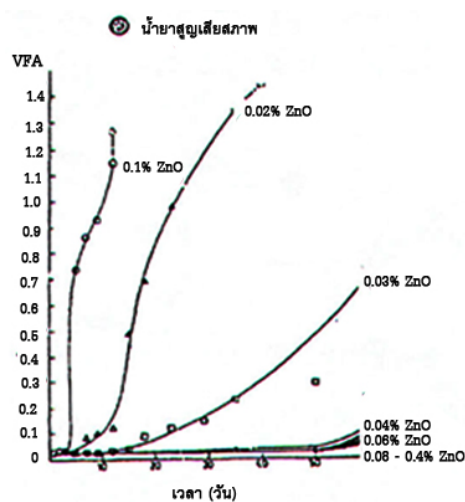
ภาพที่ 1.8 ผลของการใช้แอมโมเนีย 0.25% ร่วมกับ ZDC ปริมาณต่างๆ ต่อค่า VFA  
ที่มา : เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี (2547 : 92)

## 2.2.4 การเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้ซิงค์ออกไซด์

ซิงค์ออกไซด์มีการค้นคว้าเพื่อใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2508 เนื่องจากพบว่า การใช้แอมโมเนียปริมาณที่ต่ำเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถควบคุมให้มี VFA คงที่ในระดับต่ำได้ จำเป็นต้องใส่สารเคมีอื่นร่วมด้วย

### 2.2.4.1 ปริมาณการใช้

ซิงค์ออกไซด์ 0.04% ใช้ร่วมกับแอมโมเนีย 0.15% สามารถเก็บรักษาน้ำยางสดได้นานประมาณ 2 เดือน โดยปริมาณกรดที่ระเหยได้จะคงที่ในระดับต่ำ



ภาพที่ 1.9 การเก็บรักษาน้ำยางด้วยแอมโมเนีย 0.15% ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ต่อค่า VFA  
ที่มา : เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี (2547:93)



2.2.5 การเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้ซิงค์ออกไซด์ ร่วมกับเตตระเมทิลไทยแรมไดซัลไฟด์ สารเคมีนี้ เริ่มมีการค้นคว้าเพื่อใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางมาตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2518 โดยใช้ร่วมกับ แอมโมเนีย

#### 2.2.5.1 ปริมาณการใช้

แอมโมเนียปริมาณ 0.2% ใช้ร่วมกับ ซิงค์ออกไซด์ 0.025% และ TMTD 0.025% สามารถเก็บรักษาน้ำยางได้นาน ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ผลของการเก็บรักษาน้ำยางสดด้วย ZnO+TMTD+NH<sub>3</sub>

| สารเก็บรักษา (เปอร์เซ็นต์) |       |       |          | VFA No.  |          |          |           |           |
|----------------------------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| NH <sub>3</sub>            | TMTD  | ZnO   | TMTD/ZnO | วันที่ 3 | วันที่ 5 | วันที่ 7 | วันที่ 10 | วันที่ 20 |
| 0.2                        | -     | -     | -        | แข็ง     | -        | -        | -         | -         |
| 0.2                        | 0.025 | -     | -        | 0.01     | 0.03     | 0.09     | แข็ง      | -         |
| -                          | -     | 0.025 | -        | 0.05     | 0.23     | แข็ง     | -         | -         |
| 0.2                        | -     | -     | 0.025    | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.02      | 0.04      |

ที่มา : เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี (2547:93)

การเก็บรักษาน้ำยางชั้นโดยใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถเพิ่มเวลาการเก็บรักษาให้นานขึ้นโดยใช้ปริมาณของซิงค์ออกไซด์และเตตระเมทิลไทยแรมไดซัลไฟด์ ปริมาณสูงขึ้นเล็กน้อย เช่น ใช้ปริมาณของแอมโมเนีย 0.2% ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ 0.05% และเตตระเมทิลไทยแรม 0.05% และจะต้องใส่กรดลอริกลงไปด้วยอีก 0.04% เพื่อให้ความเสถียรของน้ำยางชั้นสูงขึ้น น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาโดยใช้สารเคมี มีชื่อเรียกว่า LA-TZ

สาร TMTDและZnO ร่วมกับแอมโมเนีย เพื่อเก็บรักษาน้ำยางสดจะต้องมีความระมัดระวังในการใช้เนื่องจาก สาร TMTD และ ZnO เป็นสารที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะทางเคมีได้ โดยหากใส่ปริมาณสูงเพียงพอจะทำให้ยางเกิดการจับตัวเป็นก้อนเม็ดเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไปในน้ำยางที่อุณหภูมิสูง

### 3. คุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น

ปัจจุบันน้ำยางชั้นที่จำหน่ายเกือบทั้งหมดเป็นน้ำยางชั้นที่ผลิตโดยวิธีการปั่น ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่เหมาะสมทั้งด้านต้นทุนและด้านคุณภาพ อีกทั้งกระบวนการปั่นสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องทำให้ได้ผลผลิตมาก สะดวก และรวดเร็ว แสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 แสดงข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ISO 2004 สำหรับน้ำยางข้นจากการปั่น

| สมบัติ / ลักษณะ                                                 | ขีดจำกัด     |                   |
|-----------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
|                                                                 | ชนิด HA      | ชนิด LA           |
| ปริมาณของแข็งทั้งหมด, เปอร์เซ็นต์ (มวล/มวล) ต่ำสุด *            | 61.5         | 61.5              |
| (Total Solid content ; TSC)                                     |              |                   |
| ปริมาณเนื้อยางแห้ง, เปอร์เซ็นต์ (มวล/มวล) ต่ำสุด                | 60.0         | 60.0              |
| (Dry Rubber content, DRC)                                       |              |                   |
| ปริมาณสารของแข็งที่ไม่ใช่ยาง, เปอร์เซ็นต์ (มวล/มวล) สูงสุด **   | 2.0          | 2.0               |
| (Non – Rubber Solid )                                           |              |                   |
| ความเป็นด่าง (ในรูปแอมโมเนีย) , เปอร์เซ็นต์ (มวล/มวล) ของน้ำยาง | 0.60         | 0.29              |
| (Alkalinity (as NH <sub>3</sub> ))                              |              |                   |
| ความเสถียรต่อแรงกล, วินาที, ต่ำสุด ***                          | 650          | 650               |
| (Machanical Stability Test, MST)                                |              |                   |
| ปริมาณของน้ำยางจับตัว, เปอร์เซ็นต์ (มวล/มวล) สูงสุด             | 0.05         | 0.05              |
| (Coagulum content)                                              |              |                   |
| ปริมาณธาตุทองแดง,มก./กก.,ของปริมาณสารของแข็งทั้งหมด,สูงสุด      | 8.0          | 8.0               |
| (Copper content mg/kg of total Solid )                          |              |                   |
| ปริมาณแมงกานีส, มก./กก. ,ของปริมาณสารของแข็งทั้งหมด,สูงสุด      | 1.0          | 1.0               |
| (Manganese content mg/kg of total Solid )                       |              |                   |
| ปริมาณตะกอน, เปอร์เซ็นต์ (มวล/มวล) สูงสุด                       | 0.20         | 0.20              |
| (Sludge content)                                                |              |                   |
| จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)                                 | 0.20         | 0.20              |
| (Volatile fatty acid number (VFA) )                             |              |                   |
| จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์****                                   | 1.0          | 1.0               |
| (Potassium hydroxide Number)                                    |              |                   |
| สี เมื่อตรวจด้วยตาเปล่า                                         | ไม่เป็นสีฟ้า | ไม่เป็น           |
| (Colour on visual inspection)                                   | หรือสีเทา    | สีฟ้าหรือสีเทา    |
| การตรวจกลิ่นภายหลังจากการทำให้น้ำยางเป็นกลางด้วยกรดบอริก        | ไม่มีกลิ่น   | ไม่มีกลิ่นบูดเน่า |
| (Odour after neutralization with boric acid)                    |              |                   |

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2537 : 11)

- \* เป็นปริมาณที่เลือกได้ตามความต้องการ
- \*\* ผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดกับปริมาณน้ำยางแห้ง
- \*\*\* เวลาความเสถียรต่อแรงกลอาจสูง หรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดได้
- \*\*\*\* ถ้าน้ำยางมีกรดบอริกอยู่ด้วย จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์อาจเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ โดยปริมาณที่เกินไปนั้นมีสมมูลกับกรดบอริกด้วยวิธี ISO 1802

จากตารางแสดงข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ISO 2004 สำหรับน้ำยางชั้นจากการปั่นแสดงรายละเอียดตามสมบัติและลักษณะดังนี้

### 3.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC, Total Solid Content)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางชั้นมาตรฐาน ได้กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 61.5% สำหรับน้ำยางเส้นตริฟิวจ์ นั่นคือ จะสูงเกินกว่านี้เท่าใดก็ได้ และปริมาณเนื้อยางแห้งก็สูงไม่ต่ำกว่า 60.0% ซึ่งก็เช่นเดียวกัน จะให้สูงกว่านี้เท่าใดก็ได้ แต่ต้องสังเกตว่ามีข้อกำหนดให้ผลต่างระหว่างค่าทั้งสองไม่เกิน 2.0 ค่านี้เองจะเป็นตัวการที่กำหนดไม่ให้สิ่งเจือปนมีมากเกินไปในน้ำยางที่ได้มาตรฐาน

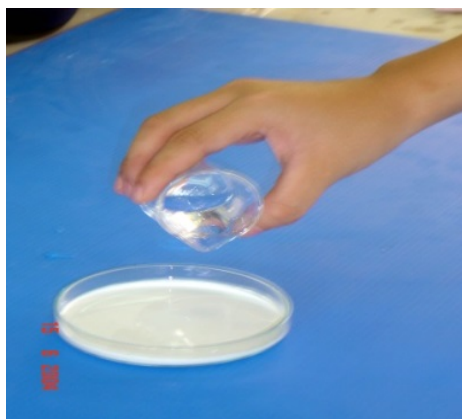
การหา TSC ของน้ำยางนั้นนอกจากจะใช้ในการควบคุมมาตรฐานของน้ำยางที่ทำการผลิต หรือการค้าแล้ว ยังใช้ในการควบคุมการผลิตน้ำยางที่ผสมสารเคมี (compound latex) ได้อีกด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด หมายถึง เปอร์เซนต์น้ำหนักที่เป็นของแข็งทั้งหมด (ยางและสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ยาง ซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง) การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง ทำโดยการนำน้ำยางที่รู้น้ำหนักแน่นอน มาใส่ในแก้ว หรือกระจกนาฬิกา แผลให้น้ำยางกระจายในจานแก้วนั้น ให้มีพื้นที่ที่น้ำยางจะระเหยในจานแก้ว หรือกระจกนาฬิกา แล้วนำไปอบในเตาอบที่ได้ตั้งอุณหภูมิไว้แล้ว อบจนยางแห้ง นำมาชั่งหาปริมาณของของแข็งที่เหลืออยู่ จึงค่อยคำนวณหาปริมาณร้อยละของของแข็งที่มีอยู่ในน้ำยางดังกล่าว

วิธีการของแต่ละมาตรฐานอาจจะแตกต่างกันบ้าง เช่น ขนาดตัวอย่างของน้ำยางที่ใช้ อุณหภูมิในการอบ ระยะเวลาอบ เป็นต้น ข้อแตกต่างเล็ก ๆ น้อย ๆ เหล่านี้ ขึ้นอยู่กับวิธีการของมาตรฐานอเมริกา ASTM หรืออังกฤษ BS

ความแตกต่างของปริมาณน้ำยางที่ใช้ จะทำให้ความถูกต้องในการชั่งไม่เหมือนกัน คือ ถ้าใช้น้ำยางในปริมาณที่มากขึ้น ค่าความถูกต้องของการชั่งก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ก็มีข้อเสีย คือ ถ้าหากทำการแผ่กระจายน้ำยางในจานแก้วก่อนอบไม่ดีพอ จะทำให้เวลาที่จะต้องใช้ในการอบน้ำยางที่มีปริมาณมากก็ต้องนานขึ้นด้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางชั้นมาตรฐานหาได้ดังนี้

$$\text{TSC , เปอร์เซนต์} = \frac{(C-A)}{(B-A)} \times 100$$

|     |   |   |                                        |
|-----|---|---|----------------------------------------|
| โดย | A | = | น้ำหนักของจานพร้อมฝา                   |
|     | B | = | น้ำหนักของจานพร้อมฝาและน้ำยาง          |
|     | C | = | น้ำหนักของจานพร้อมฝา กับยางที่แห้งแล้ว |



ชั่งน้ำยางได้น้ำหนักที่แน่นอน



แผ่กระจายในจานแก้ว



อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

ภาพที่ 1.10 การหาค่าปริมาณของแข็งของในน้ำยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3.2 ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC, Dry Rubber Content)

**ปริมาณเนื้อยางแห้ง** คือ เปอร์เซ็นต์ของเนื้อยาง (สารไฮโดรคาร์บอน พวกลิพิดไฮโดรคาร์บอน) ในน้ำยาง ทดสอบโดยทำให้น้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจับตัว (coagulate) ด้วยกรดอะซิติก (Acetic acid) เจือจาง รีดแผ่นยางให้บาง อบแห้งที่อุณหภูมิกำหนด แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแผ่นยางที่อบแห้งต่อน้ำหนักน้ำยาง ผลแตกต่างระหว่าง TSC กับ DRC คือ ปริมาณสารที่ไม่ใช่ยาง (Non - Rubber Solids)

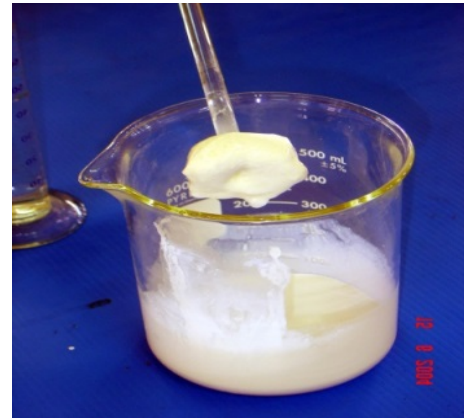
ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารพวกโปรตีน สบู่ และเกลือแร่ต่าง ๆ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสีของยาง คือ ถ้ามีมาก ยางจะมีสีคล้ำ ภาพที่ 1.11 แสดงขั้นตอนการหาค่าปริมาณเนือยางแห้ง

การหาปริมาณเนือยางแห้งดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ เนือยางแห้ง (เปอร์เซ็นต์ DRC)} = \frac{(\text{น้ำหนักเนือยางแห้ง})}{(\text{น้ำหนักน้ำยางที่ใช้})} \times 100$$



1. เติมกรดเพื่อให้ น้ำยางจับตัว



2. นำยางที่จับตัวไปรีดแผ่น



3. รีดและล้างเอากรดออก



4. ยางแผ่นนำไปอบแห้ง

ภาพที่ 1.11 การหาปริมาณเนือยางแห้ง

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3.3 ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำยาง หมายถึง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของด่างที่ทดสอบโดยการไตเตรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน ความเป็นด่างจึงระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำยาง (ถ้า น้ำยางถูกรักษาสภาพด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเป็นด่างระบุเป็นโมลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อ 100 กรัมของน้ำ) น้ำยางธรรมชาติไม่ว่า น้ำยางสดหรือน้ำยางข้นส่วนใหญ่จะใช้แอมโมเนียเป็นตัวเก็บรักษาน้ำยาง โดยที่ปริมาณแอมโมเนียประมาณ 0.2% ในน้ำยาง สำหรับน้ำยางประเภทที่มีแอมโมเนียต่ำ (Low ammonia latex) และใช้แอมโมเนียประมาณ 0.7% ในน้ำยาง สำหรับน้ำยางประเภทแอมโมเนียสูง (High ammonia latex) ส่วนแอมโมเนียในน้ำยางสดมักจะให้อยู่ในปริมาณ 0.4% ถึง 0.5% ในน้ำยาง

สำหรับน้ำยางข้นประเภททำโดยวิธีการระเหย จะใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเก็บรักษา โดยที่ปริมาณของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 1.5% ในน้ำยาง เนื่องจากทั้งแอมโมเนียและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นด่าง ดังนั้นจึงเรียกปริมาณของด่างในน้ำยาง ว่า Alkalinity

ปริมาณแอมโมเนีย หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำยางเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ น้ำยางสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่สูญเสียสภาพ ดังนั้น การหาปริมาณของแอมโมเนีย หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำยางวิธีการมาตรฐานอย่างหนึ่ง ที่ใช้ควบคุมคุณภาพของน้ำยางให้สม่ำเสมอและเข้าเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ ตัวอย่างเกณฑ์มาตรฐานของ Alkalinity ในน้ำยางข้นได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ค่า Alkalinity ในน้ำยางข้น

| ชนิดของมาตรฐาน                                               | ชนิดของน้ำยางข้น |                 |                        |                        |
|--------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------------|------------------------|
|                                                              | HA <sup>#</sup>  | LA <sup>#</sup> | HA (ครีม) <sup>#</sup> | LA (ครีม) <sup>#</sup> |
| ISO 2004 – 1979<br>As NH <sub>3</sub> , เปอร์เซ็นต์ on latex | 0.60 min         | 0.29 max        | 0.55 min               | 0.35 max               |
| NF T 42 – 100<br>NH <sub>3</sub> g in 100 g water            | 1.6 min          | 0.8 max         | 1.6 min                | 1.0 max                |
| ASTM, D 1076 – 80<br>N NH <sub>3</sub> g in 100 g water      | 1.6 min          | 1.0 max         | 1.6 min                | 1.0 max                |

ที่มา : บุญธรรม นิธิอุทัย (2532 : 16)



HA# หมายถึง High Ammonia Latex น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง ทำโดยการเซนตริฟิวจ์

LA# หมายถึง Low Ammonia Latex น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ทำโดยการเซนตริฟิวจ์

HA (ครีม) # หมายถึง High Ammonia Latex น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง ทำโดยการทำครีม

LA (ครีม) # หมายถึง Low Ammonia Latex น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ทำโดยการทำครีม



ชั่งน้ำยาง 5-10 กรัม ในขวดชั่ง มีฝาปิด  
(กัน  $\text{NH}_3$  ระเหย)

เตรียมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร  
และ Stabilize 6 หยด ทำไตเตรตกับกรด

ภาพที่ 1.12 การหาค่าปริมาณความเป็นต่างของน้ำยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3.4 จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No. Volatile Fatty Acid Number)

จำนวนกรดไขมันระเหยได้ คือ จำนวนกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันซึ่งกลั่นด้วยไอน้ำได้ และมีอยู่ในน้ำยางที่มีเนื้อสารของแข็ง 100 กรัม พบว่ากรดระเหยได้เหล่านี้ ส่วนใหญ่ที่ได้จากการทดสอบ VFA เป็นกรดพวกอะซิติก ที่มาจากผลพลอยได้จากปฏิกิริยาของแบคทีเรียในน้ำยาง ด้วยเหตุผลนี้ VFA Number จึงเป็นค่าที่ใช้วัดสถานะการรักษาสภาพน้ำยาง นั่นคือ ค่าที่ต่ำมีความหมายว่าสถานะการรักษาสภาพน้ำยางยิ่งดี ในน้ำยางชั้นมาตรฐานทั่วไป ค่า VFA Number จะไม่เกิน 0.20 น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาไม่ดีจะมีค่า VFA ที่สูงกว่านี้ น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาไม่ดีได้แก่ น้ำยางชั้นที่มีแอมโมเนียน้อยเกินไป หรือ น้ำยางชั้นที่ใส่แอมโมเนียมากเกินไป จนน้ำยางเกิดการบูดเน่าบางส่วนแล้ว เป็นต้น

น้ำยางชั้นที่มีค่า VFA สูง มักจะเกิดจากการที่มีน้ำยางสดมีค่า VFA สูงก่อน ที่นำมาทำเป็นน้ำยางชั้น ดังนั้นการรักษาน้ำยางสดก่อนนำไปเซนตริฟิวจ์จึงมีความสำคัญมาก



เครื่องกลั่น Markham Still

ภาพที่ 1.13 ชุดหาค่าปริมาณจำนวนกรดไขมันระเหยได้  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3.5 จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH No. Potassium Hydroxide Number)

จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ คือ จำนวนกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอกติกกับอนุผลของกรดที่เชื่อมกับแอมโมเนีย ซึ่งอยู่ในน้ำมันที่มีสารของแข็ง 100 กรัม การหาค่า KOH Number ของน้ำมันได้เริ่มต้นกันตั้งแต่ปี ค.ศ. 1938 และจากนั้นก็ได้นำมาเป็นเครื่องชี้ที่สำคัญในการวิเคราะห์ความเสถียรของน้ำมัน นอกจากนั้นยังมาใช้เป็นเครื่องชี้คุณภาพของน้ำมันที่เหมาะสมกับการทำผลิตภัณฑ์บางชนิดด้วย เช่น (Madge : 1962) ได้กล่าวว่า กระบวนการทำฟองน้ำจะดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ โดยดูจากปริมาณของแมกนีเซียม VFA และ KOH Number ของน้ำมันขึ้นเท่ากับ 0.6 ถือว่าเป็นน้ำมันชั้นที่ดี ใช้ทำฟองน้ำได้ เป็นต้น ค่า KOH Number มีความหมายถึง 2 อย่าง คือ

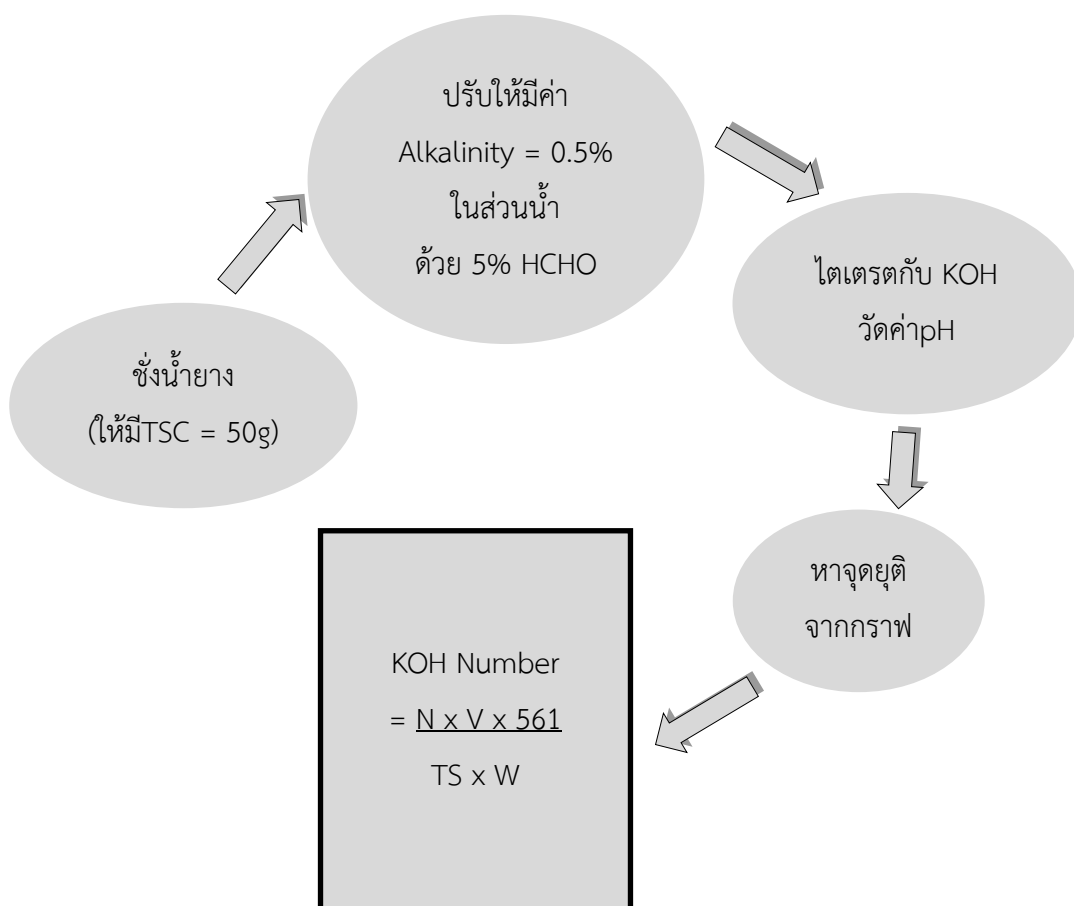
3.5.1 ความเสถียรของน้ำมัน เมื่อใส่ซิงค์ออกไซด์ลงในน้ำมันที่มีแอมโมเนียเก็บรักษา จะพบว่าน้ำมันจะหนืดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำมัน ถ้าหากใส่ต่าง เช่น KOH ลงไปในน้ำมันพอกติกกับปริมาณของเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ จะทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนจนหมด ซึ่งทำให้น้ำมันมีความเสถียรต่อการใส่ซิงค์ออกไซด์มากขึ้น ค่า KOH Number สูง แสดงถึงน้ำมันมีคุณภาพที่ไม่ดีหรือน้ำมันเก็บไว้นานแล้ว ปกติเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำมัน เกิดจากกรดสองชนิด คือ กรดที่ระเหยได้กับกรดที่มีโมเลกุลยาว

3.5.2 กรดที่ระเหยได้ เป็นกรดที่ทำให้ความเสถียรของยางลดลง การที่มีกรดส่วนนี้มาก แสดงถึงการเก็บรักษาน้ำมันไม่ดี กรดชนิดนี้มีมากก็จะทำให้ค่า KOH Number สูงขึ้นด้วย กรดที่มีโมเลกุลยาว เป็นกรดที่เกิดจากการสลายตัวของไขมันและฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) ที่มีอยู่ในน้ำมัน กรดที่มี



โมเลกุลยาว จะทำให้ความเสถียรของยางสูงขึ้น การที่กรดชนิดนี้มากแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บน้ำ ยางนาน หรือหมายถึงอายุของน้ำยางมาก ทำนองเดียวกันกรดชนิดนี้มากก็จะทำให้ค่า KOH Number สูงขึ้นด้วย น้ำยางชั้นมาตรฐานสากล และมาตรฐานฝรั่งเศส ได้กำหนดให้ค่า KOH Number ไม่เกิน 1.0 แล้วแต่จะตกลงกันระหว่างผู้ซื้อขาย ส่วนมาตรฐานอเมริกันกำหนด ค่า KOH Number สูงสุดเท่ากับ 0.8

วิธีการหาค่า KOH Number ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐานสากล ISO 127-1972 มาตรฐานอังกฤษ BS 1672 : 1972 มาตรฐานอเมริกัน ASTM D 1076-80 และ มาตรฐานฝรั่งเศส NF T 42-013-1961 เป็นต้น



ภาพที่ 1.14 การหาค่าจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3.6 เวลาความคงตัวต่อแรงกล (Mechanical Stability Time)

เวลาความคงตัวต่อแรงกล วัดเป็นวินาทีโดยการปั่นน้ำยางด้วยความเร็วสูง แล้วจับเวลาที่น้ำยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ด สถานะการปั่น (ขนาดและรูปร่างของ rotor ที่ใช้ปั่น ความเร็วของการปั่น ขนาดถ้วยบรรจุน้ำยาง ปริมาณของแข็งในน้ำยาง และอุณหภูมิ) จะต้องกำหนดอย่างถูกต้อง หรือตามข้อกำหนดมาตรฐานของการทดสอบ การทดสอบหาเวลาความคงตัวต่อแรงกลของน้ำยางเกิดจากการที่ผู้ชื่อน้ำยางต้องการที่จะหาวิธีการที่จะทดสอบน้ำยาง เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยางที่เอาไปนั้น มีความทนทานต่อสภาวะปกติของการขนส่ง การเก็บ และการปฏิบัติในทางกล โดยที่น้ำยางไม่เสื่อมสภาพจับตัวเป็นก้อนก่อนกำหนด วิธีการหยาบ ๆ แต่เดิมได้ทำกันโดยการถูนน้ำยางบนฝ่ามือ ดูว่านานเท่าใดน้ำยางจะจับตัวเป็นก้อน ต่อมาก็ได้มีการนำน้ำยางมาปั่นอย่างแรงในเครื่องผสมที่มีความเร็วสูง ได้แก่ การใช้เครื่อง Hamilton Beech Stirrer เป็นต้น โดยนำน้ำยางที่จะทดสอบ 200 มิลลิลิตร มาใส่ในถ้วย และปั่นด้วยใบพัดเล็กๆ ที่หมุนด้วยความเร็ว 10,000 ถึง 14,000 รอบต่อนาที จับเวลาจนกระทั่งพบว่าน้ำยางจับตัวเป็นก้อน เวลาดังกล่าวถือเป็นค่า MST ของน้ำยาง

ในเวลาต่อมาราวปี ค.ศ. 1952 ก็ได้มีการวางมาตรฐานในการทดสอบน้ำยางขึ้น ทั้งออกแบบรูปร่างเครื่องมือและวิธีการทดสอบ จนกระทั่งกำหนดในมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐานสากล ; ISO มาตรฐานอังกฤษ ; BS มาตรฐานอเมริกา ; ASTM และมาตรฐานฝรั่งเศส ; NF เป็นต้น และในที่สุดก็ได้มีการกำหนดว่าน้ำยางมาตรฐานมีค่า MST ด้วย ในมาตรฐาน ASTM D 1076 และ ISO 2004-1979 ได้กำหนดให้น้ำยางชั้นมาตรฐานมีค่า MST ของน้ำยางชั้น ไม่น้อยกว่า 650 วินาที ส่วนในมาตรฐานฝรั่งเศส NF T 42-100 ได้กำหนดให้น้ำยางมาตรฐานมีค่า MST ไม่ต่ำกว่า 540 วินาที



#### ปัจจัยที่ทำให้ค่า MST ลดลง

- การเพิ่มความเร็วในการหมุน
- เพิ่มขนาดของแผ่นจานปั่น
- การลดปริมาณ  $\text{NH}_3$
- การเพิ่มของแข็งในน้ำยาง
- การเพิ่มอุณหภูมิ

ภาพที่ 1.15 เครื่องหาเวลาความคงตัวต่อแรงกล

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3.7 ปริมาณตะกอน (Sludge Content)

ปริมาณตะกอน คือ ปริมาณของสารเจือปน วัดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำยางซึ่งสามารถจะแยกจากน้ำยางออกได้โดยการปั่น ตามข้อกำหนดที่ระบุ ปริมาณสารเหล่านี้มีน้อยมาก ปกติในน้ำยางชั้นจะมีปริมาณ 0.01% และผู้ใช้น้ำยางส่วนใหญ่จะไม่ทดสอบกัน ตะกอนส่วนใหญ่จะเป็นสารพวกไม่ละลายน้ำ มีความหนาแน่นมากกว่าซีรัม ซึ่งมักพบว่าเป็นพวกแมกนีเซียม แอมโมเนียฟอสเฟต

### 3.8 ปริมาณยางจับตัว (Coagulum Content)

ปริมาณยางจับตัว คือ ปริมาณสาร (เป็นเปอร์เซ็นต์ของ TSC) ที่ค้างอยู่บนตัวกรองสเตนเลส ที่ทดสอบขนาด 180 ไมโครเมตร เมื่อกรองน้ำยางผ่านสารเหล่านี้ประกอบด้วยเม็ดเล็กๆ ของยางที่จับตัว แต่บางครั้งสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่พอเพียงที่จะค้างอยู่บนตัวกรองได้ก็มักจะรวมอยู่ในส่วนนี้ด้วย ค่านี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงขณะขนส่งและเก็บรักษา

### 3.9 ทองแดงและแมงกานีส (Copper and manganese)

ข้อกำหนดเกี่ยวกับปริมาณธาตุบางตัวในน้ำยาง โดยเฉพาะธาตุทองแดงและแมงกานีส (8 ppm ต่อน้ำหนักสารของแข็งในน้ำยาง) เนื่องจากธาตุทั้งสองชนิดเป็นตัวเร่งการเสื่อมสภาพของน้ำยางอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างไรก็ตามน้ำยางธรรมชาติโดยปกติจะมีธาตุทั้งสองอยู่น้อยมาก (1-2 ppm) ดังนั้นผู้ใช้น้ำยางส่วนใหญ่จึงมักไม่ค่อยทดสอบธาตุทั้งสอง

### 3.10 สีของน้ำยาง (Colour)

มักถูกระบุในมาตรฐานของน้ำยาง ทั้ง ๆ ที่ไม่มีวิธีการที่ทดสอบที่แน่นอน ข้อกำหนดจะระบุเพียงว่าน้ำยางต้องมีสีขาว และไม่มีลักษณะเป็นสีฟ้า หรือสีเทา

## 4. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการทดสอบน้ำยางชั้น

- 4.1 ต้องศึกษาคู่มือการใช้เครื่องทดสอบให้เข้าใจก่อนใช้งาน
- 4.2 ต้องมีความเข้าใจและรู้หน้าที่ของสารเคมีที่ใช้สำหรับน้ำยางชั้น
- 4.3 อย่าใช้มือเปล่าสัมผัสสารเคมีโดยตรง
- 4.4 หากบีกเกอร์หรืออุปกรณ์แตกหรือมีรอยร้าวไม่ควรนำมาใช้อีก
- 4.5 ก่อนการชั่งสารเคมีต้องสวมถุงมือ แว่นตาและผ้าปิดจมูกทุกครั้ง
- 4.6 การล้างสารเคมีออกจากอุปกรณ์ เครื่องแก้วหรือบีกเกอร์ ต้องสวมถุงมือป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง
- 4.7 ขณะปฏิบัติงานต้องยึดระเบียบและกฎปฏิบัติอย่างเคร่งครัด

4.8 เมื่อไม่แน่ใจหรือไม่มีความรู้ในการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ ต้องสอบถามผู้รู้หรือช่างเทคนิค ประจำก่อนเสมอ

4.9 สารใช้ TMTD และ ZnO ร่วมกับแอมโมเนียเพื่อเก็บรักษาน้ำยางสดจะต้องมีความระมัดระวังในการใช้เนื่องจาก สาร TMTD และ ZnO เป็นสารที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะทางเคมีได้ โดยหากใส่ปริมาณสูงเพียงพอจะทำให้น้ำยางเกิดการจับตัวเป็นก้อนเม็ดเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไปในน้ำยาง ที่อุณหภูมิสูง

## 5. สรุป

น้ำยางชั้นตามกระบวนการผลิตหลัก โดยทั่วไปมี 4 วิธี คือ 1. วิธีการระเหยน้ำ 2. วิธีการทำให้เกิดครีม 3. วิธีการปั่น และ 4. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำยางชั้น ประกอบด้วยคุณสมบัติหลักที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเนื้อยางแห้ง ความเป็นด่าง ค่า KOH ความเสถียรต่อแรงกล เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะเป็นเครื่องบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำยางชั้น การเก็บรักษาน้ำยางโดยทั่วไปใช้แอมโมเนียสำหรับเก็บรักษาและใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมของน้ำยางชั้นแต่ละชนิด

## กิจกรรม

### กิจกรรมที่ 1.1

1. ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 1
2. ทำแบบประเมินผลการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 1

### กิจกรรมที่ 1.2

1. ปฏิบัติตามใบงานที่ 1.1 เรื่อง การหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (TSC)
2. ปฏิบัติตามใบงานที่ 1.2 เรื่อง การหาค่าปริมาณของเนื้อยางแห้งในน้ำยาง (DRC)

## แบบฝึกหัด

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. กระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า และกระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีการระเหยน้ำ มีหลักการผลิตที่แตกต่างกันอย่างไรบ้าง
2. ในการผลิตน้ำยางข้นเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานสากลต้องมีการควบคุมหรือทดสอบหาค่าใดบ้างเพื่อเป็นที่ยอมรับ
3. จงอธิบายความหมายและสมบัติของน้ำยางข้น
4. ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางหมายถึง
5. จงเขียนผังกระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีครีมีมิ่ง

**แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 1 เรื่อง กระบวนการผลิตและคุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย X (กากบาท) ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. คุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น ISO 2004 ลักษณะคุณสมบัติใดไม่จำเป็นต้องควบคุม  
ก. ปริมาณเนื้อยางแห้ง  
ข. ปริมาณของแข็งทั้งหมด  
ค. จำนวนกรดไขมันระเหย  
ง. ปริมาณความหนืดของยาง
2. กรณีใบรับรองมาตรฐานน้ำยางชั้นจากการปนระบุสมบัติปริมาณ MST = 650 หมายความว่า  
ก. น้ำยางมีความเสถียร 650  
ข. น้ำยางมีความเข้มข้น 650  
ค. น้ำยางมีความคงทนต่อการปั่น 650  
ง. น้ำยางมีค่าความคงทนต่อแรงกล 650
3. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับมาตรฐานค่า TSC ตามมาตรฐานกำหนด 61.5  
ก. ค่า TSC ของน้ำยางเท่ากับ 61.5  
ข. ค่า TSC ของน้ำยางน้อยกว่า 61.5  
ค. ค่า TSC ของน้ำยางสูงเกินกว่า 61.5  
ง. ค่า TSC สูงกว่า 61.5 ได้ และต่างกับค่า DRC ไม่เกิน 2
4. ในการผลิตน้ำยางชั้นสมัยเริ่มต้นมีวิธีการผลิตแบบใดที่ยังไม่ค่อยได้รับความนิยมในสมัยนั้น  
ก. การผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีระเหย  
ข. การผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีครีมมิ่ง  
ค. การผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีแยกด้วยไฟฟ้า  
ง. การผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีการปั่นแบบเซนตริฟิวจ์
5. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหยน้ำข้อใดไม่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต  
ก. มีการเติมสารเพิ่มความเสถียรลงในน้ำยาง เช่น สบู  
ข. น้ำยางจะตกตะกอนที่ก้นถังจะได้น้ำยางชั้นคุณภาพมาตรฐาน  
ค. วิธีการระเหยน้ำออกในการทำน้ำยางชั้นต้องเติมสารให้น้ำยางคงตัว  
ง. ถังใส่น้ำยางในกระบวนการต้องให้ความร้อนรอบ ๆ ถัง เพื่อการระเหยน้ำออก

6. ข้อใดบอกไม่ถูกต้องเกี่ยวกับน้ำยางชั้นที่เตรียมแบบครีมมิ่ง
  - ก. กระบวนการผลิตใช้เวลานาน
  - ข. เครื่องจักรราคาแพงและใช้พลังงานสูงในการผลิต
  - ค. น้ำยางมีส่วนสูญเสียไปกับส่วนของน้ำยางสกิมบ้างเล็กน้อย
  - ง. มีความแปรปรวนเรื่องคุณภาพกรณีน้ำยางสดมีความแปรปรวน
7. ข้อใดเป็นข้อดีของการผลิตน้ำยางชั้นวิธีเซนตริฟิวจ์
  - ก. ผลิตน้ำยางได้รวดเร็ว
  - ข. เครื่องจักรราคาถูกหาซื้อได้ทั่วไป
  - ค. การบำรุงรักษาเครื่องจักรทำได้ง่าย
  - ง. สามารถเดินเครื่องได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องหยุดเพื่อทำความสะอาด
8. การผลิตน้ำยางชั้นแบบครีมมิ่งข้อใดที่ไม่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต
  - ก. การเติมสารละลายครีมมิ่งเอเจนท์
  - ข. การรวบรวมน้ำยางสดจากสวนแล้วเติมแอมโมเนีย
  - ค. การกวนน้ำยางแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดครีมหรือแยกชั้น
  - ง. การกวนน้ำยางตลอดเวลาเพื่อแยกน้ำยางออกจากน้ำ
9. การเก็บรักษาน้ำยางด้วยแอมโมเนียข้อใดอธิบายได้ไม่ถูกต้อง
  - ก. แอมโมเนียมีกลิ่นแรงเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม
  - ข. แอมโมเนียจำเป็นต้องเก็บในภาชนะปิดเพราะระเหยง่าย
  - ค. การใช้แอมโมเนียใส่น้ำยางมากทำให้สิ้นเปลืองกรดมากด้วย
  - ง. แอมโมเนียใช้กับน้ำยางไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพราะกำจัดได้ง่าย
10. สารใดไม่นิยมใช้เก็บรักษาน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย
  - ก. กำมะถัน
  - ข. ซิงค์ออกไซด์
  - ค. โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต
  - ง. ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโอคาร์บาเมต
11. การเก็บรักษาน้ำยางชั้นโดยใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่นโดยทั่วไปใช้แอมโมเนียปริมาณเท่าไร
  - ก. ปริมาณ 0.2%
  - ข. ปริมาณ 0.4%
  - ค. ปริมาณ 0.6%
  - ง. ปริมาณมากกว่า 0.6%



12. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้น โดยทั่วไปมีกี่กระบวนการ
- ก. 1 กระบวนการ
  - ข. 2 กระบวนการ
  - ค. 3 กระบวนการ
  - ง. 4 กระบวนการ
13. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหยน้ำ ต้องเติมสารที่ทำให้ยางคงตัวที่มีชื่อว่าอย่างไร
- ก. DPG
  - ข. KOH
  - ค. TMTD
  - ง. Potassium Soap
14. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีใด ที่นิยมมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางชั้น
- ก. วิธีการปั่น
  - ข. วิธีการระเหยน้ำ
  - ค. วิธีการทำให้เกิดครีม
  - ง. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า
15. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นใดที่ใช้ระยะเวลาในการผลิตนาน
- ก. การระเหย
  - ข. การปั่นแยก
  - ค. การแยกอนุภาค
  - ง. การทำให้เกิดครีม
16. สารเคมีที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางสดและน้ำยางชั้น มีชื่อเรียกว่าอย่างไร
- ก. แซตตี้ซี
  - ข. ทีเอ็มทีดี
  - ค. แอมโมเนีย
  - ง. ฟอรัลลิตไฮด์
17. แอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีตัวใด ก่อให้เกิดปัญหาในการนำน้ำยางมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทำให้ยางมีสีคล้ำ
- ก. SPP
  - ข. TMTD
  - ค. ZDC
  - ง. ZnO

18. น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาโดยใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีตัวใด จะได้ยางแผ่นสีจาง สวย
- ก. ZDC
  - ข. SPP
  - ค. TMTD
  - ง. Boric acid
19. สารรักษาสภาพร่วมกับแอมโมเนียคือสารใด
- ก. ซิงค์คาร์บอเนต
  - ข. ซิงค์สเตียเรต
  - ค. ซิงค์ออกไซด์
  - ง. ซิงค์ซัลเฟต
20. ค่า VFA ต่ำ มีความหมายว่าอย่างไร
- ก. น้ำยางชั้นเสียสภาพ
  - ข. สถานะการรักษาสภาพน้ำยางยังดีในน้ำยางชั้น
  - ค. สถานะการรักษาสภาพน้ำยางไม่ดีในน้ำยางชั้น
  - ง. สถานการณ์รักษาสภาพน้ำยางอยู่ระดับปานกลางในน้ำยางชั้น

**แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 1 เรื่อง กระบวนการผลิตและคุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย X (กากบาท) ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับมาตรฐานค่า TSC ตามมาตรฐานกำหนด 61.5
  - ก. ค่า TSC ของน้ำยางเท่ากับ 61.5
  - ข. ค่า TSC ของน้ำยางน้อยกว่า 61.5
  - ค. ค่า TSC ของน้ำยางสูงเกินกว่า 61.5
  - ง. ค่า TSC สูงกว่า 61.5 ได้และต่างกับค่า DRC ไม่เกิน 2
2. ในการผลิตน้ำยางชั้นสมัยเริ่มต้นมีวิธีการผลิตแบบใดที่ยังไม่ค่อยได้รับความนิยมในสมัยนั้น
  - ก. การผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีระเหย
  - ข. การผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีครีมมิ่ง
  - ค. การผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีแยกด้วยไฟฟ้า
  - ง. การผลิตน้ำยางชั้นโดยวิธีการปั่นแบบเซนตริฟิวจ์
3. คุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น ISO 2004 ลักษณะคุณสมบัติใดไม่จำเป็นต้องควบคุม
  - ก. ปริมาณเนื้อยางแห้ง
  - ข. ปริมาณของแข็งทั้งหมด
  - ค. จำนวนกรดไขมันระเหย
  - ง. ปริมาณความหนืดของยาง
4. กรณีใบรับรองมาตรฐานน้ำยางชั้นจากการปั่นระบุสมบัติปริมาณ MST = 650 หมายความว่า
  - ก. น้ำยางมีความเสถียร 650
  - ข. น้ำยางมีความเข้มข้น 650
  - ค. น้ำยางมีความคงทนต่อการปั่น 650
  - ง. น้ำยางมีค่าความคงทนต่อแรงกล 650
5. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหยน้ำข้อใดไม่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต
  - ก. มีการเติมสารเพิ่มความเสถียรลงในน้ำยาง เช่น สบู
  - ข. น้ำยางจะตกตะกอนที่ก้นถังจะได้น้ำยางชั้นคุณภาพมาตรฐาน
  - ค. วิธีการระเหยน้ำออกในการทำน้ำยางชั้นต้องเติมสารให้น้ำยางคงตัว
  - ง. ถังใส่น้ำยางในกระบวนการต้องให้ความร้อนรอบ ๆ ถัง เพื่อการระเหยน้ำออก

6. การผลิตน้ำยางชั้นแบบครีมมีข้อใดที่ไม่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต
  - ก. การเติมสารละลายครีมมิงเอเจนท์
  - ข. การรวบรวมน้ำยางสดจากสวนแล้วเติมแอมโมเนีย
  - ค. การกวนน้ำยางแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดครีมหรือแยกชั้น
  - ง. การกวนน้ำยางตลอดเวลาเพื่อแยกน้ำยางออกจากน้ำ
7. การเก็บรักษาน้ำยางด้วยแอมโมเนียข้อใดอธิบายได้ไม่ถูกต้อง
  - ก. แอมโมเนียมีกลิ่นแรงเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม
  - ข. แอมโมเนียจำเป็นต้องเก็บในภาชนะปิดเพราะระเหยง่าย
  - ค. การใช้แอมโมเนียใส่น้ำยางมากทำให้สิ้นเปลืองกรดมากด้วย
  - ง. แอมโมเนียใช้กับน้ำยางไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพราะกำจัดได้ง่าย
8. ข้อใดบอกไม่ถูกต้องเกี่ยวกับน้ำยางชั้นที่เตรียมแบบครีมมี
  - ก. กระบวนการผลิตใช้เวลานาน
  - ข. เครื่องจักรราคาแพงและใช้พลังงานสูงในการผลิต
  - ค. น้ำยางมีส่วนสูญเสียไปกับส่วนของน้ำยางสกิมบ้างเล็กน้อย
  - ง. มีความแปรปรวนเรื่องคุณภาพกรณีน้ำยางสดมีความแปรปรวน
9. ข้อใดเป็นข้อดีของการผลิตน้ำยางชั้นวิธีเซนตริฟิวจ์
  - ก. ผลิตน้ำยางได้รวดเร็ว
  - ข. เครื่องจักรราคาถูกหาซื้อได้ทั่วไป
  - ค. การบำรุงรักษาเครื่องจักรทำได้ง่าย
  - ง. สามารถเดินเครื่องได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องหยุดเพื่อทำความสะอาด
10. สารใดไม่นิยมใช้เก็บรักษาน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย
  - ก. กำมะถัน
  - ข. ซิงค์ออกไซด์
  - ค. โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต
  - ง. ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโอคาร์บาเมต
11. การเก็บรักษาน้ำยางชั้นโดยใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่นโดยทั่วไปใช้แอมโมเนียปริมาณเท่าไร
  - ก. ปริมาณ 0.2%
  - ข. ปริมาณ 0.4%
  - ค. ปริมาณ 0.6%
  - ง. ปริมาณมากกว่า 0.6%

12. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหยน้ำ ต้องเติมสารที่ทำให้น้ำยางคงตัวที่มีชื่อว่าอย่างไร
- ก. DPG
  - ข. KOH
  - ค. TMTD
  - ง. Potassium Soap
13. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้น โดยทั่วไปมีกี่กระบวนการ
- ก. 1 กระบวนการ
  - ข. 2 กระบวนการ
  - ค. 3 กระบวนการ
  - ง. 4 กระบวนการ
14. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีใด ที่นิยมมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางชั้น
- ก. วิธีการปั่น
  - ข. วิธีการระเหยน้ำ
  - ค. วิธีการทำให้เกิดครีม
  - ง. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า
15. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นใดที่ใช้ระยะเวลาในการผลิตนาน
- ก. การระเหย
  - ข. การปั่นแยก
  - ค. การแยกอนุภาค
  - ง. การทำให้เกิดครีม
16. สารเคมีที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางสดและน้ำยางชั้น มีชื่อเรียกว่าอย่างไร
- ก. แซดดีซี
  - ข. ทีเอ็มทีดี
  - ค. แอมโมเนีย
  - ง. พอร์มาลดีไฮด์

17. แอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีตัวใด ก่อให้เกิดปัญหาในการนำน้ำยามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ให้ยามีสีคล้ำ
- ก. SPP
  - ข. TMTD
  - ค. ZDC
  - ง. ZnO
18. น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาโดยใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีตัวใด จะได้ยางแผ่นสีจาง สวย
- ก. ZDC
  - ข. SPP
  - ค. TMTD
  - ง. Boric acid
19. สารรักษาสภาพพร้อมกับแอมโมเนียคือสารใด
- ก. ซิงค์คาร์บอเนต
  - ข. ซิงค์สเตียเรต
  - ค. ซิงค์ออกไซด์
  - ง. ซิงค์ซัลเฟต
20. ค่า VFA ต่ำ มีความหมายว่าอย่างไร
- ก. น้ำยางชั้นเสียสภาพ
  - ข. สถานะการรักษาสภาพน้ำยางยิ่งดีในน้ำยางชั้น
  - ค. สถานะการรักษาสภาพน้ำยางไม่ดีในน้ำยางชั้น
  - ง. สถานการณ์รักษาสภาพน้ำยางอยู่ระดับปานกลางในน้ำยางชั้น

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 1.1                       | หน่วยที่ 1                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (TSC)                                |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถทำการปฏิบัติการทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางได้
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกและเลือกวัสดุที่ใช้ทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางได้
2. บอกอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางได้
4. ปฏิบัติการทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางได้
5. สามารถทำการทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. จานแก้วหรือจานโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร มีฝาปิด
2. เครื่องชั่งอย่างละเอียด ถูกต้อง 0.1 มิลลิกรัม
3. ตู้บลมร้อน
4. เดสซิเคเตอร์

#### สารเคมี

1. น้ำยางข้นตัวอย่าง
2. น้ำยางสดตัวอย่าง



ภาพที่ 1.1.1 การทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. นำจานแก้วหรือจานโลหะที่มีฝาปิด มาชั่งพร้อมฝา ให้ละเอียดถูกต้องถึง 0.1 มิลลิกรัม
2. เทน้ำยางตัวอย่างลงไปประมาณ  $2.5 \pm 0.5$  กรัม (รู้น้ำหนักแน่นอน) ปิดฝาจานแก้วขณะที่ชั่ง
3. เปิดฝาดูออก เอียงจานไปมาเพื่อให้น้ำยางกระจายทั่วจาน (ในช่วงนี้อาจจะเติมน้ำกลั่น 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไปในน้ำยาง จะช่วยให้การกระจายของน้ำยาง กระจายได้กว้างขึ้น)
4. นำจานที่เปิดฝานี้ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ  $100 \pm 2$  °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (หรือจนยางใส ไม่มีสีขาวขุ่นอยู่)
5. เอาออกจากตู้อบลมร้อน ปิดฝาไว้ตามเดิม เอาไปทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องโดยใส่ไว้ในเดสซิเคเตอร์
6. นำจานแก้วใส่น้ำยางตัวอย่าง เปิดฝาดูออก แล้วนำไปอบซ้ำที่อุณหภูมิเดิมเป็นเวลา 15 นาที
7. ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องโดยใส่ในเดสซิเคเตอร์ แล้วนำไปชั่ง
8. คำนวณผลต่างของน้ำหนักครั้งหลังและครั้งก่อนควรแตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ถ้าแตกต่างกันเกิน 1 มิลลิกรัม ต้องนำไปอบ และชั่งอีก จนกว่าผลต่างของน้ำหนักจะแตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม
9. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า TSC ตามสูตร

$$\text{TSC, เปอร์เซ็นต์} = \frac{(A-B)}{(B-A)} \times 100$$

โดย A = น้ำหนักของจานพร้อมฝา

B = น้ำหนักของจานพร้อมฝาและน้ำยาง

C = น้ำหนักของจานพร้อมฝา กับยางที่แห้งแล้ว



10. ให้ทำ 2 ซ้ำ ต่อตัวอย่างน้ำยาง 1 ตัวอย่าง และผลการทดลองที่ได้ควรมีความแตกต่างกัน ไม่ควรเกิน 0.15 ค่าเฉลี่ยของปริมาณทั้งสองค่าให้ถือเป็นผลที่ได้จากการทดลอง

#### ข้อเสนอแนะ

- ความแตกต่างของปริมาณน้ำยางที่ใช้ในการทดสอบ จะทำให้ความถูกต้องในการชั่งไม่เหมือนกัน คือ ถ้าใช้น้ำยางในปริมาณที่มากขึ้น ค่าความถูกต้องของการชั่งก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ก็มีข้อเสีย คือถ้าหากทำการแผ่นกระจายน้ำยางในจานแก้วก่อนอบไม่ดีพอ จะทำให้เวลาที่จะต้องใช้ในการอบน้ำยางที่มีปริมาณมากก็ต้องนานขึ้นด้วย

#### ประโยชน์

1. ค่า TSC ของน้ำยางชั้นมาตรฐาน ได้กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 61.5 สำหรับน้ำยางเซนตริฟิวจ์ นั่นคือ จะสูงเกินกว่านี้เท่าใดก็ได้ และปริมาณ เนื้อยางแห้งก็สูงไม่ต่ำกว่า 60.0 ซึ่งก็เช่นเดียวกัน
2. ค่า TSC ของน้ำยางชั้นตามมาตรฐาน สามารถนำไปออกสูตรยางและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 1.2                       | หน่วยที่ 1                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การหาค่าปริมาณของเน้อยางแห้งในน้ำยาง (DRC)                                |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักเรียนสามารถทำการปฏิบัติการทดสอบหาค่าปริมาณของเน้อยางแห้งในน้ำยางได้
2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกและเลือกวัสดุที่ใช้ทดสอบหาค่าปริมาณของเน้อยางแห้งในน้ำยางได้
2. บอกอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบหาค่าปริมาณของเน้อยางแห้งในน้ำยางได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการทดสอบหาค่าปริมาณของเน้อยางแห้งในน้ำยางได้
4. ปฏิบัติการทดสอบหาค่าปริมาณของเน้อยางแห้งในน้ำยางได้
5. สามารถทำการทดสอบหาค่าปริมาณของเน้อยางแห้งในน้ำยางได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียดถูกต้อง 1 มิลลิกรัม
2. ถ้วยกระเบื้องใส่น้ำยาง
3. ตู้อบลมร้อน
4. เครื่องรีดยางให้เป็นแผ่น
5. อ่างไอน้ำหรืออ่างน้ำร้อน
6. เดซิเคเตอร์
7. หลอดเมโทรเลค
8. กระบอกใส่น้ำยางวัดความเข้มข้น

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

การหาค่า DRC ของน้ำยางโดยใช้กรดอะซิติก

1. ชั่งตัวอย่างน้ำยาง จำนวน  $10 \pm 0.005$  กรัม ใส่ลงในจานกระเบื้อง
2. เติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากัน
3. เติมสารละลายกรด อะซิติกเข้มข้น 2% จำนวน 80 มิลลิลิตร ลงไปช้า ๆ และคนตลอดเวลาในช่วงที่เติมน้ำกรดนี้ (การใส่น้ำกรดลงไปนี้น้ำยาง ควรใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 5 นาที)
4. น้ำยางที่เติมน้ำกรดนี้ไปวางที่อ่างในน้ำหรืออ่างน้ำร้อนโดยไม่มีการรบกวนน้ำยางนี้ ทั้งไว้บนอ่างไอน้ำเป็นเวลา 15–30 นาที (เวลาสูงสุดไม่เกิน 30 นาที) ควรจะได้สารละลายใสแต่ถ้าได้สารละลายขุ่น แสดงว่าการใส่กรดเร็วเกินไป หรือกรดใสไม่มากพอ กรดนี้ต้องทำการทดลองใหม่
5. รวบรวมเศษยางเล็ก ๆ ไว้กับก้อนยางใหญ่ ล้างยางที่จับตัวแล้วด้วยน้ำที่กำลังไหล
6. น้ำยางที่ได้ไปรีด ให้มีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร
7. นำไปอบที่อุณหภูมิ  $70 \pm 2$  °C ในเตาอบที่ถ่ายเทอากาศได้ (ถ้ายางถูกออกซิไดซ์มากจนเห็นว่าเหนียว ให้อบที่อุณหภูมิ  $55 \pm 2$  °C แทน) ใช้เวลาประมาณ 18 – 24 ชั่วโมง ให้สังเกตว่ายางแห้งแล้ว จะไม่มีสีขาว
8. นำยางมาทิ้งไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง ในเดซิเคเตอร์ แล้วนำไปชั่ง บันทึกน้ำหนัก
9. นำไปอบต่ออีก 30 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในเดซิเคเตอร์ และนำไปชั่ง บันทึกน้ำหนัก
10. หาค่าผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ควรแตกต่างกันไม่เกิน 5 มิลลิกรัม จากค่าที่ชั่งได้ครั้งสุดท้าย ถ้าค่าแตกต่างกันเกิน 5 มิลลิกรัม จะต้องทำการทดลองซ้ำในข้อ 9
11. การทดลองให้ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ในแต่ละตัวอย่าง ค่าที่ได้จากการทำซ้ำควรแตกต่างกัน ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซนต์
12. ทำการคำนวณหาค่า DRC ตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ เนื้อยางแห้ง (เปอร์เซ็นต์ DRC)} = \frac{(\text{น้ำหนักเนื้อยางแห้ง})}{(\text{น้ำหนักน้ำยางที่ไซ้})} \times 100$$

## ข้อเสนอแนะ

- การทดสอบหาค่า DRC ในการชั่งน้ำยางต้องทราบน้ำหนักที่แน่นอนก่อนที่จะจับตัว ด้วยกรดอะซิติกเจือจาง ทั้งนี้เพื่อกำหนดค่าที่ถูกต้อง

## ประโยชน์

- ค่า DRC ของน้ำยางชั้นตามมาตรฐาน สามารถนำไปออกสูตรยางและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- กรมอาชีวศึกษา. **ผลิตภัณฑ์น้ำยาง 1**. คู่มือการจัดการเรียนการสอน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
ชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, 2546.
- การเตรียมสารเคมีผสมน้ำยาง. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.south.nfe.go.th>, 8 มกราคม  
2556.
- ชั้นทอง สุนทรภา. **ความปลอดภัยในกระบวนการเคมี**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
2549.
- บุญธรรม นิธิอุทัย. **ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง**. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2532.
- วรารณ ขจรไชยกูล. **เทคโนโลยีน้ำยาง**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2555.
- \_\_\_\_\_. **ยางธรรมชาติการผลิตและการใช้งาน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.),  
2549.
- วิริยะ ทองเรือง. มมป. **การพัฒนากระบวนการผลิตโฟมยางธรรมชาติ** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :  
[www.mof.or.th/abstract\\_rubber\\_foam.txt.doc](http://www.mof.or.th/abstract_rubber_foam.txt.doc), 25 พฤศจิกายน 2555.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. **การผลิตยางธรรมชาติ**. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2547.
- Madge, E.W., **Latex Foam Rubber**, Maclaren & Sons Ltd., 1962.
- วิชัย ปราสาททอง. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :  
<http://webdb.dmsc.moph.go.th>, 5 มกราคม 2555.

## หน่วยที่ 2

### สารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

#### หัวเรื่อง

1. ประเภทและหน้าที่ของสารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง
2. วิธีการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาง
3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาง
4. สรุป

#### สาระสำคัญ

การทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางจำเป็นต้องผสมสารเคมีต่าง ๆ ลงในสูตรน้ำยางเพื่อให้ยางคงรูปและทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติตามความต้องการ เช่น ความแข็งแรง ความต้านทานต่อแรงดึง ความหนาและสีต่าง ๆ เป็นต้น สารเคมีที่นิยมใช้มี 7 ประเภท ได้แก่ 1. สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) 2. สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent) 3. สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูป (Accelerator) 4. สารกระตุ้น (Activator) 5. สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant) 6. สารตัวเติมและสารสี (Filler and Pigment) และ 7. สารอื่น ๆ สารเคมีเหล่านี้มีหน้าที่และคุณสมบัติที่แตกต่างกัน วิธีการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยางมีวิธีการเตรียม 3 วิธี คือ 1. การเตรียมด้วยวิธีสารละลาย (Solutions) ใช้สำหรับของแข็งหรือของเหลวที่ละลายน้ำได้ 2. การเตรียมด้วยวิธีดีสเพชัน (Dispersions) ใช้สำหรับของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทำให้กระจายตัวในน้ำ และ 3. การเตรียมด้วยวิธีอิมัลชัน (Emulsions) ใช้สำหรับการเตรียมสารเคมีที่เป็นของเหลวเหมือนน้ำมันให้กระจายตัวในน้ำ

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับประเภทและสมบัติของสารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง
2. เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยางได้
3. เพื่อให้ประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และความมีภูมิคุ้มกันในการเลือกใช้สารเคมีและเตรียมสารเคมีให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์
4. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความขยัน ซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ความเป็นประชาธิปไตย ใช้เวลาให้เป็นประโยชน์และห่างไกลยาเสพติด

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. จำแนกประเภทของสารเคมีสำหรับงานผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง
2. อธิบายหน้าที่และสมบัติของสารเคมีแต่ละประเภท
3. อธิบายสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด
4. เลือกชนิดของสารเคมีได้ถูกต้องและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์
5. อธิบายเหตุผลในการเตรียมดินสอพอชั้น สารละลาย และอิมัลชัน
6. อธิบายความหมายของดินสอพอชั้น สารละลาย และอิมัลชัน
7. อธิบายหลักการของเครื่องบอลมิลล์ อชทรีมิลล์ อัลตราโซนิกมิลล์ และคอลลอยด์มิลล์
8. สามารถเตรียมสารเคมีในรูปดินสอพอชั้น สารละลาย และอิมัลชัน
9. บอกความปลอดภัยในการเตรียมสารเคมี
10. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมสารเคมีผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง
11. เตรียมความพร้อมในการเรียนมีระเบียบวินัยและปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด

## 1. ประเภทและหน้าที่ของสารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

การทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง กรณีใช้น้ำยางอย่างเดียวในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ มีสมบัติที่ด้อยหรือไม่สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการ เพื่อให้ได้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องเติมสารเคมีลงไป โดยทั่วไปสารเคมีสำหรับงานผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง มีอยู่ 7 ประเภท ได้แก่ สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent) สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูป (Accelerator) สารกระตุ้น (Activator) สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant) สารตัวเติมและสารสี (Filler and Pigment) และสารอื่น ๆ

## 1.1 สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer)

สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) เป็นสารเคมีชนิดแรกที่ใส่ลงไปในน้ำยาเพื่อเพิ่มความคงตัว หรือเพิ่มความเสถียรของน้ำยาก่อนที่จะเติมชนิดอื่น ๆ ลงไป ป้องกันการจับตัวเป็นเม็ด เป็นก้อน หรือเกิดฝ้าอยู่ที่ผิวหน้าของน้ำยา

สารเพิ่มความคงตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีอนุมูล (Ionic type) และกลุ่มที่ไม่มีอนุมูล (Non – ionic type)

**1.1.1 กลุ่มที่มีอนุมูล (Ionic type)** คือ สารที่เมื่อละลายน้ำแล้วเกิดการแตกตัวให้อนุมูลในน้ำ (Ionization) แบ่งเป็น

1.1.1.1 สารที่มีอนุมูลลบ (Anionic type) ได้แก่ ด่าง (Alkali) ที่นิยมใช้ ได้แก่

1) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassiumhydroxide ; KOH) ปริมาณที่ใช้ 0.2–0.5 phr สามารถช่วยลดการเกิดคริมปกคลุมที่ผิวหน้าของน้ำยา สารนี้ถ้าปริมาณความเข้มข้นสูง ๆ อาจมีฤทธิ์กัดกร่อนผิวหนังได้ การเก็บรักษา ถ้าอยู่ในรูปของผลึกของแข็ง ไม่ควรให้สัมผัสกับความชื้น เนื่องจากสารนี้ดูดความชื้นได้ง่าย

2) สบู่ของกรดไขมัน (Organic fatty acid soap) เช่น โพแทสเซียมคาปริเลต (Potassium caprylate) โพแทสเซียมลอเรต (Potassium laurate) โพแทสเซียมโอเลต (Potassium oleate) เมื่อนำสารพวกนี้ละลายน้ำจะแตกตัวให้อนุมูลลบคาร์บอกซิเลต ซึ่งรวมตัวกับอนุมูลลบคาร์บอกซิเลตของอนุภาคน้ำ เพื่อเพิ่มความคงตัวของน้ำยาต่อเครื่องมือกล ปริมาณที่ใช้ 0.2 – 0.4 phr (ถ้ามากกว่านี้จะทำให้เกิดฟอง)

3) สารพวกซัลเฟต (Organic sulphate) เช่น โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulphate) ซัลเฟต สารปรับสมบัติพื้นผิวชนิดประจุลบในกลุ่มนี้ คือ  $RO.SO_3^-$  ซึ่งนิยมเขียนเป็น  $R.SO_4^-$  โดย R เป็นหมู่ long – chain aliphatic hydrocarbon มีความแตกต่างจากซัลโฟเนต คือ การเชื่อมระหว่างส่วนที่เป็น Hydrophobic ของ surface – active moiety กับ hydrophilic anionic site มีออกซิเจนอะตอมอยู่ระหว่างคาร์บอนและซัลเฟอร์อะตอม ซึ่งมีผลให้หมู่ซัลเฟตไวต่อการแยกออกโดย acid hydrolysis ในส่วนของความเหมือนกับซัลโฟเนต คือ ซัลโฟเนตมาจากกรดแก่ แต่มีแนวโน้มเพียงเล็กน้อยในการฟอร์มอนุพันธ์ของ unionized sulphuric acid ในสภาวะความเป็นกรด จึงเป็นผลให้ซัลเฟตคงสถานะความไวของสารปรับสมบัติพื้นผิวภายใต้สภาวะกรด นอกจากนี้ความไวของซัลเฟตทนต่อสภาวะที่มีโลหะชนิด multivalent ได้ดีกว่าคาร์บอกซิเลต เช่นเดียวกับซัลโฟเนต ซึ่งทำให้ความไวของซัลเฟตเหมือนกับซัลโฟเนต คือ ยังคงอยู่ได้ในช่วงกว้างของ pH และของความเข้มข้นของโลหะชนิด multivalent อย่างไรก็ตามสมบัติดังกล่าวนี้เป็นได้ทั้งข้อดีและข้อเสีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพหรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง ณ จุดนั้น ๆ อนึ่งโดยทั่วไปสารกลุ่มซัลโฟเนตเป็นสารปรับสมบัติพื้นผิวที่มีความรุนแรง

(Strongly surface active) นิยมใช้เป็นสารช่วยให้พื้นผิวเปียก (Wetting agents) สารช่วยการกระจายแล้ว (Dispersing agents) และสารช่วยความเสถียรของดิสเพิสชัน (Dispersion stabilizers)

4) สารพวกซัลโฟเนต (Sulphonate) เช่น vulcastab LS สารปรับสมบัติพื้นผิวชนิดประจุลบในกลุ่มนี้เป็น  $R.SO_3^-$  ซึ่ง R อาจเป็นหมู่ long chain aliphatic hydrocarbon (ส่วนใหญ่เป็นสารที่อยู่ในความสนใจของนักเทคโนโลยีน้ำยาง) หรือเป็น aromatic nucleus ซึ่งมีหมู่ของ aliphatic แทนที่ 1 มากกว่า surface activity ของซัลโฟเนต คงประสิทธิภาพในสถานะ pH และความเข้มข้นของ multivalent metal ions ช่วงกว้าง ซึ่งคุณลักษณะนี้อาจดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการใช้งาน สารในกลุ่มนี้ที่สำคัญทางเทคโนโลยีน้ำยาง ได้แก่ alkylarylsulphonates

1.1.1.2 สารที่มีอนุมูลบวก (Cationic type) ส่วนใหญ่ได้จากอนุมูลแอมโมเนีย ซึ่งมักไม่ถูกกระทบกระเทือนจากอนุมูลโลหะ เหมาะสำหรับใช้กับน้ำยางที่มีอนุภาคบวก และมีค่า pH ต่ำกว่า 5

1.1.1.3 สารที่เป็นทั้งอนุมูลบวกและลบ (Amphoteric type) ขึ้นอยู่กับ pH ของตัวกลาง ได้แก่ โปรตีนซึ่งในสภาวะต่างโปรตีนจะมีอนุมูลลบ ในสภาวะกรดโปรตีนจะมีอนุมูลบวก น้ำยางชั้นมีสภาวะเป็นด่างโปรตีนจึงมีประจุลบ โปรตีนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์น้ำยาง คือ เคซีน (casein) เพราะแคลเซียมน้อย ละลายได้ในสภาวะต่างที่เหมาะสม ช่วยเพิ่มความหนืดให้กับน้ำยาง สามารถรักษาความเสถียรได้ดี แต่มีข้อด้อย คือ เคซีนบูดเน่าได้ง่าย ดังนั้นควรใช้งานทันทีหลังเตรียมสารละลาย

1.1.2 กลุ่มไม่มีอนุมูล (Non – ionic type) เป็นสารที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ชื่อทางการค้า คือ Vulcastab LW ซึ่งเป็นสารพอลิเอทิลีนออกไซด์คอนเดนเซต (Polyethylene oxide condensate) ซึ่งสามารถใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นสารเพิ่มความคงตัว ละลายในน้ำเย็นได้ดีกว่าน้ำร้อน สามารถใช้ได้ทั้งกับน้ำยางและการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาง

## 1.2 สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent)

สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent) เป็นสารที่ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลยาง (Crosslink) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่า การคงรูป หรือ การวัลคาไนซ์ (Vulcanization) เมื่อยางคงรูปแล้ว โมเลกุลของยางจะเกิดการเชื่อมโยติดกัน ทำให้ยางเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ยาก และคุณสมบัติการเป็นอีลาสติก (Elastic) เพิ่มขึ้นหรือทำให้ยางมีความยืดหยุ่นและคืนรูปได้ดี

สารทำให้ยางคงรูปที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง คือ กำมะถัน มีความสำคัญต่อการทำให้ยางคงรูป ปริมาณของกำมะถันที่ใช้ทั่วไป คือ

1.2.1 กำมะถันต่ำ เช่น 0.75–1.25 phr ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่โมดูลัสต่ำ เช่น ลูกโป่ง

1.2.2 กำมะถันปานกลาง เช่น 1.25–2.0 phr ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่โมดูลัสปานกลาง เช่น ถูมมือ



1.2.3 กำมะถันสูง เช่น 2.0–2.5 phr ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการโมดูลัสสูง เช่น ยางพองน้ำ

### 1.3 สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูป (Accelerator)

สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูป (Accelerator) จะช่วยลดเวลา ลดยุณหภูมิในการทำให้อย่างคงรูป และปรับปรุงคุณสมบัติให้กับผลิตภัณฑ์ยาง

เนื่องจากในน้ำยางจะไม่เกิดการคงรูปก่อนกำหนด (Scorch) เหมือนในยางแห้ง ทำให้สามารถใช้สารเร่งที่เร็วได้ เพื่อให้สามารถวัลคาไนซ์ด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ (ต่ำกว่า 140 °C) สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูปที่เลือกใช้ ได้แก่

1.3.1 กลุ่มแซนเทท (Xanthate) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาประสิทธิภาพสูงมาก อุณหภูมิที่ใช้ในการคงรูปต่ำ คือ 80 – 100 °C นิยมใช้น้ำยางพองน้ำ สารกลุ่มนี้ ได้แก่ โซเดียมไอโซโพรพิลแซนเทท (Sodium isopropyl xanthate, SIX), ซิงค์ไอโซโพรพิลแซนเทท (Zinc isopropyl xanthate, ZIX) สารพวกนี้ละลายตัวได้ง่าย แตกตัวแล้วมีกลิ่นเหม็น

1.3.2 กลุ่มไดไธโอคาร์บาเมต (Dithiocarbamate) นิยมใช้มากในงานน้ำยาง ได้แก่

1.3.2.1 ซิงค์ไดเอทิลไดไธโอคาร์บาเมต (Zinc diethyl dithiocarbamate, ZDEC) ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีรส กลิ่น สัมผัสกับอาหารได้ ปริมาณที่ใช้คือ 0.5–1.5 phr ต้องใช้ร่วมกับกำมะถัน อาจไม่ใช้ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) แต่ถ้ามี ZnO จะทำให้ยางมีสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงและโมดูลัสสูง ถ้าหากต้องการให้โมดูลัสสูงขึ้นต้องใช้ร่วมกับ ZMBT ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการคงรูปสูงอีกด้วย

1.3.2.2 ซิงค์ไดบูทิลไดไธโอคาร์บาเมต (Zinc dibutyl dithiocarbamate, ZDBC) เป็นสารเร่งที่เร็วกว่า ZDEC จึงง่ายที่น้ำยางเกิดการคงรูปก่อนอย่างช้า ๆ เมื่อเก็บน้ำยางผสมสารเคมีไว้ที่อุณหภูมิของห้อง ปัญหาของสารตัวเร่งของกลุ่มไดไธโอคาร์บาเมต คือ ผลิตภัณฑ์มักมีรอยดำหนิ เนื่องจากสารทองแดง เพราะเมื่อผลิตภัณฑ์สัมผัสกับสารที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบแม้เพียงเล็กน้อย จะเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล

1.3.3 กลุ่มไธยูเรม (Thiuram) เป็นตัวเร่งที่เร็ว ไม่มีกลิ่น รส ใช้ทำผลิตภัณฑ์โปรงใส หรือสีต่าง ๆ ทำผลิตภัณฑ์ที่สัมผัสกับอาหาร อาจใช้เป็นตัวเร่งเสริมให้กับกลุ่มไดไธโอคาร์บาเมต สมบัติความต้านทานต่อแรงดึงต่ำกว่ากลุ่มไดไธโอคาร์บาเมต แต่ผลิตภัณฑ์ทนต่อการเสื่อมสภาพได้ดีกว่า และไม่เกิดปฏิกิริยากับทองแดง สารกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ ได้แก่ TMTM, TMTD

1.3.4 กลุ่มไธอาโซล (Thiazole) เป็นสารตัวเร่งความเร็วปานกลาง ให้อย่างที่มีสมบัติหลังการบ่มเร่งตีความต้านทานต่อแรงดึงสูง โมดูลัสสูง มีรสขม ไม่เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ที่สัมผัสกับอาหาร มักใช้เป็นสารตัวเร่งเสริมสำหรับไดไธโอคาร์บาเมตและไธยูเรม

สารตัวเร่งในกลุ่มนี้ ได้แก่ ZMBT มักใช้ร่วมกับ ZDEC โดยใช้ ZDEC 1 phr และใช้ ZMBT 0.25–0.5 phr

#### 1.4 สารกระตุ้น (Activator)

สารกระตุ้น (Activator) ทำหน้าที่ช่วยเร่งอัตราการคงรูปให้เร็วขึ้น ทำให้สารเร่งว่องไวต่อปฏิกิริยา เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น การวัลคาไนซ์เร็วขึ้น ทำให้อย่างมีโมดูลัสสูงขึ้น

สารกระตุ้นที่ใช้ คือ ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) ปริมาณที่ใช้ คือ 0.5–5 phr ปริมาณที่สูงขึ้น โมดูลัสก็จะสูงขึ้นด้วย แต่ทำให้น้ำยางมีความหนืดสูงเพิ่มขึ้น ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์โปร่งใส จะใช้ ZnO 0.5 phr นอกจากนี้ ZnO บางชนิดจะมีอนุภาคเล็กและปนอยู่กับออกไซด์ของโลหะอื่น ๆ เรียกว่า แอคทีฟซิงค์ออกไซด์ (Active zinc oxide) ซึ่งนิยมใช้น้ำยาง

#### 1.5 สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant) แบ่งได้เป็น 2 จำพวก คือ

**1.5.1 สารแอนติออกซิแดนซ์ชนิดตกสี (Staining Antioxidant)** เป็นสารพวกอะมีน (Amine) หรืออนุพันธ์ของอะมีน เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูง มีความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน แสง และโลหะบางชนิด แต่มักเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์เมื่อมีอายุการใช้งานเป็นเวลานานๆ มักใช้กับผลิตภัณฑ์ยางดำ สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ PBN (Phenyl-β-naphthylamine) DBNPPD (Sym N,N-di-B-naphthyl-p-phenylenediamine) พว ก para – phenylenediamine เช่น IPPD

**1.5.2 สารแอนติออกซิแดนซ์ชนิดไม่ตกสี (Non – Staining Antioxidant)** เป็นสารประกอบฟีนอล หรืออนุพันธ์ของฟีนอล ประสิทธิภาพต่ำกว่ากลุ่มอะมีน แต่ไม่มีปัญหาด้านการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์หรืออาจเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทจุ่มแบบพิมพ์ เช่น Antioxidant 2246, BHT, Vulkanox BKF ปริมาณที่ใช้ 0–5 phr, Nonox WSL (ใช้ 0.5–1 phr), Wingstay L

#### 1.6 สารตัวเติม และสารสี (Filler and Pigment)

สารตัวเติมสำหรับน้ำยางที่นิยมใช้มี 2 ประเภท คือ สารตัวเติมอินทรีย์และสารตัวเติมอนินทรีย์ สารอนินทรีย์ที่เติมในน้ำยาง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็ง เพื่อลดต้นทุนและเพื่อให้ได้สีตามที่ต้องการ แต่ไม่เพิ่มสมบัติด้านการต้านทานต่อแรงดึงหรือต่อการฉีกขาด สารกลุ่มนี้ ได้แก่ คาโอไลน์เคลย์ (Kaolinite clay) แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate :  $\text{CaCO}_3$ ) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide :  $\text{TiO}_2$ ) ลิโทพอน (Lithopone) เป็นต้น ส่วนสารตัวเติมอินทรีย์ที่เติมลงในน้ำยางคอมพาวด์เป็นสารพอลิเมอร์

### 1.6.1 สารตัวเติมอนินทรีย์และเม็ดสี

การเติมสารตัวเติมอนินทรีย์และเม็ดสีลงในน้ำยางคอมปาวด์มีหลายเหตุผล แต่เหตุผลหลัก (วราภรณ์ ขจรไชยกูล 2555: 111) คือ เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ลดต้นทุน ให้สีสวย แตกต่างที่สำคัญของหน้าที่ของสาร ตัวเติมอนินทรีย์ในยางแห้งกับในน้ำยาง คือ สมบัติการเสริมแรง (Reinforcement) ให้กับยางที่คงรูปแล้วกรณีของยางแห้ง สารตัวเติมอนินทรีย์ เช่น เชม่าดำนุภาค ละเอียด คาโอลิไนต์เคลย์และซิลิกา ทำหน้าที่เสริมแรง (Reinforcing agents) ซึ่งความหมายการเสริมแรง คือ ปรับสมบัติทางกลของยางที่คงรูปแล้วให้ดีขึ้น โดยเฉพาะสมบัติด้านแรงฉีกขาด ด้านแรงดึงและด้านการสึกหรอ ทั้งนี้ไม่ได้หมายถึงการเพิ่มความแกร่งและความแข็ง (Stiffness and hardness) สารตัวเติมเหล่านี้ไม่ช่วยเสริมสมบัติดังกล่าวข้างต้น เมื่อเติมลงในน้ำยาง แต่ช่วยเพิ่มความแกร่ง คำอธิบายความแตกต่างที่เป็นที่ยอมรับได้ คือ สารตัวเติมเหล่านี้ไม่เสริมแรงเมื่อเติมลงในน้ำยาง เพราะไม่มี interaction ระหว่างโมเลกุลยางกับผิวของอนุภาคสารตัวเติมเช่นที่เกิดกับกรณีของยางแห้ง ซึ่งต้องมีการบดยางกับสารตัวเติมโดยใช้แรงเฉือนสูงสนับสนุนให้เกิด interaction ระหว่างโมเลกุลยางกับผิวอนุภาคสารตัวเติม

#### 1.6.1.1 คาโอลิไนต์เคลย์ (Kaolinite clays)

คาโอลิไนต์เคลย์เป็นกลุ่มสารตัวเติมที่สำคัญของสารตัวเติมอนินทรีย์ในงานน้ำยาง เป็นสารตัวเติมราคาถูก มีขนาดอนุภาคละเอียด เตรียมเป็นดิสเพชันในน้ำได้ง่าย เมื่อใช้ dispersing agent ช่วยเล็กน้อย บางเกรดสามารถเติมในสถานะแห้งลงในน้ำยางคอมปาวด์ได้ ถ้าการกระจายตัวในผลิตภัณฑ์ไม่สำคัญมากนัก แต่ควรทำการตรวจ pH ของคาโอลิไนต์เคลย์ก่อนเติมลงในน้ำยาง ไม่ว่าจะในสถานะแห้งหรือสถานะดิสเพชันในน้ำ ถ้าค่อนข้างเป็นกรดก็ปรับโดยการเติมสาร alkaline (วราภรณ์ ขจรไชยกูล 2555 : 111) เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์เล็กน้อย ถ้าจะใช้กับน้ำยางชนิด olefinically – unsaturated ควรตรวจปริมาณของ multivalent metals หากต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความทนต่อออกซิเดชันโลหะที่ค่อนข้างมีอยู่ในสารตัวเติมนี้นี้ คือ เหล็ก โคบอลต์ และแมงกานีส แม้ว่าโลหะเหล่านี้ อาจอยู่ในฟอร์มที่ไม่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในโมเลกุลยาง แต่ก็เป็นการดีถ้ามีในระดับต่ำ

ตารางที่ 2.1 สมบัติการดึงฟิล์มยางที่เติมสารตัวเติมคาร์บอนแบล็กปริมาณต่าง ๆ

| สูตรน้ำยาง                              | phr         |
|-----------------------------------------|-------------|
| น้ำยางชั้นรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย        | 100         |
| สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์            | 0.5         |
| ดิสเพสชั่นกำมะถัน                       | 0.6         |
| ดิสเพสชั่น zinc di-n-butylthiocarbamate | 1.          |
| ดิสเพสชั่นซิงค์ออกไซด์                  | 2           |
| N, N'-di-2-naphthyl-p-phenylenediamine  | 1           |
| ดิสเพสชั่นคาร์บอนแบล็ก                  | (แปรปริมาณ) |

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2555 : 113)

จากตารางที่ 2.1 แสดงผลปริมาณการใช้คาร์บอนแบล็กอนุภาคละเอียด 0-100 phr ต่อสมบัติทางกลของยางคงรูปจากน้ำยางที่ใช้ระบบกำมะถัน สมบัติความต้านแรงดึงยางและความยาวที่จุดขาดลดลง แต่โมดูลัส (Modulus) เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสารตัวเติม ผลดังกล่าวแสดงว่าสารตัวเติมนี้ไม่มีประสิทธิภาพในการเสริมแรงเมื่อใช้กับน้ำยาง แม้ว่าสารตัวเติมนี้จะให้ประสิทธิภาพการเสริมแรงกับยางแห้งก็ตาม

ตารางที่ 2.2 แสดงการคงรูปที่ 93 °C ตามเวลาที่กำหนด

| สมบัติ               | คาร์บอนแบล็ก<br>(phr) | สมบัติยางภายหลังการคงรูป<br>ตามเวลาที่กำหนด |      |      |      |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------------------|------|------|------|
|                      |                       | เวลาการคงรูป (นาที)                         |      |      |      |
|                      |                       | 10                                          | 20   | 30   | 60   |
| 500% โมดูลัส (MPa)   | 0                     | 0.76                                        | 1.38 | 1.59 | 2.31 |
| แรงดึงยางจนขาด (MPa) |                       | 25.5                                        | 35.6 | 37.6 | 39.2 |
| ความยืดที่จุดขาด (%) |                       | 1030                                        | 1010 | 1005 | 985  |
| 500% โมดูลัส (MPa)   | 10                    | 1.17                                        | 2.14 | 2.65 | 3.59 |
| แรงดึงยางจนขาด (MPa) |                       | 13.5                                        | 21.5 | 24.8 | 28.8 |
| ความยืดที่จุดขาด (%) |                       | 940                                         | 880  | 885  | 875  |

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

| สมบัติ               | คาโอลิไนต์เคลย์<br>(phr) | สมบัติยางภายหลังการคงรูป<br>ตามเวลาที่กำหนด |      |      |      |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------------------|------|------|------|
|                      |                          | เวลาการคงรูป (นาท)                          |      |      |      |
|                      |                          | 10                                          | 20   | 30   | 60   |
| 500% โมดูลัส (MPa)   | 25                       | 2.86                                        | 4.45 | 5.03 | 5.83 |
| แรงดึงยางจนขาด (MPa) |                          | 13.2                                        | 19.7 | 21.2 | 21.9 |
| ความยืดที่จุดขาด (%) |                          | 805                                         | 790  | 790  | 770  |
| 500% โมดูลัส (MPa)   | 50                       | 4.83                                        | 7.72 | 8.89 | 8.96 |
| แรงดึงยางจนขาด (MPa) |                          | 9.0                                         | 15.2 | 17.4 | 16.1 |
| ความยืดที่จุดขาด (%) |                          | 680                                         | 680  | 660  | 650  |
| 500% โมดูลัส (MPa)   | 100                      | -                                           | -    | -    | -    |
| แรงดึงยางจนขาด (MPa) |                          | 9.5                                         | 10.1 | 10.3 | 11.6 |
| ความยืดที่จุดขาด (%) |                          | 480                                         | 480  | 470  | 450  |

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2555 : 113)

#### 1.6.1.2 เบนโทไนต์เคลย์ (Bentonite clays)

การใช้เบนโทไนต์เคลย์เป็นสารตัวเติมในน้ำยางมีเพียงเล็กน้อย ซึ่งตรงกันข้ามกับกรณีของคาโอลิไนต์เคลย์ จากการทดลองพบว่า การเติมเบนโทไนต์เคลย์ลงในน้ำยาง สามารถเพิ่มความต้านแรงดึงและการเพิ่มความแข็งแรงได้สูงสุดเมื่อเทียบกับปริมาณของการเติมสารตัวเติมชนิดนี้ ประมาณ 7 phr ยังพบว่า ความแข็งแรงของฟิล์มจากน้ำยางธรรมชาติที่มีเบนโทไนต์เคลย์ไม่ขึ้นอยู่กับความชื้น ซึ่งแตกต่างจากฟิล์มจากน้ำยางธรรมชาติที่ไม่ได้เติมเบนโทไนต์เคลย์ เพราะความต้านแรงดึงจะลดลงเมื่อฟิล์มยางมีความชื้นมากขึ้น

#### 1.6.1.3 ซิลิกา (Silicas)

ซิลิกาที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยาง ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่

- 1) Hydrated precipitated silicas : ผลิตจากการตกตะกอนสารละลายซิลิเกต
- 2) Fume หรือ pyrogenic silicas : ผลิตจากการเผาไหม้ของไอสารประกอบซิลิกอนในอากาศ

ซิลิกาชนิด precipitated มีน้ำประมาณ 15% m/m ควรปรับ pH ของ ดิสเพสชัน เป็น alkaline ก่อนเติมลงในน้ำยางชนิด anionic ซิลิกาชนิด fume มีขนาดอนุภาคละเอียด มี น้ำน้อยกว่า (น้อยกว่า 2% m/m และปกติเป็นสารตัวเติมเสริมแรงในยางแท่ง หนึ่ง สามารถใช้ wetting agentsdispersing agents และสารช่วยความเสถียรสามารถช่วยในการเตรียมดิสเพสชันของสารตัวเติม ชนิดนี้ได้ แม้จะยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่าจำเป็นต้องใช้สารเหล่านี้หรือไม่ก็ตาม และพบว่าควรปรับ pH ของ ดิสเพสชันซิลิกา ประมาณ 10 (โดยการเติมด่าง เช่น แอมโมเนียหรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์) ก่อนที่จะ เติมลงในน้ำยาง คาดว่าด่างทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำยางเกิดสบู่ carboxylate ซึ่งจะเสริม ความเสถียรของส่วนผสมระหว่างน้ำยางกับซิลิกา

#### 1.6.1.4 แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonates)

สารตัวเติมในกลุ่มนี้ประกอบด้วย whiting, ground chalks และ ground limestones สารตัวเติมเหล่านี้มีราคาถูก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติไม่ดึ้นกและเปลี่ยนสีเมื่อใช้ไประยะหนึ่ง ชนิดที่ใช้กันโดยทั่วไปในงานน้ำยาง คือ ground และ precipitated whittings ตัวเติมชนิดหลังเจือปน ส่วนเล็กน้อยของเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำ ซึ่งมีแนวโน้มลดความเสถียรของคอลลอยด์ของน้ำยาง anionic compound ที่เติมสารตัวเติมนี้อาจไป วิธีหนึ่งเพื่อลดปัญหาที่เกลือแคลเซียม มีผลลดความ เสถียรของคอลลอยด์ คือ การเติมโซเดียมคาร์บอเนตเล็กน้อยใน whiting slurry หรือในดิสเพสชันก่อนที่ จะเติมลงในน้ำยาง ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตควรมากกว่าที่จำเป็นในการตกตะกอนอิมูนของ แคลเซียม เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ถ้าการเตรียมดิสเพสชันหรือ slurry ใช้ neutral dispersing agents และ colloid stabilizers จำเป็นต้องเติมโซเดียมคาร์บอเนต จนการดิสเพสชันเป็น alkaline อย่างถาวร เมื่อตรวจด้วยกระดาษลิตมัส (Litmus)

#### 1.6.1.5 เม็ดสีขาว (White pigments)

การเติมเม็ดสีขาวในน้ำยาง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวหรือเพื่อเพิ่มความมีเงา (Shade) สีขาวของผลิตภัณฑ์ เม็ดสีขาวที่ใช้กับน้ำยางและให้ผลมากที่สุดคือ ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) ปกติใช้ประมาณ 1–5 phr ลิโทพอน (Lithopone) เป็นสารผสมของ zinc sulphideกับ barium sulphate เตรียมจากการตกตะกอนสารละลาย zinc sulphateกับ barium sulphideใช้เป็นสารตัวเลือกแทนไทเทเนียมไดออกไซด์ เพื่อเป็นเม็ดสีขาวที่มีราคาถูกกว่า

#### 1.6.1.6 เบลคฟิค (Blanc fixe)

เบลคฟิคเป็นตะกอนของ barium sulphate ใช้เป็นสารตัวเติมใน น้ำยาง ธรรมชาติ ให้ฟิล์มยางที่มีสมบัติการยึดติดลดลง มีข้อเสียคือเมื่อเติมในน้ำยางจะตกตะกอนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีความถ่วงจำเพาะสูง

#### 1.6.1.7 เขม่าดำ (Carbon blacks) และเม็ดสีอื่น ๆ

การใช้เขม่าดำเล็กน้อยในน้ำยาง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีดำ ซึ่งจะแตกต่างจากกรณีการใช้เขม่าดำบางเกรดในยางแท่ง ซึ่งจะให้สมบัติการเสริมแรงได้ แต่การใช้ในน้ำยาง เขม่าดำจะไม่ช่วยเสริมแรง เขม่าดำส่วนใหญ่ (ไม่ทุกชนิด) สามารถใช้เติมลงในน้ำยางชนิด anionic ได้ ถ้าระดับความเข้มข้นและปรับ pH ของ slurry หรือดีสเพิชั่นเขม่าดำให้มากกว่า 7 ก่อนการเติมลงในน้ำยาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้เขม่าดำชนิด channel เพราะเขม่าดำชนิดนี้ค่อนข้างเป็นกรด สำหรับเม็ดสีอื่น ๆ เช่น

- 1) สีเหลือง : cadmium yellow, yellow ochres, synthetic iron oxide
- 2) สีแดง : cadmium reds, red iron oxide
- 3) สีฟ้า : phthalocyanine blues
- 4) สีเขียว : chromium sesquioxides, naphthol greens, phthalocyanine greens
- 5) สีน้ำตาล : brown iron oxides

#### 1.6.2 สารตัวเติมอินทรีย์

ธรรมชาติของสารตัวเติมอินทรีย์ที่เติมลงในน้ำยางคอมพาวด์ เป็นสารพอลิเมอร์ มีผลเป็นสารเสริมแรง เพราะมี interaction ระหว่างอนุภาคสารตัวเติมกับโมเลกุลของยาง มีการใช้น้ำยางในฟอร์มของ high – styrene styrene – butadiene (เรียกว่า resin) เป็นสารตัวเติมกับน้ำยาง โดยสัดส่วนของ styrene และ butadiene แปรตั้งแต่ 70/30 – 90/10 m/m น้ำยางส่วนใหญ่เป็นชนิด anionic และมี pH เป็น alkaline ดังนั้นจึงเป็นสถานะคอลลอยด์ที่เข้ากับน้ำยางได้เกือบทุกชนิด มีการทดลองที่ชี้วัดถึงประสิทธิภาพการเสริมแรงน้ำยางธรรมชาติ คือ แม้ว่าจะมีผลเล็กน้อยต่อความต้านแรงดึง แต่สมบัติการต้านแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณโคพอลิเมอร์ อย่างไรก็ตามสมบัติที่สูงขึ้นตามไปด้วย คือ โมดูลัส (ที่ระดับการยืดต่ำ) และความแข็งแรง ซึ่งเป็นข้อเสียสำหรับผลิตภัณฑ์บางชนิด แม้จะเป็นข้อดีของผลิตภัณฑ์บางชนิดก็ตาม อนึ่งกรณีการทดลองเติม high – styrene copolymer ลงในน้ำยาง styrene – butadiene rubber latex พบว่า ให้ผลสมบัติทางกลต่างจากกรณีของน้ำยางธรรมชาติ คือ ความต้านแรงดึงยังเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเรซิน ส่วนผลต่อการต้านแรงฉีกขาดนั้นยากที่จะสรุป เพราะยางคงรูปจาก styrene – butadiene rubber ที่ไม่ใส่สารตัวเติมมีสมบัตินี้ต่ำมาก ผลการเสริมแรงของน้ำยางทั้ง 2 ชนิด คือ น้ำยาง styrene – butadiene และน้ำยางธรรมชาติโดยโคพอลิเมอร์มีความต่างกัน อาจเนื่องมาจากโคพอลิเมอร์ที่เติมมีแนวโน้มผสมกับยางที่ระดับโมเลกุลและสายโซ่ในน้ำยางชนิดแรก ทั้งนี้เพราะมีความคล้ายคลึงในทางเคมีมากกว่า



น้ำยางโคพอลิเมอร์ high – styrene styrene – butadiene สามารถใช้เป็นสารตัวเติมในน้ำยางชนิดอื่น เช่น น้ำยาง acrylonitrile – butadiene และน้ำยาง polychloroprene และให้ผลสมบัติฟิล์มยางคงรูปคล้ายกับกรณีน้ำยางธรรมชาติและน้ำยาง styrene – butadiene

## 1.7 สารอื่น ๆ

**1.7.1 น้ำมันและเอสเทอร์ไม่ระเหย (Mineral oil and non-volatile ester)** ช่วยให้นุ่ม (Softener) ช่วยในการแปรรูป (Plasticiser) น้ำมัน mineral และเอสเทอร์ที่ไม่ระเหย เป็นสารที่ใช้เป็น softeners and plasticizers เพื่อให้ยางพองนุ่ม การใช้น้ำมัน mineral นั้น ใช้น้ำยางที่พอลิเมอร์เป็นไฮโดรคาร์บอน เช่น ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ ส่วนเอสเทอร์ใช้กับน้ำยางที่พอลิเมอร์มีขั้ว (Polar polymers) เช่น พอลิคลอโรพรีนไวนิลอะซีเตตอะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน และพอลิไวนิลคลอไรด์ ในการเลือกพลาสติกไซเซอร์นั้น พิจารณาจากชนิดของพอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต

**1.7.2 ขี้ผึ้งและปิโตรเลียมเจลลี่ (Wax and Petroleum Jelly)** เพื่อให้ได้ความต้องการเกี่ยวกับสมบัติของผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ยาง

**1.7.3 สารลดการเกิดฟอง (Antifoaming)** เช่น บีวาลรอยด์ 642 (Beraloid 642) ใช้ 0.2 phr

**1.7.4 สารลดการเกิดพังผืด (Antiwebbing)** ลดปัญหาที่ง่ามนิ้วของถุงมือยาง เช่น Webnix ใช้ 0.1–0.5 สารป้องกันการเกิดพังผืดที่ง่ามนิ้วมือ มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยเทคนิคการจุ่ม (Dipping) สารเหล่านี้มีสมบัติในการปรับเฟสระหว่างอากาศกับน้ำ เพื่อให้ฟิล์มที่บาง (ของน้ำยาง) ไม่เสถียร ทำให้ไม่เกิดการฟอร์มฟองอากาศและฟิล์มพังผืด สารที่มีประสิทธิภาพดังกล่าวในระดับความเข้มข้นต่ำ ได้แก่ aliphatic alcohols ที่มีความยาวสายโซ่ alkyl ขนาดกลาง ตัวอย่างเช่น n-hexylalcohol และ 2-ethylhexylalcohol และซิลิโคน anti foaming agents บางชนิด การใช้ซิลิโคนค่อนข้างมีผลนานกว่าแอลกอฮอล์ เพราะแอลกอฮอล์จะถูกดูดซับที่อนุภาคพอลิเมอร์ อย่างไรก็ตามจะต้องระมัดระวังการใช้ซิลิโคนเป็นตัวป้องกันการเกิดฟอง เนื่องจากซิลิโคนจะปนเปื้อนติดไปกับผิวของส่วนต่าง ๆ จนทำให้เกิดปัญหาด้านความสามารถในการเปียกของแบบพิมพ์ (Wettability of former) ในกระบวนการขึ้นรูปโดยเทคนิคการจุ่ม

**1.7.5 สารทำให้น้ำยางจับตัวเมื่อร้อน** ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทจุ่มแบบพิมพ์ร้อน ได้แก่ PVME (Polyvinyl methyl ether), PPG (Polypropylene glycol)

**1.7.6 สารทำให้เกิดฟอง (Foaming agent)** ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ยางพองน้ำ ได้แก่ โพแทสเซียมโอเลเอต (Potassium oleate) ใช้ 0.5–2 phr

**1.7.7 สารลดแรงตึงผิว (Wetting agent)** ใช้ลดแรงตึงผิวของน้ำยาง เช่น อัลคิลซัลเฟต (Alkyl sulphate) ใช้ปริมาณ 0.2 phr



**1.7.8 สารเพิ่มความหนืด (Thickening agent)** เช่น โซเดียมแอลจีเนต (Sodium alginate) เป็นสารที่มีความหนืดและเป็นสารเรซิน ถูกใช้ทำให้เกิดความเหนียวติดกัน (Tack) ของฟิล์มยางแห้งที่มาจากน้ำยาง สารเหล่านี้ คือ tackifying resins ซึ่งใช้ในสูตรการที่มีน้ำยางเป็นวัตถุดิบหลัก ขี้ผึ้ง (Waxes) และปิโตรเลียมเจลลี่ (Petroleum fellies) บางชนิด ใช้กับน้ำยางเพื่อปรับพื้นผิวหน้าให้ได้ลักษณะตามต้องการ เช่น ในการผลิตยางฟองน้ำนั้น ใช้ปิโตรเลียมเจลลี่เป็นสารช่วยหล่อลื่นผิวยางที่ติดผนังแม่พิมพ์

**1.7.9 สารทำให้เกิดเจล (Gelling agents)** ได้แก่ SSF (Sodium silico fluoride) ใช้ในการทำยางฟองน้ำ

**1.7.10 สารช่วยให้เกิดเจล (Secondary gelling agent)** เช่น Vulcafor EFA, DPG

**1.7.11 สารป้องกันการผุกร่อน สารรักษาสภาพ และสารป้องกันรา (Corrosioninhibitors, preservatives and fungicides)** มีความสำคัญ (อาจไม่มากนัก) ในสูตรคอมปาวด์น้ำยางที่ต้องการใช้ในงานเคลือบผิว

## 2. วิธีการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาง

ในการเติมสารลงในน้ำยาง สารเหล่านั้นจะต้องอยู่ในสถานะของสารที่ผสมกับน้ำ แต่สารต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น มีทั้งสถานะของแข็งและของเหลวที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสารที่จะผสมกับน้ำยางเป็นสารละลายกับน้ำ มีวิธีการเตรียม 3 วิธี คือ การเตรียมด้วยวิธีสารละลาย (Solution) ใช้สำหรับของแข็งหรือของเหลวที่ละลายน้ำได้ วิธีดีสเพิซชัน (Dispersions) ใช้สำหรับของแข็งที่ไม่ละลายน้ำทำให้กระจายตัวในน้ำ และวิธีอิมัลชัน (Emulsions) ใช้สำหรับการเตรียมสารเคมีที่เป็นของเหลวเหมือนน้ำมันให้กระจายตัวในน้ำ อย่างไรก็ตามกรณียกเว้นที่อาจเติมในสถานะผงแห้งโดยตรงลงในน้ำยางคอมปาวด์ คือ กรณีของการผลิตยางฟองน้ำ (Latex foam rubber) และกรณีการเติม ester – type plasticizers ลงใน vinyl acetate polymer และในน้ำยางโคพอลิเมอร์

คำนิยามของดีสเพิซชันอิมัลชัน และสารละลาย (Dispersion, Emulsion และ Solution) ได้ให้คำนิยามไว้ดังนี้ (กรมอาชีวศึกษา 2546: 20)

**Dispersion** คือ การเตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำ ทำให้กระจายในน้ำ

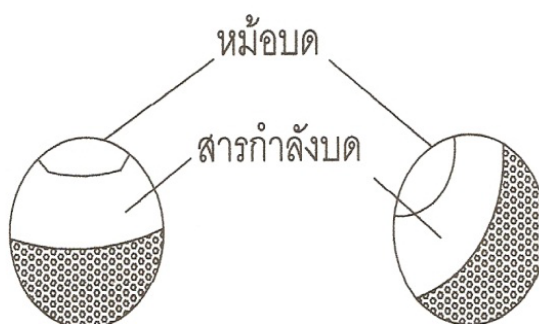
**Emulsion** คือ การเตรียมสารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลว ลักษณะเหมือนน้ำมัน ทำให้กระจายตัวในน้ำ

**Solution** คือ การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้ ในทางเคมีได้ให้ความหมายสารละลาย คือ สารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งมีสารหนึ่งชนิดหรือมากกว่าเป็นตัวทำละลาย ละลายอยู่ในสารอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นตัวถูกละลาย ตัวอย่างเช่น ไม่เพียงแต่ของแข็งที่สามารถละลายในของเหลวเหมือนเกลือหรือน้ำตาลที่ละลายในน้ำ หรือแม้แต่ทองคำที่ละลายในปรอทแล้วเกิดเป็นอะมัลกัม (Amalgam) แต่ก๊าซก็สามารถละลายในของเหลวได้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจน สามารถละลายในน้ำ

## 2.1 เครื่องมือทำดิสเพนซ์

### 2.1.1 บอลมิลล์ (Ball Mill)

บอลมิลล์ ประกอบด้วยถังกลมทรงกระบอก วางในแนวนอนภายในบรรจุลูกหิน หรือ ลูกเซรามิกกลมกับน้ำและสารเคมีที่จะบด การบดของบอลมิลล์เกิดจากการหมุนของหม้อตามแกนแนวนอนนั้น การหมุนจะทำให้ลูกหินตกกระแทกกัน ทำให้สารเคมีที่อยู่ระหว่างลูกหินถูกกระแทกให้ละเอียดร่วงลงไปได้ ปริมาณลูกหินที่ใส่ลงไปในหม้อบด คือ  $1/3 - 1/2$  ของหม้อบด ถ้าใส่เกิน 50% ของหม้อบด จะทำให้การเคลื่อนไหวของหม้อบดลดลง และประสิทธิภาพการบดจะลดลงด้วย

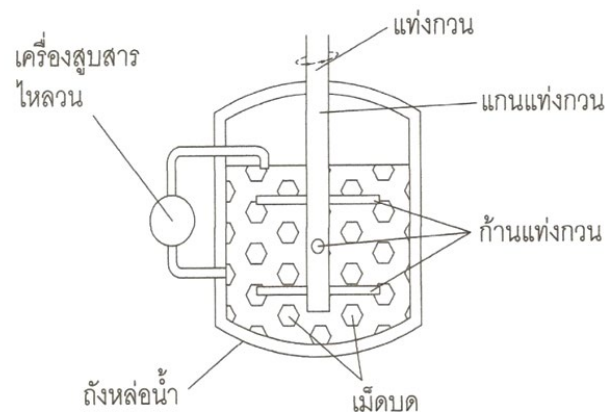


ภาพที่ 2.1 หลักการทำงานของเครื่องบอลมิลล์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

โดยทั่วไปจะให้ปริมาตรทั้งลูกหิน สารเคมีและน้ำ รวมกันประมาณ  $3/4$  ของปริมาตรหม้อบด ความเร็วในการหมุนของหม้อบดต้องไม่เกิน Critical Speed ถ้าเกินจากความเร็วจุดนี้ จะทำให้ลูกหินติดข้างหม้อไม่ตกกระแทกกัน ลูกหินที่ใส่ในหม้อบดควรมีขนาดทั้งเล็กและใหญ่ (ลูกหินเล็กประสิทธิภาพของการบดสูง ลูกหินขนาดใหญ่ช่วยบดสารที่จับตัวเป็นก้อนโต) ขนาดหม้อบดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5–5 ฟุต จะมีประสิทธิภาพในการบดใกล้เคียงกัน

### 2.1.2 อัชทริลมิลล์ (Attrition Mill)

อัทธรมิลล์ (Attrition Mill) หลักการทำงานของเครื่องอัทธรมิลล์ คือ การผสมระหว่างสารเคมี น้ำ และสารที่เป็นตัวบด จะถูกกวนอย่างแรงด้วยแกนใบพัดพร้อมกันนั้น จะมีการสูบลของผสมให้ไหลวน เพื่อช่วยการบดให้รวดเร็วยิ่งขึ้น สารที่เป็นตัวบดอาจเป็นลูกหินขนาดเล็ก หรือเม็ดพลาสติกแข็งก็ได้ ส่วนภาชนะที่ใช้บดอาจเป็นโลหะไร้สนิม หรือเซรามิก ดังภาพที่ 2.2



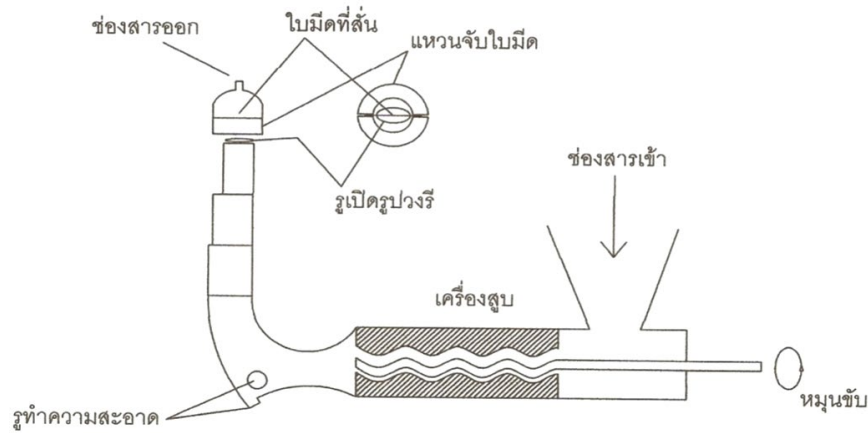
ภาพที่ 2.2 หลักการทำงานของเครื่องอัทธรมิลล์

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 2.1.3 อัลตราโซนิกมิลล์ (Ultrasonic Mill)

อัลตราโซนิกมิลล์ (Ultrasonic Mill) เป็นเครื่องมือที่ใช้บดสาร โดยการส่งสารที่จะบดให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงผ่านใบมีดโลหะไร้สนิม แผ่นใบมีดโลหะจะเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง ความถี่จะอยู่ในช่วงอัลตราโซนิก จะเกิดช่องว่างระหว่างสองด้านของใบมีดที่สั่นสะเทือนก่อให้เกิดความดันที่แตกต่างรอบบริเวณนั้น สารที่ผ่านจะถูกอัดให้แตกกระจายตามหลักการทำงานของเครื่อง ดังภาพที่ 2.3

ถึงแม้เครื่องนี้จะมีประสิทธิภาพที่สูง แต่อาจเกิดการอุดตันได้บ่อย ๆ ถ้าหากว่าสารเคมีที่ใส่มีขนาดหยาบเกินไปที่จะลอดรูเปิดเล็ก ๆ ในช่วงตอนที่ผ่านใบมีดนั้น



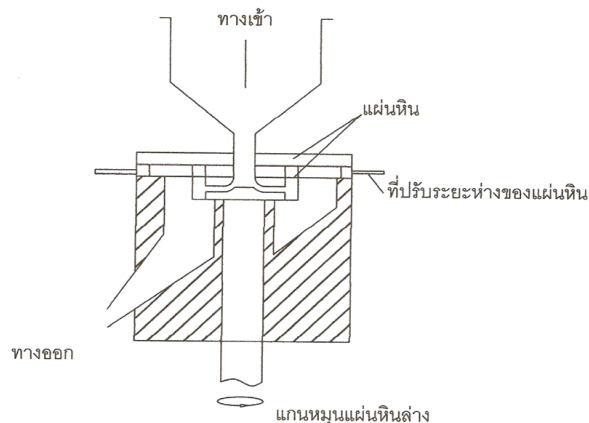
ภาพที่ 2.3 หลักการทำงานของเครื่องอัลตราโซนิกมิลล์

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 2.1.4 คอลลอยด์มิลล์ (Colloid Mill)

คอลลอยด์มิลล์ (Colloid Mill) มีลักษณะเป็นแผ่นหินสองแผ่นวางชิดกัน แผ่นหนึ่งอยู่กับที่ ส่วนอีกแผ่นหนึ่งหมุนด้วยความเร็วสูง สารที่จะบดถูกส่งผ่านตลอดระยะห่างระหว่างแผ่นหินทั้งสองแผ่น จะทำให้สารที่เกาะกันแบบ Agglomerates และแตกออกจากกัน

ระยะห่างระหว่างแผ่นหินทั้งสอง เป็นตัวควบคุมประสิทธิภาพในการบด ซึ่งจะตั้งระยะห่างไว้ 0.005 – 0.030 นิ้ว ตามแต่ชนิดของสารเคมี



ภาพที่ 2.4 หลักการทำงานของเครื่องคอลลอยด์มิลล์

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 2.2 สูตรสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมดิสเพชัน (Dispersion)

สูตรสารเคมีที่ใช้ในการบด จะประกอบด้วยสารหลักดังต่อไปนี้ สารที่ต้องการจะบด ตัวกลางคือ น้ำ สารที่ทำให้สารเคมีกระจาย สารปรับความเป็นกรด – ด่าง สารทำให้เสถียรต่อน้ำยาง สารควบคุมความหนืดสารป้องกันการเป็นฟองสารป้องกันการตกตะกอนแข็ง

### 2.2.1 สารที่ทำให้สารเคมีกระจาย (dispersing agent)

2.2.1.1 สารทำให้สารเคมีกระจายเป็นสาร Stabilizer ชนิดหนึ่งแต่ไม่มีคุณสมบัติ (Surfactant) ที่ดีเมื่อใส่ลงในน้ำ

2.2.1.2 สารนี้จะเกาะอยู่ที่ผิวอนุภาคของสารเคมี มากกว่าที่จะอยู่บริเวณผิวน้ำกับอากาศทำให้ไม่ค่อยเป็นฟองเหมือนกับ Stabilizer อื่น ๆ

2.2.1.3 ตัวอย่างชื่อทางการค้าของสารเหล่านี้ได้แก่ Vultamol, Dispersol L, Dispersol LN, Anchoid, DavanNos 1 และ Belloid TD เป็นต้น

### 2.2.2 สารปรับความเป็นกรด – ด่าง

สารปรับความเป็นกรด-ด่างที่ใช้โดยทั่วไป คือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) และแอมโมเนีย (Ammonia) สารเคมีเหล่านี้ใช้ในกรณีที่สารเคมีบางตัวเป็นกรด เมื่อจะใส่น้ำยางจะต้องเป็นด่างเหมือนกับน้ำยาง มิฉะนั้นแล้วจะทำให้ยางจับตัวเป็นก้อนได้

### 2.2.3 สารทำให้เสถียรต่อน้ำยาง (Stabilizer)

สารทำให้เสถียรต่อน้ำยาง เติมลงไปเพื่อให้สารเคมีที่ใช้มีสภาพผิวคล้ายกับน้ำยาง ทำให้เข้ากับน้ำยางได้ดี สารเคมีดังกล่าวได้แก่ เคซีน (Casein) แต่ในบางครั้งอาจใช้สารเคมีที่เป็นกลาง ได้แก่ Non – ionogenic Stabilizer ซึ่งเป็นสารประกอบของ Polyethylene Oxide กับ Fatty Acid หรือ Fatty Alcohol มารวมกัน ชื่อทางการค้าของสารเคมีเหล่านี้ได้แก่ Vulcastab LW และ Emulphor MW เป็นต้น

### 2.2.4 สารควบคุมความหนืด

สารควบคุมความหนืด เติมลง เพื่อให้สารเคมีมีความหนืดสูงขึ้น การตกตะกอนเกิดได้ช้าลงไป สารที่เติมเข้าไปแล้วทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ได้แก่ Methyl Cellulose Carboxy Methyl Cellulose และ Polyacrylate เป็นต้น

### 2.2.5 สารป้องกันการเกิดฟอง

สารป้องกันการเกิดฟอง เติมลงไปเพื่อป้องกัน หรือลดการเกิดฟองในการบด ได้แก่ Tributyl Phosphate, Silicone Emulsion และ 2 – Ethyl Hexanol เป็นต้น ใส่ในไปปริมาณเล็กน้อย เช่น 0.1% ถึง 0.25% ของปริมาณของแข็งที่ใช้

### 2.2.6 สารป้องกันการตกตะกอนแข็ง ได้แก่ Bentonite Clay เป็นต้น

### 2.2.7 ตัวอย่างสูตรการเตรียมดิสเพชัน

ตารางที่ 2.3 ดิสเพิลชัน 50% กำมะถัน (50% Sulphur)

| ส่วนผสม            | สัดส่วนโดยน้ำหนัก |
|--------------------|-------------------|
| กำมะถัน            | 50.0              |
| เบนโทไนด์เคลย์     | 1.0               |
| ดิสเพิลซิง เอเจนท์ | 1.0               |
| น้ำ                | 48.0              |
| รวม                | 100.0             |

บดใน Ball Mill เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

ตารางที่ 2.4 ดิสเพิลชัน 50% สารตัวเร่ง (50% Accelerator)

| ส่วนผสม            | สัดส่วนโดยน้ำหนัก |
|--------------------|-------------------|
| สารตัวเร่ง         | 50.0              |
| ดิสเพิลซิง เอเจนท์ | 1.5               |
| เบนโทไนด์เคลย์     | 0.5               |
| น้ำ                | 48.0              |
| รวม                | 100.0             |

บดใน Ball Mill เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

ตารางที่ 2.5 ดิสเพิลชัน 50% ซิงค์ออกไซด์ (50% Zinc Oxide)

| ส่วนผสม            | สัดส่วนโดยน้ำหนัก |
|--------------------|-------------------|
| ซิงค์ออกไซด์       | 50.0              |
| ดิสเพิลซิง เอเจนท์ | 1.0               |
| เบนโทไนด์เคลย์     | 1.0               |
| น้ำ                | 48.0              |
| รวม                | 100.0             |

บดใน Ball Mill เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

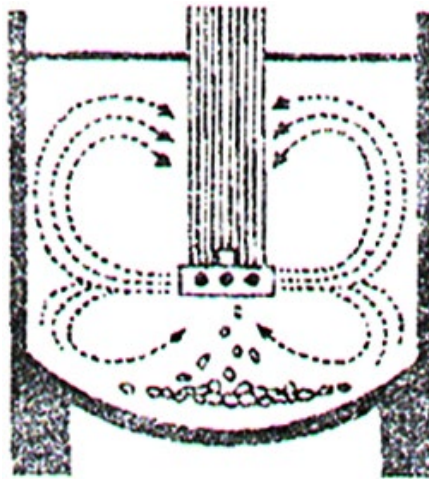
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 2.3 การเตรียมสารเคมีให้อยู่ในรูปของอิมัลชัน และสารละลาย (Emulsion และ Solution)

### 2.3.1 การเตรียมอิมัลชัน

#### 2.3.1.1 เครื่องมือการเตรียมอิมัลชัน

- 1) คอลลอยด์มิลล์ (Colloid Mill) หลักการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมดิสเพิสชัน
- 2) อัลตราโซนิคมิลล์ (Ultrasonic Mill) หลักการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมดิสเพิสชัน
- 3) ซิลเวอร์ชันมิกเซอร์ (Silverson Mixer) หลักการทำงานคล้ายเครื่องดิสเพิสชัน แต่ความเร็วในการหมุนเหวี่ยงใช้ความเร็วรอบสูงกว่า



ภาพที่ 2.5 หลักการทำงานของเครื่อง Silverson Mixer

ที่มา : กรมอาชีวศึกษา (2546 : 28)

### 2.3.2 สารประกอบในการเตรียมเป็นอิมัลชัน ได้แก่

#### 2.3.2.1 สารของเหลวที่กระจายในน้ำ

#### 2.3.2.2 น้ำ

2.3.2.3 Emulsifying Agent โดยทั่วไปใช้เป็นสารประกอบพวกสบู่ สบู่ที่ใช้เป็น Emulsifier ประกอบด้วยสองส่วนคือ กรดอินทรีย์กับด่าง

- 1) กรดอินทรีย์ ได้แก่ Oleic acid, Rosin acid, Stearic acid, Luaric acid และ Tall oil เป็นต้น
- 2) ด่าง ได้แก่ potassium Hydroxide, Ammonia, Triethanol amine และ Diethyl amine เป็นต้น

### 2.3.3 วิธีการเตรียมอิมัลชันมีอยู่หลายวิธี เช่น

#### 2.3.3.1 วิธีแบบสบู่ เหมาะกับการเตรียมน้ำมันพืช มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ตวงน้ำมัน 1/3 ส่วน เติม Oleic acid และต่างกวนให้เข้ากัน
- 2) เติมน้ำลงไปในปริมาณเท่ากับน้ำมันใส่ลงไปพร้อม ๆ กับกวนอย่างแรงจนได้เป็นครีมชั้น
- 3) เติมน้ำมันที่เหลือลงไปอย่างช้า ๆ พร้อมกับกวนอย่างต่อเนื่อง
- 4) เติมน้ำที่เหลือลงทั้งหมด

#### 2.3.3.2 วิธีเกิดสบู่ในตัว (Insitu method) เป็นวิธีที่ใช้โดยทั่วไป มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ละลายกรดอินทรีย์มาในน้ำมัน เป็นส่วนที่ 1
- 2) ผสมต่างกับน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นส่วนที่ 2
- 3) เติมน้ำมันที่ 2 ลงในส่วนที่ 1 ซึ่งอุ่นไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 75 °C พร้อมกับกวนอย่างแรงจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

### 2.3.4 สูตรตัวอย่างการเตรียมอิมัลชัน

#### ตารางที่ 2.6 สูตรการเตรียมอิมัลชัน (Emulsions)

| ส่วนที่ | สารเคมี              | ปริมาณที่ใช้ (กรัม) |
|---------|----------------------|---------------------|
| 1       | น้ำมัน Olive oil     | 50                  |
|         | กรดโอลิอิก           | 1                   |
| 2       | โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 10                  |
|         | น้ำ                  | 40                  |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 2.3.4.1 การเตรียมอิมัลชัน 20% โพแทสเซียมลอเรตตามตารางที่ 2.7 ดังนี้

#### ตารางที่ 2.7 สูตรการเตรียมอิมัลชัน 20% โพแทสเซียมลอเรต (20% Potassium laurate)

| ส่วนที่ | สารเคมี              | ปริมาณที่ใช้ (กรัม) |
|---------|----------------------|---------------------|
| ก       | กรดลอริก             | 150                 |
|         | น้ำ                  | 450                 |
| ข       | โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 45                  |
|         | น้ำ                  | 105                 |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ส่วน ก. นำน้ำไปอุ่นให้ร้อนประมาณ 70 °C จากนั้นเทกรดลอริกลงไปจนหมดแล้วใช้แท่งแก้วคนด้วยเครื่องกวน

ส่วน ข. เทน้ำลงไปในปีเกอร์ที่ใส่โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ใช้แท่งแก้วคนจนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ละลายหมด จากนั้นนำส่วน ก กวนด้วยเครื่องกวน เติมส่วน ข ลงไปช้า ๆ แล้วกวนต่อไปประมาณ 15 นาที

## 2.4 การเตรียมสารละลาย (Solution)

การเตรียมสารละลาย (Solution) เป็นการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาที่สามารถละลายน้ำได้ สูตรการเตรียมจะประกอบด้วย สารหลัก 2 ชนิด คือ สารที่ต้องการเตรียม และน้ำ ซึ่งน้ำที่จะใช้ต้องเป็นน้ำอุ่น คือ น้ำที่ได้กำจัดไอออนของแคลเซียม และแมกนีเซียมออกเรียบร้อยแล้ว

### ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างการเตรียมสารละลายเคซีน 10% (10% Casein)

| สารเคมี                     | ปริมาณที่ใช้ (กรัม) |
|-----------------------------|---------------------|
| เคซีน (30 mesh)             | 10.0                |
| แอมโมเนีย (26 degree Baume) | 5.0                 |
| น้ำ                         | 85.0                |
| รวม                         | 100.0               |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

วิธีการเตรียมสารละลายคือ เตรียมสารที่ต้องการเตรียมและน้ำ จากนั้นนำสารใส่ลงในน้ำแล้วกวนจนกว่าสารนั้น ๆ จะละลายหมด แต่สารบางชนิดอาจมีวิธีการเตรียมเฉพาะ เช่น เคซีน (Casein) นำเคซีนใส่ลงในน้ำร้อนให้พองตัวพร้อมกวน 15 นาที แล้วค่อย ๆ เติมสารละลายแอมโมเนียลงไปพร้อมกวนต่อไปอีก 10 นาที ดังตัวอย่างสูตรในตารางที่ 2.8 ส่วนการเตรียมสารละลายอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 2.9 และ 2.10

### ตารางที่ 2.9 สูตรการเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (10% Potassium hydroxide)

| สารเคมี              | ปริมาณที่ใช้ (กรัม) |
|----------------------|---------------------|
| โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 10.0                |
| น้ำ                  | 90.0                |
| รวม                  | 100.0               |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

ตารางที่ 2.10 สูตรตัวอย่างการเตรียมสารช่วยจับตัวเข้มข้น 10%

| สารเคมี         | ปริมาณที่ใช้ (กรัม) |
|-----------------|---------------------|
| แคลเซียม ไนเตรต | 10.0                |
| น้ำ             | 45.0                |
| แอลกอฮอล์       | 45.0                |
| รวม             | 100.0               |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาง

การปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการใช้สารเคมีสำหรับน้ำยาง ผู้ปฏิบัติงานต้องทำอย่างระมัดระวังทุกขั้นตอน เนื่องจากสารเคมีที่ใช้สามารถก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติได้ ทั้งต่อสุขภาพอนามัยและชีวิต จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ปฏิบัติจะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมสารเคมีสำหรับน้ำยาง ดังต่อไปนี้

#### 3.1 สารเคมีอาจเข้าสู่ร่างกายได้หลายวิธีดังนี้

- 3.1.1 ทางปาก โดยการรับประทานเข้าไปโดยตรง ทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจ
- 3.1.2 ทางจมูก โดยการสูดดมเอาไอ ผง หรือละอองเข้าสู่ร่างกาย
- 3.1.3 ทางบาดแผล
- 3.1.4 การดูดซึมทางผิวหนัง โดยการสัมผัสหรือจับต้องสารเคมี ซึ่งสามารถซึมเข้าร่างกายได้

#### 3.2 ข้อควรระวังเพื่อความปลอดภัยในการเตรียมสารเคมี สิ่งที่ต้องคำนึงมีดังนี้

- 3.2.1 ต้องศึกษาคู่มือการใช้เครื่องมือให้เข้าใจก่อนใช้งาน
- 3.2.2 ต้องมีความเข้าใจและรู้หน้าที่ของสารเคมีแต่ละชนิด
- 3.2.3 ห้ามใช้มือเปล่าสัมผัสสารเคมีโดยตรง
- 3.2.4 อุปกรณ์แตกชำรุดไม่ควรนำมาใช้อีก
- 3.2.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ไฟฟ้า ก่อนใช้ต้องตรวจสอบระบบไฟฟ้าให้พร้อมใช้งาน

เสมอ

- 3.2.6 สวมถุงมือ แว่นตา และผ้าปิดจมูกก่อนชั่งสารเคมี
- 3.2.7 การล้างสารเคมีออกจากอุปกรณ์ เครื่องแก้วหรือปิกเกอร์ ต้องสวมถุงมือป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง

3.2.8 ก่อนใช้เครื่องมือเพื่อดิสเพิซชันและอิมัลชันต้องศึกษาวิธีใช้เครื่องมือก่อนเสมอ

3.2.9 ในการใช้หม้ออบสารเคมีควรระวังเพื่อป้องกันตกหล่นแตก

3.2.10 การเทสารเคมีออกจากหม้ออบควรใช้กรวย

3.2.11 ขณะปฏิบัติงานต้องยึดระเบียบและกฎปฏิบัติอย่างเคร่งครัด

3.2.12 เมื่อไม่แน่ใจหรือไม่มีความรู้ในการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ ต้องสอบถามผู้รู้หรือช่างเทคนิคประจำก่อนเสมอ

#### 4. สรุป

ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางถ้าต้องการให้มีคุณสมบัติตามความต้องการ จำเป็นต้องผสมสารเคมีลงในสูตรน้ำยางคอมปาวด์ สารเคมีที่ใช้ เช่น 1. สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) 2. สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing agent) 3. สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูป (Accelerator) 4. สารกระตุ้น (Activator) 5. สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant) 6. สารตัวเติมและสารสี (Filler and Pigment) และ 7. สารอื่น ๆ ดังนั้น สูตรผลิตภัณฑ์จากน้ำยางจะต้องใช้สารเคมีประเภทต่าง ๆ เหล่านี้ และต้องเตรียมสารเคมีให้อยู่ในรูปของเหลว มีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกับอนุภาคของน้ำยาง สารที่จะผสมกับน้ำยางเป็นสารละลายกับน้ำสำหรับสารแข็งหรือของเหลวที่ละลายน้ำได้ เรียกว่า (Solution) การเตรียมสารแข็งให้กระจายในน้ำเรียกว่า ดิสเพิซชัน (Dispersions) ใช้สำหรับสารแข็งที่ไม่ละลายน้ำ และเตรียมเป็นสารเหลวกระจายในน้ำเรียกว่า อิมัลชัน (Emulsions) ใช้สำหรับสารเหลวที่ไม่ละลายน้ำ

## กิจกรรม

### กิจกรรมที่ 2.1

1. ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 2
2. ทำแบบประเมินผลการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 2

### กิจกรรมที่ 2.2

1. ปฏิบัติตามใบงานที่ 2.1 เรื่อง การเตรียมดิสเพิชั่น 50% กำมะถัน (Dispersion 50%)
2. ปฏิบัติตามใบงานที่ 2.2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Solution 10% KOH)
3. ปฏิบัติตามใบงานที่ 2.3 เรื่อง การเตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต (Emulsion 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต)

## แบบฝึกหัด

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. จงอธิบายเหตุผลในการเตรียมดิสเพสชั่น สารละลาย และอิมัลชัน
2. จงอธิบายความหมายของดิสเพสชั่น สารละลาย และอิมัลชัน
3. จงอธิบายหลักการของเครื่องบอลลมิลล์ อັชทรีมิลล์ อัลตราโซนิคมิลล์ และคอลลอยด์มิลล์

**แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 2 เรื่อง สารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย X (กากบาท)

ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. ข้อใดคือเหตุผลในการเตรียม Dispersion ที่ถูกต้องที่สุด
  - ก. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีมีขนาดเท่ากัน
  - ข. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กพอๆ กับขนาดอนุภาคของเม็ดยาง
  - ค. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กมีการกระจายตัวในน้ำยางสม่ำเสมอ
  - ง. ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กใกล้เคียงกับขนาดอนุภาคของยางมีการกระจายตัวในน้ำยางสม่ำเสมอ
2. ข้อใดอธิบายความหมายของ Dispersion ได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำ
  - ข. เป็นการเตรียมสารเคมีของเหลวให้เหลวยิ่งขึ้น
  - ค. การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้
  - ง. ไม่มีข้อใดให้ความหมายได้ถูกต้อง
3. ข้อใดอธิบายความหมายของ solution ได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำ
  - ข. เป็นการเตรียมสารเคมีของเหลวให้เหลวยิ่งขึ้น
  - ค. การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้
  - ง. ไม่มีข้อใดให้ความหมายได้ถูกต้อง
4. ข้อใดอธิบายความหมายของ Emulsion ได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เตรียมสารเคมีสถานะเป็นของเหลวเหมือนน้ำมันให้กระจายตัวในน้ำ
  - ข. เตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำ
  - ค. การเตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งสามารถละลายน้ำได้
  - ง. การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้
5. ข้อใดไม่ใช่เครื่องมือในการเตรียม Dispersion
  - ก. Ball mill
  - ข. Attrition mill
  - ค. Two roll mill
  - ง. Ultrasonic mill

6. เครื่องเตรียมดิสเพิสชันมีประสิทธิภาพสูงมาก แต่มีปัญหาเกิดการอุดตันได้บ่อย คือเครื่องใด
- ก. Ball mill
  - ข. Attrition mill
  - ค. Dispersion mill
  - ง. Ultrasonic mill
7. ต่อไปนี้ข้อใดไม่ใช่สารหลักในสูตรที่ใช้ในการบดหรือเตรียมดิสเพิสชัน
- ก. ตัวกลางคือน้ำ
  - ข. สารที่ต้องการบด
  - ค. สารป้องกันการเกิดฟอง
  - ง. สารที่ทำให้สารเคมีกระจาย
8. ข้อใดไม่ใช่สารช่วยทำให้สารเคมีกระจาย
- ก. Vultamol
  - ข. Dispersol L
  - ค. Dispersol LN
  - ง. Vulcastab LW
9. สารใดใส่ไปแล้วมีหน้าที่ป้องกันการตกตะกอนแข็ง
- ก. Vultamol
  - ข. Dispersol LN
  - ค. Vulcastab LW
  - ง. Bentonite Clay
10. สูตรตัวอย่าง 50% ดิสเพิสชัน กำมะถันต้องใช้กำมะถันปริมาณกี่ส่วนต่อน้ำหนัก
- ก. 50%
  - ข. 50 ส่วน
  - ค. 50/50 ส่วน
  - ง. 40/60 ส่วน
11. สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูปสำหรับน้ำยางกลุ่มไฮยูแรมที่นิยมใช้ คือสารเคมีตัวใด
- ก. TMTD
  - ข. ZMBT
  - ค. ZDEC
  - ง. ZIX

12. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการเตรียมสารเคมี
- ก. สวมแว่นตากันสารเคมีฟุ้งเข้าตา
  - ข. ใส่ผ้าปิดจมูกทุกครั้งที่ยังสารเคมี
  - ค. ใส่ถุงมือป้องกันการสัมผัสสารเคมีโดยตรง
  - ง. สวมถุงมือหรือแว่นตาเมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น
13. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการใช้เครื่องดิสเพนเซอร์
- ก. ใส่ถุงมือป้องกันการสัมผัสสารเคมีโดยตรง
  - ข. ศึกษาคู่มือการใช้เครื่องดิสเพนเซอร์ให้เข้าใจก่อนใช้
  - ค. ลงมือปฏิบัติการได้ทันทีเมื่อต้องการจะใช้เครื่อง
  - ง. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าความพร้อมของเครื่องก่อนใช้
14. กรณียเตรียม 20% โพแทสเซียมลอเรตต้องอุ่นกรดลอริกที่ความร้อนประมาณ กี่องศาเซลเซียส
- ก. 40 องศาเซลเซียส
  - ข. 50 องศาเซลเซียส
  - ค. 60 องศาเซลเซียส
  - ง. 70 องศาเซลเซียส
15. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบในการเตรียม อิมัลชัน 20% โพแทสเซียมลอเรต
- ก. น้ำ
  - ข. กรดลอริก
  - ค. กรดโอลิอิก
  - ง. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์
16. สารเคมีสำหรับงานผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยทั่วไป มีอยู่กี่ประเภท
- ก. 5 ประเภท
  - ข. 6 ประเภท
  - ค. 7 ประเภท
  - ง. 8 ประเภท
17. สารทำให้ยางคงรูปที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยางมีชื่อเรียกว่าอย่างไร
- ก. กำมะถัน
  - ข. ทีเอ็มทีเอ็ม
  - ค. ซิงค์ออกไซด์
  - ง. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์



18. สารกระตุ้นไส้ลงในน้ำยางมีหน้าที่อย่างไร
- ก. ช่วยเร่งอัตราการคงรูปให้เร็วขึ้น
  - ข. ช่วยลดเวลา ในการทำให้ยางคงรูป
  - ค. ช่วยลดอุณหภูมิ ในการทำให้ยางคงรูป
  - ง. ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลยาง
19. เหตุผลใดไม่เกี่ยวข้องในการเติมสารตัวเติมลงในน้ำยางคอมปาวด์
- ก. เพื่อลดต้นทุน
  - ข. เพื่อเพิ่มความแข็งแรง
  - ค. ช่วยให้มีการวัลคาไนส์สมบูรณ์ขึ้น
  - ง. เพื่อปรับสมบัติทางกลของยางที่คงรูปแล้วให้ดีขึ้น
20. สารเคมีข้อใดที่ทำให้สารเคมีกระจายในการดิสเพิสชันสาร
- ก. Vultamol
  - ข. Polyacrylate
  - ค. Vulcastab LW
  - ง. Bentonite Clay

**แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 2 เรื่อง สารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย X (กากบาท)  
ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. ข้อใดอธิบายความหมายของ Emulsion ได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เตรียมสารเคมีสถานะเป็นของเหลวเหมือนน้ำมันให้กระจายตัวในน้ำ
  - ข. เตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำ
  - ค. การเตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งสามารถละลายน้ำได้
  - ง. การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้
2. ข้อใดอธิบายความหมายของ Dispersion ได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำ
  - ข. เป็นการเตรียมสารเคมีของเหลวให้เหลวยิ่งขึ้น
  - ค. การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้
  - ง. ไม่มีข้อใดให้ความหมายได้ถูกต้อง
3. ข้อใดอธิบายความหมายของ solution ได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำ
  - ข. เป็นการเตรียมสารเคมีของเหลวให้เหลวยิ่งขึ้น
  - ค. การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้
  - ง. ไม่มีข้อใดให้ความหมายได้ถูกต้อง
4. ข้อใดคือเหตุผลในการเตรียม Dispersion ที่ถูกต้องที่สุด
  - ก. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีมีขนาดเท่ากัน
  - ข. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กพอๆ กับขนาดอนุภาคของเม็ดยาง
  - ค. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กมีการกระจายตัวในน้ำอย่างสม่ำเสมอ
  - ง. ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กใกล้เคียงกับขนาดอนุภาคของยางที่มีการกระจายตัวในน้ำอย่างสม่ำเสมอ
5. ข้อใดไม่ใช่เครื่องมือในการเตรียม Dispersion
  - ก. Ball mill
  - ข. Attrition mill
  - ค. Two roll mill
  - ง. Ultrasonic mill

6. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการเตรียมสารเคมี
  - ก. สวมแว่นตากันสารเคมีฟุ้งเข้าตา
  - ข. ใส่ผ้าปิดจมูกทุกครั้งที่ชั่งสารเคมี
  - ค. ใส่ถุงมือป้องกันการสัมผัสสารเคมีโดยตรง
  - ง. สวมถุงมือหรือแว่นตาเมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น
7. เครื่องเตรียมดิสเพสชันมีประสิทธิภาพสูงมาก แต่มีปัญหาเกิดการอุดตันได้บ่อย คือเครื่องใด
  - ก. Ball mill
  - ข. Attrition mill
  - ค. Dispersion mill
  - ง. Ultrasonic mill
8. ข้อใดไม่ใช่สารช่วยทำให้สารเคมีกระจาย
  - ก. Vultamol
  - ข. Dispersol L
  - ค. Dispersol LN
  - ง. Vulcastab LW
9. สารใดใส่ไปแล้วมีหน้าที่ป้องกันการตกตะกอนแข็ง
  - ก. Vultamol
  - ข. Dispersol LN
  - ค. Vulcastab LW
  - ง. Bentonite Clay
10. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการใช้เครื่องดิสเพสชัน
  - ก. ใส่ถุงมือป้องกันการสัมผัสสารเคมีโดยตรง
  - ข. ศึกษาคู่มือการใช้เครื่องดิสเพสชันให้เข้าใจก่อนใช้
  - ค. ลงมือปฏิบัติการได้ทันทีเมื่อต้องการจะใช้เครื่อง
  - ง. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าความพร้อมของเครื่องก่อนใช้
11. สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูปสำหรับน้ำยางกลุ่มไฮยูแรมที่นิยมใช้ คือสารเคมีตัวใด
  - ก. TMTD
  - ข. ZMBT
  - ค. ZDEC
  - ง. ZIX

12. สูตรตัวอย่าง 50% ดิสเพสชัน กำมะถันต้องใช้กำมะถันปริมาณกี่ส่วนต่อน้ำหนัก
- ก. 50%
  - ข. 50 ส่วน
  - ค. 50/50 ส่วน
  - ง. 40/60 ส่วน
13. ต่อไปนี้ข้อใดไม่ใช่สารหลักในสูตรที่ใช้ในการบดหรือเตรียมดิสเพสชัน
- ก. ตัวกลางคือน้ำ
  - ข. สารที่ต้องการบด
  - ค. สารป้องกันการเกิดฟอง
  - ง. สารที่ทำให้สารเคมีกระจาย
14. กรณีเตรียม 20% โพลีเอทิลีนลอเรตต้องอุ่นกรดลอริกที่ความร้อนประมาณ กี่องศาเซลเซียส
- ก. 40 องศาเซลเซียส
  - ข. 50 องศาเซลเซียส
  - ค. 60 องศาเซลเซียส
  - ง. 70 องศาเซลเซียส
15. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบในการเตรียม อิมัลชัน 20% โพลีเอทิลีนลอเรต
- ก. น้ำ
  - ข. กรดลอริก
  - ค. กรดโอลิอิก
  - ง. โพลีเอทิลีนไฮดรอกไซด์
16. สารเคมีข้อใดที่ทำให้สารเคมีกระจายในการดิสเพสชันสาร
- ก. Bentonite Clay
  - ข. Vulcastab LW
  - ค. Polyacrylate
  - ง. Vultamol
17. สารทำให้ยางคงรูปที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยางมีชื่อเรียกว่าอย่างไร
- ก. กำมะถัน
  - ข. ทีเอ็มทีเอ็ม
  - ค. ซิงค์ออกไซด์
  - ง. โพลีเอทิลีนไฮดรอกไซด์

18. เหตุผลใดไม่เกี่ยวข้องในการเติมสารตัวเติมลงในน้ำยางคอมปาวด์
- ก. เพื่อลดต้นทุน
  - ข. เพื่อเพิ่มความแข็งแรง
  - ค. ช่วยให้มีการวัลคาไนซ์สมบูรณ์ขึ้น
  - ง. เพื่อปรับสมบัติทางกลของยางที่คงรูปแล้วให้ดีขึ้น
19. สารกระตุ้นใส่ลงในน้ำยางมีหน้าที่อย่างไร
- ก. ช่วยเร่งอัตราการคงรูปให้เร็วขึ้น
  - ข. ช่วยลดเวลา ในการทำให้ยางคงรูป
  - ค. ช่วยลดอุณหภูมิ ในการทำให้ยางคงรูป
  - ง. ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลยาง
20. สารเคมีสำหรับงานผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยทั่วไป มีอยู่ที่ประเภท
- ก. 5 ประเภท
  - ข. 6 ประเภท
  - ค. 7 ประเภท
  - ง. 8 ประเภท

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 2.1                       | หน่วยที่ 2                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การเตรียมดิสเพิซชั่น 50% กำมะถัน (Dispersion 50% Sulphur)                 |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถทำการปฏิบัติเตรียมสารเคมีในรูปดิสเพิซชั่น
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกและเลือกวัสดุที่ใช้เตรียมดิสเพิซชั่นได้
2. บอกอุปกรณ์ที่ใช้เตรียมดิสเพิซชั่นได้
3. บอกและเลือกสารเคมีที่ใช้เตรียมดิสเพิซชั่นได้
4. บอกสูตรในการเตรียมดิสเพิซชั่น 50% กำมะถันได้ถูกต้อง
5. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการเตรียมดิสเพิซชั่น 50% กำมะถันได้
6. สามารถปฏิบัติการทำดิสเพิซชั่น 50% กำมะถันได้
7. สามารถทำการเตรียมดิสเพิซชั่นและจัดเก็บสารเคมีได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. ขวดใส่สารเคมีสำหรับบด
2. ลูกหินหรือลูกแก้ว
3. เครื่อง Ball Mill
4. เครื่องชั่ง
5. ภาชนะสำหรับชั่งสารเคมี
6. เทปกา

### สารเคมี

1. กำมะถัน
2. ดิสเพสซิ่งเอเจนท์
3. เบนโทไนด์เคลย์
4. น้ำอุ่น



ภาพที่ 2.1.1 กำมะถันและเครื่องเตรียม 50% กำมะถัน

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมสารเคมีตามสูตรในตารางที่ 2.1.1 ใช้ส่วนผสมในการเตรียมดิสเพสซิ่ง 50% กำมะถัน โดยใช้ปริมาณ คือ 1,000 กรัม

ตารางที่ 2.1.1 แสดงสูตรการเตรียมดิสเพสซิ่ง 50% กำมะถัน

| ส่วนผสม           | สัดส่วนโดยน้ำหนัก |
|-------------------|-------------------|
| กำมะถัน           | 50                |
| ดิสเพสซิ่งเอเจนท์ | 1                 |
| เบนโทไนด์เคลย์    | 1                 |
| น้ำ               | 48                |
| รวม               | 100               |

2. เตรียมขวดสำหรับใส่สารเพื่อบดในขูดบดสาร (Ball Mill) และลูกหิน โดยขวดและลูกหินบดต้องสะอาดและมีการ rinse ด้วยน้ำอ่อน (น้ำที่ได้กำจัดไอออนพวกแคลเซียม, แมกนีเซียมแล้ว)
3. สารเคมีที่เตรียมไว้ เติมลงในขวดสำหรับบด โดยเรียงตามลำดับดังนี้คือ
  - 3.1 เติมสารเคมีที่ต้องการเตรียม คือ กำมะถัน
  - 3.2 เติมเบนโทไนด์เคลย์
  - 3.3 เติมสารละลายดิสเพสซิ่งเอเจนต์ (นำดิสเพสซิ่งเอเจนต์ผสมกับน้ำตามสูตรของดิสเพสซิ่งนั้น ๆ)
  - 3.4 ใส่ลูกหินบดลงในขวด ประมาณ  $\frac{3}{4}$  ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด
4. ปิดฝาขวดแล้วพันเทปขาวเพื่อป้องกันไม่ให้ฝาขวดเลื่อนหลุดขณะนำขวดไปบดโดยใช้เครื่อง Ball Mill ตามเวลาที่ระบุไว้สำหรับสารนั้นๆ คือ ดิสเพสซิ่ง 50% กำมะถันบดใน Ball Mill 72 ชั่วโมง ก็จะได้ดิสเพสซิ่งของสารนั้นๆ ตามที่ต้องการ

#### ข้อเสนอแนะ

1. การชั่งสารเคมีแต่ละชนิด ไม่ควรใช้ปิ๊กเกอร์หรืออุปกรณ์ในการตวงสารเคมีร่วมกัน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมี
2. ในการบดสารเคมีควรวางหม้ออบบนเครื่องบดสารให้มั่นคงและควรมีการป้องกันการหล่นแตกด้วย
3. ก่อนการใช้เครื่องบดสารเคมีต้องตรวจสอบระบบไฟฟ้า สายพานของเครื่องเพื่อความพร้อมในการทำงานของเครื่อง หากมีข้อบกพร่องต้องซ่อมบำรุงให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
4. น้ำที่ใช้ในการเตรียม ต้องมีความสะอาดประเภทน้ำกลั่นบริสุทธิ์ กรณีไม่มีน้ำกลั่นให้ใช้น้ำดื่มที่สะอาดแทนได้
5. การเติมสารหากเติมพร้อมกันหรือไม่เติมตามลำดับกำหนด อาจเกิดการจับตัวแข็ง ยากต่อการดิสเพสซิ่ง

#### ประโยชน์

1. สารเคมีที่ผ่านการดิสเพสซิ่งมีความเหมาะสมสำหรับใช้กับงานผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง
2. ดิสเพสซิ่ง 50% กำมะถัน ใช้ผสมในสูตรน้ำยางคอมปาวด์ มีสมบัติเป็นสารวัลคาไนซ์สำหรับยาง



|                                                                                   |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 2.2                        | หน่วยที่ 2                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำย้าง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Solution 10% KOH)             |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถทำการปฏิบัติเตรียมสารเคมีอยู่ในรูปสารละลาย
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกวัสดุที่ใช้เตรียมสารละลายได้
2. สามารถเลือกวัสดุที่ใช้เตรียมสารละลายได้ถูกต้อง
3. บอกอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้เตรียมสารละลายได้
4. สามารถเลือกสารเคมีที่ใช้เตรียมสารละลายได้ถูกต้อง
5. บอกสูตรในการเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ได้
6. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์
7. สามารถปฏิบัติการเตรียม 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ได้
8. สามารถจัดเก็บสารเคมีได้อย่างปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. อ่างน้ำร้อน (Water Bath)
2. ปีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 500, 1000 ml อย่างละ 2 ใบ
3. แท่งแก้วสำหรับคน
4. เครื่องชั่ง
5. ถุงมือป้องกันสารเคมี

## สารเคมี

1. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์
2. น้ำ



ภาพที่ 2.2.1 การเตรียม 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมสารเคมีตามสูตร ในตารางที่ 2.2.1 สูตรส่วนผสมเพื่อให้ได้สารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 100 กรัม

## ตารางที่ 2.2.1 สูตรการเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

| ส่วนผสม              | สัดส่วนโดยน้ำหนัก |
|----------------------|-------------------|
| โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 10                |
| น้ำ                  | 90                |
| รวม                  | 100               |

2. เตรียมเป็นสารละลายโดยชั่งสารเคมีตามปริมาณในสูตรกำหนดจากนั้นใส่โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำอย่างช้าๆ พร้อมกับกวนจนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ละลายในน้ำจนหมด จะได้เป็นสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

3. กรณีต้องการปริมาณมากก็ให้เพิ่มอัตราส่วนโดยการคูณจำนวนเท่าทั้งปริมาณของน้ำและปริมาณของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

### ข้อเสนอแนะ

1. น้ำที่ใช้เตรียมสารละลายต้องสะอาดประเภทน้ำกลั่นบริสุทธิ์ หรือน้ำดื่มที่สะอาด
2. การชั่งสารเคมีควรชั่งให้ถูกต้องแน่นอน
3. ในการเตรียมสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จะเกิดความร้อนขึ้นเนื่องจากสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ละลายในน้ำเป็นปฏิกิริยาการคายความร้อน

### ประโยชน์

1. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นด่างอ่อนสามารถใช้รักษาสภาพของน้ำยางได้ (ช่วยให้ น้ำยางมีความเสถียร)
2. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับกรดโอลินิกเป็นสารเคมีที่ใช้เตรียมสบู่โพแทสเซียมโอลีนีตใช้ในการทำฟองน้ำเพื่อให้เกิดฟอง

|                                                                                                   |                                   |                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|
|                  | ใบงานที่ 2.3                      | หน่วยที่ 2                                   |
|                                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยา 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| <b>ชื่องาน</b> การเตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตด (Emulsion 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตด) |                                   | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถทำการเตรียมสารเคมีอยู่ในรูปอิมัลชัน
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

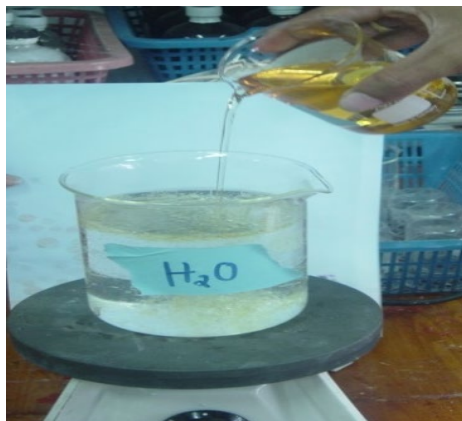
1. บอกวัสดุที่ใช้เตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตดได้
2. บอกอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้เตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตดได้
3. สามารถเลือกสารเคมีที่ใช้เตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตดได้
4. บอกสูตรในการเตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตดได้
5. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการเตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตดได้
6. สามารถปฏิบัติการเตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตดได้
7. สามารถจัดเก็บ 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตดได้

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. อ่างน้ำร้อน
2. ปีกเกอร์ขนาดต่างๆ
3. แท่งแก้วคน
4. เครื่องชั่ง

### สารเคมี

1. สารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์
2. กรดโอลินิก
3. น้ำอุ่น



ภาพที่ 2.3.1 การเตรียม 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลต

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมสารเคมีปริมาณดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3.1 สูตรการเตรียมอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลต

| สารที่ใช้                      | ปริมาณที่ใช้ |
|--------------------------------|--------------|
| ส่วนที่ 1 กรดโอเลอิก           | 200          |
| น้ำ                            | 804          |
| ส่วนที่ 2 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 26.6         |
| น้ำ                            | 86           |

2. จากสารเคมีดังตารางที่ 2.3.1 มีขั้นตอนการเตรียมสารละลายในส่วนที่ 1 ดังนี้
  - 2.1 ชั่งสารเคมีกรดโอลินิกในปริมาณ 200 กรัมลงในปิกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
  - 2.2 ตวงและชั่งน้ำกลั่นบริสุทธิ์ ในปริมาณ 804 กรัม ลงในปิกเกอร์
  - 2.3 นำน้ำกลั่นตามหัวข้อที่ 2.2 อุณหภูมิอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 75 °C
  - 2.4 ผสมกรดโอลินิกที่เตรียมไว้ตามขั้นตอนที่ 2.1 พร้อมกวนให้เข้ากัน

3. เตรียมสารละลายในส่วนที่ 2 ดังนี้

3.1 ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณ 26.6 กรัมลงในปิកเกอร์

3.2 ชั่งน้ำกลั่นบริสุทธิ์ในปริมาณ 86 กรัมลงในปิกเกอร์

3.3 เทโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ผสมลงในปิกเกอร์น้ำกลั่นในหัวข้อที่ 3.2 พร้อมกวนให้

เข้ากัน

4. เติมส่วนที่ 2 ลงในส่วนที่ 1 กวนอย่างแรงให้เข้ากัน

5. ได้สารอิมัลชัน 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลต

6. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์และทำความสะอาดพื้นที่

**ข้อเสนอแนะ**

1. ในการเตรียมสบู่ขึ้นต้องเตรียมสารเคมีเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ต้องอุ่นที่อุณหภูมิ 75 °C และส่วนที่ 2 ต้องผสมกับส่วนที่ 1 เสมอ เพราะอาจเป็นอันตรายจากความร้อนในการปฏิบัติงาน

2. กรณีไม่มีเครื่องกวนหรือเครื่องผสม แนะนำให้กวนด้วยแท่งแก้วหรือไม้สะอาดกวนอย่างแรงให้เข้ากัน

**ประโยชน์**

- สบู่โพแทสเซียมโอเลต เป็นสารเคมีใช้ในการทำฟองน้ำคือเป็นสารหลักที่ช่วยให้ น้ำยาฟองเกิดฟอง

## เอกสารอ้างอิง

- กรมอาชีวศึกษา. **ผลิตภัณฑ์น้ำยาง 1**. คู่มือการจัดการเรียนการสอน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
ชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, 2546.
- ชั้นทอง สุนทราภา. **ความปลอดภัยในกระบวนการเคมี**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
2549.
- บุญธรรม นิธิอุทัย. **ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง**. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2532.
- วรารณ ขจรไชยกูล. **เทคโนโลยีน้ำยาง**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.), 2555.
- \_\_\_\_\_. **ยางธรรมชาติการผลิตและการใช้งาน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.).  
ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์, 2549.

## หน่วยที่ 3

### การเตรียมและทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี

#### หัวเรื่อง

1. หลักการสำคัญของการเติมสารเคมีลงในน้ำยาง
2. การผลิตน้ำยางผสมสารเคมีและการเติมสารเคมีลงผสมในน้ำยาง
3. สูตรตัวอย่างส่วนผสมสำหรับการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี
4. การบ่มน้ำยางผสมสารเคมี
5. การทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี
6. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี
7. สรุป

#### สาระสำคัญ

น้ำยางผสมสารเคมี (Compound Latex) ได้จากการผสมน้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ สารเคมีที่เติมในน้ำยางจะต้องอยู่ในรูปดีสเพิซันท์ อิมัลชัน หรือสารละลาย หลักการสำคัญของการเติมสารเคมีลงในน้ำยางเพื่อเตรียมเป็นน้ำยางผสมสารเคมีได้แก่ สารเคมีที่เติมเข้าไปจะต้องเข้ากันได้กับตัวกลาง คือ น้ำ ต้องมี pH เท่ากับน้ำยาง และมีสารเพิ่มความคงตัว (Stabiliser) เช่นเดียวกับน้ำยาง เมื่อผสมสารเคมีลงไปแล้วไม่สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทันที ต้องมีการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนั้นให้ได้ตามระยะเวลาที่กำหนด และทดสอบ การบ่มน้ำยางนิยมใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น 12, 24, 72 ชั่วโมงหรือ 3, 5, 7 วัน ส่วนการทดสอบระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูปมี 4 วิธีการ คือ วิธี Chloroform test วิธี Swelling Test วิธีใช้เครื่องดึง Tensile Tester และวิธีทดสอบโดย Prevulcanised Relaxed Modulus วิธีที่ง่ายและนิยมทั่วไป คือ การทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีด้วยวิธีคลอโรฟอร์ม



## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี
2. เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ถึงความสำคัญในกระบวนการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี
3. เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้เกี่ยวกับการทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี
4. เพื่อให้ ประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันใน

การปฏิบัติงาน

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. อธิบายความสำคัญของการใส่สารเคมีลงในน้ำยาง
2. อธิบายขั้นตอนการเติมสารเคมีผสมในน้ำยาง
3. บอกสูตรตัวอย่างส่วนผสมสำหรับการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี
4. อธิบายวิธีการบ่มและเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี
5. บอกวิธีการทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี
6. อธิบายขั้นตอนหรือวิธีการทดสอบคลอโรฟอร์ม
7. สามารถทดสอบปฏิกิริยาของยางรูปด้วยคลอโรฟอร์มและการทดสอบ Swelling Test
8. อธิบายวิธีการทดสอบ Swelling Test, Tensile Tester, Pre Vulcanizate Relaxed Modulus
9. บอกระดับที่เหมาะสมกับการใช้งานของยางผสมสารเคมีจากการทดสอบคลอโรฟอร์ม
10. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี
11. เตรียมความพร้อมในการเรียนมีระเบียบวินัยและปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด

## 1. หลักการสำคัญของการเติมสารเคมีลงในน้ำยาง

หลักการสำคัญของการเติมสารเคมีลงในน้ำยางเพื่อเตรียมเป็นน้ำยางผสมสารเคมี คือ สารเคมีที่เติมเข้าไปจะต้องเข้ากันได้กับตัวกลางคือ น้ำ สารเคมีจะต้องมี pH เหมือนกับน้ำยาง (ต้องมีค่า pH เกิน 9) และสารเคมีควรมี Stabilizer เช่นเดียวกับน้ำยาง กล่าวคือสารเคมีที่เติมในน้ำยางจะต้องอยู่ในรูปดีสเพิชั่น (Dispersion), อิมัลชัน (Emulsion) หรือสารละลาย (Solution) ขึ้นอยู่กับสมบัติของสารเคมีนั้น ๆ (กรมอาชีวศึกษา 2546 : 39-40)

## 2. การผลิตน้ำยางผสมสารเคมีและการเติมสารเคมีลงผสมในน้ำยาง

### 2.1 การผลิตน้ำยางผสมสารเคมี ผลิตได้ 2 วิธี (วรารณ ขจรไชยกูล 2549: 107-109)

2.1.1 ทำให้น้ำยางข้นมีความเสถียรโดยการผสมสารต่าง (Caustic Alkali) และสารรักษาสถานะคอลลอยด์ (Protective Colloid) จำนวนเล็กน้อยลงในน้ำยางแล้วทำการไล่แอมโมเนียออกจากน้ำยาง โดยวิธีระบายอากาศหรือการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) จากนั้นจึงผสมกำมะถัน ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) และสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ในปริมาณที่มากเกินไปที่จะทำให้มีการคงรูปตามต้องการ

2.1.2 การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีโดยผสมกำมะถัน (Sulphur) สารตัวเร่งปฏิกิริยาให้ยางคงรูป และซิงค์ออกไซด์ลงในน้ำยางแล้วให้ความร้อน ใช้สารเหล่านี้ปริมาณเล็กน้อยให้เพียงพอที่จะเกิดการคงรูปในระดับที่ต้องการ และต้องเตรียมให้สารต่าง ๆ อยู่ในรูปดีสเพิสชันที่ละเอียดก่อนเติมลงในน้ำยาง ปัญหาการเกิดครีမ်แข็งขณะให้ความร้อนจะลดลง ถ้าหากใช้ซิงค์ออกไซด์ในปริมาณน้อย วิธีนี้ไม่ต้องไล่แอมโมเนียออก

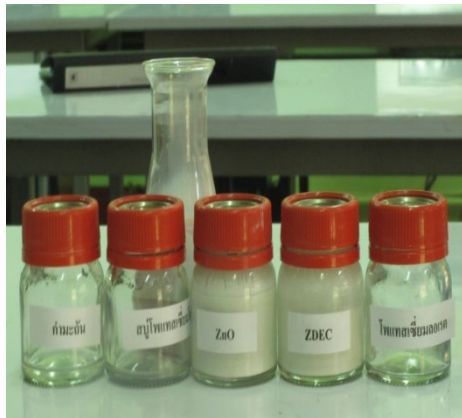
### 2.2 ลำดับการเติมสารเคมีลงผสมในน้ำยาง ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

- 1) สารกลุ่มที่ช่วยความเสถียรในน้ำยาง
- 2) กำมะถัน สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูป สารป้องกันยางเสื่อม
- 3) สี
- 4) สารตัวเติม
- 5) ซิงค์ออกไซด์
- 6) สารละลายที่ช่วยทำให้น้ำยางหนืด

ลำดับการเติมข้างต้นนี้อาจจะเปลี่ยนแปลงได้ แต่ลำดับดังกล่าวจากการทดลอง พบว่ามีความเหมาะสมกับสูตรการผลิต โดยส่วนใหญ่ความสำคัญของการผสมคือ การกวนผสมให้เข้ากัน เพราะความเสถียรของน้ำยางต่อแรงกวนมีจำกัด การกวนอย่างรุนแรงจะลดความเสถียรของน้ำยาง ทำให้น้ำยางเสียสภาพเร็วขึ้น จึงไม่จำเป็นต้องกวนผสมอย่างรุนแรง การที่จะให้น้ำยางผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารเคมี ต้องกวนด้วยความเร็วต่ำ ประมาณ 50 – 100 รอบต่อนาที โดยใช้ใบกวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพอที่จะเคลื่อนไหวน้ำยางให้ผสมกันได้อย่างทั่วถึง และในระหว่างการเติมสารเคมีต่าง ๆ ก็จำเป็นต้องกวนตลอดเวลาเพื่อให้สารเคมีมีการกระจายสม่ำเสมอ โดยใช้ความเร็วประมาณ 40 – 60 รอบ/นาที เมื่อเติมสารเคมีครบทุกชนิดแล้ว อาจใช้วิธีกวนต่อด้วยความเร็วที่สูงขึ้นใช้เวลาประมาณ 1- 2 ชั่วโมง จากนั้นเก็บบ่มน้ำยางไว้ตามระยะเวลายกกำหนด หรือเก็บบ่มน้ำยางผสมสารเคมีพร้อมกวนอย่างช้า ๆ ตลอดเวลาใช้เวลา 24 – 48 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสูตรของน้ำยางที่ใช้

## 2.3 วิธีการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

- 1) เตรียมน้ำยางข้นและสารเคมีตามสูตรกำหนด
- 2) ชั่งสารเคมีและผสมลงในน้ำยางตามลำดับ
- 3) เติมสารเคมีลงในน้ำยางให้เต็มลงอย่างช้า ๆ และขณะเติมสารเคมีนั้นให้กวนน้ำยางและสารเคมีด้วยความเร็วรอบประมาณ 50 – 100 รอบต่อนาที เพื่อให้สารเคมีกระจายอย่างสม่ำเสมอ
- 4) เมื่อเติมสารเคมีครบทุกชนิดแล้ว นำน้ำยางผสมสารเคมีติดตั้งกับเครื่องกวนน้ำยาง และเปิดเครื่องตั้งความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที ใช้เวลา 24 – 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.1 เตรียมสารเคมีและเติมลงในน้ำยางตามลำดับ

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 3.2 กวนสารเคมีด้วยมือและเครื่องกวนอย่างต่อเนื่อง

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3. สูตรตัวอย่างส่วนผสมสำหรับการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสูตรน้ำยางผสมสารเคมี

| สารเคมี                     | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|-----------------------------|----------------|-------------|
|                             | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 50% น้ำยางข้น               | 100.0          | 167.0       |
| 10% โพลีเอสซีเอ็มไฮดรอกไซด์ | 0.4            | 4.0         |
| 20% โพลีเอสซีเอ็มลอเรต      | 0.4            | 2.0         |
| 50% กำมะถัน                 | 1.25           | 2.5         |
| 50% แซต ดี อี ซี            | 1.0            | 2.0         |
| 50% ซิงค์ออกไซด์            | 1.0            | 2.0         |
| 50% วิงสเตแอล               | 1.0            | 2.0         |
| 50% ไทเทเนียมไดออกไซด์      | 3.0            | 6.0         |
| สี                          | ตามต้องการ     | ตามต้องการ  |
| รวม                         | 108.5          | 187.5       |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 4. การบ่มน้ำยางผสมสารเคมี

การเก็บบ่มน้ำยางคือ การเก็บน้ำยางที่ผสมสารเคมีแล้วไว้ระยะหนึ่ง (Maturation) มีวิธีการและผลที่เกิดขึ้นดังนี้

4.1 วิธีการบ่ม นำน้ำยางและสารเคมีที่ผสมกันแล้ว กวนตลอดเวลาอย่างช้า ๆ ความเร็วในการกวนประมาณ 20 - 40 รอบต่อนาที

4.2 การบ่มจะใช้เวลาประมาณ 48 - 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C

4.3 น้ำยางที่ได้จะมีคุณภาพที่สม่ำเสมอ และทำงานได้ดีขึ้น

4.4 ขณะบ่ม ฟองอากาศเล็ก ๆ ที่อยู่ในน้ำยาง จะลอยขึ้นลดการรั่วของผลิตภัณฑ์

4.5 ทำให้มีการแลกเปลี่ยน Surfactant ที่ผิวอนุภาคของยาง

4.6 ทำให้น้ำยางเกิดการวัลคาไนซ์บางส่วน

4.7 ทำให้มี Gel Strength สูงขึ้น ไม่พองในขณะที่อบสุก

- 4.8 อุณหภูมิและระยะเวลาบ่ม เป็นตัวแปรสำคัญ
- 4.8.1 อุณหภูมิสูง ให้ระยะเวลาการบ่มสั้น
- 4.8.2 อุณหภูมิห้อง ใช้เวลา 1 – 3 วัน (ขึ้นอยู่กับสูตรยางที่ใช้)
- 4.8.3 การบ่มนานเกินไปเกิดการวัลคาไนซ์แต่ละอนุภาคจนเหลื่อมเข้ามาไม่ได้ ผลิตภัณฑ์เช่น ถุงมือจะเปื่อย

## 5. การทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี

ภายหลังการผสมน้ำยางผสมสารเคมี (น้ำยางคอมปาวด์) แล้ว ควรทำการตรวจสอบคุณสมบัติที่จำเป็นของน้ำยางผสมสารเคมี (Compounded latex) ก่อนใช้งาน หรือระหว่างการใช้งาน การทดสอบต่าง ๆ ได้แก่ การทดสอบปริมาณของแข็ง (TSC, Total Solid Content) การทดสอบความหนืด (Viscosity) ความเสถียรด้านความหนืด (Viscosity Stability) ความคงตัวต่อการปั่น (Mechanical Stability) ความเป็นกรด-ด่าง (pH-Value) และจะต้องตรวจระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูป (Pre-Vulcanisation) หรือระดับของการบ่มน้ำยางผสม (Maturity)

5.1 การตรวจระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูป หรือระดับของการบ่มน้ำยางผสม มี 4 วิธีการ คือ การทดสอบหาค่าคลอโรฟอร์ม การทดสอบการบวมพอง การทดสอบแรงดึง และการทดสอบแรงดึงยางพรีวัลคาไนซ์ (วารสาร วิชาการ ขจรไชยกุล 2549: 110-111)

### 5.1.1 การทดสอบคลอโรฟอร์ม (Chloroform Test)

วิธี Chloroform Test เป็นวิธีการที่นิยมมากเพราะทดสอบง่ายและรวดเร็วเป็นการทดสอบโดยการผสมน้ำยางผสมสารเคมีกับคลอโรฟอร์ม ในปริมาณที่เท่า ๆ กัน กวนจนยางจับตัวกันเป็นก้อน สังเกตก้อนยางจับตัว และสามารถจัดเกรดก้อนยางดังนี้คือ

- No.1 ก้อนยางเหนียวเหมือนหมากฝรั่ง เมื่อยึดออกเป็นใย
- No.2 ยางจับตัวเป็นก้อนเดียวกัน ยึดออกน้อย เมื่อดึงแล้วขาด
- No.3 ก้อนยางไม่เหนียว ขาดออกจากกันได้ง่าย
- No.4 ก้อนยางเป็นผงร่วน

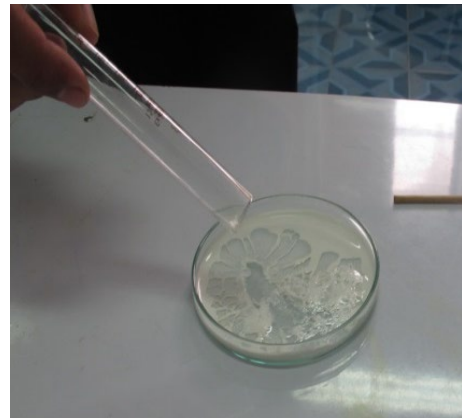
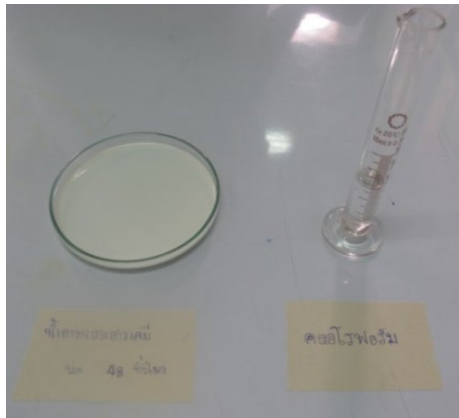
ระดับที่เหมาะสมกับการใช้งานคือ ระดับ - No.2 ถึง - No 3

#### 5.1.1.1 ขั้นตอนการทดสอบคลอโรฟอร์ม

- 1) น้ำยางผสมสารเคมีปริมาณ 10 กรัม ใส่ในจานแก้วเพื่อให้กระจาย
- 2) สารคลอโรฟอร์มปริมาณ 10 กรัม ใส่ในหลอดแก้วหรือบีกเกอร์ (Beaker)
- 3) เทคลอโรฟอร์มลงผสมกับน้ำยางผสมสารเคมีให้กระจายทั่วทุกส่วน
- 4) ใช้แท่งแก้วคนจนยางจับตัวกันเป็นก้อน

5) สังเกตลักษณะของก้อนยาง

6) บันทึกผลการทดลองตามแบบฟอร์ม



ภาพที่ 3.3 เทสารคลอโรฟอร์มลงผสมกับน้ำยางคนสารเคมีด้วยแท่งแก้วให้กระจายทั่วทุกส่วน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 3.4 คนจนยางจับตัวกันเป็นก้อน ทดลองดีง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

5.1.1.2 สารคลอโรฟอร์ม มีชื่ออื่น เช่น Formyl Trichloride, Freon 20, Trichloromethane มีจุดเดือด  $61 - 62^{\circ}\text{C}$  สมบัติเป็นของเหลวไม่มีสี ระเหยง่าย มีกลิ่นหอมหวาน ใช้ในการผลิต Fluorocarbon-22 เป็นตัวทำละลายน้ำมัน ไขมัน ยาง สารอัลคาลอยด์ ขี้ผึ้ง เรซิน และสารทำความสะอาด ใช้ในเครื่องดับเพลิงเพื่อลดจุดเยือกแข็ง ในระหว่าง พ.ศ. 2542 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ รายงานว่ามีข่าวพ่อค้ายาตองเหล้าสมุนไพรผสมคลอโรฟอร์มลงในผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายแก่ผู้นิยมบริโภคยาตองเหล้า และให้ชื่อว่า ยาตองเหล้าสูตรเย็น ซึ่งเป็นที่นิยมแพร่หลายในกลุ่มวัยรุ่น และผู้ใช้



แรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แล้วกระจายไปยังภูมิภาคอื่นของประเทศ จุดประสงค์ในการเติมคลอโรฟอร์มคือ เพื่อป้องกันการเน่าเสีย เพิ่มรสหวาน และความเย็น ซึ่งเมื่อรวมกับการที่น้ำยาต้องเหล้าเย็นไปแช่เย็นก่อนจำหน่าย ทำให้ยาต้องเหล้าชนิดนี้เย็นมากยิ่งขึ้น ทำให้เป็นที่ถูกใจผู้นิยมความแปลกใหม่ ในขณะที่อันตรายจากคลอโรฟอร์มที่ดื่มเข้าไปถูกมองข้ามทั้งจากผู้ผลิตและผู้ที่นิยมบริโภค

คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เป็นสารประกอบเคมีอินทรีย์ชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสีที่อุณหภูมิปกติ มีรสหวาน ระเหยง่าย และมีกลิ่นเฉพาะตัว ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ไขมัน ละลายน้ำได้เล็กน้อย โดยที่อุณหภูมิ 25 °C คลอโรฟอร์ม 1 ส่วน สามารถละลายน้ำ 200 ส่วน แต่ถ้าอุณหภูมิของน้ำลงมาถึง 15 °C จะทำให้คลอโรฟอร์มละลายได้เพิ่มขึ้นเป็น 2 ส่วนต่อ น้ำ 200 ส่วน เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวเกิดก๊าซคลอรีนที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต มนุษย์รู้จักคลอโรฟอร์มและนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น การผลิตพลาสติก ยา เครื่องสำอาง สี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ฯลฯ แม้แต่ในทางการแพทย์ก็นำคลอโรฟอร์มมาใช้เป็นยาสลบตั้งแต่ปี ค.ศ. 1847 แต่หลังจากมีข้อมูลการศึกษาอันตรายจากคลอโรฟอร์มมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อพบว่าคลอโรฟอร์มทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง ประเทศต่าง ๆ หลายประเทศรวมทั้งประเทศไทย จึงไม่ใช้คลอโรฟอร์มเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ยา และอาหาร นอกจากนี้บางประเทศยังไม่ใช่ในทางการแพทย์อีกด้วย

#### 5.1.1.3 การเข้าสู่ร่างกายของสารคลอโรฟอร์มมี 3 ทาง คือ

1) ทางผิวหนังจากการสัมผัสโดยตรง เมื่อคลอโรฟอร์มถูกผิวหนังจะซึมผ่านชั้นผิวหนังอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการระคายเคือง แสบร้อน เกิดผื่นคัน และอาจทำให้เซลล์ผิวหนังบริเวณที่ถูกสัมผัสตายได้

2) ทางปาก จากการกลืน

3) ทางจมูก จากการสูดดมอากาศที่มีไอคลอโรฟอร์ม

5.1.1.4 อาการพิษ อาการที่ปรากฏหลังจากได้รับคลอโรฟอร์มเข้าสู่ร่างกายที่เด่นชัดคือ ความดันโลหิตต่ำ อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น แต่หากได้รับคลอโรฟอร์มต่อเนื่องกันนาน ๆ หรือได้รับปริมาณมาก จะเกิดอันตรายต่อร่างกายส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1) ระบบหัวใจ หัวใจเต้นผิดปกติ และอาจทำให้หัวใจหยุดเต้นได้

2) ระบบทางเดินหายใจ คลอโรฟอร์มจะไปกดระบบการหายใจ อาจมีอาการปอดบวม จนถึงปอดอักเสบ

3) ระบบประสาท คลอโรฟอร์มจะไปกดระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดอาการปวดหัว ไม่รู้สึกหิวอาหาร

4) ระบบทางเดินอาหาร รู้สึกคลื่นไส้ อาเจียน

### 5.1.2 ทดสอบการบวมพอง (Quick Swelling Test)

วิธีการทดสอบ Swelling Test ทดสอบโดยการนำน้ำยางผสมสารเคมีทำให้เป็นฟิล์มแห้งบางแล้วแช่ในตัวทำละลาย เช่น เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) ไซโคลเฮกซีน (Cyclohexene) ภายหลังจากแช่ในตัวทำละลาย 30 นาที วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง ทำซ้ำอีกครั้งเพื่อประเมินหาระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่าง คงรูป ซึ่งระบุเป็นสัดส่วนการบวม (Swelling Ratio) ที่คำนวณมาจากเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่างยางภายหลังการแช่ในตัวทำละลาย 30 นาที หารด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการแช่ในตัวทำละลาย สัดส่วนที่ได้มีความหมายดังนี้

- มากกว่า 2.6 = unvulcanised
- 2.0-2.6 = lightly vulcanised
- 1.8-2.0 = moderately vulcanised
- น้อยกว่า 1.75 = fully vulcanized

#### 5.1.2.1 ขั้นตอนการทดสอบการบวมพอง Quick Swelling Test

- 1) นำน้ำยางผสมสารเคมีเทใส่ถาดแบนให้กระจายทั่วเพื่อให้ยางเคลือบผิวเป็นฟิล์มบาง(มีความหนาของฟิล์มประมาณ 0.05 – 1 มิลลิเมตร)
- 2) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อให้ได้ฟิล์มยางที่แห้งบางส่วน
- 3) ตัดแผ่นฟิล์มยาง (ชิ้นทดสอบ) เป็นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร
- 4) นำชิ้นทดสอบไปแช่ในสารละลายโทลูอีน (Toluene) เป็นเวลา 30 นาที
- 5) วัดชิ้นทดสอบด้วยไม้บรรทัดเหล็ก เมื่อแช่ครบตามเวลาที่กำหนด
- 6) คำนวณหาค่าการทดสอบ



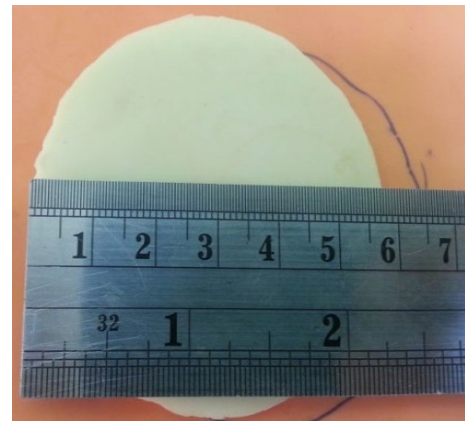
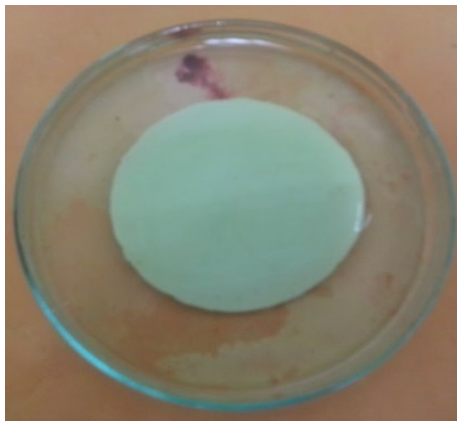
ภาพที่ 3.5 เทน้ำยางลงในถาดแบนและอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557





ภาพที่ 3.6 วัดและตัดชิ้นทดสอบเป็นรูปวงกลม  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 3.7 ชิ้นทดสอบแช่ในสารละลายโทลูอินและวัดหาค่า  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 5.1.3 การทดสอบแรงดึง (Tensile Tester)

วิธีการทดสอบโดยใช้เครื่องดึง (Tensile Tester) โดยการทำให้เกิดฟิล์มแห้งจากน้ำยางผสมสารเคมีนำไปทดสอบการดึงตามความยาวที่กำหนด จากผลของค่าเหล่านี้สามารถหาระดับการคงรูปของยางได้ การดึงยางออกยาว 100% ของความยาวเดิม นาน 1 นาที

#### 5.1.3.1 ขั้นตอนการทดสอบ Tensile Tester

- 1) เทน้ำยางผสมสารเคมีใส่ภาชนะให้กระจายทั่วเพื่อให้น้ำยางเคลือบผิวเป็นฟิล์มบาง (มีความหนาของฟิล์มยางประมาณ 3 มิลลิเมตร)
- 2) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อให้ได้ฟิล์มยางที่แห้ง

- 3) ตัดแผ่นฟิล์มยาง (ชิ้นทดสอบ) เป็นรูปดัมเบล
- 4) ทดสอบการดึงตามความยาวที่กำหนด
- 5) อ่านค่าการทดสอบและประมวลผล



ภาพที่ 3.8 แสดงการทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีโดยใช้ Tensile Tester  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 5.1.4 การทดสอบแรงดึงยางพรีวัลคาไนซ์ (Prevulcanizate Relaxed Modulus (PRM))

วิธีการทดสอบโดย Prevulcanised Relaxed Modulus (PRM) เป็นการเตรียมชิ้นทดสอบโดยการจุ่มหลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาว 10.5 เซนติเมตร ลงในน้ำยางที่ทำให้เจือจาง ประมาณ 50% TSC และทำให้จับตัวที่หลอดแก้วและอบที่ 70 °C นาน 4 นาที นำหลอดแก้วออกจากตู้อบ รูดฟิล์มยางออกจากหลอดแก้วจากนั้นนำฟิล์มยางที่ได้ไปทดสอบด้วยเครื่อง MR 100 Modulus tester หรือเครื่องดึงยางที่มีความสามารถวัดค่าแรงดึงละเอียดในช่วง 100 – 300 กรัมได้ โดยอ่านค่าหลังจากยืดยางได้ 100% ของความยาวเดิมเป็นเวลา 1 นาที

##### 5.1.4.1 ขั้นตอนการทดสอบ Prevulcanizate Relaxed Modulus

- 1) น้ำยางผสมสารเคมีเจือจางประมาณ 50% TSC ใส่ในโหลแก้วความสูงของน้ำยางอย่างน้อย 12 เซนติเมตร
- 2) จุ่มหลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาว 10.5 เซนติเมตร ลงในน้ำยางผสมสารเคมี
- 3) อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 70 °C ใช้เวลา 4 นาที
- 4) ตัดชิ้นทดสอบความยาว 10.5 เซนติเมตร

5) ขึ้นทดสอบที่ได้นำไปทดสอบด้วยเครื่องดังยาง

6) อ่านค่าและประมวลผล

7) คำนวณหาค่าโดยใช้สูตร

$$PRM \text{ (MPa)} = Fdl/2W$$

F = แรง เป็นกิโลกรัม

d = ความหนาแน่นของยาง (กรัมต่อตารางเซนติเมตร)

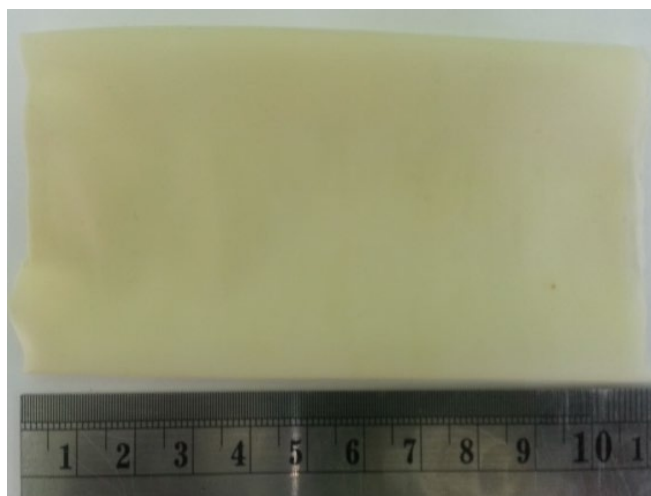
l = เส้นรอบวงภายนอกของหลอดแก้ว (เซนติเมตร)

W = น้ำหนักของขึ้นทดสอบ (กรัม)



ภาพที่ 3.9 จุ่มหลอดแก้วในน้ำยางผสมสารเคมีและอบแห้ง

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 3.10 วัดความยาวของขึ้นทดสอบ

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 3.11 ทดสอบการดึงด้วยเครื่องดึงยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 6. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี ผู้ปฏิบัติต้องทำอย่างระมัดระวังทุกขั้นตอน เนื่องจากสารเคมีที่ใช้สามารถก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติได้ ทั้งต่อสุขภาพอนามัยและชีวิต จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ปฏิบัติจะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

- 6.1 ต้องศึกษาคู่มือการใช้เครื่องผสมน้ำยางให้เข้าใจก่อนใช้งาน
- 6.2 ต้องมีความเข้าใจและคุณสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด
- 6.3 ห้ามใช้มือเปล่าสัมผัสสารเคมีโดยตรง
- 6.4 หากปิกเกอร์หรืออุปกรณ์แตกหรือมีรอยร้าวไม่ควรนำมาใช้อีก
- 6.5 ชั่งสารเคมีตามสูตรในปริมาณพอดี ติดฉลากชื่อให้ชัดเจนป้องกันการหยิบผิด
- 6.6 ปิดฝาปิกเกอร์เพื่อป้องกันฝุ่นละออง หรือสิ่งแปลกปลอม
- 6.7 ขณะชั่งตวงสารเคมีต้องสวมถุงมือ แว่นตาป้องกันสารเคมีกระเด็นเข้าตาทุกครั้ง
- 6.8 ในการผสมสารเคมีต้องใส่สารเคมีตามลำดับให้ถูกต้อง
- 6.9 การล้างสารเคมีออกจากอุปกรณ์ เครื่องแก้วหรือปิกเกอร์ ต้องสวมถุงมือป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง
- 6.10 ขณะปฏิบัติงานต้องยึดระเบียบและกฎปฏิบัติอย่างเคร่งครัด

6.11 เมื่อไม่แน่ใจหรือไม่มีความรู้ในการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ ต้องสอบถามผู้รู้หรือช่างเทคนิคประจำก่อนเสมอ

## 7. สรุป

การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีมีหลักการสำคัญคือ สารเคมีที่เติมเข้าไปจะต้องเข้ากันได้กับตัวกลางคือน้ำ ต้องมี pH เหมือนกับน้ำยาง และสารเคมีควรมี Stabiliser เช่นเดียวกับน้ำยาง เมื่อผสมสารเคมีลงไปแล้วไม่สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทันที จำเป็นต้องมีการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนั้นให้ได้ตามระยะเวลายกกำหนดหรือขึ้นกับสูตรของผลิตภัณฑ์นั้น การบ่มน้ำยางนิยมใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น 12, 24, 72 ชั่วโมง หรือ 3, 5, 7 วัน เพื่อให้ได้น้ำยางผสมสารเคมีที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ต้องมีการทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีหรือระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูปก่อนเสมอ การทดสอบระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูปมี 4 วิธีการ คือ วิธี Chloroform Test วิธี Swelling Test วิธีใช้เครื่องดึง Tensile Tester และวิธีทดสอบโดย Prevulcanised Relaxed Modulus

## กิจกรรม

### กิจกรรมที่ 3.1

1. ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 3
2. ทำแบบประเมินผลการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 3

### กิจกรรมที่ 3.2

1. ปฏิบัติตามใบงานที่ 3.1 เรื่อง การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี
2. ปฏิบัติตามใบงานที่ 3.2 เรื่อง การทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีด้วยคลอโรฟอร์ม
3. ปฏิบัติตามใบงานที่ 3.3 เรื่อง วิธีการทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีด้วย Swelling Test

## แบบฝึกหัด

**คำสั่ง** จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. จงอธิบายความสำคัญของการเติมสารเคมีลงในน้ำอย่างมาพอเข้าใจ
2. จงอธิบายลำดับการเติมสารเคมีผสมในน้ำอย่าง กรณีเตรียมน้ำอย่างสำหรับทำถุงมืออุตสาหกรรม
3. จงเขียนสูตรการเตรียมน้ำอย่างผสมสารเคมีสำหรับทำถุงมืออุตสาหกรรม
4. จงอธิบายขั้นตอนการทดสอบน้ำอย่างผสมสารเคมีด้วยวิธี Quick Swelling Test มาพอเข้าใจ

**แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 3 เรื่อง การเตรียมและทดสอบน้ำยาผสมสารเคมี**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท) ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. ข้อใดเป็นหลักการหรือความหมายของน้ำยาผสมสารเคมี
  - ก. การผสมสารเคมีตามขั้นตอนลงในน้ำยาตามสูตรอย่างสม่ำเสมอ
  - ข. การเตรียมเพื่อให้ได้น้ำยาที่มีสารเคมี
  - ค. การเตรียมพร้อมก่อนผสมกับน้ำยา
  - ง. เป็นหลักการผสมสารเคมีกับน้ำยา
2. สารเคมีใดเป็นสารเคมีที่เหมาะสมในการผสมลงในน้ำยาได้ดีที่สุด
  - ก. สารเคมีที่ไม่ผ่านกระบวนการ dispersion และอนุภาคใกล้เคียงกับอนุภาคน้ำยา
  - ข. สารเคมีที่ได้ผ่านกระบวนการ dispersion และอนุภาคใกล้เคียงกับอนุภาคน้ำยา
  - ค. สารเคมีที่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการ dispersion หรือไม่ผ่านก็ได้
  - ง. สารเคมีที่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการผสมน้ำยา
3. ข้อใดเป็นลำดับการเติมสารเคมีผสมในน้ำยาโดยทั่ว ๆ ไป
  - ก. เติมสารตัวเร่งและสารวัลคาไนซ์เป็นลำดับแรก
  - ข. เติมสารละลายช่วยให้ น้ำยาหนืดเป็นลำดับแรก
  - ค. เติมสารละลายช่วยให้ น้ำยาหนืดและสารกระตุ้นเป็นลำดับแรก
  - ง. เติมสารตัวเร่งและสารวัลคาไนซ์ ต่อจากสารช่วยความเสถียรในน้ำยา
4. เรื่องสำคัญในการผสมสารเคมีลงในน้ำยาที่ขาดไม่ได้คือข้อใด
  - ก. กวนด้วยความเร็วสูง
  - ข. กวนผสมช้าบ้างเร็วบ้าง
  - ค. เติมสารเคมีลงด้วยความเร็ว
  - ง. ต้องอาศัยช่างผู้ชำนาญในการผสม
5. การบ่มน้ำยาผสมสารเคมีเพื่ออะไร
  - ก. ทำให้มีการแลกเปลี่ยน surfactant ที่ผิวอนุภาคของยาง
  - ข. ทำให้น้ำยางเกิดการวัลคาไนซ์บางส่วน
  - ค. ได้น้ำยางที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ
  - ง. ถูกทุกข้อ



6. ข้อใดไม่ใช่วิธีตรวจสอบหรือวิธีทดสอบระดับการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี
  - ก. Equilibrium swelling test
  - ข. Quick swelling test
  - ค. Chloroform test
  - ง. Viscosity test
7. การทดสอบวิธีคลอโรฟอร์ม สามารถจัดเกรดเป็น No.1, 2, 3, 4 นั้น ระดับใดเหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด
  - ก. No.1
  - ข. No.2
  - ค. No.3
  - ง. No.4
8. การจัดเกรดจากการทดสอบคลอโรฟอร์ม No.4 ตรงกับความหมายใด
  - ก. ก้อนยางเหนียวเหมือนหมากฝรั่ง
  - ข. ยางจับตัวเป็นก้อนเดียวกัน
  - ค. ก้อนยางเป็นผงร่วน
  - ง. ก้อนยางไม่เหนียว
9. การทดสอบโดยวิธี Swelling test มีวิธีการอย่างไร
  - ก. นำยางมาผสมสารเคมี
  - ข. นำยางผสมสารเคมีแล้วแช่ในตัวทำละลาย
  - ค. นำยางผสมสารเคมีให้เกิดฟิล์มแห้งแล้วทำการทดสอบทันที
  - ง. นำยางผสมสารเคมีให้เกิดเป็นฟิล์มแห้งแล้วแช่ในตัวทำละลาย 30 นาที
10. สัดส่วนที่ไม่ได้จากการทดสอบ Swelling test แปลความหมายใดถูกต้อง
  - ก. มากกว่า 2.6 คือ Unvulcanised
  - ข. น้อยกว่า 2.6 คือ Unvulcanised
  - ค. น้อยกว่า 1.75 คือ Fully vulcanised
  - ง. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.75 คือ Fully vulcanised
11. น้ำยางผสมสารเคมีหากขาดสารเคมีใดจึงไม่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นวัลคาไนซ์ได้สมบูรณ์
  - ก. สารป้องกันการเสื่อม
  - ข. สารวัลคาไนซ์
  - ค. สารตัวเติม
  - ง. สารให้สี

12. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของการเก็บน้ำยางด้วยสารเคมีที่ถูกต้องที่สุด
- ก. การเก็บน้ำยางไว้ระยะหนึ่ง
  - ข. การกวนน้ำยางตลอดเวลา
  - ค. การผสมน้ำยางกับสารเคมีไว้ใช้งาน
  - ง. เก็บน้ำยางผสมสารเคมีไว้ระยะหนึ่ง
13. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการใช้เครื่องคอมปาวด์น้ำยาง
- ก. ศึกษาคู่มือการใช้เครื่องให้เข้าใจก่อนใช้
  - ข. ลงมือปฏิบัติการได้ทันทีเมื่อต้องการจะใช้เครื่อง
  - ค. ตรวจเช็คความพร้อมของเครื่องก่อนใช้งานทุกครั้ง
  - ง. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าความพร้อมของเครื่องก่อนใช้
14. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี
- ก. ใส่ถุงมือป้องกันการสัมผัสสารเคมีโดยตรง
  - ข. ใส่ผ้าปิดจมูกทุกครั้งที่ชั่งสารเคมี
  - ค. สวมแว่นตากันสารเคมีฟุ้งเข้าตา
  - ง. สวมถุงมือบางครั้งก็จำเป็น

**แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 3 เรื่อง การเตรียมและทดสอบน้ำยางผสมสารเคมี**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท) ทั่วตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. สารเคมีใดเป็นสารเคมีที่เหมาะสมในการผสมลงในน้ำยางได้ดีที่สุด
  - ก. สารเคมีที่ไม่ผ่านกระบวนการ dispersion และอนุภาคใกล้เคียงกับอนุภาคน้ำยาง
  - ข. สารเคมีที่ได้ผ่านกระบวนการ dispersion และอนุภาคใกล้เคียงกับอนุภาคน้ำยาง
  - ค. สารเคมีที่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการ dispersion หรือไม่ผ่านก็ได้
  - ง. สารเคมีที่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการผสมน้ำยาง
2. ข้อใดเป็นหลักการหรือความหมายของน้ำยางผสมสารเคมี
  - ก. การผสมสารเคมีตามขั้นตอนลงในน้ำยางตามสูตรอย่างสม่ำเสมอ
  - ข. การเตรียมเพื่อให้ได้น้ำยางมีสารเคมี
  - ค. การเตรียมพร้อมก่อนผสมกับน้ำยาง
  - ง. เป็นหลักการผสมสารเคมีกับน้ำยาง
3. ข้อใดเป็นลำดับการเติมสารเคมีผสมในน้ำยางโดยทั่ว ๆ ไป
  - ก. เติมสารตัวเร่งและสารวัลคาไนซ์เป็นลำดับแรก
  - ข. เติมสารละลายช่วยให้ยางหนืดเป็นลำดับแรก
  - ค. เติมสารละลายช่วยให้ยางหนืดและสารกระตุ้นเป็นลำดับแรก
  - ง. เติมสารตัวเร่งและสารวัลคาไนซ์ ต่อจากสารช่วยความเสถียรในน้ำยาง
4. เรื่องสำคัญในการผสมสารเคมีลงในน้ำยางที่ขาดไม่ได้คือข้อใด
  - ก. กวนด้วยความเร็วสูง
  - ข. กวนผสมช้าบ้างเร็วบ้าง
  - ค. เติมสารเคมีลงด้วยความเร็ว
  - ง. ต้องอาศัยช่างผู้ชำนาญในการผสม
5. ข้อใดไม่ใช่วิธีตรวจหรือวิธีทดสอบระดับการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี
  - ก. Viscosity test
  - ข. Chloroform test
  - ค. Quick swelling test
  - ง. Equilibrium swelling test

6. การทดสอบวิธีคลอโรฟอร์ม สามารถจัดเกรดเป็น No.1, 2, 3, 4 นั้น ระดับใดเหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด
  - ก. No.1
  - ข. No.2
  - ค. No.3
  - ง. No.4
7. การบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเพื่ออะไร
  - ก. ทำให้มีการแลกเปลี่ยน surfactant ที่ผิวอนุภาคของยาง
  - ข. ทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์บางส่วน
  - ค. ได้น้ำยางที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ
  - ง. ถูกทุกข้อ
8. การจัดเกรดจากการทดสอบคลอโรฟอร์ม No.4 ตรงกับความหมายใด
  - ก. ก้อนยางเหนียวเหมือนหมากฝรั่ง
  - ข. ยางจับตัวเป็นก้อนเดียวกัน
  - ค. ก้อนยางไม่เหนียว
  - ง. ก้อนยางเป็นผงร่วน
9. การทดสอบโดยวิธี Swelling test มีวิธีการอย่างไร
  - ก. นำยางมาผสมสารเคมี
  - ข. นำยางผสมสารเคมีแล้วแช่ในตัวทำละลาย
  - ค. นำยางผสมสารเคมีให้เกิดฟิล์มแห้งแล้วทำการทดสอบทันที
  - ง. นำยางผสมสารเคมีให้เกิดเป็นฟิล์มแห้งแล้วแช่ในตัวทำละลาย 30 นาที
10. สัดส่วนที่ไม่ได้จากการทดสอบ Swelling test แปลความหมายใดถูกต้อง
  - ก. มากกว่า 2.6 คือ Unvulcanised
  - ข. น้อยกว่า 2.6 คือ Unvulcanised
  - ค. น้อยกว่า 1.75 คือ Fully vulcanised
  - ง. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.75 คือ Fully vulcanised
11. น้ำยางผสมสารเคมีหากขาดสารเคมีใดจึงไม่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นวัลคาไนซ์ได้สมบูรณ์
  - ก. สารป้องกันการเสื่อม
  - ข. สารวัลคาไนซ์
  - ค. สารตัวเติม
  - ง. สารให้สี

12. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการเตรียมน้ำยาผสมสารเคมี
- ก. ใส่ถุงมือป้องกันการสัมผัสสารเคมีโดยตรง
  - ข. ใส่ผ้าปิดจมูกทุกครั้งที่ชั่งสารเคมี
  - ค. สวมแว่นตากันสารเคมีฟุ้งเข้าตา
  - ง. สวมถุงมือบางครั้งก็จำเป็น
13. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของการเก็บบ่มน้ำยาด้วยสารเคมีที่ถูกต้องที่สุด
- ก. การเก็บน้ำยาไว้ระยะหนึ่ง
  - ข. การกวนน้ำยาตลอดเวลา
  - ค. การผสมน้ำยากับสารเคมีไว้ใช้งาน
  - ง. เก็บน้ำยาผสมสารเคมีไว้ระยะหนึ่ง
14. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์น้ำยา
- ก. ศึกษาคู่มือการใช้เครื่องให้เข้าใจก่อนใช้
  - ข. ลงมือปฏิบัติการได้ทันทีเมื่อต้องการจะใช้เครื่อง
  - ค. ตรวจเช็คความพร้อมของเครื่องก่อนใช้งานทุกครั้ง
  - ง. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าความพร้อมของเครื่องก่อนใช้

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 3.1                       | หน่วยที่ 3                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี                                                 |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถทำการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามสูตรที่กำหนดได้
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกและเลือกวัสดุที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามสูตรที่กำหนดได้
2. บอกอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามสูตรที่กำหนดได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีได้
4. ปฏิบัติการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามสูตรที่กำหนดได้
5. สามารถทำการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามสูตรที่กำหนดได้ด้วยความปลอดภัย

### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. ภาชนะสำหรับผสมน้ำยาง
2. กรอง
3. ไม้พายหรือไม้กวนผสมสารเคมี
4. ปีกเกอร์
5. เครื่องชั่ง
6. Foid (อะลูมิเนียมฟอยด์)
7. นาฬิกาจับเวลา
8. เครื่องกวน

### สารเคมี

1. น้ำยางข้น
2. สารเคมี
  - 2.1 โพลีเอทิลีนไฮดรอกไซด์

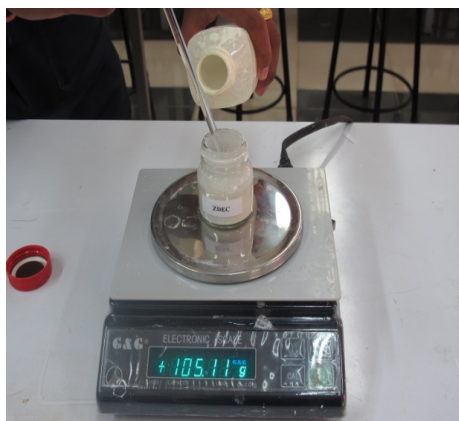
2.2 โพลแทสเซียมโอเลเอต

2.3 กำมะถัน

2.4 แซตตี อี ซี

2.5 วิงสเตแอล

2.6 ซิงค์ออกไซด์



ภาพที่ 3.1.1 แสดงการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 3.1.1 สูตรการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามตาราง

| สารเคมี                            | ปริมาณสาร (กรัม) |
|------------------------------------|------------------|
| 60% น้ำยางชั้น                     | 334              |
| สารละลาย 10% โพลแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 6                |
| อิมัลชัน 20% โพลแทสเซียมโอเลเอต    | 2                |
| ดิสเพสชัน 50% กำมะถัน              | 2                |
| ดิสเพสชัน 50% แซตตีอีซี            | 3                |
| ดิสเพสชัน 50% วิงสเตแอล            | 2                |
| ดิสเพสชัน 50% ซิงค์ออกไซด์         | 3                |
| รวม                                | 352              |

1. เมื่อเตรียมสารเคมีตามสูตรกำหนดแล้วก่อนชั่งสารเคมีต้องแน่ใจว่าปิ๊กเกอร์ที่ใช้ในการชั่งต้องสะอาดและก่อนชั่งต้องใช้น้ำกลั่นชะล้างปิ๊กเกอร์ทุกครั้ง
2. เมื่อชั่งสารเคมีเสร็จในแต่ละชนิดให้ปิดฉลากบอกชื่อสารและใช้ลूमินิยมพอยด์ปิดปิ๊กเกอร์กันฝุ่นละออง
3. เรียงสารเคมีตามลำดับการเติมลงในน้ำยาง คือ สารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 20% อิมัลชันโพแทสเซียมโอเลเอต ดิสเพสชัน 50% กำมะถัน ดิสเพสชัน 50% แซตตีไฟิ์ ดิสเพสชัน 50% วิงสเตแอล ดิสเพสชัน 25% สี (กรณีต้องการเป็นสี) และดิสเพสชัน 50% ซิงค์ออกไซด์ เป็นลำดับสุดท้าย
4. ขั้นตอนในการผสมเริ่มจากกวนไล่แอมโมเนียในน้ำยางชั้น ด้วยความเร็วรอบในการกวนคือ 50 ถึง 100 รอบต่อนาที จากนั้นเติมสารเคมีตามลำดับที่ได้เรียงไว้ โดยสารเคมีแต่ละตัวที่เติมผสมเว้นระยะเวลาให้ห่างกัน 5 นาที
5. เก็บบ่มน้ำยางที่ผสมกับสารเคมี ตามเวลาที่กำหนด คือ 1 วัน 3 วัน และ 7 วัน เพื่อรอการทดสอบน้ำยางต่อไป ขณะบ่มน้ำยางต้องกวนตลอดเวลาด้วยเครื่องกวน (Stirrer) ที่ความเร็วรอบ 20–40 รอบต่อนาที

#### ข้อเสนอแนะ

1. การเติมสารเคมีแต่ละตัวแต่ละชนิดควรใช้เวลาห่างกันประมาณ 5 นาที เพื่อให้สารเคมีที่เติมไปก่อนหน้านี้มีการกระจายตัวก่อน
2. ในการชั่งน้ำยางก่อนชั่งต้องให้น้ำยางที่บรรจุในถังเก็บน้ำยางเป็นเนื้อเดียวกันก่อน (ในการตั้งน้ำทิ้งไว้นาน ๆ อนุภาคยางจะลอยขึ้นมาอยู่บนส่วนบน) โดยการกวนหรือกลิ้งถังบรรจุน้ำยาง จากนั้นกรองแล้วถึงทำการชั่ง

#### ประโยชน์

- การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี และมีการบ่มตามกำหนดที่กำหนดตามสูตรทำให้น้ำยางผสมสารเคมี (Compound latex) ที่พร้อมสำหรับทำผลิตภัณฑ์



|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 3.2                       | หน่วยที่ 3                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีด้วยคลอโรฟอร์ม                                    |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถทำการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูปด้วยวิธีคลอโรฟอร์ม
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

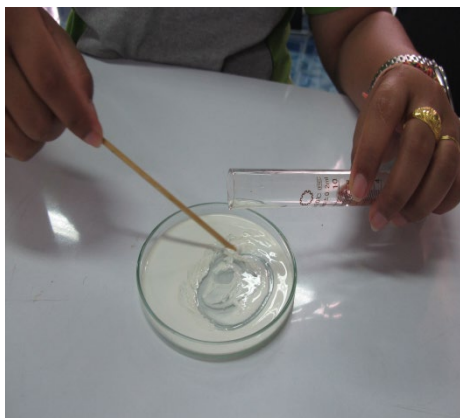
1. บอกวัสดุ- อุปกรณ์ในการทดสอบคลอโรฟอร์มได้
2. เลือกใช้วัสดุ- อุปกรณ์ในการทดสอบคลอโรฟอร์มได้
3. สามารถเลือกใช้สารเคมีในการทดสอบคลอโรฟอร์มได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถเลือกใช้สารเคมีตามปริมาณที่เหมาะสมในการทดสอบคลอโรฟอร์มได้
5. อธิบายขั้นตอนพร้อมรูปการทดสอบคลอโรฟอร์มได้
6. สามารถปฏิบัติการทดสอบคลอโรฟอร์มได้
7. สามารถวิเคราะห์ผลจากการทดสอบคลอโรฟอร์มได้

#### เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์

1. เครื่องกวนน้ำยาง
2. เครื่องชั่ง
3. ปีกเกอร์
4. แท่งแก้ว

#### สารเคมี

1. น้ำยางผสมสารเคมี
2. คลอโรฟอร์ม



ภาพที่ 3.2.1 แสดงวิธีการทดสอบคลอโรฟอร์ม

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. ชั่งน้ำยางผสมสารเคมีที่เตรียมไว้ จำนวน 10 กรัม
  2. ตวงคลอโรฟอร์ม 10 มิลลิลิตร
  3. เทคลอโรฟอร์มผสมกับน้ำยางผสมสารเคมี
  4. ใช้แท่งแก้วคนจนยางจับตัวกันเป็นก้อน
  5. สังเกตลักษณะของก้อนยาง
  6. บันทึกผลการทดลองตามแบบฟอร์มในตารางที่ 1
  7. โดยสามารถจัดเกรดลักษณะของก้อนยางดังนี้
    - No.1 ก้อนยางเหนียวเหมือนหมากฝรั่ง เมื่อยืดออกเป็นใย
    - No.2 ยางจับตัวเป็นก้อนเดียวกัน ยืดออกน้อย เมื่อดึงแล้วขาด
    - No.3 ก้อนยางไม่เหนียว ขาดออกจากกันได้ง่าย
    - No.4 ก้อนยางเป็นผงร่วน
- ระดับที่เหมาะสมกับการใช้งานคือ ระดับ - No.2 ถึง - No. 3

### ตารางที่ 3.2.1 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบคลอโรฟอร์ม

| ว/ด/ป ที่ทดสอบ | ลักษณะของก้อนยางที่จับตัว | ระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูป |
|----------------|---------------------------|---------------------------------|
|                |                           |                                 |

#### ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน

1. สารคลอโรฟอร์ม เป็นสารอันตราย ไม่ควรสัมผัสโดยตรงด้วยมือเปล่าควรใส่ถุงมือทุกครั้ง  
ที่ปฏิบัติงาน
2. ต้องปิดปากและจมูกทุกครั้งเมื่อปฏิบัติงานกับสารคลอโรฟอร์ม

#### ข้อเสนอแนะ

- การทดสอบคลอโรฟอร์มขั้นวิเคราะห์ผลต้องสังเกตให้รอบคอบเพราะหากวิเคราะห์ผล  
ผิดพลาดทำให้ผิดพลาดถึงกระบวนการผลิตได้

#### ประโยชน์

- การทดสอบคลอโรฟอร์มเป็นวิธีทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีที่ง่ายที่สุด สามารถบอกให้รู้  
ว่าน้ำยางผสมสารเคมีที่เก็บบ่มน้ำยางเหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์หรือยัง

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 3.3                       | หน่วยที่ 3                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน วิธีการทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีด้วย Swelling Test                            |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถทำการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูปด้วยวิธี Swelling Test
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

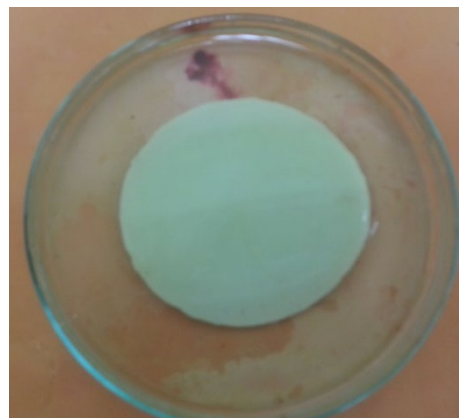
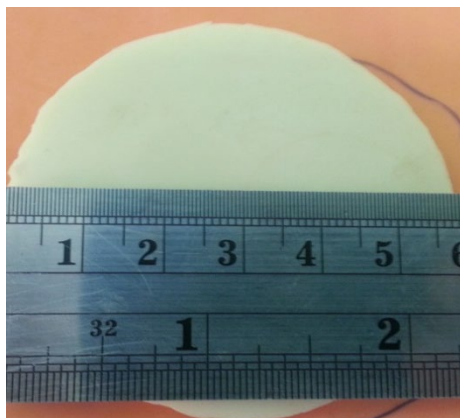
1. บอกวัสดุ- อุปกรณ์ในการทดสอบ Swelling Test ได้
2. เลือกใช้วัสดุ- อุปกรณ์ในการทดสอบ Swelling Test ได้
3. สามารถเลือกใช้สารเคมีในการทดสอบ Swelling Test ได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถเลือกใช้สารเคมีตามปริมาณที่เหมาะสมในการทดสอบ Swelling Test ได้
5. อธิบายขั้นตอนพร้อมรูปการทดสอบ Swelling Test ได้
6. สามารถปฏิบัติการทดสอบ Swelling Test ได้
7. สามารถวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ Swelling Test ได้

#### เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์

1. เครื่องกวนน้ำยาง
2. เครื่องชั่ง
3. ปีกเกอร์หรือถาดอลูมิเนียม
4. แท่งแก้ว
5. ไม้บรรทัดเหล็ก
6. เครื่องมือสำหรับตัดชิ้นทดสอบ

#### สารเคมี

1. น้ำยางผสมสารเคมี
2. เบนซิน หรือโทลูอีน



ภาพที่ 3.3.1 แสดงการทดสอบวิธี Swelling Test

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. นำน้ำยางคอมปาวด์ (น้ำยางผสมสารเคมี) ประมาณ 200 กรัม มาทำให้เป็นฟิล์มบนกระดาษหรือภาชนะแบนแล้วทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
2. ได้ฟิล์มยางที่แห้งบาง (ความหนาไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร) นำมาตัดด้วยเครื่องตัดรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 24 มิลลิเมตร (วัดให้แน่นอน) แล้วบันทึกค่าความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางของฟิล์มยาง
3. นำฟิล์มยางหรือชิ้นทดสอบมาแช่ในตัวทำละลาย เช่น เบนซีน (Benzene) หรือโทลูอีน (Toluene) ใช้เวลา 30 นาที
4. หลังจากแช่ในตัวทำละลาย 30 นาที นำชิ้นทดสอบมาวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง แล้วบันทึกผลและให้ทดสอบโดยการทำซ้ำอย่างน้อย 3 ชิ้นทดสอบ เพื่อประเมินหาระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูป ซึ่งระบุเป็นสัดส่วนการบวม (Swelling Ratio)
5. คำนวณหาค่าจากเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นทดสอบภายหลังการแช่ในตัวทำละลาย 30 นาที ทหารด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการแช่ในตัวทำละลาย และสัดส่วนที่ได้มีความหมายดังนี้
  - มากกว่า 2.6 = unvulcanised
  - 2.0-2.6 = lightly vulcanised
  - 1.8-2.0 = moderately vulcanised
  - น้อยกว่า 1.75 = fully vulcanized

### ตารางที่ 3.3.1 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบ

| ว/ด/ป ที่ทดสอบ | ลักษณะของฟิล์มยางหลังจากแช่สารละลาย | ระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูป |
|----------------|-------------------------------------|---------------------------------|
|                |                                     |                                 |

#### ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน

1. สารละลายเบนซินหรือโทลูอีน เป็นสารอันตราย ไม่ควรสัมผัสโดยตรงด้วยมือเปล่าควรใส่ถุงมือทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน
2. ต้องปิดปากและจุกทุกครั้งเมื่อปฏิบัติงานกับสารละลายเบนซินหรือโทลูอีน

#### ข้อเสนอแนะ

- การทดสอบวิธี Swelling Test ขึ้นการวัดผลการบวมพองและการวิเคราะห์ผลต้องสังเกตให้รอบคอบเพราะหากวิเคราะห์ผลผิดอาจทำให้ผิดพลาดถึงกระบวนการผลิตได้

#### ประโยชน์

- การทดสอบวิธี Swelling Test เป็นวิธีทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีที่ง่ายไม่ยุ่งยากใช้เครื่องมือการทดสอบราคาถูก สามารถบอกให้รู้ว่าน้ำยางผสมสารเคมีที่เก็บบ่มน้ำยางเหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์หรือยัง

## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. **ความรู้สิ่งเป็นพิษ ตอนที่ 14** . กระทรวงสาธารณสุข, 2543.
- [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://webdb.dmsc.moph.go.th>, 10 มกราคม 2556.
- กรมอาชีวศึกษา. **ผลิตภัณฑ์น้ำยาง 1**. คู่มือการจัดการเรียนการสอน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
ชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, 2546.
- บุญธรรม นิธิอุทัย . **ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง**. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2532.
- วรารณณ์ ขจรไชยกูล. **ยางธรรมชาติการผลิตและการใช้งาน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย  
(สกว.). ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์, 2549.
- วรารณณ์ ขจรไชยกูลและคณะ. **วิธีการทดสอบน้ำยางชั้น**, เอกสารวิชาการเลขที่ 2/2554, สถาบัน  
การวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร, 2554.
- วสันต์ ขาวปลอด. **ศึกษาสมบัติของยางผสมสารเคมีหลังการเก็บบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่มีสาร  
ตัวเร่งและสารตัวเติมต่าง ๆ กัน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :  
<http://www.sat.psu.ac.th/polymer2008>, 5 มกราคม 2556.
- วิชัย ปราสาททอง. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :  
<http://webdb.dmsc.moph.go.th>, 5 มกราคม 2556.
- อภิญา ชูคง. **ศึกษาผลของการบ่มเร่งน้ำยางต่อการวัลคาไนซ์ของยาง**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก :  
<http://www.sat.psu.ac.th/polymer2008>, 18 มกราคม 2556.
- อันตรายคลอโรฟอร์ม**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://board.212cafe.com/view>, 18 มกราคม  
2556.

## หน่วยที่ 4

### การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบขึ้นเดียว

#### หัวเรื่อง

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแม่พิมพ์
2. การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบขึ้นเดียว
3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบขึ้นเดียว
4. สรุป

#### สาระสำคัญ

การทำแม่พิมพ์เป็นขึ้น ๆ เพื่อให้สามารถถอดได้ง่ายและนำไปใช้หล่อชิ้นงานได้หลาย ๆ ครั้ง ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันออกไปตามประโยชน์การใช้งาน และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ แม่พิมพ์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แม่พิมพ์ชั่วคราวและแม่พิมพ์ถาวร หรืออาจแบ่งตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ ส่วนการผลิตจะผลิตตามลักษณะงานที่ต้องการ เช่น แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียว และแม่พิมพ์แบบ 2 ซีก แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวส่วนมากจะเป็นแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับหล่อรูปนูนต่ำ และรูปนูนสูง หรืออาจจะเป็นแม่พิมพ์สำหรับหล่อรูปลอยตัวที่มีรายละเอียดน้อย มีขนาดของช่วงฐานใหญ่กว่าช่วงบน และมีความสูงไม่มากนัก เพราะสามารถถอดชิ้นงานหล่อออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

##### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแม่พิมพ์และชนิดของแม่พิมพ์งานหล่อ
2. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบขึ้นเดียว
3. เพื่อให้ประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และความมีภูมิคุ้มกัน ในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบขึ้นเดียว
4. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบความขยัน ซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัยสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้มีความเป็นประชาธิปไตย ใช้เวลาให้เป็นประโยชน์และห่างไกลยาเสพติด



### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้นักศึกษา

1. อธิบายที่มาของแม่พิมพ์สำหรับงานหล่ออย่าง
2. บอกความหมายของการทำพิมพ์
3. บอกความหมายของแม่พิมพ์ชนิดชั่วคราวและแม่พิมพ์ชนิดถาวร
4. บอกความหมายและอธิบายขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ทุบ
5. บอกความหมายและอธิบายขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ขึ้น
6. บอกความหมายของแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียว
7. ผลิตแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยปูนปลาสเตอร์
8. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียว
9. เตรียมความพร้อมในการเรียนมีระเบียบวินัยและปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด

### 1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแม่พิมพ์

แต่เดิมเชื่อว่า การหล่อขึ้นรูปและแม่พิมพ์เกิดขึ้นมาพร้อมกับธรรมชาติ กล่าวคือ เมื่อซากพืชหรือซากสัตว์ เช่น หอย ปลา และสัตว์ที่ตายแล้วถูกโคลนหรือทรายทับถมเป็นเวลานาน ๆ นับล้านปี จนกระทั่งซากสัตว์เหล่านั้นกลายเป็นซากแข็ง ส่วนโคลนหรือทรายนั้นกลายเป็นหิน ต่อมาเมื่อหินนั้นแยกออกจากกันจึงปรากฏซากสัตว์ที่ติดอยู่กับหินซีกหนึ่งส่วนหินอีกซีกหนึ่งไม่มีซากสัตว์ติดอยู่ภายใน แต่จะเกิดร่องรอยและพื้นผิวอยู่ภายในซึ่งจะมีลักษณะตรงข้ามกับหินซีกแรก ในขั้นตอนนี้เองจะเห็นได้ว่าจะเกิดแม่พิมพ์ขึ้นเป็นครั้งแรก โดยมีซากสัตว์ หอย ปลา หรือพืชเป็น รูปต้นแบบ มีโคลนหรือทรายที่กลายเป็นหิน เป็นแม่พิมพ์ หรือแบบหล่อ (สุวิทย์ วิทยาจักร 2550 : 5) เมื่อมนุษย์รู้จักนำโลหะมาใช้งานจึงเกิดการทำแม่พิมพ์ขึ้นเพื่อการหล่อโลหะ แม่พิมพ์ในระยะเริ่มแรกเป็นแม่พิมพ์แบบธรรมดา ที่ใช้วิธีการขุดหรือแกะสลักลงบนวัสดุที่จะใช้ทำแม่พิมพ์ให้เกิดเป็นหลุม หรือแอ่งที่มีรูปร่างตามความต้องการ โดยมีฝาปิดอยู่ด้านบนหรือใช้แม่พิมพ์ 2 ชิ้นประกบกัน แม่พิมพ์เหล่านี้อาจทำมาจากดินเหนียว หิน หรือโลหะที่สามารถทนความร้อนสูง ๆ ได้ แม่พิมพ์แบบนี้มักจะทำขึ้นเพื่อการหล่อรูปแบบเรียบง่าย เช่น ขวาน หัวดอก หัวลูกศร ส่วนแม่พิมพ์ที่ทำขึ้นเพื่อหล่อวัตถุที่มีลวดลาย หรือรูปทรงที่มีรายละเอียดซับซ้อน จะใช้แม่พิมพ์หลายชิ้นประกบกัน เพื่อให้สามารถถอดแม่พิมพ์ออกได้ง่าย หากต้องการหล่อวัตถุให้กลวง ก็จะใช้แกนที่ทำด้วยดินเหนียวไว้ใน ตรงบริเวณที่ต้องการให้กลวง

การทำแม่พิมพ์ในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่ายังมีรากฐานการทำแม่พิมพ์มาจากอดีต คือการทำแม่พิมพ์เป็นชิ้น ๆ เพื่อให้สามารถถอดแม่พิมพ์ออกได้ง่ายและนำแม่พิมพ์ไปใช้หล่อชิ้นงานได้หลาย ๆ ครั้ง เพียงแต่ในปัจจุบันรูปแบบของแม่พิมพ์อาจแตกต่างกันออกไปตามประโยชน์การใช้งาน และ

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ที่มีมากมายหลายชนิด เช่น ปูนซีเมนต์ ปูนปลาสเตอร์ ยางพารา โลหะ ไฟเบอร์กลาส และยางซิลิโคน เป็นต้น



ภาพที่ 4.1 แม่พิมพ์หินทรายที่ใช้ในการหล่อโลหะสำริด

ที่มา : <http://www.br.ac.th/CAI>

### 1.1 ความหมายของรูปต้นแบบการทำแม่พิมพ์

การทำแม่พิมพ์ หมายถึง การนำเอาสิ่งที่มีปริมาตร หรือรูปทรงต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นผลงานศิลปะ เช่น งานปั้น งานแกะสลัก หรือสิ่งต่าง ๆ จากธรรมชาติ เรียกว่า รูปต้นแบบ มาถอดแบบด้วยการนำของเหลวที่สามารถเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็งได้มาเทหุ้ม หรือเคลือบรูปต้นแบบเอาไว้ เรียกว่า การทำพิมพ์ เมื่อของเหลวนั้นแข็งตัวจึงถอดรูปต้นแบบออกมา ก็จะปรากฏรูปทรงและพื้นผิวที่ตรงข้ามกับรูปต้นแบบอยู่ในของแข็งนั้นเรียกว่า แม่พิมพ์ หรือแบบหล่อ



ภาพที่ 4.2 รูปต้นแบบจากน้ำยาพาราสำหรับทำแม่พิมพ์

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

การทำแม่พิมพ์ชนิดใดก็ตามมักจะมีรูปแบบเป็นตัวกำหนดเสมอ เช่น รูปแบบปูนดำ หรือลอยตัว ต่อจากนั้นจึงพิจารณาว่าจะนำแม่พิมพ์นั้นมาหล่อกับวัสดุชนิดใด เช่น กระจก ปูน พลาสติก เรซิน หรือไฟเบอร์กลาส เป็นต้น ถ้าหล่อชิ้นงานจำนวนมากสามารถเลือกทำแม่พิมพ์ที่มีคุณภาพ มีความทนทาน สามารถใช้งานได้นาน เช่น แม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาส แม่พิมพ์ยางซิลิโคน แต่ถ้าต้องการหล่อจำนวนน้อย หรือเพียงแค่ชิ้นเดียวก็ควรที่จะเลือกวัสดุที่มีคุณภาพรองลงมา เพื่อลดต้นทุนให้น้อยลง เช่น ถ้าต้องการหล่อปูนด้วยไฟเบอร์กลาสเพียงชิ้นเดียว ก็สามารถใช้แม่พิมพ์ปูนพลาสติก แทนแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาส หรือแม่พิมพ์ยางซิลิโคนก็ได้ การทำพิมพ์เพื่องานหล่อนั้นไม่จำเป็นต้องทำแม่พิมพ์ที่มีรูปแบบตายตัว หรือเจาะจงเลือกวัสดุในการทำพิมพ์ที่เป็นที่รู้จักเท่านั้น เราอาจจะใช้แผ่นไม้กระดาน แผ่นพลาสติก หรือวัสดุชนิดอื่น นำมาตัด ตัด ประกอบกันให้เกิดรูปทรงตามต้องการ แล้วนำมาใช้เทหล่อแทนแม่พิมพ์ก็ได้ กระบวนการหล่อเป็นกระบวนการที่พัฒนาได้เปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการ โดยใช้วัสดุที่มีอยู่แล้ว บางทีอาจทำให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่ามากกว่าการทำแม่พิมพ์ขึ้นมาใหม่ นอกจากตัวอย่างนี้แล้ว ยังสามารถผสมผสานแม่พิมพ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มาใช้ด้วยกันเป็นแม่พิมพ์เพียงชิ้นเดียวก็ได้ เพื่อลดต้นทุนในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลา เช่น การนำแม่พิมพ์ยางพารามาใช้ร่วมกับแม่พิมพ์ปูนพลาสติก โดยใช้แม่พิมพ์ยางพารากับส่วนที่มีรายละเอียดมาก และใช้แม่พิมพ์ปูนพลาสติกกับส่วนที่มีรายละเอียดน้อย หรือใช้แม่พิมพ์ยางซิลิโคนกับแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาส เพื่อสร้างแม่พิมพ์ที่มีความคงทนถาวร เป็นต้น

กระบวนการทำแม่พิมพ์ยังมีอีกประเด็นที่ควรทำความเข้าใจคือ แม่พิมพ์ชนิดที่มีความอ่อนนิ่มนั้น จะสามารถนำมาหล่อวัสดุที่มีความแข็งแรงได้ดี และถอดชิ้นงานหล่อได้ง่ายกว่าแม่พิมพ์ชนิดแข็ง ซึ่งจะต้องรื้อมอดชิ้นงานหล่อออกก่อนที่จะขึ้นงานหล่อนั้นจะแข็งตัวเต็มที่ เพราะแม่พิมพ์ชนิดนี้มีความยืดหยุ่นตัวน้อย หรืออาจจะไม่มีเลย จึงต้องอาศัยความอ่อนตัวของชิ้นงานหล่อ ในขณะที่ยังแข็งตัวไม่เต็มที่เพื่อช่วยในการถอดชิ้นงานออกมาจากแม่พิมพ์ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นเพื่อให้การทำพิมพ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นจะต้องศึกษาถึงหลักการทำพิมพ์และองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อให้ได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพสำหรับใช้ในการสร้างสรรค์งานหล่อต่อไป

## 1.2 ชนิดของแม่พิมพ์

แม่พิมพ์โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิด (สุวิทย์ วิทยาจักร 2550 : 6) คือ แม่พิมพ์ชั่วคราว และแม่พิมพ์ถาวร หรือแบ่งตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ได้อีก เช่น แม่พิมพ์ปูนพลาสติก แม่พิมพ์ปูนซีเมนต์ แม่พิมพ์ยางพารา แม่พิมพ์ยางซิลิโคน แม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาส เป็นต้น

**1.2.1 แม่พิมพ์ชั่วคราว** หมายถึง แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นอย่างรวดเร็ว ไม่พิถีพิถันมากนักทำขึ้นเพื่อต้องการหล่อชิ้นงานเพียงชิ้นเดียว หรือต้องการนำชิ้นงานหล่อไปทำรูปแบบอื่น จึงอาจทำพิมพ์เพียงชิ้นเดียว หรือน้อยชิ้นที่สุด ทั้งนี้ก็เพื่อรักษาสภาพของรูปแบบเอาไว้ไม่ให้เสียหายก่อนที่จะทำ

พิมพ์เสร็จ แม่พิมพ์ชนิดนี้ จะถอดชิ้นงานหล่อออกยากจึงจำเป็นต้องทุบ หรือต่อยแม่พิมพ์ให้ชำรุดเพื่อ  
รักษาชิ้นงานหล่อเอาไว้ เรียกว่า แม่พิมพ์ทุบ



ภาพที่ 4.3 แม่พิมพ์ทุบและชิ้นงานหล่อ

ที่มา : <http://lolaytoon.exteen.com>

**1.2.2 แม่พิมพ์ถาวร** หมายถึง แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นเพื่อหล่อชิ้นงานจำนวนมาก ๆ จึง  
จำเป็นต้องทำแม่พิมพ์ให้มีความประณีตเรียบร้อย และคงทนมากขึ้นด้วยการแบ่งพิมพ์ออกเป็นชั้น ๆ  
เพื่อให้สามารถถอดชิ้นงานหล่อออกมาได้ง่าย โดยไม่เกิดความเสียหายทั้งแม่พิมพ์ และชิ้นงานหล่อ  
เรียกว่า แม่พิมพ์ขึ้น

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งชนิดของแม่พิมพ์ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์  
เช่น แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ แม่พิมพ์ปูนซีเมนต์ แม่พิมพ์ยางพารา แม่พิมพ์ยางซิลิโคน แม่พิมพ์  
ไฟเบอร์กลาส เป็นต้น





ภาพที่ 4.4 แม่พิมพ์ถาวรหรือแม่พิมพ์ขึ้น

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 2. การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบขึ้นเดียว

### 2.1 แม่พิมพ์ทุบ



ภาพที่ 4.5 แม่พิมพ์ทุบ

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

แม่พิมพ์ทุบ (Waste Mold) หรือพิมพ์ต๋อย หมายถึง แม่พิมพ์ที่หล่อขึ้นงานได้เพียงครั้งเดียว แล้วทุบทิ้ง หรือต๋อยทำลาย จะไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้อีก รูปต้นแบบที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ส่วนใหญ่มักจะเป็นวัสดุอ่อนนุ่มที่ได้จากการปั้น เช่น ดินเหนียว หรือดินน้ำมัน หรือจากธรรมชาติ เช่น ฟืช ผัก ผลไม้ ซากสัตว์ ถอดพิมพ์อย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาผิวของรูปต้นแบบไม่ให้เสียหายก่อนจะทำ

แม่พิมพ์เสร็จ การทำแม่พิมพ์ทุบนี้อาจทำพิมพ์มากกว่า 1 ชิ้นก็ได้ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของรูปต้นแบบ ซึ่งอาจเป็นรูปนูนต่ำ นูนสูง หรือรูปลอยตัว แต่การแบ่งชิ้นพิมพ์จะเป็นการแบ่งแบบหยาบ ๆ และการประกอบพิมพ์เข้าด้วยกันเป็นการประกอบแบบชั่วคราว นอกจากนี้การทำแม่พิมพ์ทุบอาจเกิดจากความต้องการผลงานหล่อเพียงชิ้นเดียว หรือเพื่อต้องการทำรูปต้นแบบไปใช้ทำแม่พิมพ์ชนิดถาวรต่อไป

การทำแม่พิมพ์ทุบโดยทั่วไปไม่นิยมเสริมเส้นใยมะพร้าวเป็นโครงสร้างเหมือนกับการหล่อรูปหรือการทำแม่พิมพ์ชนิดอื่น เนื่องมาจากเหตุผลที่ว่า ถ้าปูเส้นใยมะพร้าวเป็นโครงสร้างแล้วจะทำให้ปูนปลาสเตอร์หรือแม่พิมพ์แข็งแกร่งขึ้น จะทุบพิมพ์ออกได้ยาก แต่บางครั้งก็สามารถนำเส้นใยมะพร้าวมาเสริมในการทำแม่พิมพ์ โดยปูเส้นใยมะพร้าวบาง ๆ ให้ทั่วพิมพ์ ซึ่งจะช่วยให้แม่พิมพ์หลุดร่อนออกมาจากรูปต้นแบบเป็นแผ่นได้โดยง่าย โดยทั่วไปแม่พิมพ์ทุบจะมีความหนาประมาณ  $\frac{1}{2}$  นิ้ว เพื่อให้สามารถทุบพิมพ์ออกได้ง่าย ดังนั้น เมื่อเป็นแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ จึงต้องมีการเสริมโครงสร้างภายนอกแม่พิมพ์ ด้วยการใช้ท่อนไม้ เหล็กเส้น ท่อเหล็ก มาประกบและตาม ตามแนวยาวของแม่พิมพ์ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงขณะใช้งาน

### 2.1.1 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ทุบ

2.1.1.1 เตรียมรูปต้นแบบดินเหนียวหรือดินน้ำมันที่มีพื้นด้านหลังเรียบวางลงบนไม้กระดานแผ่นเรียบ ถ้าผิวชิ้นงานรูปต้นแบบไม่เรียบต้องตกแต่งด้วยดินน้ำมันก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันปูนปลาสเตอร์ไหลเข้าด้านหลังรูปต้นแบบขณะทำแม่พิมพ์



ภาพที่ 4.6 ชิ้นงานต้นแบบ

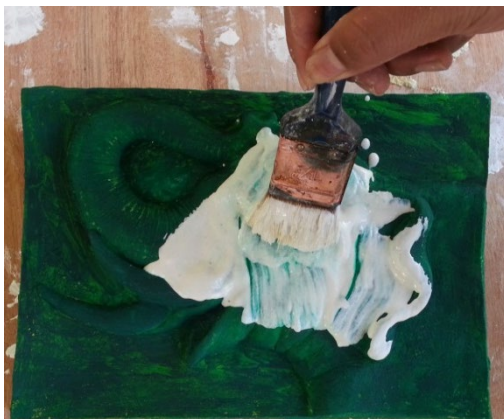
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.2 ผสมสีกับน้ำ เพื่อให้แม่พิมพ์ทุบมีสีที่แตกต่างระหว่างสีของแม่พิมพ์ทุบกับชิ้นงานหล่ออย่างชัดเจน จากนั้นผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในสัดส่วนที่เท่า ๆ กัน คนปูนปลาสเตอร์กับน้ำให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยใบพายสแตนเลส หรือใช้มือผสมให้เข้ากันจนเป็นเนื้อครีม



ภาพที่ 4.7 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำและสี  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.3 ใช้แปรงทาปูนปลาสเตอร์ลงบนรูปต้นแบบให้ทั่วและรอบ ๆ รูปต้นแบบ หรือใช้มือพอก ให้มีความหนาประมาณ ½ นิ้ว เพื่อเป็นความหนาของพิมพ์ ใช้พายพลาสติกเกลี่ยปูนปลาสเตอร์ให้มีความหนาเท่า ๆ กัน รอจนปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัว



ภาพที่ 4.8 แปรงทาปูนปลาสเตอร์และเกลี่ยให้มีความหนาเท่า ๆ กัน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



2.1.1.4 ปูเส้นใยมะพร้าวบาง ๆ ให้ทั่วเพื่อเสริมแรง และผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำอีกครั้ง ใช้ใบพายพลาสติกปาดให้ทั่วบริเวณที่ปูเส้นใยมะพร้าว โดยปาดให้ปูนปลาสเตอร์มีความหนาประมาณ ½ นิ้ว และปาดผิวปูนปลาสเตอร์ในขณะที่ปูนเริ่มแห้งหมาดด้วยใบพายพลาสติกให้เรียบร้อย



ภาพที่ 4.9 ปูเส้นใยมะพร้าวและปาดผิวให้เรียบ

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.5 เมื่อปูนปลาสเตอร์แข็งตัวดีแล้ว ให้ใช้เกรียงแบนค่อย ๆ จัดแม่พิมพ์ออกจากไม้กระดานรองแบบ รื้อชิ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์และทำความสะอาดแม่พิมพ์ให้เรียบร้อย



ภาพที่ 4.10 รื้อรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



2.1.1.6 ทาหน้าอย่างล้างจานชั้นไลท์หรือวาสลีนให้ทั่วแม่พิมพ์ 1 - 2 ชั้น และรองน  
แห้งสนิท จากนั้นผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในปริมาณเท่า ๆ กันอีกครั้งคนให้ปูนปลาสเตอร์กับน้ำผสม  
เป็นเนื้อเดียวกัน และใช้แปรงทาให้ทั่วแม่พิมพ์



ภาพที่ 4.11 ทาปูนปลาสเตอร์ให้ทั่วแม่พิมพ์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.7 เกลี่ยปูนปลาสเตอร์ให้มีความหนาเท่า ๆ กัน ทิ้งให้แห้งด้วยใบพาย  
พลาสติกกรองจนปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัว ปูเส้นใยมะพร้าวบาง ๆ ให้ทั่ว และเทปูนปลาสเตอร์ลงไป  
แม่พิมพ์พร้อมใช้ใบพายพลาสติกเกลี่ยให้เรียบสม่ำเสมอ



ภาพที่ 4.12 เกลี่ยปูนปลาสเตอร์และปูเส้นใยมะพร้าว  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.8 ใช้พายพลาสติกเกลี่ยปูนปลาสเตอร์ให้ทั่ว จนมีความหนาเท่า ๆ กัน เมื่อปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัว ให้ปาดหลังชิ้นงานหล่อจนกว่าจะเรียบด้วยใบพายพลาสติกเช่นกัน เมื่อชิ้นงานหล่อแข็งตัวเต็มที่แล้ว ทูบแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ให้แตกด้วยไม้ท่อนยาว 8 นิ้ว โดยการใช้ค้อนไม้ตอกให้แม่พิมพ์ทุบหลุดร่อนออกจากผิวของชิ้นงานหล่อ



ภาพที่ 4.13 ค้อนไม้ตอกแม่พิมพ์ทุบออกจากผิวของชิ้นงาน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.9 ได้แม่พิมพ์ทุบและชิ้นงานหล่อปูนปลาสเตอร์จากแม่พิมพ์ทุบ แยกออกจากกันชัดเจนจากสีที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4.14 ชิ้นงานหล่อปูนปลาสเตอร์จากแม่พิมพ์ทุบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 2.1.2 ข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์ทุบ

2.1.2.1 ศึกษาขั้นตอนการผลิตทุกครั้งก่อนลงมือทำ

2.1.2.2 รูปต้นแบบในการทำพิมพ์ที่เป็นดินน้ำมันเสียรูปได้ง่าย ต้องระวังอย่าวางในที่แดดส่องถึง

2.1.2.3 การผสมปูนปลาสเตอร์ต้องระวังฟองอากาศจะทำให้ชิ้นงานไม่ประณีต

## 2.2 แม่พิมพ์ขึ้น



ภาพที่ 4.15 แบบชิ้นงานที่จำเป็นต้องทำแม่พิมพ์ขึ้น

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

แม่พิมพ์ขึ้น (Piece Mold) หมายถึง แม่พิมพ์ หรือแบบหล่อที่แบ่งออกเป็นหลาย ๆ ชิ้น เพื่อให้สะดวกต่อการถอดพิมพ์ออกจากชิ้นงานหล่อได้โดยแม่พิมพ์ไม่ชำรุดหรือเสียหาย จึงนำแม่พิมพ์มาใช้หล่อรูปได้หลายครั้ง การทำแม่พิมพ์ขึ้นด้วยปูนปลาสเตอร์นั้นจำเป็นต้องลดตัดทอนในส่วนรายละเอียดของรูปต้นแบบออกบ้าง เพื่อให้สามารถถอดแม่พิมพ์ได้โดยง่ายและลดจำนวนชิ้นของพิมพ์ (สุวิทย์ วิทยาจักร 2550 : 40)

แม่พิมพ์ขึ้นประกอบด้วย ส่วนที่เป็นแม่พิมพ์มีความหนาประมาณ 1 - 1½ นิ้ว และส่วนที่เป็นพิมพ์ครอบมีหน้าที่ประคองพิมพ์ขึ้นให้เข้ารูป และยังรับน้ำหนักของพิมพ์ขึ้นอีกด้วย จึงต้องมีความแข็งแรงมากกว่าพิมพ์ขึ้น โดยจะต้องมีความหนาประมาณ 2 นิ้ว



## 2.2.1 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ขึ้น

2.2.1.1 ตีรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์กับไม้กระดาซแผ่นเรียบ ทาแชลแลค (Shellac) และแลคเกอร์ (Lacquers) ให้เรียบร้อย ลากเส้นแบ่งขึ้นพิมพ์ให้ชัดเจน ด้วยดินสอดำอย่างอ่อน หรือปากกาเมจิก



ภาพที่ 4.16 รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ลากเส้นแบ่งขึ้นพิมพ์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.2 กั้นดินน้ำมันเพื่อทำพิมพ์ขึ้นที่ 1 โดยกั้นดินน้ำมันให้มีความสูง 1½ นิ้วขึ้นไป (เท่าความหนาของพิมพ์) ทาน้ำมันหรือวาสลีนกันพิมพ์ (รูปต้นแบบ) ทุกครั้ง เมื่อทำแม่พิมพ์ทุก ๆ ชิ้น เพื่อกันมิให้ปูนปลาสเตอร์ติดกับรูปต้นแบบที่เป็นปูนปลาสเตอร์เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 4.17 กั้นดินน้ำมันเพื่อทำแม่พิมพ์ขึ้นที่ 1  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.3 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำ ให้น้ำมีปริมาณมากกว่าปูนปลาสเตอร์เล็กน้อย เพื่อให้ส่วนผสมเหลว คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทาด้วยแปรงให้ทั่วรูปต้นแบบ ใช้ใบพายพลาสติกเกลี่ย ปูนปลาสเตอร์ให้มีความหนาเท่า ๆ กัน โดยดูจากความสูงของดินน้ำมันที่กั้นไว้เป็นตัวกำหนดความ หนาของแม่พิมพ์แต่ละชิ้น



ภาพที่ 4.18 เทปูนปลาสเตอร์ทั่วแบบแม่พิมพ์ชิ้นที่ 1  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.4 ใช้มีดปลายแหลมขูดเป็นร่องรูปสี่เหลี่ยมคล้ายลิ้ม ที่แม่พิมพ์ชิ้นที่ 1 เพื่อเป็น ร่องสำหรับสวมเดือยยึดระหว่างแม่พิมพ์ชิ้นและแม่พิมพ์ครอบ กั้นดินน้ำมันและทาวาสลีนเพื่อทำ แม่พิมพ์ชิ้นต่อไป



ภาพที่ 4.19 มีดปลายแหลมขูดเป็นร่องรูปสี่เหลี่ยมและทาวาสลีน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.5 กั้นดินน้ำมันเพื่อทำแม่พิมพ์ชั้นที่ 2 และกั้นดินน้ำมันเพื่อทำแม่พิมพ์ชั้นที่ 3 จนแม่พิมพ์ทุกชั้นเสร็จสิ้นลงด้วยวิธีการเดียวกันกับการทำแม่พิมพ์ชั้นที่ 1 ใช้มีดเซาะร่องบนแม่พิมพ์ชั้นทุกชั้นเพื่อเป็นตัวล็อคแม่พิมพ์ครอปต่อไป



ภาพที่ 4.20 กั้นดินน้ำมันและทาปูนปลาสเตอร์ให้ทั่วพิมพ์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.6 กั้นดินน้ำมันรอบ ๆ แม่พิมพ์ชั้น ให้ดินน้ำมันมีความกว้าง 2 นิ้ว และสูงจากแผ่นไม้กระดานขึ้นมา 1 ½ นิ้ว นำน้ำมันหรือวาสลีนทาแม่พิมพ์มาทาให้ทั่วบริเวณแม่พิมพ์ชั้น เพื่อกันมิให้แม่พิมพ์ชื้น และแม่พิมพ์ครอปติดกัน



ภาพที่ 4.21 กั้นดินน้ำมันรอบ ๆ พร้อมทาวาสลีนทั่วบริเวณแม่พิมพ์ชั้น  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



2.2.1.7 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในปริมาณเท่า ๆ กัน ใช้แปรงทาให้ทั่วแล้วพอกเพิ่ม เพื่อเป็นผิวของแม่พิมพ์ครอบ รองปูนปลาสเตอร์เริ่มก่อตัวผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำอีกครั้ง นำเส้นใยมะพร้าวมาจุ่มน้ำปูนปลาสเตอร์ แล้วปูเป็นโครงสร้างให้ทั่วและสม่ำเสมอเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับแม่พิมพ์ครอบ



ภาพที่ 4.22 ปูนปลาสเตอร์ผสมเส้นใยมะพร้าวเสริมแรงแม่พิมพ์ครอบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.8 ปาดปูนปลาสเตอร์บริเวณที่ปูเส้นใยมะพร้าว จนได้ความหนาของแม่พิมพ์ครอบตามที่ต้องการ และปาดผิวของแม่พิมพ์ครอบให้เรียบร้อยในขณะที่ปูนปลาสเตอร์ยังไม่แห้ง เมื่อปูนปลาสเตอร์แข็งตัวดีแล้ว ถอดแม่พิมพ์ครอบ และแม่พิมพ์ขึ้นออกจากกัน



ภาพที่ 4.23 ถอดแม่พิมพ์ครอบและแม่พิมพ์ขึ้นออกจากกัน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.9 ประกอบแม่พิมพ์ทุกชิ้น ตกแต่งผิวให้เรียบร้อยด้วยเครื่องมือแต่งปูน วางผัง  
ลมนจนแห้งสนิท หรือนำเข้าอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C ใช้เวลาประมาณ 30 นาที



ภาพที่ 4.24 ตกแต่งผิวด้วยเครื่องมือแต่งปูนแต่ละชิ้น  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.10 ทาเชลแลค (Shellac) และแลคเกอร์ (Lacquers) ให้ทั่วทั้งแม่พิมพ์ขึ้น  
และแม่พิมพ์ครอบ เพื่อรักษาผิวของแม่พิมพ์ เพิ่มความแข็งแรงและสวยงาม



ภาพที่ 4.25 แม่พิมพ์สำเร็จ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



## 2.2.2 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ขึ้น

2.2.2.1 ศึกษาขั้นตอนการทำจากคู่มือให้เข้าใจก่อนลงปฏิบัติ

2.2.2.2 การใช้ดินน้ำมันเพื่อแบ่งกันแม่พิมพ์ขึ้นต้องมีขนาดความหนาเท่าๆกัน

2.2.2.3 การถอดแม่พิมพ์ครอบต้องมั่นใจว่าปูนปลาสเตอร์แห้งดีแล้วทุกครั้ง ป้องกันแม่พิมพ์บิด แตก เสียรูป

## 2.3 การผลิตแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบขึ้นเดียว

แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบขึ้นเดียว หมายถึง แม่พิมพ์ที่มีเพียงขึ้นเดียว โดยส่วนมากมักจะ เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับหล่อชิ้นงานที่ไม่สลับซับซ้อนมากนัก เช่น ชิ้นงานนูนต่ำและชิ้นงานนูนสูง เป็นต้น แม่พิมพ์ชนิดนี้สามารถทำได้ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่



ภาพที่ 4.26 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบขึ้นเดียว

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 2.3.1 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบขึ้นเดียว

2.3.1.1 เตรียมแม่พิมพ์รูปต้นแบบ โดยทั่วไปกรณีเป็นชิ้นงานประเภทรูปนูนต่ำและนูนสูงแม่พิมพ์รูปต้นแบบอาจจะปั้นขึ้นเองจากดินน้ำมัน หรือจากวัสดุอื่นที่สามารถนำมาเป็นต้นแบบได้ เช่น พลาสติก ไม้ ยางพารา เซรามิก เป็นต้น



ภาพที่ 4.27 แม่พิมพ์รูปต้นแบบจากน้ำยางพารา  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.3.1.2 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในปริมาณ 2 ต่อ 1 คนปูนปลาสเตอร์กับน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกันใช้แปรงทาและพอกให้ทั่วแม่พิมพ์ต้นแบบ รอจนปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัว จากนั้นผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำอีกส่วน ชุบเส้นใยมะพร้าวด้วยน้ำปูนปลาสเตอร์ปูให้ทั่วบริเวณเพื่อเป็นโครงสร้างเสริมความแข็งแรงของแม่พิมพ์



ภาพที่ 4.28 ผสมปูนปลาสเตอร์และพอกบนแม่พิมพ์รูปต้นแบบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

- 2.3.1.3 รอให้ปูนปลาสเตอร์แห้ง ใช้เวลาประมาณ 40 – 60 นาที หลังจากนั้นพลิกชิ้นงานที่ยึดติดอยู่กับแม่พิมพ์รูปต้นแบบให้หงายขึ้น
- 2.3.1.4 แกะแม่พิมพ์รูปต้นแบบออก จากชิ้นงานที่เป็นแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์ หลังจากนั้นตกแต่งตรงส่วนขอบและฐานด้านหลังของแม่พิมพ์ให้เรียบ นำแม่พิมพ์เข้าอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 1 - 2 ชั่วโมง ได้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์พร้อมนำไปใช้งาน



ภาพที่ 4.29 ด้านหลังของแม่พิมพ์ต้นแบบปูนปลาสเตอร์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 4.30 แกะแม่พิมพ์รูปต้นแบบออก ตกแต่งผิว  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 4.31 อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 2.3.2 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบขึ้นเดียว

2.3.2.1 การป้องกันการแตกหักของชิ้นงานที่ยังไม่สำเร็จ ก่อนจะพลิกชิ้นงานที่ยึดติดอยู่กับแม่พิมพ์ต้นแบบต้องมั่นใจว่าชิ้นงานแห้งดีแล้ว

2.3.2.2 การผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำควรกำหนดสัดส่วนที่ชัดเจนเพราะถ้าใส่น้ำมากเกินไปจะทำให้ปูนปลาสเตอร์ไม่แห้งหรือแห้งช้าส่งผลให้ความแข็งแรงของแม่พิมพ์ลดลง

## 2.4 การผลิตแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาสแบบขึ้นเดียว

แม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาสแบบขึ้นเดียว หมายถึง แม่พิมพ์ที่มีเพียงขึ้นเดียว ไม่มีการแบ่งชั้นพิมพ์ มีกระบวนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับหล่อรูปนูนต่ำหรือรูปนูนสูงที่มีรายละเอียดไม่ซับซ้อนมากนัก



ภาพที่ 4.32 แม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาสแบบขึ้นเดียว  
ที่มา : สุวิทย์ วิทยาจักร (2550: 85)



ภาพที่ 4.33 รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์กันกรอบด้วยดินน้ำมัน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



#### 2.4.1 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาสแบบขึ้นเดียว

2.4.1.1 เตรียมรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ติดกับไม้กระดานแผ่นเรียบ นำดินน้ำมันที่คลึงและรีดเป็นเส้นหนา 1/8 นิ้ว กั้นโดยรอบรูปต้นแบบเว้นระยะห่างจากต้นแบบประมาณ 1½ นิ้ว

2.4.1.2 พ่นสีสเปรย์บาง ๆ ให้ทั่วรูปต้นแบบ เพื่อตึงผิวให้เรียบ และทาวาสลีนบาง ๆ ทั่วรูปต้นแบบ



ภาพที่ 4.34 พ่นสีสเปรย์และทาวาสลีน

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 4.35 ทาเรซินและเสริมแรงด้วยใยแก้ว

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.4.1.3 นำเรซิน PC 600 ที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาผงทลคัมและผสมสีได้ตามต้องการ ผสมกับตัวทำแข็งในอัตราส่วน 5% ของเนื้อเรซิน คนให้เข้ากัน ทาเรซินให้ทั่วรูปต้นแบบ และบริเวณรอบ ๆ ที่ก้นดินน้ำมันไว้ รอจนเรซินแข็งตัว ผสมเรซินและตัวทำแข็งอีกครั้ง ทาให้ทั่วรูปต้นแบบอีกครั้ง เพื่อให้ได้ความหนาของผิวแม่พิมพ์ เมื่อเรซิน PC 600 แข็งตัวดีแล้ว ตัดใยแก้วเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก กว้าง 2 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว ปูซ้อนกันให้ทั่วบริเวณที่ทาเรซิน

2.4.1.4 นำเรซิน 355 E ที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้ว ผสมกับตัวทำแข็งในอัตราส่วน 5% ของเรซินคนให้เข้ากัน ใช้แปรงจุ่มเรซินลงในบริเวณที่ปูใยแก้ว จุ่มจนกว่าใยแก้วและเรซินจะประสานเป็นเนื้อเดียวกัน (อย่าจุ่มนานเกินไปเรซินอาจแข็งตัวก่อน ทำให้งานเสียหายได้) ปูใยแก้วให้ทั่วเป็นครั้งที่ 2 และจุ่มด้วยเรซิน จนประสานเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด ปูใยแก้วเฉพาะส่วนปีกของแม่พิมพ์ เพื่อเสริมให้พิมพ์แข็งแรง และจุ่มด้วยเรซิน 355 E จนเรซินและใยแก้วจะประสานเป็นเนื้อเดียวกัน รอจนเรซินแข็งตัวเต็มที่



ภาพที่ 4.36 แปรงจุ่มเรซินลงในบริเวณที่ปูใยแก้ว  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.4.1.5 จัดแม่พิมพ์ออกจากไม้กระดานรองแบบด้วยไขควงแบน นำแม่พิมพ์ไปแช่น้ำ เพื่อให้รูปต้นแบบที่เป็นปูนปลาสเตอร์อ่อนตัว และหลุดร่อนจากผิวแม่พิมพ์ได้ง่าย

2.4.1.6 ใช้ไขควงสกัดรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ให้หลุดออกจากผิวของแม่พิมพ์จนหมด และนำแม่พิมพ์ไปผึ่งให้แห้งสนิท ใช้เครื่องเจียรระโน หรือใช้มีดคัดเตอร์ตัดขอบของแม่พิมพ์ออกให้เรียบร้อย



ภาพที่ 4.37 จัดแม่พิมพ์ออกจากไม้กระดานรอง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 4.38 สกัดรูปต้นแบบและตัดขอบของแม่พิมพ์ออก  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.4.1.7 ขัดแต่งผิว และลบคมของแม่พิมพ์ออกด้วยกระดาษทราย อุดส่วนที่ชำรุด และพองอากาศด้วยเรซิน PC600 สีเดิม ตัดแต่งขอบด้วยมีดคัตเตอร์ หรือเจียรไนด้วยเครื่องเจียรไน





ภาพที่ 4.39 ชัดและตกแต่งผิวให้สวยงาม  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 4.40 ชิ้นงานหล่อจากแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาส  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 2.4.2 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาสแบบขึ้นเดียว

2.4.2.1 ศึกษาขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติ

2.4.2.2 ตัวทำแข็งต้องซั้งให้ปริมาณถูกต้องเพื่อป้องกันการแข็งตัวก่อนกำหนด

2.4.2.3 ระวังอย่าให้ใยแก้วเข้าจมูกหรือเข้าปากเพราะเป็นอันตรายต่อร่างกาย

### 3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบขึ้นเดียว

- 3.1 ศึกษาขั้นตอนการผลิตให้เข้าใจทุกครั้งก่อนลงมือทำ
- 3.2 รูปต้นแบบที่เป็นดินน้ำมันเสียรูปได้ง่ายต้องระมัดระวังในการจับและวาง อย่าวางในที่โดนแดดส่องโดยตรง ดินน้ำมันจะละลายเสียรูป
- 3.3 การผสมปูนปลาสเตอร์ต้องระวังการเกิดฟองอากาศจะทำให้ชิ้นงานไม่ประณีต
- 3.4 การใช้ดินน้ำมันเพื่อแบ่งกันแม่พิมพ์ขึ้นต้องมีขนาดความหนาเท่าๆกัน
- 3.5 ก่อนจะถอดแม่พิมพ์ครอบต้องมั่นใจว่าปูนปลาสเตอร์แห้งดีทุกครั้ง
- 3.6 ก่อนจะพลิกชิ้นงานที่ยังยึดติดอยู่กับแม่พิมพ์ต้นแบบให้หงายขึ้นนั้นต้องมั่นใจว่าชิ้นงานแห้งดีแล้ว ป้องกันการแตกหักของชิ้นงานที่ยังไม่สำเร็จ
- 3.7 การผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำควรกำหนดสัดส่วนที่ชัดเจนเพราะถ้าใส่น้ำมากเกินไปจะทำให้ปูนปลาสเตอร์ไม่แห้งหรือแห้งช้าส่งผลให้ความแข็งแรงของแม่พิมพ์ลดลง
- 3.8 ตัวทำแข็งต้องชั่งให้ปริมาณถูกต้องเพื่อป้องกันการแข็งตัวก่อนกำหนด
- 3.9 อย่าให้ใยแก้วเข้าจมูกหรือเข้าปากเพราะจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย

### 4. สรุป

แม่พิมพ์แบบขึ้นเป็นแม่พิมพ์ที่ถอดออกจากชิ้นงานได้ง่าย และยังสามารถนำไปใช้งานได้หลาย ๆ ครั้ง กระบวนการทำแม่พิมพ์นั้นจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงประโยชน์ในการนำไปใช้งานด้วย จึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่เหมาะสม วัสดุที่นิยมใช้ในการทำแม่พิมพ์ขึ้นเดียว เช่น ปูนซีเมนต์ ปูนปลาสเตอร์ ยางพารา โลหะ ไฟเบอร์กลาส และยางซิลิโคน เป็นต้น แม่พิมพ์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แม่พิมพ์ชั่วคราวและแม่พิมพ์ถาวร หรืออาจจะแบ่งชนิดของแม่พิมพ์ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ การผลิตโดยทั่วไปมักผลิตตามลักษณะงานที่ต้องการ เช่น แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวจะใช้สำหรับหล่อชิ้นงานที่มีรูปทรงเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน เช่น รูปนูนต่ำ รูปนูนสูง ส่วนแม่พิมพ์แบบ 2 ซีก ใช้กรณีที่แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวไม่สามารถทำได้ หรือต้องการชิ้นงานที่มีส่วนประกอบครบในทุกด้าน เช่น แม่พิมพ์สำหรับหล่อรูปลอยตัว หรือแม่พิมพ์ที่มีรายละเอียดน้อย มีขนาดของช่วงฐานใหญ่กว่าช่วงบน และมีความสูงไม่มากนัก เพราะสามารถถอดชิ้นงานหล่อออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย

## กิจกรรม

### กิจกรรมที่ 4.1

1. ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 4
2. ทำแบบประเมินผลการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 4

### กิจกรรมที่ 4.2

1. ปฏิบัติตามใบงานที่ 4.1 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยปูนปลาสเตอร์
2. ปฏิบัติตามใบงานที่ 4.2 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยยางซิลิโคน

## แบบฝึกหัด

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. อธิบายขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ทุบ
2. บอกความหมายแม่พิมพ์ขึ้นมาพอเข้าใจ
3. เขียนขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยไฟเบอร์กลาส

**แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 4 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบขึ้นเดียว**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท)

ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. วัสดุใดไม่นิยมนำมาใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับงานหล่อ
  - ก. ปูนปลาสเตอร์
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ยางสังเคราะห์
  - ง. แก้วและเซรามิก
2. แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อจากปูนปลาสเตอร์มีข้อดีอย่างไร
  - ก. ผลิตง่ายราคาถูก
  - ข. มีความคงทนสูง
  - ค. เหมาะกับงานที่ต้องผลิตจำนวนมาก
  - ง. สามารถเก็บรายละเอียดเนื้องานได้ดี
3. การนำสิ่งที่มีปริมาตรหรือรูปร่างต่างๆ มาทำเป็นรูปต้นแบบแล้วถอดแบบหรือเคลือบรูปต้นแบบเอาไว้เรียกว่าวิธีการใด
  - ก. วิธีทำต้นแบบ
  - ข. การหล่อแบบพิมพ์
  - ค. การทำแบบแม่พิมพ์
  - ง. การขึ้นรูปแบบแม่พิมพ์
4. วัสดุสำหรับทำแม่พิมพ์งานหล่อข้อใดมีความคงทนน้อยที่สุด
  - ก. วัสดุทำจากยางซิลิโคน
  - ข. วัสดุทำจากยางธรรมชาติ
  - ค. วัสดุทำจากไฟเบอร์กลาส
  - ง. วัสดุทำจากปูนปลาสเตอร์

5. แม่พิมพ์ชั่วคราว หมายถึง
  - ก. แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นอย่างรวดเร็วต้องการหล่อชิ้นงานเพียงชิ้นเดียว
  - ข. แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นอย่างรวดเร็วต้องการหล่อชิ้นงานได้หลายชิ้น
  - ค. แม่พิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์หรือปูนซีเมนต์
  - ง. แม่พิมพ์ที่ทำจากไฟเบอร์กลาส
6. แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นเพื่อหล่อชิ้นงานจำนวนมากมีความประณีตเรียบร้อยเรียกว่า
  - ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์แยก
  - ค. แม่พิมพ์ชั่วคราว
  - ง. แม่พิมพ์แบบถาวร
7. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์ทุบ
  - ก. แม่พิมพ์ที่สามารถหล่อได้เพียงครั้งเดียว
  - ข. เป็นแม่พิมพ์ที่มีความทนทานสูงใช้งานถาวร
  - ค. แม่พิมพ์ที่เมื่อใช้งานแล้วไม่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้อีก
  - ง. แม่แบบหรือรูปต้นแบบที่ใช้ทำส่วนใหญ่เป็นวัสดุขึ้นจากการปั้น
8. วัสดุอุปกรณ์ใดไม่เกี่ยวข้องกับการทำแม่พิมพ์ทุบ
  - ก. รูปต้นแบบ
  - ข. ปูนปลาสเตอร์
  - ค. น้ำยาลดแรงเสียดทาน
  - ง. เส้นใยจากมะพร้าว
9. แบบหล่อที่สามารถแบ่งเป็นหลายชิ้นเพื่อความสะดวกในการถอดแม่พิมพ์ออกจากชิ้นงานคือ
  - ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์ถาวร
  - ง. แม่พิมพ์ชั่วคราว
10. แม่พิมพ์สำหรับนูนต่ำนูนสูงหรือรูปลอยตัวที่มีรายละเอียดน้อยจัดเป็นแม่พิมพ์ชนิดใด
  - ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์ถาวร
  - ง. แม่พิมพ์ชั่วคราว

**แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 4 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบขึ้นเดียว**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท) ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อจากปูนปลาสเตอร์มีข้อดีอย่างไร
  - ก. ผลิตง่ายราคาถูก
  - ข. มีความคงทนสูง
  - ค. เหมาะกับงานที่ต้องผลิตจำนวนมาก
  - ง. สามารถเก็บรายละเอียดเนื้องานได้ดี
2. วัสดุใดไม่นิยมนำมาใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับงานหล่อ
  - ก. ปูนปลาสเตอร์
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ยางสังเคราะห์
  - ง. แก้วและเซรามิก
3. การนำสิ่งที่มีปริมาตรหรือรูปร่างต่างๆ มาทำเป็นรูปต้นแบบแล้วถอดแบบหรือเคลือบรูปต้นแบบเอาไว้เรียกว่าวิธีการใด
  - ก. วิธีทำต้นแบบ
  - ข. การหล่อแบบพิมพ์
  - ค. การทำแบบแม่พิมพ์
  - ง. การขึ้นรูปแบบแม่พิมพ์
4. วัสดุสำหรับทำแม่พิมพ์งานหล่อข้อใดมีความคงทนน้อยที่สุด
  - ก. วัสดุทำจากยางซิลิโคน
  - ข. วัสดุทำจากยางธรรมชาติ
  - ค. วัสดุทำจากไฟเบอร์กลาส
  - ง. วัสดุทำจากปูนปลาสเตอร์

5. แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นเพื่อหล่อชิ้นงานจำนวนมากมีความประณีตเรียบร้อยเรียกว่า
  - ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์แยก
  - ค. แม่พิมพ์ชั่วคราว
  - ง. แม่พิมพ์แบบถาวร
6. แม่พิมพ์ชั่วคราว หมายถึง
  - ก. แม่พิมพ์ที่ขึ้นอย่างรวดเร็วดังการหล่อชิ้นงานเพียงชิ้นเดียว
  - ข. แม่พิมพ์ที่ขึ้นอย่างรวดเร็วดังการหล่อชิ้นงานได้หลายชิ้น
  - ค. แม่พิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์หรือปูนซีเมนต์
  - ง. แม่พิมพ์ที่ทำจากไฟเบอร์กลาส
7. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์ทุบ
  - ก. แม่พิมพ์ที่สามารถหล่อได้เพียงครั้งเดียว
  - ข. เป็นแม่พิมพ์ที่มีความทนทานสูงใช้งานถาวร
  - ค. แม่พิมพ์ที่เมื่อใช้งานแล้วไม่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้อีก
  - ง. แม่แบบหรือรูปต้นแบบที่ใช้ทำส่วนใหญ่เป็นวัสดุขึ้นจากการปั้น
8. วัสดุอุปกรณ์ใดไม่เกี่ยวข้องกับการทำแม่พิมพ์ทุบ
  - ก. รูปต้นแบบ
  - ข. ปูนปลาสเตอร์
  - ค. น้ำยาสผสมสารเคมี
  - ง. เส้นใยจากมะพร้าว
9. แบบหล่อที่สามารถแบ่งเป็นหลายชิ้นเพื่อความสะดวกในการถอดแม่พิมพ์ออกจากชิ้นงานคือ
  - ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์ถาวร
  - ง. แม่พิมพ์ชั่วคราว
10. แม่พิมพ์สำหรับนูนต่ำนูนสูงหรือรูปลอยตัวที่มีรายละเอียดน้อยจัดเป็นแม่พิมพ์ชนิดใด
  - ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์ถาวร
  - ง. แม่พิมพ์ชั่วคราว



|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 4.1                       | หน่วยที่ 4                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การผลิตแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยปูนปลาสเตอร์                               |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยปูนปลาสเตอร์
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกอัตราส่วนผสมระหว่างปูนปลาสเตอร์กับน้ำได้
2. เลือกแม่พิมพ์รูปต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับทำแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยปูนปลาสเตอร์ได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการทำแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยปูนปลาสเตอร์ได้
4. สามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยปูนปลาสเตอร์ได้
5. สามารถทำการปฏิบัติงานได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. แม่พิมพ์รูปต้นแบบ
2. ปูนปลาสเตอร์
3. ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์
4. แปรงขนกระต่าย
5. ตู้อบลมร้อน

#### สารเคมี

-



ภาพที่ 4.1.1 แม่พิมพ์ขึ้นเดี่ยวปูนปลาสเตอร์

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมแม่พิมพ์รูปต้นแบบ โดยทั่วไปกรณีเป็นชิ้นงานประเภทรูปร่างต่ำและสูงแม่พิมพ์ต้นแบบอาจจะปั้นขึ้นเองจากดินน้ำมันหรือจากวัสดุอื่นที่สามารถนำมาเป็นต้นแบบได้ เช่น พลาสติก ไม้ ยางพารา เซรามิก เป็นต้น
2. ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในปริมาณ 2 ต่อ 1 คนปูนปลาสเตอร์กับน้ำผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันใช้แปรงทาและใช้มือพอกให้ทั่วแม่พิมพ์รูปต้นแบบและรอจนปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัว
3. หลังจากปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัวแล้วผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำอีกครั้ง นำเส้นใยมะพร้าวชุบน้ำปูนปลาสเตอร์ปูให้ทั่วบริเวณเพื่อเป็นโครงสร้างเสริมแรงของแม่พิมพ์
4. รอให้ปูนปลาสเตอร์แห้งใช้เวลาประมาณ 40 – 60 นาที หลังจากนั้นพลิกชิ้นงานที่ยังยึดติดอยู่กับแม่พิมพ์รูปต้นแบบให้หงายขึ้น
5. ค่อย ๆ แกะแม่พิมพ์รูปต้นแบบออก ก็จะได้ชิ้นงานที่เป็นแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์
6. หลังจากนั้นตกแต่งตรงส่วนขอบและฐานด้านหลังของแม่พิมพ์ให้เรียบและสวยงามแล้วนำแม่พิมพ์เข้าอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 1 - 2 ชั่วโมง ได้ชิ้นงานเป็นแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์พร้อมนำไปใช้งาน

### ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน

1. ป้องกันการแตกหักของชิ้นงานที่ยังไม่สำเร็จ ก่อนจะพลิกชิ้นงานที่ยังยึดติดอยู่กับแม่พิมพ์ต้นแบบให้หงายขึ้นนั้นต้องมั่นใจว่าชิ้นงานแห้งดีแล้ว

2. การผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำควรกำหนดสัดส่วนที่ชัดเจนเพราะถ้าใส่น้ำมากเกินไปจะทำให้ปูนปลาสเตอร์ไม่แห้งหรือแห้งช้าส่งผลให้ความแข็งแรงของแม่พิมพ์ลดลง

#### ข้อเสนอแนะ

- ในการทำแม่พิมพ์ด้วยปูนปลาสเตอร์ ขณะผสมปูนและน้ำเข้าด้วยกันควรกวนเบา ๆ และอย่างต่อเนื่องเพื่อไล่ฟองอากาศให้หมดไปก่อนเทส่วนผสมลงบนแม่พิมพ์ต้นแบบ ทำให้ได้แม่พิมพ์ที่สมบูรณ์ผิวเรียบสม่ำเสมอ

#### ประโยชน์

- แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์สามารถทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำ ใช้หล่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ เช่น หล่อน้ำยาง เรซิน เป็นต้น

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 4.2                       | หน่วยที่ 4                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การผลิตแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยไฟเบอร์กลาส                                |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยไฟเบอร์กลาส
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกอัตราส่วนผสมระหว่างเรซินกับตัวทำแข็งได้
2. เลือกแม่พิมพ์รูปต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับทำแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยไฟเบอร์กลาสได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนการทำแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยไฟเบอร์กลาสได้
4. สามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยไฟเบอร์กลาสได้
5. สามารถทำการปฏิบัติงานได้ด้วยความปลอดภัย

### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. แม่พิมพ์รูปต้นแบบ
2. ผงทลคัม
3. ภาชนะผสม
4. แปรงขนกระต่าย
6. ตู้อบลมร้อน

### สารเคมี

1. นำเรซิน 355 E
2. เรซิน PC 600
3. สารให้ความแข็ง



ภาพที่ 4.2.1 สารเคมีและกระบวนการผลิตไฟเบอร์กลาส

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ติดกับไม้กระดานแผ่นเรียบ นำดินน้ำมันที่กลึงเป็นเส้นหนา 1 หุน กันโดยรอบรูปต้นแบบเว้นระยะห่างจากต้นแบบประมาณ 1½ นิ้ว
2. พ่นสีสเปรย์บาง ๆ ให้ทั่วรูปต้นแบบ เพื่อตึงผิวให้เรียบ เช็ดแว็กถอดแบบบาง ๆ ให้ทั่ว
3. นำเรซิน PC 600 ที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาผงทลัคัมและผสมสีได้ตามต้องการแล้ว มาผสมกับตัวทำแข็งในอัตราส่วน 5% ของเนื้อเรซิน คนให้เข้ากัน
4. ใช้แปรงทาเรซินให้ทั่วรูปต้นแบบ และบริเวณรอบ ๆ ที่กันดินน้ำมันไว้ รอจนเรซินแข็งตัว
5. ผสมเรซิน และตัวทำแข็งอีกครั้ง ทาให้ทั่วรูปต้นแบบอีกครั้ง เมื่อเรซิน PC 600 แข็งตัวดีแล้ว ตัดใยแก้วเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก ผีก และปูซ้อนกันให้ทั่วบริเวณที่ทาเรซิน
6. นำเรซิน 355 E ที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้ว มาผสมกับตัวทำแข็งในอัตราส่วน 5% ของเรซิน คนให้เข้ากัน ใช้แปรงจุ่มเรซินลงในบริเวณที่ปูใยแก้ว จุ่มจนกว่าใยแก้วและเรซินจะประสานเป็นเนื้อเดียวกัน (อย่าจุ่มนานเกินไปเรซินอาจแข็งตัวก่อน ทำให้งานเสียหายได้) ปูใยแก้วให้ทั่วเป็นครั้งที่ 2 และจุ่มด้วยเรซิน จนประสานเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด ปูใยแก้วเฉพาะส่วนปีกของแม่พิมพ์ เพื่อเสริมกำลังให้พิมพ์แข็งแรง และจุ่มด้วยเรซิน 355 E จนเรซินและใยแก้วจะประสานเป็นเนื้อเดียวกัน รอจนเรซินแข็งตัวเต็มที่
7. จัดแม่พิมพ์ออกจากไม้กระดานรองแบบด้วยไขควงแบน นำแม่พิมพ์ไปแช่น้ำ เพื่อให้รูปต้นแบบที่เป็นปูนปลาสเตอร์อ่อนตัว และหลุดร่อนจากผิวแม่พิมพ์ได้ง่าย
8. ใช้ไขควงสกัดรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ให้หลุดออกจากผิวของแม่พิมพ์จนหมด และนำแม่พิมพ์ไปผึ่งให้แห้งสนิท ใช้เครื่องเจียรตัดขอบของแม่พิมพ์ออกให้เรียบร้อย

9. ขัดแต่งผิว และลบคมของแม่พิมพ์ออกด้วยกระดาษทราย อนุส่วนที่ชำรุด และ ฟองอากาศด้วยเรซิน PC600 สีเดิม

#### ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน

1. ต้องศึกษาขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติ
2. ตัวทำแข็งต้องซึ่งให้ปริมาณถูกต้องเพื่อป้องกันการแข็งตัวก่อนกำหนด
3. อย่าให้ใยแก้วเข้าจมูกหรือเข้าปากเพราะจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย

#### ข้อเสนอแนะ

เรซินสำหรับทำแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาส มีหลายเกรด แต่ละเกรดมีคุณสมบัติและราคาที่มีความแตกต่างกัน ก่อนซื้อควรศึกษาข้อมูลให้แน่ใจก่อน

#### ประโยชน์

แม่พิมพ์จากไฟเบอร์กลาส มีความทนทานสูง ใช้หล่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ เช่น หล่อน้ำยาง หล่อปูน หล่อซีเมนต์ เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม นิธิอุทัย . ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2532.
- วรารณณ์ ขจรไชยกูล. ยางธรรมชาติการผลิตและการใช้งาน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย  
(สกว.). ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์, 2549.
- วรารณณ์ ขจรไชยกูล. เทคโนโลยีน้ำยาง. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2555.
- สุวิทย์ วิทยาจักร. การสร้างสรรค์แม่พิมพ์เพื่องานหล่อ. กรุงเทพมหานคร: บริษัทวาดศิลป์ จำกัด,  
2550.
- [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://lolaytoon.exteen.com>, 20 กุมภาพันธ์ 2556.
- [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://maket.onlineoops.com>, 20 กุมภาพันธ์ 2556.
- [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://br.ac.th/cai>, 20 กุมภาพันธ์ 2556.

## หน่วยที่ 5

### การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก

#### หัวเรื่อง

1. แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อ
2. การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก
3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก
4. สรุป

#### สาระสำคัญ

การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีกจากปูนปลาสเตอร์ต้องใช้ชิ้นงานรูปต้นแบบจากวัสดุเช่น ดินน้ำมัน พลาสติกหรือยางเพื่อป้องกันการติด นอกจากนั้น จะช่วยให้แกะชิ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย กรณีที่ต้องการผลิตแม่พิมพ์จากยางพารา ยางซิลิโคน หรือไฟเบอร์กลาสจะใช้รูปต้นแบบจากวัสดุแข็งได้ แม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนซีกหน้าและซีกหลัง เมื่อทำการหล่อก็สามารถถอดชิ้นงานออกจากการหล่อได้ง่ายเช่นกัน แม่พิมพ์แบบ 2 ซีกจากยาง ต้องมีพิมพ์ครอบช่วยประคองทรงให้คงรูป พิมพ์ครอบจะมีจำนวนพิมพ์เท่ากับแม่พิมพ์ ส่วนแม่พิมพ์ 2 ซีก ผลิตจากปูนปลาสเตอร์มีรูปทรงคงรูปไม่ต้องมีพิมพ์ครอบช่วยประคอง

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

##### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก
2. เพื่อให้ประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และความมีภูมิคุ้มกัน ในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก
3. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความขยัน ซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ความเป็นประชาธิปไตย ใช้เวลาให้เป็นประโยชน์และห่างไกลยาเสพติด



### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้นักศึกษา

1. บอกความหมายของแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก
2. อธิบายขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์
3. อธิบายขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยยางซิลิโคน
4. ผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์
5. ผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยยางซิลิโคน
6. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก
7. เตรียมความพร้อมในการเรียนมีระเบียบวินัยและปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด

### 1. แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อ

การทำแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบใดก็ตามจะมีรูปแบบเป็นตัวกำหนด เช่น รูปแบบนูนต่ำ หรือรูปลอยตัว ขึ้นงานขนาดใหญ่หรือเล็ก มีรายละเอียดหรือมีรูปทรงที่สลับซับซ้อนมากน้อยแตกต่างกัน เป็นรูปแบบที่ทำมาจากวัสดุที่แข็งหรืออ่อนนิ่ม ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ทำแม่พิมพ์ลักษณะใด และแม่พิมพ์นั้นจะใช้งานหล่อกับวัสดุชนิดใด เช่น ปูนปลาสเตอร์ เรซิน หรือไฟเบอร์กลาส เป็นต้น จากนั้นจึงพิจารณาว่าต้องการหล่อชิ้นงานจำนวนมากน้อยเพียงใด ถ้าหล่อชิ้นงานจำนวนมากก็สามารถเลือกวัสดุสำหรับทำแม่พิมพ์ที่มีความทนทาน เพื่อให้เหมาะสมกับการลงทุน แต่ถ้าต้องการหล่อชิ้นงานในปริมาณน้อย แค่อันเดียวก็ควรเลือกวัสดุที่มีคุณภาพรองลงมา ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุน เช่น ถ้าต้องการหล่อชิ้นงานเพียงอันเดียวก็สามารถใช้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ได้ แต่ถ้าต้องการหล่อชิ้นงานจำนวนหลายชิ้นควรใช้แม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาสหรือแม่พิมพ์ยางซิลิโคนเหมาะสมและคุ้มค่ามากกว่า

การทำพิมพ์เพื่องานหล่อนั้นไม่จำเป็นต้องทำแม่พิมพ์ที่มีรูปแบบตายตัว หรือเจาะจงเลือกวัสดุในการทำแม่พิมพ์ที่เป็นที่รู้จักเท่านั้น เราอาจจะใช้แผ่นไม้กระดาน แผ่นพลาสติก หรือวัสดุชนิดอื่นนำมาตัด ตัดประกอบกันให้เกิดรูปทรงตามต้องการ แล้วนำมาใช้เทหล่อแทนแม่พิมพ์ก็ได้ กระบวนการหล่อนั้นเป็นกระบวนการที่พลิกแพลงได้ไม่สิ้นสุด การใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วนั้นบางทีอาจทำให้เกิดประโยชน์มากกว่าการทำแม่พิมพ์ขึ้นมาใหม่ นอกจากตัวอย่างนี้แล้วเรายังสามารถผสมผสานแม่พิมพ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาใช้ประกอบกันเป็นแม่พิมพ์เพียงอันเดียวได้อีก เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการทำงานและช่วยประหยัดเวลาให้เร็วขึ้นอีก เช่น การนำแม่พิมพ์ยางพารามาใช้ร่วมกับแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ โดยใช้แม่พิมพ์ยางพาราในส่วนที่มีรายละเอียดมาก และใช้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ในส่วนที่มีรายละเอียดน้อย หรือใช้แม่พิมพ์ยางซิลิโคนกับแม่พิมพ์ไฟเบอร์กลาส เพื่อสร้างแม่พิมพ์ที่มีความคงทนถาวรมากขึ้น เป็นต้น



ภาพที่ 5.1 แม่พิมพ์จากยางพาราและแม่พิมพ์จากยางซิลิโคน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 5.2 แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์และแม่พิมพ์จากไฟเบอร์กลาส  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อเพื่อให้ได้ชิ้นงานครบทั้งชิ้นในรูปแบบต่าง ๆ ที่มองเห็นได้รอบด้าน หรือตั้งแต่ 4 ด้านขึ้นไป ได้แก่ ภาพคนต่าง ๆ รูปเคารพต่าง ๆ พระพุทธรูป เทวรูป รูปตามคตินิยม รูปบุคคลสำคัญ หรือรูปสัตว์ เป็นต้น การผลิตแม่พิมพ์เพื่อหล่อชิ้นงานลักษณะนี้ถ้าต้องการให้หล่อชิ้นงานได้ง่าย ต้นทุนในการผลิตต่ำ วัสดุหาได้ง่ายและสามารถผลิตแม่พิมพ์ได้เอง นิยมใช้ปูนปลาสเตอร์และยางซิลิโคนทำเป็นแม่พิมพ์ กรณีใช้ปูนปลาสเตอร์ทำเป็นแม่พิมพ์ส่วนใหญ่จะใช้ทำแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างง่าย ๆ มีขนาดเล็ก ไม่นิยมนำมาทำแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ เพราะมีน้ำหนักมาก เคลื่อนย้ายพิมพ์ไม่สะดวก และแตกหักได้ง่าย เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ จึงใช้ยางซิลิโคนนำมาทำแม่พิมพ์แทน ซึ่งสามารถใช้งานได้ดีกว่าแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์และใช้ทำแม่พิมพ์ที่มีรายละเอียดซับซ้อนได้ดีด้วย

## 2. การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก

การผลิตแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์และแม่พิมพ์จากยางซิลิโคน มีวิธีการหรือกระบวนการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน แต่แม่พิมพ์จากวัสดุทั้ง 2 นี้สามารถนำมาหล่อเป็นชิ้นงานได้เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงาน เช่น ถ้าหล่อชิ้นงานแบบนูนสูงนูนต่ำจะใช้แม่พิมพ์แบบซีกเดียว แต่ถ้าต้องการหล่อชิ้นงานแบบลอยตัวก็จะทำแม่พิมพ์เป็น 2 ซีก เป็นต้น

### 2.1 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก

การทำแม่พิมพ์ประกบแบบ 2 ซีกโดยทั่วไป เช่น แม่พิมพ์ลูกบอล แม่พิมพ์ตุ๊กตา ทำได้ตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 5.3 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก

ที่มา : <http://www.google.co.th/url?sa>

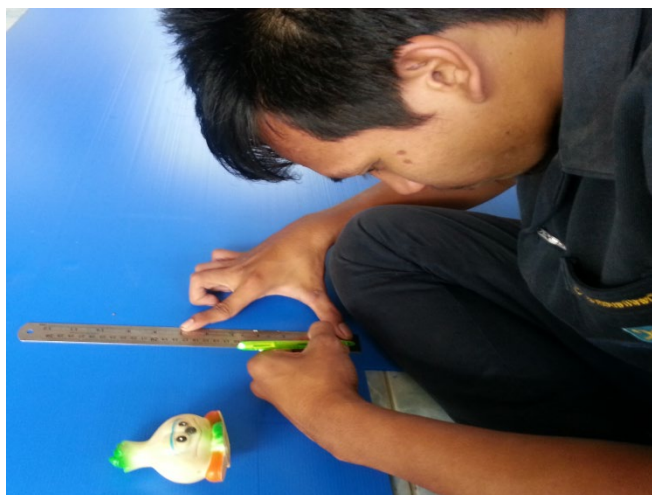
#### 2.1.1 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก

2.1.1.1 เตรียมชิ้นงานรูปต้นแบบที่เป็นวัสดุอ่อน มีความยืดหยุ่นได้เล็กน้อย จะเหมาะสม เช่น ชิ้นงานรูปต้นแบบที่ทำจากยางพารา พลาสติก ดินน้ำมัน ขี้ผึ้ง หรือชิ้นงานจริงประเภท ผัก ผลไม้ เป็นต้น



ภาพที่ 5.4 ชิ้นงานรูปต้นแบบสำหรับทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.2 วัดขนาดความกว้าง ความยาว และส่วนสูงของรูปต้นแบบ เพื่อกำหนดขนาดของกล่อง (แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดทำเป็นกล่อง) สำหรับการทำแม่พิมพ์ให้ได้ขนาดตามต้องการ



ภาพที่ 5.5 วัดขนาดชิ้นงานรูปต้นแบบและพับกล่อง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.3 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในอัตราส่วน 2 : 1 คนให้เข้ากันจนเป็นเนื้อครีม ปราศจากฟองอากาศ เทปูนปลาสเตอร์ที่เป็นครีมลงในกล่อง ได้ความสูงประมาณครึ่งหนึ่งของกล่อง (เมื่อขอบของแม่พิมพ์ประมาณ 1 นิ้ว) กดชิ้นงานรูปต้นแบบลงในปูนปลาสเตอร์ให้ได้ความหนาครึ่งหนึ่งของชิ้นงานรูปต้นแบบ



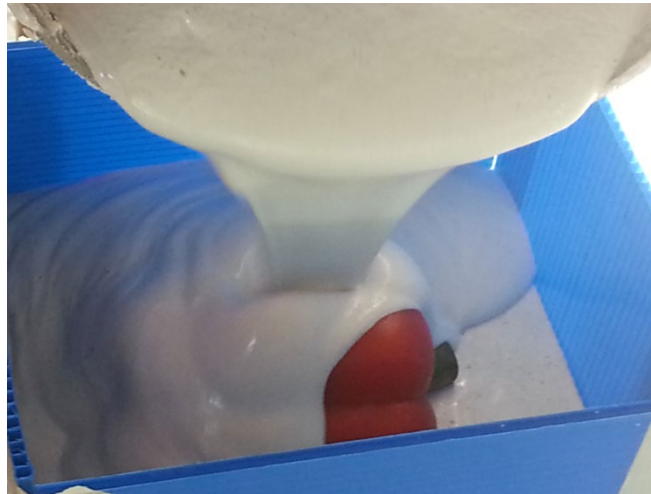
ภาพที่ 5.6 เทปูนปลาสเตอร์ลงในกล่องและกดรูปต้นแบบลงครึ่งหนึ่งของความหนา  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.4 ตั้งทิ้งไว้ให้ปูนปลาสเตอร์แห้งใช้เวลาประมาณ 30-40 นาที จากนั้นแกะกล่องออก ค่อย ๆ แกะชิ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ใช้มีดหรือเกรียงตักแต่งผิวแม่พิมพ์ให้เรียบและเจาะรูเพื่อเป็นเดือยยึดและทำความสะอาดผิวหน้าให้เรียบร้อย



รูปที่ 5.7 แกะชิ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.5 นำแม่พิมพ์ที่ได้ซีกที่ 1 วางในกล่องและประกอบกล่องให้เหมือนเดิม หลังจาก  
นั้นใส่ชิ้นงานรูปต้นแบบลงที่เดิม ใช้สบู์เหลวทาบริเวณผิวของแม่พิมพ์และชิ้นงานรูปต้นแบบ เพื่อให้แกะ  
แม่พิมพ์อีกซีกได้ง่ายขึ้น ผสมปูนปลาสเตอร์เหมือนครั้งก่อนเทลงบนแม่พิมพ์อีกครั้งหนึ่งเพื่อทำแม่พิมพ์  
ซีกที่ 2 รอปูนปลาสเตอร์แห้งจึงแกะออก



ภาพที่ 5.8 ประกอบกล่องและเทปูนปลาสเตอร์ทำแม่พิมพ์ซีกที่ 2  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.1.1.6 ใช้มีดเซาะระหว่างแม่พิมพ์ซีกที่ 1 และซีกที่ 2 เบา ๆ และแกะแม่พิมพ์แยก  
ออกจากกัน แกะชิ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ นำแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก มาตกแต่งให้สวยงาม หลังจาก  
นั้นประกบแม่พิมพ์เข้าด้วยกันแล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้  
แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก พร้อมนำไปใช้หล่อเข้าต่อไป





ภาพที่ 5.9 แกะแม่พิมพ์แยกจากกันตักแต่งให้เรียบร้อย  
 ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 5.10 อบแม่พิมพ์ให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน  
 ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 5.11 แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 2.1.2 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก

2.1.2.1 เมื่อได้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ซีกที่ 1 แล้ว ต้องตกแต่งผิวแม่พิมพ์ให้เรียบและทาวาสลินทุกครั้งก่อนที่จะเทปูนปลาสเตอร์เพื่อทำแม่พิมพ์ซีกที่ 2 เพื่อป้องกันการติดกันระหว่างแม่พิมพ์ทั้ง 2 ชิ้น และช่วยให้แกะแม่พิมพ์ให้แยกจากกันได้ง่ายขึ้น

2.1.2.2 ในการแกะชิ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ต้องระมัดระวัง เพราะอาจทำให้แม่พิมพ์เกิดการแตกหักได้

### 2.2 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก

แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก หมายถึง แม่พิมพ์ยางซิลิโคนที่ทำขึ้นจากรูปต้นแบบลอยตัว โดยแบ่งแม่พิมพ์ออกเป็น 2 ซีก คือ ซีกหน้าและซีกหลัง เพื่อให้สามารถถอดรูปต้นแบบและชิ้นงานหล่อออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีกจะมีพิมพ์ครอบช่วยประคองทรงให้คงรูปทรงอยู่ได้ ซึ่งพิมพ์ครอบจะมีจำนวนพิมพ์เท่ากับแม่พิมพ์





ภาพที่ 5.12 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 2.2.1 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก

2.2.1.1 เตรียมรูปต้นแบบที่เป็นรูปลอยตัว นำมาติดกับไม้กระดานแผ่นเรียบให้แน่น

2.2.1.2 กลึงและรีดดินน้ำมันเป็นแผ่น หนากว่าประมาณ 1 ½ นิ้ว ติดให้แนบกับรูปต้นแบบด้วยวาสลีน (Vaseline) ตามแนวขอบรอบนอกของรูปต้นแบบ เพื่อกันแบ่งซีกพิมพ์



ภาพที่ 5.13 รูปต้นแบบลักษณะเป็นรูปลอยตัว  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 5.14 แบ่งซีกพิมพ์โดยการกั้นด้วยดินน้ำมัน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.3 ทาปูนปลาสเตอร์ประกบติดกับดินน้ำมัน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับดินน้ำมันไม่ให้หลุดในขณะทำพิมพ์



ภาพที่ 5.15 ทาปูนปลาสเตอร์ประกบดินน้ำมัน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.4 รีดดินน้ำมันให้แนบติดกับรูปต้นแบบด้วยไม้ปั้นหลายเฉียง เพื่อป้องกันการไหลซึมของยางซิลิโคนในขณะทาลงบนรูปต้นแบบชิ้นแรก



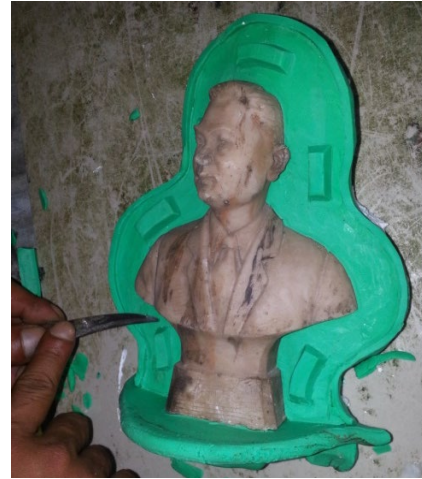
ภาพที่ 5.16 รีดดินน้ำมันให้แนบติดกับรูปต้นแบบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.5 กลึงดินน้ำมันเป็นเส้นหนาประมาณ 1/4 นิ้ว กั้นเป็นแนวยาวรอบนอกของขอบดินน้ำมัน เพื่อกั้นมิให้ยางซิลิโคนไหลในขณะที่ยางยังไม่แข็งตัว และกดรีดให้แนบกับดินน้ำมันที่เป็นปีก



ภาพที่ 5.17 กั้นแนวรอบขอบด้วยดินน้ำมัน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.6 วางหมุดดินน้ำมันเป็นระยะ เพื่อทำเดือยสวมระหว่างแม่พิมพ์ยางซิลิโคน กับแม่พิมพ์กรอบไฟเบอร์กลาส และวางปลิงดินน้ำมันเป็นระยะเพื่อเป็นเดือยสวมระหว่างซีกหน้า และซีกหลัง



ภาพที่ 5.18 วางหมุดและตกแต่งให้แนบสนิท

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.7 ฟันแล็คเกอร์สเปรย์ (Spray Laceque) บาง ๆ เพื่อตรึงผิวรูปต้นแบบให้เรียบ หลังจากนั้นผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง 5% คนยางให้เข้ากัน เทยางซิลิโคนชั้นที่ 1 ลงบนรูปต้นแบบให้ทั่วแล้วทาด้วยฟู่กันแบนจนสม่ำเสมอ (การทายางซิลิโคนลงบนรูปต้นแบบเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศต้องใช้ฟู่กันเกลี่ยให้เรียบในชั้นแรกจนแน่ใจแล้วจึงจะลงยางซิลิโคนในชั้นต่อไป)



ภาพที่ 5.19 เทยางซิลิโคนลงบนรูปต้นแบบและปาดด้วยฟู่กัน

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



2.2.1.8 เป่าไล่ฟองอากาศออกจากรูปต้นแบบให้หมดด้วยหัวฉีดลมหรือใช้ไม้ปลายแหลมจี้ไล่ฟองอากาศ แล้วลูบยางซิลิโคนที่ติดดินน้ำมันกันแบบออกเพื่อจะได้เห็นระดับความหนาของปีกพิมพ์อย่างชัดเจน



ภาพที่ 5.20 หัวฉีดลมเป่าฟองอากาศออกจากรูปต้นแบบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.9 ขณะที่ยางซิลิโคนชั้นที่ 1 ยังไม่แข็งตัว ให้ใช้ลวดสำหรับขุดดินเกลี่ยยางซิลิโคนให้มีความหนาเท่า ๆ กัน การทำลักษณะนี้ช่วยเกลี่ยให้ยางซิลิโคนมีความสม่ำเสมอมากขึ้น จากนั้นผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งอีกครั้ง ลงยางซิลิโคนชั้นที่ 2 ด้วยวิธีการเดียวกันกับการลงยางชั้นที่ 1 รอจนยางแข็งตัว



ภาพที่ 5.21 เกลี่ยยางซิลิโคนให้มีความหนาเท่า ๆ กัน และเทชั้นที่ 2  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

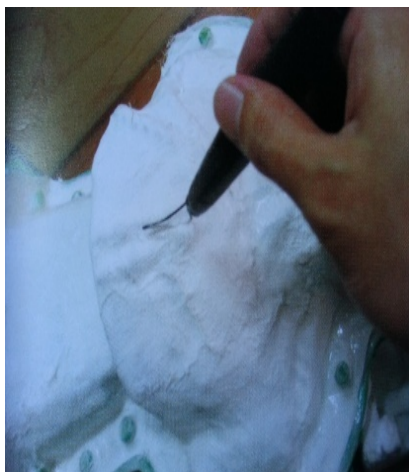
2.2.1.10 ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง เทยางซิลิโคนในชั้นที่ 3 ตัดผ้ากอซเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดความกว้างประมาณ 2 นิ้ว และยาว 6 นิ้ว ปูซ้อนกันในรูปแบบวางเกยกันระหว่างผ้ากอซชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 วางให้ทั่วบริเวณที่ลงยางเอาไว้ เพื่อเป็นโครงสร้างเสริมความแข็งแรงของแม่พิมพ์



ภาพที่ 5.22 ปูผ้ากอซเพื่อเพิ่มความแข็ง

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.11 ใช้ลวดสำหรับขุดดินจิ้มผ้ากอซให้แนบกับยางซิลิโคน และรองยางซิลิโคนแข็งตัว ลงยางซิลิโคนในชั้นที่ 4 ทาให้ทั่วด้วยพู่กันแบน พยายามให้ยางที่ปิกของแม่พิมพ์มีความหนาเสมอกับขอบดินน้ำมัน



ภาพที่ 5.23 ลงยางซิลิโคนในชั้นที่ 4

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

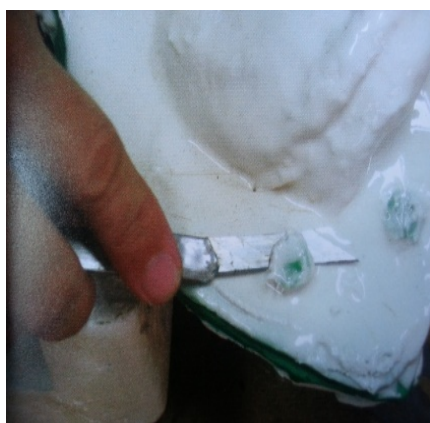
2.2.1.12 ตั้งรูปต้นแบบเมื่อยางซิลิโคนแข็งตัว เทยางชั้นที่ 5 เพื่อเป็นผิวสุดท้าย ทาอย่างให้ทั่วด้วยฟู่กันแบน พยายามให้ยางซิลิโคนด้านฐานของรูปต้นแบบที่ติดกับไม้กระดานมีความหนาเสมอกันกับขอบดินน้ำมัน



ภาพที่ 5.24 ลงยางซิลิโคนชั้นที่ 5

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.13 เมื่อยางซิลิโคนแข็งตัวเต็มที่แล้ว ให้วางรูปต้นแบบบนรองลง ใช้มีดคัตเตอร์ ตัดหัวหมดดินน้ำมันออกให้หมด ใช้ไม้ปลายแหลมควักหมดดินน้ำมันออกจากปีกของแม่พิมพ์ ยางซิลิโคน (เฉพาะหมดที่เป็นเดือยยึดแม่พิมพ์ยางซิลิโคนกับพิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสเท่านั้น)



ภาพที่ 5.25 ตัดหัวหมดดินน้ำมันและควักหมดดินน้ำมันออก

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

\*หมายเหตุ : ยางซิลิโคนสัมผัสด้วยมือเปล่าได้ในระยะเวลาสั้น ๆ ไม่เป็นอันตราย



2.2.1.14 ใช้ดินน้ำมันอุดส่วนเว้าของแม่พิมพ์ให้เต็มเสมอกับส่วนที่สูงของแม่พิมพ์ เพื่อให้สามารถถอดพิมพ์ครอบออกจากพิมพ์ยางได้ โดยที่รูปต้นแบบหรือชิ้นงานที่อยู่ภายใน ไม่เสียหาย



ภาพที่ 5.26 อุดส่วนเว้าของแม่พิมพ์ด้วยดินน้ำมัน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.15 นำเรซิน PC 600 ที่ผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาผงทาลค์ผสมสีได้ตามต้องการ แล้ว ผสมกับตัวทำแข็ง ในอัตราส่วน 5% ของเนื้อเรซิน ทาด้วยแปรงให้ทั่วแม่พิมพ์ยาง รोजनเรซิน แข็งตัว นำใยแก้วตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม ฉีก และปูซ้อนกันให้ทั่วบริเวณที่ทาเรซินเอาไว้



ภาพที่ 5.27 ทาเรซินและปูด้วยใยแก้ว  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



2.2.1.16 นำเรซิน 355 E ที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้ว มาผสมกับตัวทำแข็ง ในอัตราส่วน 5% ของเรซิน คนให้เข้ากัน จิ้มเรซินลงบนใยแก้วให้ทั่ว จนเรซินและใยแก้วประสานเป็นเนื้อเดียวกัน ฉีก และปูใยแก้วให้ทั่วอีกเป็นชั้นที่ 2 จิ้มด้วยเรซิน จนเป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพที่ 5.28 ทาเรซินลงบนใยแก้วให้ทั่วเป็นเนื้อเดียวกัน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.17 ปูใยแก้วเฉพาะส่วนปีกของแม่พิมพ์อีก 1 ชั้น และใช้เรซิน 355E จิ้มใยแก้ว จนประสานเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อแห้งจะได้แม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 5.29 พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสยังไม่ได้ตกแต่งขอบพิมพ์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.18 เมื่อแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสแข็งตัวเต็มที่แล้วให้ยกแม่พิมพ์ และรูป  
ต้นแบบตั้งขึ้น เพื่อจะได้รื้อปูนปลาสเตอร์และดินน้ำมันกันขอบออก



ภาพที่ 5.30 รื้อปูนปลาสเตอร์และดินน้ำมันกันขอบออก  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.19 วางรูปต้นแบบบนรองลง นำดินน้ำมันที่กลึงเป็นเส้นเสริมบนขอบดินน้ำมัน  
ของเดิมให้สูงขึ้นอีกชั้น เพื่อทำระหวางหนุนดินน้ำมันให้ตรงกับหมดดินน้ำมันของปีกแม่พิมพ์อีก  
ด้านทาวาสลีนบาง ๆ ให้ทั่วปีกพิมพ์ที่ยางซิลิโคน และพ่นแลคเกอร์สเปรย์บาง ๆ เพื่อตรึงผิวด้านหลัง  
ของรูปต้นแบบด้านหลัง ป้องกันมิให้ยางซิลิโคนติดกัน รองจนแห้งสนิท



ภาพที่ 5.31 ทาวาสลีนที่ผิวรูปต้นแบบด้านหลัง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.20 เทยางซิลิโคน และทำแบบแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาส ด้วยวิธีการ  
เดียวกับการทำแม่พิมพ์ชักหน้า



ภาพที่ 5.32 เทยางซิลิโคนชักที่ 2

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.21 เมื่อแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสแข็งตัวเต็มที่แล้ว ให้จัดแม่พิมพ์ครอบออก  
จากกันด้วยไขควงแบนถอดแม่พิมพ์ยางซิลิโคนและแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสออกจากรูปต้นแบบ รื้อ  
ดินน้ำมันกันขอบและหลุดดินน้ำมันออกให้หมด



ภาพที่ 5.33 ถอดแม่พิมพ์ยางซิลิโคนและแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสออกจากรูปต้นแบบ

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



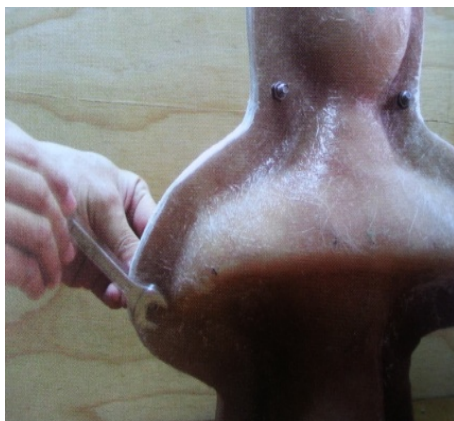
2.2.1.22 วางแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ลงบนแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาส ใช้มีดคัตเตอร์ ตัดปีกแม่พิมพ์ยางส่วนเกินออกให้หมด ใช้เครื่องเจียรระไนตัดขอบแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาสออกให้เรียบร้อย



ภาพที่ 5.34 ตกแต่งพิมพ์ครอบ

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

2.2.1.23 ร้อยนอตเพื่อประกอบแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก เข้าด้วยกัน (มีแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ซีกที่ 1 และซีกที่ 2 ประกอบด้วยแม่พิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาส) ได้แม่พิมพ์ยางซิลิโคนที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมใช้งาน



ภาพที่ 5.35 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนที่เสร็จสมบูรณ์

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 2.2.2 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก

2.2.2.1 ในการผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง ควรศึกษาและทดลองให้แน่ใจว่าอัตราส่วนของตัวทำแข็งต้องมีปริมาณแน่นอน เพราะถ้าผิดพลาดอาจมีการจับตัวเร็วหรือจับตัวช้าจะส่งผลให้ชิ้นงานเสียหายได้

2.2.2.2 การผสมตัวทำแข็งไม่ควรเทลงในยางซิลิโคนจนหมดในคราวเดียวเพราะอาจทำให้น้ำยางส่วนนั้นเกิดการจับตัวก่อนได้

## 3. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก

3.1 เมื่อได้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ซีกที่ 1 แล้ว ต้องตกแต่งผิวแม่พิมพ์ให้เรียบและทาวาสลินทุกครั้ง ก่อนที่จะเทปูนปลาสเตอร์เพื่อทำแม่พิมพ์ซีกที่ 2 เพื่อป้องกันการติดกันระหว่างแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก และช่วยให้แกะแม่พิมพ์แยกจากกันได้ง่ายขึ้น

3.2 การแกะชิ้นงานต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ต้องระมัดระวัง เพราะอาจทำให้แม่พิมพ์เกิดการแตกหักได้

3.3 การผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง ควรศึกษาและทดลองให้แน่ใจว่าอัตราส่วนของตัวทำแข็งต้องมีปริมาณแน่นอน เพราะถ้าผิดพลาดอาจมีการจับตัวเร็วหรือจับตัวช้าจะส่งผลให้ชิ้นงานเสียหายได้

3.4 การผสมตัวทำแข็งไม่ควรเทลงในยางซิลิโคนจนหมดในคราวเดียวเพราะอาจทำให้น้ำยางส่วนนั้นเกิดการจับตัวก่อน

## 4. สรุป

แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อที่ต้องการความทนทานและแข็งแรงสามารถใช้งานได้หลายครั้ง นิยมใช้วัสดุไฟเบอร์กลาสและยางซิลิโคนมาทำแม่พิมพ์ แต่ถ้าต้องการหล่อชิ้นงานในปริมาณน้อย หรือเพียงแค่ชิ้นเดียวก็ควรที่จะเลือกวัสดุที่มีคุณภาพรองลงมาทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนให้น้อยลง เช่น ถ้าต้องการหล่อชิ้นงานเพียงชิ้นเดียวก็สามารถใช้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะดีกว่า การผลิตแม่พิมพ์แบบ 2 ซีกเพื่อการหล่อชิ้นงานทำได้โดยใช้ชิ้นงานที่เป็นรูปต้นแบบที่มีลักษณะเป็นรูปลอยตัวเพื่อต้องการให้ได้แม่พิมพ์ที่สามารถมองเห็นส่วนประกอบได้ทุกมิติ โดยแบ่งแม่พิมพ์ออกเป็น 2 ซีก คือซีกหน้าและซีกหลังสามารถถอดชิ้นงานที่เป็นรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย และเมื่อทำการหล่อก็สามารถถอดชิ้นงานออกจากการหล่อได้ง่ายเช่นกัน แม่พิมพ์แบบ 2 ซีกจากยางจำเป็นต้องมีพิมพ์ครอบช่วยประคองทรงให้คงรูปทรงอยู่ได้ ซึ่งพิมพ์ครอบจะมีจำนวนพิมพ์เท่ากับแม่พิมพ์ ส่วนแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์มีรูปทรงคงรูปไม่จำเป็นต้องมีพิมพ์ครอบช่วยประคอง

## กิจกรรม

### กิจกรรมที่ 5.1

1. ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 5
2. ทำแบบประเมินผลการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 5

### กิจกรรมที่ 5.2

1. ปฏิบัติตามใบงานที่ 5.1 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์
2. ปฏิบัติตามใบงานที่ 5.2 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยยางซิลิโคน

## แบบฝึกหัด

**คำสั่ง** จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. จงบอกความหมายของแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก มาพอเข้าใจ
2. จงอธิบายขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์
3. ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก

**แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 5 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท)

ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปต้นแบบลอยตัวนิยมแบ่งแม่พิมพ์เป็นซีกจัดเป็นแม่พิมพ์ชนิดใด
  - ก. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ข. แม่พิมพ์หลายชิ้น
  - ค. แม่พิมพ์แบบ 2 ซีก
  - ง. แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียว 2 ซีก
2. กรณีจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์รูปองค์ลอยต้องใช้แม่พิมพ์ใดเหมาะสมที่สุด
  - ก. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ข. แม่พิมพ์หลายชิ้น
  - ค. แม่พิมพ์แบบ 2 ซีก
  - ง. แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียว 2 ซีก
3. ข้อใดไม่ใช่ขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์
  - ก. เตรียมแม่แบบ
  - ข. เตรียมปูนปลาสเตอร์และน้ำ
  - ค. ผสมน้ำลงในปูนปลาสเตอร์แล้วกวนให้เข้ากัน
  - ง. ใช้น้ำหรือสารเคมีอื่นผสมปูนปลาสเตอร์แล้วกวนเข้ากัน
4. เทคนิคการผสมปูนปลาสเตอร์ในการผลิตแม่พิมพ์ข้อใดถูกต้องที่สุด
  - ก. แบ่งสัดส่วนระหว่างน้ำและปูนเท่ากัน
  - ข. การกวนให้เข้ากันต้องใช้เวลานาน ๆ จึงจะดี
  - ค. เทปูนลงบนแม่แบบแล้วใช้น้ำราดเพื่อละลายปูนในตัว
  - ง. ผสมปูนปลาสเตอร์ลงในน้ำตามสัดส่วนกำหนดแล้วกวนให้เข้ากัน
5. การทำแม่พิมพ์แบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ข้อใดไม่เกี่ยวข้อง
  - ก. นิยมใช้ผลิตเป็นชิ้นงานแบบลอยตัว
  - ข. นิยมใช้ผลิตเป็นชิ้นงานแบบนูนต่ำนูนสูง
  - ค. เลือกต้นแบบมาแล้วแบ่งเส้นงานเป็น 2 ซีก
  - ง. ก่อนทำแม่พิมพ์ซีกที่ 2 ควรทาวาสลิน เพื่อป้องกันการติด



6. แม่พิมพ์สำหรับปูนต้านสูงหรือรูปลอยตัวที่มีรายละเอียดน้อยจัดเป็นแม่พิมพ์ชนิดใด
  - ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์ถาวร
  - ง. แม่พิมพ์ชั่วคราว
7. แม่พิมพ์จากยางซิลิโคนต่อไปนี้ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เป็นแม่พิมพ์ราคาถูก
  - ข. เป็นแม่พิมพ์ที่ผลิตได้ง่าย
  - ค. เป็นแม่พิมพ์ใช้งานครั้งเดียวแล้วทิ้ง
  - ง. เป็นแม่พิมพ์ที่ทนทานใช้งานได้หลายครั้ง
8. แม่พิมพ์จากยางธรรมชาติต่อไปนี้ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เป็นแม่พิมพ์ราคาถูก
  - ข. เป็นแม่พิมพ์ราคาแพง
  - ค. เป็นแม่พิมพ์ใช้งานครั้งเดียวแล้วทิ้ง
  - ง. เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้งานกับอุณหภูมิสูงได้ดี
9. วัสดุใดไม่เหมาะในการทำแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน
  - ก. ยางซิลิโคน
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ปูนปลาสเตอร์
  - ง. ไฟเบอร์กลาส
10. เทคนิคการผสมยางซิลิโคนในการผลิตแม่พิมพ์ข้อใดถูกต้องที่สุด
  - ก. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็ง 5%
  - ข. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็ง 5% ขึ้นไป
  - ค. แบ่งสัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งให้เท่ากัน
  - ง. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็งอย่างน้อย 5%

**แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 5 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท)

ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. ข้อใดไม่ใช่ขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์
  - ก. เตรียมแม่แบบ
  - ข. เตรียมปูนปลาสเตอร์และน้ำ
  - ค. ผสมน้ำลงในปูนปลาสเตอร์แล้วกวนให้เข้ากัน
  - ง. ใช้น้ำหรือสารเคมีอื่นผสมปูนปลาสเตอร์แล้วกวนเข้ากัน
2. แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปต้นแบบลอยตัวนิยมแบ่งแม่พิมพ์เป็นซีกจัดเป็นแม่พิมพ์ชนิดใด
  - ก. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ข. แม่พิมพ์หลายขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์แบบ 2 ซีก
  - ง. แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียว 2 ซีก
3. กรณีจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์รูปองค์ลอยต้องใช้แม่พิมพ์ใดเหมาะสมที่สุด
  - ก. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ข. แม่พิมพ์หลายขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์แบบ 2 ซีก
  - ง. แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียว 2 ซีก
4. เทคนิคการผสมปูนปลาสเตอร์ในการผลิตแม่พิมพ์ข้อใดถูกต้องที่สุด
  - ก. แบ่งสัดส่วนระหว่างน้ำและปูนเท่ากัน
  - ข. การกวนให้เข้ากันต้องใช้เวลานาน ๆ จึงจะดี
  - ค. เทปูนลงบนแม่แบบแล้วใช้น้ำราดเพื่อละลายปูนในตัว
  - ง. ผสมปูนปลาสเตอร์ลงในน้ำตามสัดส่วนกำหนดแล้วกวนให้เข้ากัน
5. การทำแม่พิมพ์แบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ข้อใดไม่เกี่ยวข้อง
  - ก. นิยมใช้ผลิตเป็นชิ้นงานแบบลอยตัว
  - ข. นิยมใช้ผลิตเป็นชิ้นงานแบบนูนต่ำนูนสูง
  - ค. เลือกต้นแบบมาแล้วแบ่งเส้นงานเป็น 2 ซีก
  - ง. ก่อนทำแม่พิมพ์ซีกที่ 2 ควรทาวาสลีนเพื่อป้องกันการติด

6. แม่พิมพ์จากยางธรรมชาติต่อไปนี้ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เป็นแม่พิมพ์ราคาถูก
  - ข. เป็นแม่พิมพ์ราคาแพง
  - ค. เป็นแม่พิมพ์ใช้งานครั้งเดียวแล้วทิ้ง
  - ง. เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้งานกับอุณหภูมิสูงได้ดี
7. วัสดุใดไม่เหมาะในการทำแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน
  - ก. ยางซิลิโคน
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ปูนปลาสเตอร์
  - ง. ไฟเบอร์กลาส
8. แม่พิมพ์สำหรับนูนต่ำนูนสูงหรือรูปลอยตัวที่มีรายละเอียดน้อยจัดเป็นแม่พิมพ์ชนิดใด
  - ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์ถาวร
  - ง. แม่พิมพ์ชั่วคราว
9. แม่พิมพ์จากยางซิลิโคนต่อไปนี้ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เป็นแม่พิมพ์ราคาถูก
  - ข. เป็นแม่พิมพ์ที่ผลิตได้ง่าย
  - ค. เป็นแม่พิมพ์ใช้งานครั้งเดียวแล้วทิ้ง
  - ง. เป็นแม่พิมพ์ที่ทนทานใช้งานได้หลายครั้ง
10. เทคนิคการผสมยางซิลิโคนในการผลิตแม่พิมพ์ข้อใดถูกต้องที่สุด
  - ก. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็ง 5%
  - ข. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็ง 5% ขึ้นไป
  - ค. แบ่งสัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งให้เท่ากัน
  - ง. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็งอย่างน้อย 5%

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 5.1                       | หน่วยที่ 5                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์                     |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักเรียนสามารถทำการผลิตแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ได้
2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกและเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ได้
2. บอกอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำกับปูนปลาสเตอร์ที่เหมาะสมในการทำแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการทำแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ได้
4. สามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ได้
5. สามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์งานหล่ออย่างแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. ชิ้นงานรูปต้นแบบ
2. เทปขาว
3. แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด
4. มีดคัดเตอร์
5. ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์

## สารเคมี

1. ปูนปลาสเตอร์
2. น้ำสะอาด



ภาพที่ 5.1.1 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมชิ้นงานรูปต้นแบบเลือกวัสดุที่มีความยืดหยุ่นได้เล็กน้อยจะเหมาะสม เช่น ชิ้นงานต้นแบบที่เป็นยาง พลาสติก หรือชิ้นงานจริงประเภท ผัก ผลไม้ เป็นต้น
2. นำชิ้นงานรูปต้นแบบมาวัดขนาดความกว้าง ความยาว และส่วนสูง เพื่อได้กำหนดขนาดของกล่อง (แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดทำเป็นกล่อง) ในการทำแม่พิมพ์ให้เหมาะสม
3. ได้กล่องเรียบร้อยแล้ว ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 คนให้เข้ากันจนเป็นเนื้อครีมปราศจากฟองอากาศ เทปูนปลาสเตอร์ที่เป็นครีมลงในกล่อง ให้ความสูงประมาณครึ่งหนึ่งของกล่อง
4. กดชิ้นงานรูปต้นแบบลงในปูนปลาสเตอร์ให้ได้ความหนาครึ่งหนึ่งของชิ้นงาน
5. รอจนปูนปลาสเตอร์แห้งใช้เวลาประมาณ 30 – 40 นาที
6. แกะกล่องออกทุกด้าน ค่อย ๆ แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ใช้มีดหรือเกรียงตกแต่งผิวแม่พิมพ์ให้เรียบพร้อมเจาะรู เพื่อเป็นเดือยยึดและทำความสะอาดผิวหน้าให้เรียบร้อย
7. นำแม่พิมพ์ที่ได้ซีกที่ 1 วางในกล่องและประกอบกล่องให้เหมือนเดิม
8. ใส่ชิ้นงานรูปต้นแบบลงในเดิม ใช้สับแหลวทาบริเวณผิวของแม่พิมพ์และชิ้นงานรูปต้นแบบเพื่อให้แกะแม่พิมพ์อีกซีกได้ง่ายขึ้น

9. ผสมปูนปลาสเตอร์เหมือนครั้งก่อนเทลงบนแม่พิมพ์อีกครั้งหนึ่งเพื่อทำแม่พิมพ์ซีกที่ 2 รอปูนปลาสเตอร์แห้งจึงแกะออก
10. ใช้มีดเซาะระหว่างแม่พิมพ์ซีกที่ 1 และซีกที่ 2 เบา ๆ และแกะแม่พิมพ์แยกออกจากกัน
  11. แกะขึ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ นำแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก มาตกแต่งให้สวยงาม
  12. ประกอบแม่พิมพ์เข้าด้วยกันแล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์แบบ 2 ซีก พร้อมนำไปใช้หล่อเข้าต่อไป

#### ข้อเสนอแนะ

- เพื่อป้องกันการติดกันระหว่างแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก และช่วยให้แกะแม่พิมพ์ให้แยกจากกันได้ง่ายขึ้น ควรทาสีหรือสเปรย์เคลือบที่แม่พิมพ์ซีกที่ 1 ก่อนที่จะเทปูนปลาสเตอร์เพื่อทำแม่พิมพ์ซีกที่ 2

#### ประโยชน์

- แม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก จากปูนปลาสเตอร์ผลิตได้ง่ายและราคาถูก ใช้หล่อแบบต้นและหล่อแบบกลวงได้

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 5.2                       | หน่วยที่ 5                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การผลิตแม่พิมพ์งานหล่อยางแบบ 2 ซีก ด้วยยางซิลิโคน                         |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถทำการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อยางแบบ 2 ซีกด้วยยางซิลิโคนได้
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกและเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำแม่พิมพ์งานหล่อยางแบบ 2 ซีกด้วยยางซิลิโคนได้
2. บอกอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งที่เหมาะสมในการทำแม่พิมพ์งานหล่อยางแบบ 2 ซีก ด้วยยางซิลิโคนได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการทำแม่พิมพ์งานหล่อยางแบบ 2 ซีก ด้วยยางซิลิโคนได้
4. สามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์งานหล่อยางแบบ 2 ซีก ด้วยยางซิลิโคนได้
5. สามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์งานหล่อยางแบบ 2 ซีก ด้วยยางซิลิโคนได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. ชั่งงานรูปต้นแบบ
2. แผ่นไม้กระดาน
3. มีดคัดเตอร์
4. ภาชนะผสมน้ำยาง
5. แปรง
6. พู่กัน
7. หัวฉีดลม
8. ลวด
9. ผ้ากอซ
10. กระดาษทราย
11. สว่านสำหรับเจาะรู



## สารเคมี

1. ปูนปลาสเตอร์
2. น้ำสะอาด
3. ดินน้ำมัน
4. แล็กเกอร์สเปรย์
5. น้ำยาล้างสี
6. ตัวทำแข็ง
7. เรซิน pc 600



ภาพที่ 5.2.1 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมรูปต้นแบบที่เป็นรูปลอยตัว นำมาติดกับไม้กระดานแผ่นเรียบให้แน่น
2. กลึงดินน้ำมันเป็นแผ่น หน้ากว้างประมาณ 1 ½ นิ้ว ติดให้แนบกับรูปต้นแบบด้วยวาสลีนตามแนวขอบรอบนอกของรูปต้นแบบ เพื่อกันแบ่งซีกพิมพ์
3. ผสมปูนปลาสเตอร์ทาประกบบาง ๆ กับดินน้ำมัน เพื่อสร้างความแข็งแรงให้กับแผ่นดินน้ำมันไม่ให้หลุดในขณะทำพิมพ์
4. ใช้ไม้ปั่นปลายเฉียงรีดดินน้ำมันให้แนบติดกับรูปต้นแบบ เพื่อป้องกันการไหลซึมของยางซิลิโคนในขณะเทลงบนรูปต้นแบบชิ้นแรก
5. กลึงดินน้ำมันเป็นเส้นหนา ¼ นิ้ว เพื่อทำกระทุง โดยกันเป็นแนวยาวรอบนอกของขอบดินน้ำมัน เพื่อกันมิให้ยางซิลิโคนไหลในขณะที่ยางยังไม่แข็งตัว และกดรีดให้แนบกับดินน้ำมันที่เป็นปีก

6. วางหมุดดินน้ำมันเป็นระยะ เพื่อทำเดือยสวมระหว่างแม่พิมพ์ยางซิลิโคนกับพิมพ์ครอบไฟเบอร์กลาส และวางปลิงดินน้ำมันเป็นระยะเพื่อเป็นเดือยสวมระหว่างซีกหน้าและซีกหลัง
7. พ่นแลคเกอร์สเปรย์บาง ๆ เพื่อตั้งผิวรูปต้นแบบให้เรียบ หลังจากนั้นผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง 5% คนยางให้เข้ากัน เทยางซิลิโคนชั้นที่ 1 ลงบนรูปต้นแบบให้ทั่วแล้วทาด้วยฟุ้งกันแบนจนสม่ำเสมอ
8. ใช้หัวฉีดลมเป่าฟองอากาศออกจากรูปต้นแบบให้หมด ลูบยางซิลิโคนที่ติดดินน้ำมันกับแบบออกเพื่อจะให้เห็นระดับความหนาของปีกพิมพ์อย่างชัดเจน
9. ระหว่างที่ยางซิลิโคนชั้นที่ 1 ยังไม่แข็งตัวให้ใช้ลวดสำหรับขุดดินเกลี่ยยางซิลิโคนให้มีความหนาเท่าๆ กัน
10. หลังจากนั้นผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งอีกครั้ง เพื่อลงยางซิลิโคนชั้นที่ 2 ด้วยวิธีการเดียวกันกับการลงยางชั้นที่ 1 รอจนยางแข็งตัว
11. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง ลงยางซิลิโคนในชั้นที่ 3 ตัดผ้ากอซเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมปูซ้อนกัน 2 ชั้นให้ทั่วบริเวณที่ลงยางเอาไว้ เพื่อเป็นโครงสร้างเสริมความแข็งแรงของแม่พิมพ์
12. ใช้ลวดสำหรับขุดดินจิ้มผ้ากอซให้แนบกับยางซิลิโคน และรอจนยางซิลิโคนแข็งตัวลงยางซิลิโคนในชั้นที่ 4 ทาให้ทั่วด้วยฟุ้งกันแบน พยายามให้ยางที่ปีกของเบ้าพิมพ์มีความหนาเสมอกับขอบดินน้ำมัน
13. เมื่อยางซิลิโคนแข็งตัวแล้ว ยกรูปต้นแบบตั้งขึ้น เทยางในชั้นที่ 5 เพื่อเป็นผิวสุดท้าย ทาให้ทั่วด้วยฟุ้งกันแบน พยายามให้ยางซิลิโคนด้านฐานของรูปต้นแบบที่ติดกับไม้กระดานมีความหนาเสมอกันกับขอบดินน้ำมัน
14. เมื่อยางซิลิโคนแข็งตัวเต็มที่แล้ว ให้วางรูปต้นแบบบนรอง ใช้มีดคัดเตอร์ตัดหัวหมุดดินน้ำมันออกให้หมด ควักหมุดดินน้ำมันออกจากปีกของแม่พิมพ์ยางซิลิโคน
15. ผสมปูนปลาสเตอร์เทรอปแม่พิมพ์ซีกที่ 1 แล้วรอให้ปูนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที จะได้พิมพ์ครอบปูนปลาสเตอร์ที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว
16. วางรูปต้นแบบบนรอง นำดินน้ำมันที่กลึงเป็นเส้นเสริมบนขอบดินน้ำมันของเดิมให้สูงขึ้นอีกชั้น เพื่อทำกระทง วางหนูนดินน้ำมันให้ตรงกับหมุดดินน้ำมันของปีกแม่พิมพ์อีกด้าน ทาวาสลินบาง ๆ ให้ทั่วปีกพิมพ์ที่เป็นยางซิลิโคน และพ่นแลคเกอร์สเปรย์บาง ๆ เพื่อตั้งผิวรูปต้นแบบด้านหลัง ป้องกันมิให้ยางซิลิโคนติดกัน รอจนแห้งสนิท
17. ลงยางซิลิโคน และทำแบบพิมพ์ครอบปูนปลาสเตอร์ ด้วยวิธีการเดียวกับการทำแม่พิมพ์ซีกหน้าทุกอย่างจนจบกระบวนการทำงาน
18. เมื่อพิมพ์ครอบแข็งตัวเต็มที่แล้ว ให้ตัดพิมพ์ครอบออกจากกันด้วยไขควงแบนถอดแม่พิมพ์ยางซิลิโคนและพิมพ์ครอบออกจากรูปต้นแบบ รีดดินน้ำมันกันขอบและหมุดดินน้ำมันออกให้หมด

19. วางแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ลงบนพิมพ์ครอบปูนพลาสติก ใช้มีดคัตเตอร์ตัดปีกแม่พิมพ์ ยางส่วนเกินออกให้หมด ใช้มีดตัดขอบพิมพ์ครอบออกให้เรียบร้อย

20. ประกอบแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก เข้าด้วยกัน ได้แม่พิมพ์ยางซิลิโคนที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

#### ข้อเสนอแนะ

- เพื่อป้องกันการเสียหายของแม่พิมพ์ต้องศึกษาส่วนผสมระหว่างน้ำยางซิลิโคนกับตัวทำ แข็งให้แน่ใจเพราะถ้าใช้ปริมาณตัวทำแข็งมากจนเกินไปจะทำให้ยางแห้งเร็วอาจเก็บรายละเอียดไม่ทัน งานจะเสียหายได้

#### ประโยชน์

- แม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก จากยางซิลิโคนผลิตได้ง่าย มีความคงทนและแข็งแรง ใช้หล่อแบบต้นและหล่อแบบกลวงหรือหล่องานประเภทรูเข็ม ปูนพลาสติกได้ดี

## เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม นิธิอุทัย . ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2532.
- วราภรณ์ ขจรไชยกูล. ยางธรรมชาติการผลิตและการใช้งาน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย  
(สกว.). ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์, 2549.
- \_\_\_\_\_. เทคโนโลยีน้ำยาง. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.), 2555.

## หน่วยที่ 6

### การผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทหล่อขึ้นรูป

#### หัวเรื่อง

1. การหล่อขึ้นรูป
2. ชนิดของแม่พิมพ์
3. น้ำยางผสมสารเคมีสำหรับหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
4. วิธีการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์งานหล่อ
5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยการหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
6. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยการหล่อด้วยแม่พิมพ์โลหะ
7. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์งานหล่อ
8. สรุป

#### สาระสำคัญ

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยกระบวนการหล่อเป็นผลิตภัณฑ์แบบกลวงและแบบตัน การทำผลิตภัณฑ์แบบกลวงสามารถทำได้ง่าย ใช้เวลาในการอบสุกสั้นและต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์แบบตัน กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ลักษณะนี้ทำได้จากวิธีการหล่อขึ้นรูป ส่วนอีกวิธีเป็น กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีการจุ่มขึ้นรูป การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางทั้ง 2 วิธีนี้จะได้ ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันคือผิวของผลิตภัณฑ์จากการจุ่ม ได้ชิ้นงานด้านที่ติดกับด้านนอกของแม่พิมพ์จะเป็นผิวด้านในของผลิตภัณฑ์เมื่อถูกถอดออกจากแม่พิมพ์ ส่วนผลิตภัณฑ์จากการหล่อเมื่อถอดหรือดึง ชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ด้านที่ติดกับด้านในของแม่พิมพ์จะเป็นผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์ การขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์วิธีการหล่อ โดยใช้ น้ำยางผสมสารเคมีแบ่งเป็น 2 แบบ คือใช้น้ำยางข้นปกติที่ยังไม่ได้ทำให้ คงรูป (Unvulcanized Latex) และน้ำยางที่ทำให้คงรูปแล้ว (Prevulcanized Latex) สามารถหล่อ เป็นผลิตภัณฑ์ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการด้านสมบัติของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ส่วนแม่พิมพ์สำหรับหล่อ ใช้แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์หรือแม่พิมพ์จากโลหะ เป็นต้น

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการหล่อและตกแต่งแม่พิมพ์งานหล่อ
2. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเตรียมน้ำยาผสมสารเคมีสำหรับหล่อ
3. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีหล่อ
4. เพื่อให้ประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และความมีภูมิคุ้มกัน ในการเตรียมน้ำยาผสมสารเคมีสำหรับหล่อ
5. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความขยัน ซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ความเป็นประชาธิปไตย ใช้เวลาให้เป็นประโยชน์และห่างไกลยาเสพติด

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้นักศึกษา

1. อธิบายหลักการหล่อแบบกอลง
2. อธิบายหลักการหล่อแบบต้น
3. บอกความแตกต่างระหว่างการขึ้นรูปจากการหล่อกับการขึ้นรูปจากการจุ่ม
4. บอกส่วนประกอบที่จำเป็นในสูตรน้ำยาคอมปาวด์สำหรับหล่อ
5. อธิบายกลไกการจับตัวของน้ำยาบนผิวของแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
6. บอกความแตกต่างระหว่างแม่พิมพ์โลหะกับแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
7. บอกหลักการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเทและวิธีหล่อเหวี่ยง
8. ปฏิบัติเตรียมน้ำยาคอมปาวด์สำหรับหล่อ
9. ปฏิบัติการหล่อน้ำยาโดยใช้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
10. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยาคอมปาวด์เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์งานหล่อ
11. เตรียมความพร้อมในการเรียนมีระเบียบวินัยและปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด

## 1. การหล่อขึ้นรูป

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยาด้วยวิธีการหล่อใช้แม่พิมพ์แบบประกบหรือแม่พิมพ์แบบกอลง ซึ่งแม่พิมพ์แบบนี้จะหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ทั้งแบบต้นและผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกอลง โดยเทน้ำยาคอมปาวด์ลงในแม่พิมพ์ เมื่อผลิตภัณฑ์แห้งแล้ว จึงแกะชิ้นงานออกมาได้ผลิตภัณฑ์ตามรูปแบบของแม่พิมพ์นั้นไม่ต้องกลับด้านของตัวผลิตภัณฑ์ ส่วนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากการหล่ออีกแบบคือวิธีจุ่ม แม่พิมพ์ของการหล่อวิธีนี้จะมีลักษณะเป็นขึ้นเดียวสำเร็จหรือเป็นรูปลอยตัว

กระบวนการหล่อโดยจุ่มแม่พิมพ์ลงในน้ำยางคอมปาวด์ ทำให้แห้งจึงแกะผลิตภัณฑ์ออกจากแม่พิมพ์ โดยการกลับด้านที่ติดกับแม่พิมพ์ออกด้านนอกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เหมือนกับแม่พิมพ์ต้นแบบ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง ทั้ง 2 วิธี มีดังนี้

### 1.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยวิธีการจุ่ม

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ โดยวิธีการจุ่ม กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์วิธีนี้จะได้ผลิตภัณฑ์ในส่วนของการขึ้นงานด้านที่ติดกับด้านนอกของแม่พิมพ์เป็นผิวด้านในของผลิตภัณฑ์เมื่อถูกถอดออกจากแม่พิมพ์ (หากไม่มีการกลับอีกด้าน) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ถ้าไม่กลับด้านอีกครั้งก็จะได้ผิวที่มีลวดลายหรือละเอียดตามลวดลายของผิวของแม่พิมพ์ วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีการจุ่มมีขั้นตอนดังนี้ ใช้แม่พิมพ์ (แม่แบบ) ปูนปลาสเตอร์ ยึดส่วนฐานด้านล่างติดกับแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ตรงแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดเจาะรูร้อยด้วยเส้นลวดสำหรับจับ ในกระบวนการจุ่มเป็นผลิตภัณฑ์จุ่มแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ลงในน้ำยางคอมปาวด์ (วรารณ ขจรไชยกูล 2555 : 244) เมื่อจุ่มแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ได้ความหนาตามต้องการ จากนั้นนำเข้าอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้เวลาประมาณ 10 – 15 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ที่สุกสมบูรณ์ดีแล้ว ดึงออกจากแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์



ภาพที่ 6.1 ผลิตภัณฑ์ยางจากการจุ่ม

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 1.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยวิธีการหล่อ

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยวิธีการหล่อ ปกติผลิตภัณฑ์จากการหล่อเมื่อถอดหรือดึงชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ด้านที่ติดกับด้านในของแม่พิมพ์จะเป็นผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะมีลวดลายละเอียดตามลวดลายของผิวแม่พิมพ์ ในทางปฏิบัติใช้ยางธรรมชาติขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์จาก

การหล่อ ได้แก่ ของเล่นเด็ก เช่น ตุ๊กตา ลูกบอล หมวกว่ายน้ำ และหุ่นทางการศึกษา เป็นต้น วิธีการหล่อด้วยแม่พิมพ์พลาสติกหรือแม่พิมพ์โลหะ โดยการเทน้ำยางคอมปาวด์ลงในแม่พิมพ์ ทิ้งให้น้ำยางจับผิวแม่พิมพ์จนได้ความหนาตามต้องการ แล้วเทน้ำยางส่วนเกินออกจากแม่พิมพ์เรียกว่าวิธีนี้ว่าหล่อเทหรือสลัชโมลดิ้ง (Slash molding) ส่วนอีกวิธีหนึ่งจะเทน้ำยางคอมปาวด์ปริมาณเพียงพอที่จะเคลือบผิวแม่พิมพ์เท่านั้นจากนั้นหมุนหรือเหวี่ยงรอบในทุกทิศทาง เพื่อให้ น้ำยางเคลือบผิวแม่พิมพ์อย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง เรียกว่าวิธีนี้ว่า หล่อเหวี่ยง หรือโรตชันนอลโมลดิ้ง (Rotational molding)



ภาพที่ 6.2 ลูกบอลยางขึ้นรูปโดยวิธีหล่อเหวี่ยง  
ที่มา : <http://www.google.co.th/imgres?imgurl>



ภาพที่ 6.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางโดยวิธีหล่อเท  
ที่มา : <http://www.google.co.th/imgres?imgurl>



## 2. ชนิดของแม่พิมพ์

แม่พิมพ์ในกระบวนการหล่อมีความสำคัญ และมีข้อจำกัดเกี่ยวกับวัสดุที่นำมาหล่อ เช่น แม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ งานหล่อต้องใช้วัสดุอื่นที่ไม่ใช่ยางธรรมชาติ เพราะจะติดกันระหว่างผิวของแม่พิมพ์และน้ำยางคอมปาวด์ หรือแม่พิมพ์ต้องไม่มีส่วนผสมของทองแดง เนื่องจากทองแดงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ยางเปลี่ยนสี และเร่งการเสื่อมสภาพของยางให้เร็วขึ้น เป็นต้น โดยทั่วไปนิยมใช้แม่พิมพ์ 2 ชนิด คือ แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ และแม่พิมพ์โลหะ (บุญธรรม นิธิอุทัย 2532 : 100) การใช้น้ำยางคอมปาวด์ธรรมดานิยมใช้กับแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ส่วนการใช้น้ำยางชนิดไวต่อความร้อน (Heat sensitive) ใช้กับแม่พิมพ์โลหะ เช่น อะลูมิเนียม (Aluminium) เป็นต้น

### 2.1 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

ปูนปลาสเตอร์มีการใช้ครั้งแรก ปี ค.ศ. 1545 ในอิตาลี ประมาณ 470 ปีมาแล้ว แต่ยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย ต่อมาประมาณปี ค.ศ. 1770 ได้มีการทำปูนปลาสเตอร์กันอย่างแพร่หลายในประเทศฝรั่งเศส ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของชื่อ ปลาสเตอร์ ออฟปารีส (Plaster of paris) ([web\\_elearning/ceramic/lesson3](http://web_elearning/ceramic/lesson3)) จากนั้นเป็นต้นมา ปูนปลาสเตอร์ก็ได้ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในยุโรป คือ อังกฤษ ฝรั่งเศส อิตาลี และเยอรมัน การค้นพบวัตถุดิบปูนปลาสเตอร์ทำให้เกิดการปฏิรูปการผลิตในระบบอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งตรงกับยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้น โดยไม่ต้องอาศัยการปั้นจากช่างฝีมือที่ละชิ้น

ปัจจุบันปูนปลาสเตอร์ยังนิยมใช้ในวงการอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากยังหาวัสดุอื่นที่ดีกว่าและราคาถูกกว่ามาทดแทน ก่อนที่คนเราจะรู้จักการพิมพ์จากปูนปลาสเตอร์ ก็ทำแม่พิมพ์จากเครื่องปั้นดินเผา โดยปั้นด้วยดิน นำไปเผาไฟให้แกร่งก่อนใช้ ต่อมาเมื่อปูนปลาสเตอร์เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายแม่พิมพ์ที่ทำจากเครื่องปั้นดินเผาก็หมดความนิยมไป

คุณสมบัติของแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์เมื่อเทียบกับแม่พิมพ์ที่ทำจากดินเผา ได้ดังนี้

1. แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สามารถดูดซึมความชื้นจากพิมพ์ได้ดีกว่าพิมพ์ดินเผา
2. แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ไม่เผาก่อนการใช้งาน
3. แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สามารถผลิตได้รวดเร็ว
4. แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ไม่หดตัว แต่ข้อเสียของพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ก็คือความคงทนน้อยกว่า

ผิวหน้าแม่พิมพ์สึกง่ายและเสื่อมสภาพง่าย ต้องทำหลายชุดหากทำชิ้นงานจำนวนมาก ๆ ต่างกับแม่พิมพ์ดินเผา หรือแม่พิมพ์โลหะซึ่งสามารถใช้งานได้ตลอดไป



ภาพที่ 6.4 แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์รูปแบบต่าง ๆ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ Plaster of paris การที่น้ำยางเกิดการจับตัวบนผิวของปูนปลาสเตอร์ อาจเกิดมาจาก 2 สาเหตุ (บุญธรรม นิธิอุทัย 2532 : 98) คือ 1. ปูนปลาสเตอร์มีรูพรุน จะเกิดจากการดูดน้ำออกไปจากน้ำยางได้ ทำให้เกิดการจับตัวของยางขึ้นที่ผิวของปูนปลาสเตอร์ และ 2. แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อยู่ในแม่พิมพ์ซึมออกมา ทำให้น้ำยางที่อยู่ใกล้ผิวแม่พิมพ์มีความเสถียรลดลง เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางมีความหนามากขึ้น แสดงดังภาพที่ 6.5



ภาพที่ 6.5 การหล่อผลิตภัณฑ์ยางด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 2.2 แม่พิมพ์โลหะ

แม่พิมพ์โลหะ เช่น อะลูมิเนียมหรือแมกนีเซียม ใช้เฉพาะน้ำยางที่เป็น Heat sensitive อัตราการเกาะของยางบนผิวของแม่พิมพ์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของความจุความร้อนของแม่พิมพ์ และสภาพความเป็น Heat sensitive ของน้ำยางเองด้วย ถ้าเปรียบเทียบกับระหว่างแม่พิมพ์โลหะกับแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ จะเห็นว่าแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์มีราคาถูกและผลิตเป็นแม่พิมพ์ได้ง่าย แต่มีข้อจำกัด คือ แม่พิมพ์จะสึกหรอเร็วและอายุการใช้งานน้อยกว่าแม่พิมพ์โลหะ ดังนั้นแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์จึงใช้ในกรณีที่ต้องการทำผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยชิ้น แต่ถ้าต้องการทำเป็นจำนวนมาก ควรจะใช้แม่พิมพ์โลหะ



ภาพที่ 6.6 แม่พิมพ์โลหะ

ที่มา : <http://www.google.co.th/imgres?start>

## 3. น้ำยางผสมสารเคมีสำหรับหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

น้ำยางที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีการหล่อ คือ น้ำยางธรรมชาติ ทั้งนี้จะใช้น้ำยางข้นปกติที่ยังไม่ได้ทำให้คงรูป (Unvulcanized Latex) หรือน้ำยางที่ทำให้คงรูปแล้ว (Prevulcanized Latex) ก็ได้ แต่ในทางปฏิบัติแนะนำให้ใช้น้ำยางคงรูป เพราะผลิตภัณฑ์จากการหล่อปกติไม่ต้องการสมบัติทางเชิงกลที่ดี น้ำยางคงรูปจึงเหมาะสมกว่า เพราะสะดวกที่ไม่ต้องเติมสารในระบบทำให้น้ำยางคงรูปและยังไม่มีขั้นตอนการทำให้ยางคงรูปภายหลังอีกด้วย ส่วนน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้หักงอได้ เช่น ตุ๊กตา ของเด็กเล่น จะต้องใส่สารตัวเติมลงในสูตรประมาณ 30 phr แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงมากขึ้น เช่น โมเดลสำหรับงานแสดงหรือโชว์จะต้องใช้สารตัวเติมสูงถึง 250 phr จึงจะเพียงพอ ส่วนการเพิ่มปริมาณสารช่วยความเสถียรของคอลลอยด์สำหรับการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ จะเพิ่มความเสถียรให้กับน้ำยางได้ แต่จะมีผลในเรื่องความหนาของยางที่จับบนผิวของแม่พิมพ์จะลดลง สารช่วยความเสถียรที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่องานหล่อ คือ เคซีน (Casein) การหล่อขึ้นงาน โดยใช้

แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์หรือแม่พิมพ์จากวัสดุอื่น พบว่า อัตราความเร็วที่น้ำยางจะจับผิวแม่พิมพ์ได้ดีหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณของสารช่วยความเสถียร และปริมาณสารตัวเติมที่ใช้ในสูตรน้ำยางคอมปาวด์นั้นด้วย

**ตารางที่ 6.1** สูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

| สารเคมี                        | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|--------------------------------|----------------|-------------|
|                                | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 60% น้ำยางข้น                  | 100            | 167         |
| 20% แอลกอฮอล์                  | 0.2            | 1           |
| 50% กำมะถัน                    | 2              | 4           |
| 50% แซตตีอีซี                  | 1              | 2           |
| 50% ซิงค์ออกไซด์               | 1.5            | 3           |
| 67% สารตัวเติม                 | 25             | 37.5        |
| 2.5% สารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต | 1              | 40          |
| รวม                            | 130.7          | 254.5       |

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2555 : 247)

### 3.1 น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้หักงอได้

น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้หักงอได้ โดยทั่วไปการออกสูตรน้ำยางคอมปาวด์จะเติมสารตัวเติมในรูปของเหลวดีสเพิชั่น (Dispersion) เป็นสารตัวเติมเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพ แต่ต้องใช้ในปริมาณน้อย ๆ เพื่อยังคงคุณภาพสมบัติด้านความเหนียว ความแข็งแรง ความทนต่อแรงดึง ทนต่อการฉีกขาดและหักงอได้ดี ตัวอย่างสูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้หักงอได้ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้หักงอได้

| สารเคมี                  | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|--------------------------|----------------|-------------|
|                          | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 60% น้ำยางข้น            | 100            | 167         |
| 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 0.3            | 3           |
| 50% กำมะถัน              | 2.5            | 5           |
| 50% แซตติอิซี            | 1              | 2           |
| 50% ซิงค์ออกไซด์         | 3              | 6           |
| 50% แอลซี                | 1              | 2           |
| 50% แคลเซียมคาร์บอเนต    | 30             | 60          |
| รวม                      | 137.8          | 245         |

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2555 : 247)

### 3.2 น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็ง

น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็ง การเพิ่มความแข็งให้กับสูตรน้ำยางคอมปาวด์จำเป็นต้องใช้สารตัวเติมในปริมาณมาก สารตัวเติมที่ให้ความแข็งเพิ่ม เช่น สารคาโอไลน์ดเคลย์ สูตรสารละลายเจือจางของอะลูมิเนียมซิลเฟต แต่ถ้าจะผลิตผลิตภัณฑ์ยางแข็ง เช่น อีโบบไนต์ (Ebonite) ต้องใช้สัดส่วนของกำมะถันต่อน้ำยางสูงถึง 35 phr และสารตัวเร่ง 3 phr อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ยางแข็งที่ได้จะมีสมบัติความแข็งแรงลดลง

ตารางที่ 6.3 น้ำยางคอมปาวด์สำหรับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็ง

| สารเคมี                  | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|--------------------------|----------------|-------------|
|                          | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 60% น้ำยางข้น            | 100            | 167         |
| 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 0.3            | 3           |
| 50% กำมะถัน              | 2.5            | 5           |
| 50% แซตติอิซี            | 1              | 2           |
| 50% ซิงค์ออกไซด์         | 5              | 10          |
| 50% แอลซี                | 1              | 2           |

ตารางที่ 6.3 (ต่อ)

| สารเคมี            | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|--------------------|----------------|-------------|
|                    | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 1% สารช่วยการเปียก | 1              | 10          |
| ซีลี้อย            | 35             | 35          |
| รวม                | 145.8          | 244         |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 4. วิธีการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์งานหล่อ

การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์งานหล่อสามารถเตรียมได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความพร้อมของผู้ปฏิบัติ ความพร้อมของวัสดุ สารเคมีและอุปกรณ์ ปริมาณของน้ำยางที่ใช้ในแต่ละครั้ง และสูตรของน้ำยางคอมปาวด์ เป็นต้น การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ มี 3 วิธี คือ 1. วิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบแล้วบ่มทิ้งไว้ 2. วิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบแล้ว กวนอย่างต่อเนื่อง และ 3. วิธีเตรียมแบบพรีวัลคาไนซ์

##### 4.1 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์โดยวิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบแล้วบ่มทิ้งไว้

การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์โดยวิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบแล้วบ่มทิ้งไว้ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีการผลิตจำนวนน้อย ความพร้อมของเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์มีไม่มากนัก เหมาะกับการเตรียมน้ำยางจำนวนน้อยๆ ในแต่ละครั้ง เพราะการผสมสารเคมีลงในน้ำยาง และกวนอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอต้องใช้แรงงานของผู้ปฏิบัติงาน ไม่สามารถกวนต่อเนื่องได้ตลอดเวลา การกวนเพียงแค่การเติมสารเคมีในแต่ละตัวและเก็บบ่มไว้ตามเวลากำหนด มีขั้นตอนการเตรียมและเติมสารเคมี ดังนี้ สารกลุ่มที่ช่วยความเสถียรในน้ำยาง กำมะถัน สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูป สารป้องกันยางเสื่อม สี สารตัวเติม ซิงค์ออกไซด์ และ สารละลายที่ช่วยทำให้น้ำยางหนืด ตามลำดับ

การเตรียมโดยการกวนด้วยความเร็วต่ำและสูงสลับกันไปขณะเติมสารเคมีลงในแต่ละชนิด ความเร็วในการกวนประมาณ 50 – 100 รอบต่อนาที เมื่อเติมสารเคมีครบทุกตัวแล้วให้กวนต่อด้วยความเร็วประมาณ 20 – 40 รอบต่อนาที ใช้เวลาประมาณ 40 – 60 นาที หลังจากนั้นเก็บบ่มน้ำยางที่ผสมสารเคมีเรียบร้อยแล้วใช้เวลา 24, 48, 72 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้น ขึ้นอยู่กับสูตรน้ำยางคอมปาวด์



ภาพที่ 6.7 การเตรียมและบ่มน้ำยางคอมปาวด์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 4.2 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์โดยวิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบแล้วกวนอย่างต่อเนื่อง

การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์โดยวิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบแล้วกวนอย่างต่อเนื่อง นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง เช่น ถุงมือ ลูกโป่ง ถุงยางอนามัย เป็นต้น เพราะการผสมสารเคมีลงในน้ำยางและกวนอย่างต่อเนื่อง สม่ำเสมอตามเวลาที่กำหนดนั้น จะช่วยให้สารเคมีกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอไม่ตกตะกอน ทำให้คุณภาพของน้ำยางคอมปาวด์ดีเหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอนการเตรียมและเติมสารเคมี ดังนี้ สารกลุ่มที่ช่วยความเสถียรในน้ำยาง กำมะถัน สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูป สารป้องกันยางเสื่อม สี สารตัวเติม ซิงค์ออกไซด์ และสารละลายที่ช่วยให้ น้ำยางหนืด

ลำดับการเตรียมสารเคมีข้างต้นนี้เหมาะสมกับสูตรการผลิตที่ใช้ น้ำยางเป็นจำนวนมาก กระบวนการผลิตมีความพร้อมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ แต่อย่างไรก็ตามเรื่องสำคัญของการผสม คือ การกวนผสมเพราะความเสถียรของน้ำยางต่อแรงกวนมีข้อจำกัด ฉะนั้นการกวนอย่างรุนแรงจะลดความเสถียรของน้ำยาง และสร้างปัญหาได้ ความหนืดของน้ำยางของสารดิสเพิซัน และสารละลาย (ยกเว้นการช่วยเพิ่มความหนืด) ต้องต่ำ ไม่จำเป็นต้องกวนผสมอย่างรุนแรงในการที่จะให้ได้ น้ำยางผสมสารเคมีที่เป็นเนื้อเดียวกันอย่างดี การกวนด้วยความเร็วต่ำก็พอเพียงการใช้ใบกวนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพอที่จะเคลื่อนไหวน้ำยางให้ผสมกันได้อย่างทั่วถึง ความเร็วในการกวนควรเร็วประมาณ 50 – 100 รอบต่อนาที ในระหว่างการเติมสารเคมีแต่ละชนิด และปรับลดความเร็วควรอยู่ระหว่าง 20 – 40 รอบต่อนาทีในขณะที่ทำการบ่มน้ำยางที่ผสมสารเคมี การบ่มและกวนตลอดเวลาอาจใช้เวลา 24, 48, 72 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับสูตรของน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้





ภาพที่ 6.8 การเตรียมและกวนน้ำยางคอมปาวด์ด้วยการกวนอย่างต่อเนื่อง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 4.3 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์วิธีพรีวัลคาไนซ์

น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (pre-vulcanized latex ; PVL) คือ น้ำยางที่วัลคาไนซ์ในสถานะของเหลวและขึ้นรูปเป็นยางวัลคาไนซ์ได้โดยไม่ต้องให้ความร้อนอีก การพรีวัลคาไนซ์ เป็นกระบวนการที่นำน้ำยางวัลคาไนซ์มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งในกรณีนี้คำว่า น้ำยางพรีวัลคาไนซ์และน้ำยางวัลคาไนซ์สามารถจะนำมาใช้แทนกันได้ น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ยังคงสถานะเป็นของไหลและมีลักษณะทั่วไปเหมือนเดิม การวัลคาไนซ์จะเกิดขึ้นภายในอนุภาคน้ำยางแต่ละอนุภาค โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของการกระจายตัวของอนุภาคน้ำยาง ในปี พ.ศ. 2464 เริ่มมีการใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอินทรีย์ (Organic accelerator) ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทำน้ำยางธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์ ต่อมาในปี พ.ศ. 2466 น้ำยางคอมปาวด์พรีวัลคาไนซ์ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรก โดย Schidrowoitz ทำได้โดยการเติมกำมะถัน ซิงค์ออกไซด์และสารตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปเพื่อรักษาสภาพน้ำยางและให้ความร้อนแก่ของผสมภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

เริ่มแรกการทำพรีวัลคาไนซ์จะให้ความร้อนแก่น้ำยางคอมปาวด์ที่เหนือจุดเดือดของน้ำ (Boiling point) ในตู้อบความดัน แต่ต่อมาเนื่องจากมีการใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความว่องไวสูงเป็นพิเศษ (Ultra-accelerator) จึงทำให้การทำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์สามารถทำได้ภายใต้ความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C โดยใช้อุณหภูมิ 70 °C ใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมง (Global Handbook and Directory on NR&SR Lattices : 2006) เนื่องด้วยความต้องการน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีเพิ่มขึ้น ทำให้มีความพยายามที่จะพัฒนาน้ำยางพรีวัลคาไนซ์เกรดต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์ การผลิตน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มี 3 ระดับด้วยกัน คือ ระดับที่ให้ค่าโมดูลัสสูง ระดับที่ให้ค่าโมดูลัสปานกลาง และระดับที่ให้ค่าโมดูลัสต่ำ



#### 4.3.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำยางคอมปาวด์โดยวิธีวัลคาไนซ์ มีดังนี้

4.3.1.1 เติมสารรักษาสภาพน้ำยางลงในน้ำยางข้นและถ่ายน้ำยางไปยังถังเหล็กกล้า

4.3.1.2 ให้ความร้อนกับน้ำยางในถังที่อุณหภูมิ 32 – 38 °C แล้วเติมดิสเพิซันของซิงค์ออกไซด์ กำมะถัน และสารตัวเร่งปฏิกิริยาลงในน้ำยาง

4.3.1.3 ให้ความร้อนกับน้ำยางคอมปาวด์ที่อุณหภูมิ 70 – 80 °C กวนน้ำยางคอมปาวด์ตลอดเวลา และรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 70 – 80 °C (เวลาและอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับระบบการวัลคาไนซ์ที่ใช้และระดับการเชื่อมโยงของพันธะที่ต้องการ)

4.3.1.4 ลดอุณหภูมิของน้ำยางคอมปาวด์ลงมาที่ 30 °C โดยการหล่อเย็น และนำน้ำยางคอมปาวด์ออกมาจากถัง เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.3.1.5 นำน้ำยางไปปั่นหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกเอาส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ออก เติมสารต้านออกซิเดชันลงไป นำน้ำยางที่ได้ไปทดสอบและบรรจุต่อไป สูตรตามตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 สูตรผสมเคมีของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในระบบกำมะถัน

| สูตรผสมเคมี                        | ปริมาณ (phr) |
|------------------------------------|--------------|
| 60% น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA) | 100.0        |
| 10% สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์   | 2.5          |
| 20% สารละลายโพแทสเซียมลอเรต        | 1.3          |
| 50% กำมะถัน                        | 2.0          |
| 50% ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต    | 0.8          |
| 50% ซิงค์ออกไซด์                   | 0.4          |
| รวม                                | 107.0        |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

ปัจจุบันสูตรผสมเคมีตามตารางที่ 6.4 นี้ เป็นที่นิยมใช้ในการผลิตน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มากที่สุด สารวัลคาไนซ์ต่างชนิดกัน จะให้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่มีสมบัติแตกต่างกัน การใช้สารกำมะถันประเภทไทยูเรม (thiuram-type sulfur donor) จะให้ค่าความทนต่อแรงดึงสูงและสมบัติหลังการบ่มแรงด้วยความร้อนที่ดีกว่าน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่มีโมดูลัสค่อนข้างต่ำ น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่ผลิตด้วยการวัลคาไนซ์ในระบบเปอร์ออกไซด์ ทำได้โดยผสมน้ำยางข้นมาผสมกับสารเปอร์ออกไซด์ชนิดอินทรีย์ (organic peroxide) ให้ความร้อนเพื่อกระตุ้นให้เปอร์ออกไซด์เกิดการแตกตัว สูตรผสมเคมีของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในระบบเปอร์ออกไซด์แสดง ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 สูตรผสมเคมีของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในระบบเปอร์ออกไซด์

| สูตรผสมเคมี                         | ปริมาณ (phr) |
|-------------------------------------|--------------|
| 60% น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA) | 100.0        |
| 20% สารละลายโพแทสเซียมลอร์เรต       | 1.20         |
| 50% เทอร์บิวทิลไฮโดรเปอร์ออกไซด์    | 0.6          |
| 20% สารละลายปรักโทส                 | 2.6          |
| น้ำ                                 | 33.8         |
| รวม                                 | 138.2        |

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

การวัลคาไนซ์ในระบบเปอร์ออกไซด์ โมเลกุลเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระที่เกิดจากการแตกตัวของสารเปอร์ออกไซด์จะแพร่กระจายจากผิวภาคของของเหลวไปสู่ผิวภาคของยางได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อนุภาคของยางที่ถูกพรีวัลคาไนซ์ด้วยเปอร์ออกไซด์จะเกิดการวัลคาไนซ์อย่างสม่ำเสมอและทำให้เกิดการเชื่อมโยงพันธะสูงที่บริเวณผิวของอนุภาคยาง ขณะที่จุดตรงกลางของอนุภาคจะมีความหนาแน่นของการเชื่อมโยงพันธะต่ำ ทำให้สมบัติเชิงกลของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในระบบเปอร์ออกไซด์ด้อยกว่าน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในระบบกำมะถัน น้ำยางพรีวัลคาไนซ์มาทดลองผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ พบว่าน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่เตรียมจากการปรับลดปริมาณสารเคมีลงทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ แม้ไม่ผ่านขั้นตอนการล้าง มีปริมาณน้อยกว่าเดิม แต่ก็มีผลให้สมบัติทางกายภาพต่ำลงเช่นเดียวกัน ซึ่งยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรม

## 5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยการหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

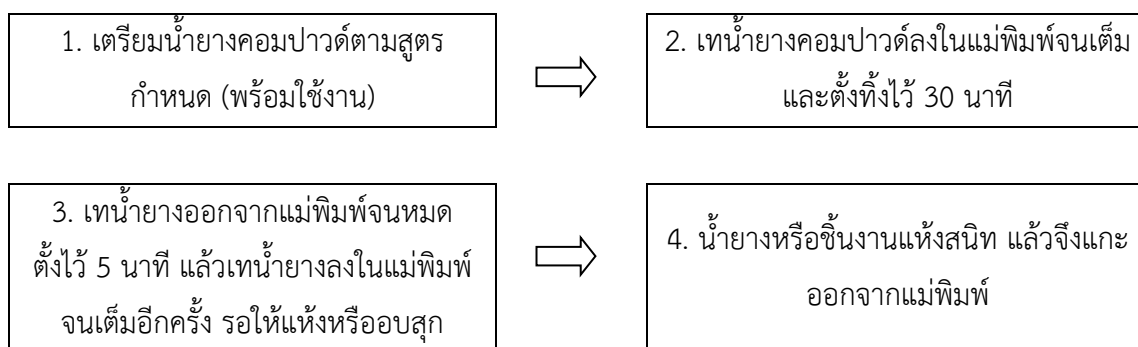
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยการหล่อด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เป็นวิธีการหล่อผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง การเทน้ำยางลงแม่พิมพ์และปล่อยให้ น้ำยางจับตัว แทะขึ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ชิ้นงานที่ได้จะมีรายละเอียดตามผิวของแบบพิมพ์ วิธีการหล่อนี้ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งแบบตัน และแบบกลวง ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของงานและชนิดของแม่พิมพ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 5.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบตัน

การหล่อชิ้นงานแบบตันทำได้โดยให้น้ำยางที่ใส่เข้าไปในแม่พิมพ์ทั้งหมดจับตัวทั้งก้อน แล้วจึงค่อยแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เนื่องจากการหล่อแบบตันมีขอบเขตจำกัดเกี่ยวกับของความหนา

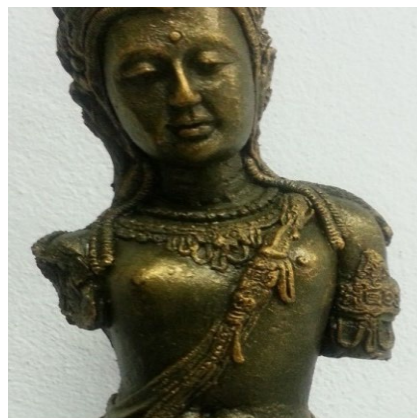
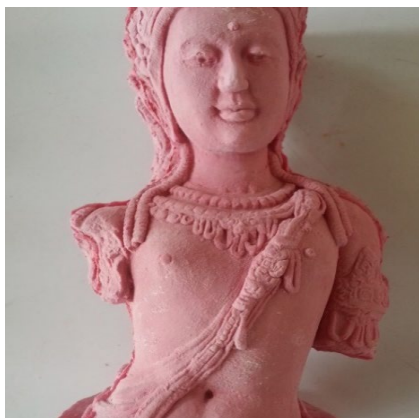
สูงสุดของผลิตภัณฑ์ การหล่อจึงต้องมีการควบคุมความหนาของชิ้นงานในแต่ละชั้นของการผลิต ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ เริ่มจากการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตรที่กำหนดใส่ลงในภาชนะสำหรับเทในแม่พิมพ์ เตรียมแม่พิมพ์ และเทน้ำยางลงในแม่พิมพ์จนเต็ม ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง เทน้ำยางออก ร่อนน้ำยางแห้งหมาด เทน้ำยางลงในแม่พิมพ์อีกรอบ และให้ปฏิบัติซ้ำอย่างนี้จนกว่าได้ความหนาเกินครึ่งหนึ่งของความหนาของชิ้นงาน แล้วเทน้ำยางลงในแม่พิมพ์อีกรอบจนเต็ม ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องหรืออบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 – 80 °C จนกว่าน้ำยางแห้งสนิทจึงแกะออกจากแม่พิมพ์

วิธีการหล่อชิ้นงานด้วยน้ำยางแบบต้นจากการทดลอง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการหล่อแบบต้น คือชิ้นงานที่มีขนาดบางและเล็กจะสามารถขึ้นรูปได้ดีกว่าชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่และหนา เนื่องจากชิ้นงานขนาดเล็กขึ้นรูปโดยเทน้ำยางลงในแม่พิมพ์จนเต็มแล้วทำให้สุกได้รวดเร็ว แต่ชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ถ้าใช้วิธีการขึ้นรูปลักษณะเดียวกันนั้น พบว่า ส่วนของชิ้นงานชั้นในจะสุกช้ามากและใช้เวลานานมากกว่าที่จะได้งานแต่ละชิ้น



ภาพที่ 6.9 ผังขั้นตอนการหล่อแบบต้น

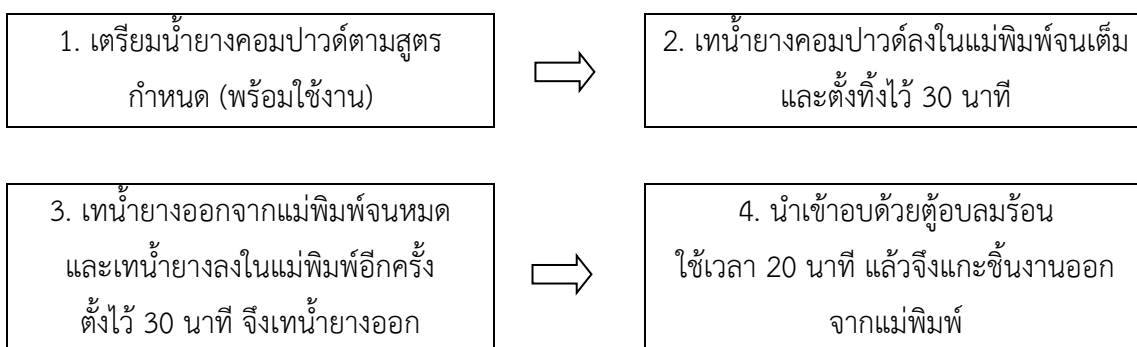
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 6.10 ผลิตภัณฑ์จากการหล่อแบบต้น  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

## 5.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบกลวง

การหล่อขึ้นงานแบบกลวง ทำโดยใส่น้ำยางลงไปรอให้น้ำยางจับตัวเฉพาะผิวด้านในของแม่พิมพ์ โดยมีปัจจัยที่ต้องควบคุมเพื่อให้ได้ความหนาของขึ้นงานตามความต้องการ เช่น สูตรน้ำยาง คอมปาวด์ ระยะเวลาของน้ำยางที่อยู่ในแม่พิมพ์ก่อนเทออก จำนวนครั้งในการใส่น้ำยางลงในแม่พิมพ์ และอุณหภูมิของแม่พิมพ์ เป็นต้น เมื่อน้ำยางจับตัวได้ตามความหนาที่ต้องการแล้วให้นำน้ำยางที่เหลือออก ทำให้แห้งและออกจากแบบ ให้แห้งสนิท ไม่ว่าวิธีใดก็ตาม จากการใช้น้ำยางเป็นหลัก จึงต้องมีการระเหยเอาน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ การหล่อขึ้นงานแบบกลวงจึงมีข้อจำกัดเรื่องความหนาสูงสุดของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปความหนาประมาณ 1 – 5 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับขึ้นงาน



ภาพที่ 6.11 ผังขั้นตอนการหล่อแบบกลวง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 6.12 แม่พิมพ์หล่อชิ้นงานแบบกลวง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

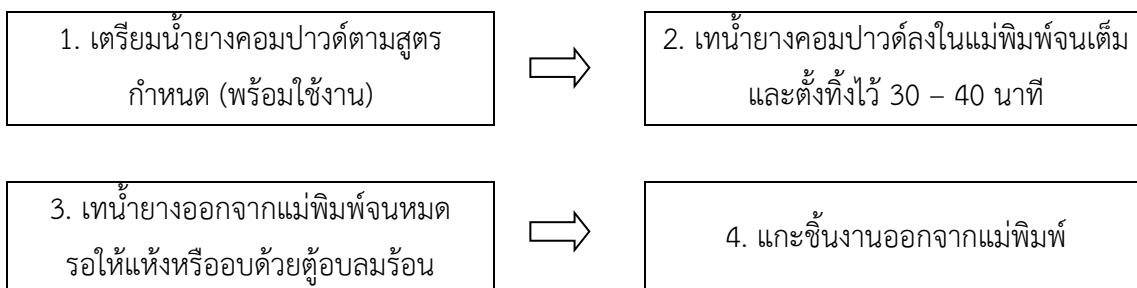
## 6. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางโดยการหล่อด้วยแม่พิมพ์โลหะ

### 6.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเท

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเทด้วยแม่พิมพ์โลหะ แม่พิมพ์ที่ใช้หล่อโดยวิธีนี้เป็นแม่พิมพ์ที่ผลิตจากเนื้ออะลูมิเนียมที่ไม่ควรมีการเจือปนของทองแดง แมงกานีส และโคบอลต์ (วรารณ ขจรไชยกูล 2555 : 247) เนื่องจากโลหะเหล่านี้สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ยางเปลี่ยนสีและเร่งการเสื่อมสภาพได้ นอกจากนี้ความหนาของแม่พิมพ์ในตำแหน่งต่าง ๆ ควรสัมพันธ์กับความหนาของยางที่ต้องการในตำแหน่งนั้น ๆ ทั้งนี้เพราะสูตรน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้เป็นสูตรน้ำยางที่ไวต่อความร้อน (heat-sensitive latex) ดังนั้นความหนาของน้ำยางที่จะจับบนผิวแม่พิมพ์ที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ จึงขึ้นอยู่กับความร้อน (heat capacity) ของผิวแม่พิมพ์ตรงตำแหน่งนั้น ๆ ด้วย คือ พื้นที่หรือตำแหน่งที่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความหนามาก โลหะของแม่พิมพ์ในตำแหน่งนั้นก็ควรมีความหนามากด้วย ถ้าต้องการได้ความหนาของยางสม่ำเสมอ แม่พิมพ์ก็ควรมีความหนาสม่ำเสมอด้วย โดยหลักการกระบวนการหล่อขึ้นรูปวิธีนี้ กล่าวคือ การทำความสะอาดผิวของแม่พิมพ์ แล้วหล่อลื่นด้วยสารหล่อลื่น เช่น สารละลายของขี้ผึ้งพาราฟิน (Paraffin wax) และกรดสเตียริก (Stearic acid) ในตัวทำละลายชนิดอินทรีย์ สารใช้ตัวทำละลายเพื่อให้ระเหยได้ง่าย ประกอบขึ้นส่วนของแม่พิมพ์และให้ความร้อน ให้น้ำยางจับผิวแม่พิมพ์จนได้ความหนาของฟิล์มยางตามที่ต้องการ แล้วเทน้ำยางส่วนเกินออก ปิดจุดกรอกน้ำยาง จากนั้นจึงให้ความร้อนแม่พิมพ์เพื่อให้ฟิล์มยางที่จับผิวแม่พิมพ์คงรูป และเริ่มแห้ง ผลิตภัณฑ์จากการหล่อจะแห้งสนิทภายหลังที่ดึงออกจากแม่พิมพ์

อีกวิธีหนึ่งโดยการเปิดแม่พิมพ์ออกหลังจากให้ความร้อนจนยางเกิดวัลคาไนซ์อย่างสมบูรณ์ แล้วจึงทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งที่ 40-50 °C จากนั้นจะทำการล้างผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำสะอาดแล้วทำให้ยางคงรูปที่อุณหภูมิ 100 °C ในเวลาที่เหมาะสม สำหรับน้ำยางคอมปาวด์ส่วนเกินที่เทออกจากแม่พิมพ์นั้น

หากจะเก็บไว้ใช้อีกควรทำให้เย็นก่อนที่จะนำไปเทรวมกัน เพื่อลดปัญหาการเสียว เสียว คอลลอยด์อื่นเนื่องจากจะต้องถูกทำให้ร้อนซ้ำอีก



ภาพที่ 6.13 ผังขั้นตอนการหล่อโดยวิธีหล่อเท

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

ตารางที่ 6.6 และตารางที่ 6.7 เป็นตัวอย่างสูตรคอมปาวด์ที่ไวต่อความร้อนสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความนิ่ม หักงอได้ ซึ่งทำการหล่อโดยวิธีหล่อเทที่ใช้แม่พิมพ์โลหะ สูตร A สูตรใช้น้ำยางชั้นปกติที่ทำให้คงรูปภายหลังจากใช้สารในระบบไวต่อความร้อนเป็นชนิดซิงค์เอมมีน (zinc-ammine system) ส่วนสูตร B ใช้ชนิดพอลิไวนิลเมทิลอีเทอร์ (polyvinylmethyl ether) ทั้ง 2 สูตรควรทำให้แม่พิมพ์ร้อนที่อุณหภูมิ 90-100 °C ก่อนการกรอกน้ำยางคอมปาวด์ การฟอร์มเจล ประมาณ 2 - 5 นาที ขึ้นอยู่กับความหนาของเจลตามที่ต้องการ ประโยชน์ของการใช้สารช่วยความเสถียรคอลลอยด์ (non-ionogenic ethoxylate type) คือ ช่วยลดความหนืดของน้ำยาง อันเนื่องมาจากมีซิงค์ออกไซด์ แอมโมเนีย และเกลือแอมโมเนียม โดยที่ไม่มีผลต่อความไวต่อความร้อนของน้ำยางคอมปาวด์ เพราะความสามารถในการช่วยความเสถียรคอลลอยด์ของสารนี้จะลดลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้สารช่วยความเสถียรคอลลอยด์นี้ยังมีผลป้องกันการฟอร์มเจล ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เมื่อมีการนำน้ำยางคอมปาวด์ส่วนเกินหลังจากหล่อเบ้าแล้วมารวมกัน

ตารางที่ 6.6 สูตรน้ำยางคอมปาวด์ไวต่อความร้อนสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์หล่อโดยวิธีหล่อเทสูตร A

| สารเคมี                                              | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|------------------------------------------------------|----------------|-------------|
|                                                      | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 60% centrifuged NR latex (HA type)                   | 100            | 167         |
| 20% fatty-alcohol ethoxylate solution                | 0.1            | 0.5         |
| 50% sulphur dispersion                               | 2              | 4           |
| 50% zinc diethyldithiocarbamate dispersion           | 1              | 2           |
| 50% zinc oxide dispersion                            | 3              | 6           |
| 25% N,N'-di-2-naphthyl-p-phenylenediamine dispersion | 1              | 4           |
| 50% kaolinite clay dispersion                        | 20             | 40          |
| 20% ammonium acetate solution                        | 1.5            | 7.5         |
| รวม                                                  | 128.6          | 233         |

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2555 : 247)

ตารางที่ 6.7 สูตรน้ำยางคอมปาวด์ไวต่อความร้อนสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์หล่อโดยวิธีหล่อเทสูตร B

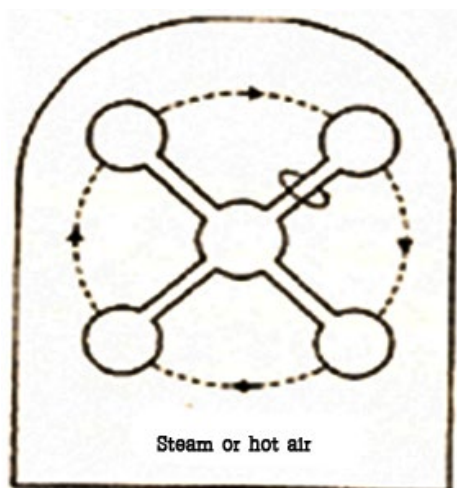
| สารเคมี                                              | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|------------------------------------------------------|----------------|-------------|
|                                                      | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 60% centrifuged NR latex (LA type)                   | 100            | 167         |
| 50% sulphur dispersion                               | 2              | 4           |
| 50% zinc diethyldithiocarbamate dispersion           | 1              | 2           |
| 50% zinc oxide dispersion                            | 1.5            | 3           |
| 25% N,N'-di-2-naphthyl-p-phenylenediamine dispersion | 1              | 4           |
| 50% kaolinite clay dispersion                        | 20             | 40          |
| 15% polyvinylmethyl ether solution                   | 3              | 20          |
| รวม                                                  | 128.5          | 240         |

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2555 : 248)

## 6.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเหวี่ยง

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเหวี่ยง วิธีการ คือ น้ำยางคอมปาวด์สูตรไวต่อความร้อนที่จะเทลงในแม่พิมพ์ต้องมีปริมาณที่แน่นอน ให้ความร้อนและหมุนแม่พิมพ์ที่มีน้ำยางคอมปาวด์อยู่แล้วมากกว่าแกนเดียว เพื่อให้เจลยางที่ฟอร์มบนผิวด้านในของแม่พิมพ์มีความหนาสม่ำเสมอและทั่วถึง การให้ความร้อนแม่พิมพ์มีหลายวิธี ถ้าใช้ลมร้อน (จากการเผาไหม้ก๊าซหรือใช้ไฟฟ้า) หรือใช้น้ำที่อุณหภูมิ 100 °C ก็จะทำให้แม่พิมพ์หมุนอยู่ในห้องหรือตู้ที่เหมาะสม อีกวิธีหนึ่งคือให้แม่พิมพ์ที่กำลังหมุนเคลื่อนผ่านน้ำร้อน ภาพที่ 6.14 การหมุนของแม่พิมพ์โดยวิธีหล่อเหวี่ยง ซึ่งแม่พิมพ์ถูกเหวี่ยงรอบตัวเองและรอบแกนกลาง

ผลิตภัณฑ์สำคัญที่ใช้วิธีการผลิตโดยวิธีหล่อเหวี่ยง คือ บอลลูนเกี่ยวกับอุตสาหกรรมวิทยา ใช้แม่พิมพ์ที่ทำจากแมกนีเซียมบริสุทธิ์ เพราะเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบา นำความร้อนได้ดี มีความเหนียว แข็งแรง ทนต่อการเสียรูป และทนการผุกร่อนจากสารประเภทต่าง โลหะแมกนีเซียมมีสมบัติประการหลังนี้ดีกว่าอะลูมิเนียม ในกรณีของการใช้สำหรับทำแม่พิมพ์เพื่องานหล่อเหวี่ยง แม้ว่าจะมีสมบัติความเหนียวของการยืดขยายไม่ดีเท่าอะลูมิเนียมก็ตาม น้ำยางที่จะใช้ทำบอลลูนประเภทนี้ ใช้น้ำยางชั้นที่ยังไม่คงรูปชนิดมีแอมโมเนียสูง โดยไม่ต้องไล่แอมโมเนียก่อนเตรียมคอมปาวด์ สูตรไวต่อความร้อน ใช้ซิงค์ออกไซด์และเกลือแอมโมเนียม เช่น แอมโมเนียมไนเตรต



ภาพที่ 6.14 การเหวี่ยงของแม่พิมพ์ในตู้อบร้อน  
ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2555 : 249)



## 7. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์งานหล่อ

- 7.1 ต้องศึกษาคู่มือการใช้เครื่องผสมน้ำยางให้เข้าใจก่อนปฏิบัติงาน
- 7.2 ต้องมีความเข้าใจและรู้หน้าที่ของสารเคมีแต่ละชนิด
- 7.3 สวมถุงมือก่อนสัมผัสสารเคมี
- 7.4 ปิดฝาปิดเกอร์เพื่อป้องกันฝุ่นละออง หรือสิ่งแปลกปลอมปนกับสารเคมี
- 7.5 สวมแว่นตาป้องกันสารเคมีกระเด็นเข้าตาทุกครั้ง
- 7.6 การผสมสารเคมีต้องใส่สารเคมีตามลำดับให้ถูกต้อง เพื่อป้องกันอันตรายจากการทำปฏิกิริยา
- 7.7 ปฏิบัติตามยี่ตระเบียบและกฎปฏิบัติอย่างเคร่งครัด
- 7.8 เมื่อไม่แน่ใจหรือไม่มีความรู้ในการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ ต้องสอบถามผู้รู้หรือช่างเทคนิคประจำให้เข้าใจก่อนเสมอ

## 8. สรุป

ผลิตภัณฑ์ยางจากการหล่อ มีลักษณะกลวงหรือตัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบ หรือชนิดของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ผลิตภัณฑ์ลักษณะกลวงจะมีน้ำหนักเบาและประหยัดเวลาในการผลิต การทำผลิตภัณฑ์ลักษณะตันต้องใช้เวลาในการอบให้สุกและการขึ้นรูปนานกว่ากลวง การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ในลักษณะเดียวกันนี้มี 2 วิธี คือ การจุ่มและการหล่อ ทั้ง 2 วิธี จะได้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน คือ ผิวของผลิตภัณฑ์จากการจุ่ม จะได้ชิ้นงานด้านที่ติดกับด้านนอกของแม่พิมพ์เป็นผิวด้านในของผลิตภัณฑ์เมื่อถูกถอดออกจากแม่พิมพ์ ส่วนผลิตภัณฑ์จากการหล่อเมื่อถอดหรือดึงชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ด้านที่ติดกับด้านในของแม่พิมพ์จะเป็นผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์วิธีการหล่อโดยใช้น้ำยางผสมสารเคมี 2 แบบ คือ ใช้น้ำยางข้นปกติที่ยังไม่ได้ทำให้คงรูป (Unvulcanized Latex) หรือน้ำยางที่ทำให้คงรูปแล้ว (Prevulcanized Latex) น้ำยางข้นพรีวัลคาไนซ์เป็นน้ำยางที่ผลิตมาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตสินค้าจากน้ำยางธรรมชาติ โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้น้ำยางในปริมาณน้อย การใช้งานสะดวกเพียงนำน้ำยางคอมปาวด์ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มและทำให้แห้ง อาจใช้แม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์หรือแม่พิมพ์จากโลหะก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและวิธีการขึ้นรูป

## กิจกรรม

### กิจกรรมที่ 6.1

1. ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 6
2. ทำแบบประเมินผลการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 6

### กิจกรรมที่ 6.2

1. ปฏิบัติตามใบงานที่ 6.1 เรื่องการเตรียมน้ำยาคอมปาวด์เพื่อผลิตภัณฑ์งานหล่อ
2. ปฏิบัติตามใบงานที่ 6.2 เรื่องการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบต้น
3. ปฏิบัติตามใบงานที่ 6.3 เรื่องการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบกลวง

## แบบฝึกหัด

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. ขั้นตอนการผลิตน้ำยางคอมปาวด์วิธีพรีวัลคาไนซ์เพื่องานหล่อมาพอเข้าใจ
2. จงอธิบายวิธีการหล่อชิ้นงานด้วยน้ำยางแบบตันมาพอเข้าใจ
3. จงอธิบายวิธีการหล่อชิ้นงานด้วยน้ำยางแบบกลวงมาพอเข้าใจ

**แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 6 เรื่อง การผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทหล่อขึ้นรูป**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท) ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

1. หลักการหล่อแบบกลวงมีวิธีการอย่างไร
  - ก. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์แล้วจึงเทน้ำยางออก
  - ข. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์ตั้งไว้ระยะหนึ่งจึงเทน้ำยางออก
  - ค. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์ให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนแล้วแกะขึ้นงานออก
  - ง. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์จับตัวเฉพาะผิวด้านในของแม่พิมพ์ได้ความหนาแล้วเทน้ำยางออก
2. งานลักษณะใดเหมาะกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อบามากที่สุด
  - ก. ถังมือ
  - ข. ลูกโป่ง
  - ค. ลูกบอล
  - ง. เสื้อกันฝน
3. หลักการหล่อแบบตันมีวิธีการอย่างไร
  - ก. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์ให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนแล้วแกะขึ้นงานออก
  - ข. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์ตั้งไว้ระยะหนึ่งจึงเทน้ำยางออก
  - ค. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์แล้วจึงเทน้ำยางออก
  - ง. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์แล้วเทออกหลายรอบ
4. ข้อใดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากการหล่อแบบตัน
  - ก. เบ้ายาง
  - ข. ตุ๊กตายาง
  - ค. รองเท้ายาง
  - ง. หน้ากากยาง
5. การขึ้นรูปจากการหล่อกับการขึ้นรูปจากการจุ่มลักษณะใดถูกต้องที่สุด
  - ก. การหล่อกับการจุ่มได้ลักษณะผิวงานเหมือนกัน
  - ข. การจุ่มผิวของชิ้นงานด้านติดกับด้านนอกของแม่เป็นผิวด้านในของชิ้นงาน
  - ค. การหล่อเมื่อถอดชิ้นงานด้านที่ติดกับด้านในของแม่พิมพ์เป็นผิวด้านในของชิ้นงาน
  - ง. การหล่อเมื่อถอดชิ้นงานด้านที่ติดกับด้านในของแม่พิมพ์เป็นผิวด้านนอกของชิ้นงาน

6. ผลิตภัณฑ์ข้อใดไม่นิยมขึ้นรูปด้วยการหล่อ
  - ก. ตุ๊กตา
  - ข. ลูกโป่ง
  - ค. ลูกบอล
  - ง. หน้ากาก
7. น้ำยางประเภทใดเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมากที่สุด
  - ก. น้ำยางสด
  - ข. น้ำยางข้น
  - ค. น้ำยางผสมสารเคมี
  - ง. น้ำยางพรีวัลคาไนซ์
8. ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสมบัติการหักงอที่ดีเช่นตุ๊กตา ของเด็กเล่น ควรใช้สารตัวเติมในสูตรปริมาณเท่าไร
  - ก. 10 phr
  - ข. 30 phr
  - ค. 50 phr
  - ง. 70 phr
9. งานที่ต้องการความแข็งแรงมาก ๆ เช่นโมเดลสำหรับงานแสดงหรือโซ่ควรใช้สารตัวเติมในสูตรปริมาณ
  - ก. 50 phr
  - ข. 100 phr
  - ค. 150 phr
  - ง. 250 phr
10. สารใดเมื่อใส่ลงในสูตรน้ำยางคอมปาวด์แล้วไม่ช่วยให้ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
  - ก. กำมะถันปริมาณ 35 phr
  - ข. เซม่าดำปริมาณ 20 phr
  - ค. ซิลิกาปริมาณ 20 phr
  - ง. เคซีนปริมาณ 5 phr
11. เหตุใดแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์ทำให้น้ำยางคอมปาวด์จับที่ผิวได้ดี
  - ก. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวแห้งดูดซึมน้ำยางได้ดี
  - ข. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวเรียบน้ำยางเกาะได้ดี
  - ค. ปูนปลาสเตอร์มีแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้น้ำยางมีความเสถียรมากขึ้น
  - ง. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวมีรูพรุนดูดน้ำออกไปจากน้ำยางน้ำยางจึงจับตัวที่ผิวดี

12. ข้อดีของแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์คือข้อใด
- ก. ผลิตแม่พิมพ์ได้จำกัด
  - ข. ผลิตแม่พิมพ์ได้ง่ายไม่ยุ่งยาก
  - ค. อายุการใช้งานสั้นแตกหักได้ง่าย
  - ง. น้ำยางเกาะที่ผิวของแม่พิมพ์ได้ไม่ดี
13. แม่พิมพ์ถ้าต้องการให้แข็งแรง มีคุณภาพและทนทานต้องใช้โลหะชนิดใด
- ก. อลูมิเนียม
  - ข. เหล็กหล่อ
  - ค. เหล็กอาบสังกะสี
  - ง. เหล็กผสมทองแดง
14. แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปโดยวิธีหล่อเทควรหลีกเลี่ยงวัสดุใดมาทำเป็นแม่พิมพ์เพื่อป้องกันยางเปลี่ยนสี
- ก. อะลูมิเนียม
  - ข. แมกนีเซียม
  - ค. อะลูมิเนียมเคลือบแมกนีเซียม
  - ง. อะลูมิเนียมเคลือบทองแดง
15. ขั้นตอนใดไม่เกี่ยวข้องในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเท
- ก. ทำความสะอาดแม่แล้วหล่อลื่นด้วยสารหล่อลื่น
  - ข. เทน้ำยางลงในแม่พิมพ์ทิ้งไว้ระยะหนึ่งแล้วเทน้ำยางออก
  - ค. ประกอบชิ้นส่วนของแม่พิมพ์แล้วให้ความร้อนกับแม่พิมพ์
  - ง. แกะแม่พิมพ์ออกก่อนแล้วน้ำขึ้นงานไปอบสุกจึงล้างสารเคมีออก
16. การใส่สารช่วยความเสถียรคอลลอยด์ในกระบวนการหล่อเพื่ออะไร
- ก. ช่วยให้การจับตัวของน้ำยางคอมปาวด์สม่ำเสมอดีขึ้น
  - ข. ช่วยป้องกันการฟอร์มเจลของน้ำยางคอมปาวด์
  - ค. ช่วยเพิ่มความหนืดให้กับน้ำยางคอมปาวด์
  - ง. ช่วยเพิ่มความหนาให้กับชิ้นงาน
17. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แบบหล่อเหวี่ยงตามหลักการข้อใดถูกต้อง
- ก. เทน้ำยางคอมปาวด์ลงในแม่พิมพ์ในปริมาณที่แน่นอนให้ความร้อนและหมุนแม่พิมพ์
  - ข. ให้แม่พิมพ์หมุนผ่านน้ำร้อนก่อนแล้วเทน้ำยางเข้าแม่พิมพ์
  - ค. เทน้ำยางคอมปาวด์ลงในแม่พิมพ์แล้วหมุนแม่พิมพ์
  - ง. เทน้ำยางคอมปาวด์ลงในแม่พิมพ์แล้วให้ความร้อน

18. ผลิตภัณฑ์ข้อใดเหมาะสมกับการขึ้นรูปแบบหล่อเหวี่ยงมากที่สุด
- ก. ตั๊กตา
  - ข. ลูกโป่ง
  - ค. ลูกบอล
  - ง. หน้ากาก
19. สารเคมีใดไม่จำเป็นต้องใส่ในสูตรน้ำยาคอมปาวด์สำหรับหล่อ
- ก. กำมะถัน
  - ข. แซดดีไอซี
  - ค. ซิงค์ออกไซด์
  - ง. โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์
20. การหล่อผลิตภัณฑ์ด้วยเบ้าพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ข้อใดไม่ถูกต้อง
- ก. ทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยการเป่าลม
  - ข. ทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยการล้างน้ำและอบให้แห้ง
  - ค. น้ำยาสำหรับหล่อต้องเป็นน้ำยาพริวัลคาไนซ์เท่านั้น
  - ง. น้ำยาสำหรับหล่อเป็นน้ำยาพริวัลคาไนซ์หรือคอมปาวด์ปกติ

**แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 6 เรื่อง การผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทหล่อขึ้นรูป**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท) ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

1. หลักการหล่อแบบต้นมีวิธีการอย่างไร
  - ก. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์ให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนแล้วแกะขึ้นงานออก
  - ข. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์ตั้งไว้ระยะหนึ่งจึงเทน้ำยางออก
  - ค. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์แล้วจึงเทน้ำยางออก
  - ง. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์แล้วเทออกหลายรอบ
2. ข้อใดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากการหล่อแบบต้น
  - ก. เป้ายาง
  - ข. ตุ๊กตายาง
  - ค. รองเท้ายาง
  - ง. หน้ากากยาง
3. งานลักษณะใดเหมาะกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อมามากที่สุด
  - ก. ถุงมือ
  - ข. ลูกโป่ง
  - ค. ลูกบอล
  - ง. เสื่อกันฝน
4. หลักการหล่อแบบกลวงมีวิธีการอย่างไร
  - ก. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์แล้วจึงเทน้ำยางออก
  - ข. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์ตั้งไว้ระยะหนึ่งจึงเทน้ำยางออก
  - ค. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์ให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนแล้วแกะขึ้นงานออก
  - ง. ใช้น้ำยางเทเข้าแม่พิมพ์จับตัวเฉพาะผิวด้านในของแม่พิมพ์ได้ความหนาแล้วเทน้ำยางออก
5. การขึ้นรูปจากการหล่อกับการขึ้นรูปจากการจุ่มลักษณะใดถูกต้องที่สุด
  - ก. การหล่อกับการจุ่มได้ลักษณะผิวงานเหมือนกัน
  - ข. การจุ่มผิวของชิ้นงานด้านติดกับด้านนอกของแม่เป็นผิวด้านในของชิ้นงาน
  - ค. การหล่อเมื่อถอดชิ้นงานด้านที่ติดกับด้านในของแม่พิมพ์เป็นผิวด้านในของชิ้นงาน
  - ง. การหล่อเมื่อถอดชิ้นงานด้านที่ติดกับด้านในของแม่พิมพ์เป็นผิวด้านนอกของชิ้นงาน



6. น้ำยางประเภทใดเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมากที่สุด
  - ก. น้ำยางสด
  - ข. น้ำยางข้น
  - ค. น้ำยางผสมสารเคมี
  - ง. น้ำยางพรีวัลคาไนซ์
7. ผลิตภัณฑ์ข้อใดไม่นิยมขึ้นรูปด้วยการหล่อ
  - ก. ตุ๊กตา
  - ข. ลูกโป่ง
  - ค. ลูกบอล
  - ง. หน้ากาก
8. ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสมบัติการหักงอที่ดีเช่นตุ๊กตา ของเด็กเล่น ควรใช้สารตัวเติมในสูตรปริมาณเท่าไร
  - ก. 10 phr
  - ข. 30 phr
  - ค. 50 phr
  - ง. 70 phr
9. งานที่ต้องการความแข็งแรงมาก ๆ เช่นโมเดลสำหรับงานแสดงหรือโซ่ควรใช้สารตัวเติมในสูตรปริมาณ
  - ก. 50 phr
  - ข. 100 phr
  - ค. 150 phr
  - ง. 250 phr
10. สารใดเมื่อใส่ลงในสูตรน้ำยางคอมปาวด์แล้วไม่ช่วยให้ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
  - ก. กำมะถันปริมาณ 35 phr
  - ข. เขม่าดำปริมาณ 20 phr
  - ค. ซิลิกาปริมาณ 20 phr
  - ง. เคซีนปริมาณ 5 phr
11. เหตุใดแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์ทำให้น้ำยางคอมปาวด์จับที่ผิวได้ดี
  - ก. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวแห้งดูดซึมน้ำยางได้ดี
  - ข. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวเรียบน้ำยางเกาะได้ดี
  - ค. ปูนปลาสเตอร์มีแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้น้ำยางมีความเสถียรมากขึ้น
  - ง. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวมีรูพรุนดูดน้ำออกไปจากน้ำยางน้ำยางจึงจับตัวที่ผิวดี

12. แม่พิมพ์ถ้าต้องการให้แข็งแรง มีคุณภาพและทนทานต้องใช้โลหะชนิดใด
- ก. อลูมิเนียม
  - ข. เหล็กหล่อ
  - ค. เหล็กอาบสังกะสี
  - ง. เหล็กผสมทองแดง
13. ข้อดีของแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์คือข้อใด
- ก. ผลิตแม่พิมพ์ได้จำกัด
  - ข. ผลิตแม่พิมพ์ได้ง่ายไม่ยุ่งยาก
  - ค. อายุการใช้งานสั้นแตกหักได้ง่าย
  - ง. น้ำยางเกาะที่ผิวของแม่พิมพ์ได้ไม่ดี
14. แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปโดยวิธีหล่อเทควรหลีกเลี่ยงวัสดุใดมาทำเป็นแม่พิมพ์เพื่อป้องกันยางเปลี่ยนสี
- ก. อะลูมิเนียม
  - ข. แมกนีเซียม
  - ค. อะลูมิเนียมเคลือบแมกนีเซียม
  - ง. อะลูมิเนียมเคลือบทองแดง
15. ขั้นตอนใดไม่เกี่ยวข้องในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อเท
- ก. ทำความสะอาดแม่แล้วหล่อลื่นด้วยสารหล่อลื่น
  - ข. เทน้ำยางลงในแม่พิมพ์ทิ้งไว้ระยะหนึ่งแล้วเทน้ำยางออก
  - ค. ประกอบชิ้นส่วนของแม่พิมพ์แล้วให้ความร้อนกับแม่พิมพ์
  - ง. แกะแม่พิมพ์ออกก่อนแล้วน้ำขึ้นงานไปอบสุกจึงล้างสารเคมีออก
16. การใส่สารช่วยความเสถียรคอลลอยด์ในกระบวนการหล่อเพื่ออะไร
- ก. ช่วยให้การจับตัวของน้ำยางคอมปาวด์สม่ำเสมอดีขึ้น
  - ข. ช่วยป้องกันการฟอร์มเจลของน้ำยางคอมปาวด์
  - ค. ช่วยเพิ่มความหนืดให้กับน้ำยางคอมปาวด์
  - ง. ช่วยเพิ่มความหนาให้กับชิ้นงาน
17. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แบบหล่อเหวี่ยงตามหลักการข้อใดถูกต้อง
- ก. เทน้ำยางคอมปาวด์ลงในแม่พิมพ์ในปริมาณที่แน่นอนให้ความร้อนและหมุนแม่พิมพ์
  - ข. ให้แม่พิมพ์หมุนผ่านน้ำร้อนก่อนแล้วเทน้ำยางเข้าแม่พิมพ์
  - ค. เทน้ำยางคอมปาวด์ลงในแม่พิมพ์แล้วหมุนแม่พิมพ์
  - ง. เทน้ำยางคอมปาวด์ลงในแม่พิมพ์แล้วให้ความร้อน

18. ผลิตภัณฑ์ข้อใดเหมาะสมกับการขึ้นรูปแบบหล่อเหวี่ยงมากที่สุด
- ก. ตุ๊กตา
  - ข. ลูกโป่ง
  - ค. ลูกบอล
  - ง. หน้ากาก
19. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะน้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมสำหรับงานหล่อ
- ก. น้ำยางที่ผ่านการบ่มมาแล้ว
  - ข. น้ำยางคอมปาวด์คลอโรฟอร์ม No.2
  - ค. น้ำยางคอมปาวด์คลอโรฟอร์ม No.3
  - ง. น้ำยางคอมปาวด์ที่เติมสารเคมีเสริมใหม่
20. การหล่อผลิตภัณฑ์ด้วยเบ้าพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ข้อใดไม่ถูกต้อง
- ก. ทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยการเป่าลม
  - ข. ทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยการล้างน้ำและอบให้แห้ง
  - ค. น้ำยางสำหรับหล่อต้องเป็นน้ำยางพรีวัลคาไนซ์เท่านั้น
  - ง. น้ำยางสำหรับหล่อเป็นน้ำยางพรีวัลคาไนซ์หรือคอมปาวด์ปกติ

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 6.1                       | หน่วยที่ 6                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อผลิตภัณท์งานหล่อ                              |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อผลิตภัณท์งานหล่อได้
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. บอกและเลือกวัสดุที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตรที่กำหนดได้
2. บอกอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตรที่กำหนดได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์วิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบและกวนอย่างต่อเนื่องได้
4. ปฏิบัติการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์วิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบและกวนอย่างต่อเนื่องได้
5. สามารถเตรียมน้ำยางคอมปาวด์วิธีผสมสารเคมีทุกตัวจนครบและกวนอย่างต่อเนื่องได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. ภาชนะสำหรับผสมน้ำยาง
2. กรอง
3. ไม้พายหรือไม้กวนผสมสารเคมี
4. ปีกเกอร์
5. เครื่องชั่ง
6. Foid (อะลูมิเนียมฟอยด์)
7. นาฬิกาจับเวลา
8. เครื่องกวน

## สารเคมี

1. น้ำยางข้น
2. โพลแทสเซียมไฮดรอกไซด์
3. โพลแทสเซียมโอเลเอต
4. กำมะถัน
5. แซตตี อี ซี
6. วังสเตแอล
7. ซิงค์ออกไซด์



ภาพที่ 6.1.1 แสดงการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เมื่อเตรียมสารเคมีตามสูตรกำหนดแล้วก่อนซึ่งสารเคมีต้องแน่ใจว่าปิกเกอร์ที่ใช้ในการชั่งต้องสะอาด และก่อนชั่งต้องใช้น้ำกลั่นชะล้างปิกเกอร์ทุกครั้ง
2. เมื่อซึ่งสารเคมีเสร็จในแต่ละชนิดให้ปิดฉลากบอกชื่อสารและใช้ลूमินิเยมฟอยด์ปิดปิกเกอร์กันฝุ่นละออง
3. เรียงสารเคมีตามลำดับการเติมลงในน้ำยางคือ สารละลาย 10% โพลแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 20% อิมัลชันโพลแทสเซียมโอเลเอต ดิสเพสชัน 50% กำมะถัน ดิสเพสชัน 50% แซตตีอีซี ดิสเพสชัน 50% วังสเตแอล ดิสเพสชัน 25% ซี (กรณีต้องการเป็นสี) และดิสเพสชัน 50% ซิงค์ออกไซด์ เป็นลำดับสุดท้าย

**ตารางที่ 6.1.1** สูตรการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ตามตาราง

| สารเคมี                           | ปริมาณสาร (กรัม) |
|-----------------------------------|------------------|
| 60% น้ำยางชั้น                    | 334              |
| สารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 6                |
| อิมัลชัน 20% โพแทสเซียมโอเลเอต    | 2                |
| ดิสเพิสชัน 50% กำมะถัน            | 5                |
| ดิสเพิสชัน 50% แซตติวชี           | 3                |
| ดิสเพิสชัน 50% วิงสเตแอล          | 2                |
| ดิสเพิสชัน 50% ซิงค์ออกไซด์       | 10               |
| รวม                               | 362              |

4. ขั้นตอนในการผสมเริ่มจากกวนไล่แอมโมเนียในน้ำยางชั้น ด้วยความเร็วรอบในการกวน คือ 50 ถึง 100 รอบต่อนาที จากนั้นเติมสารเคมีตามลำดับที่ได้เรียงไว้ โดยสารเคมีแต่ละตัวที่เติมผสม เว้นระยะเวลาให้ห่างกัน 5 นาที

5. เก็บบ่มน้ำยางที่ผสมกับสารเคมี ตามเวลากำหนด คือ 1 วัน 3 วัน และ 7 วัน เพื่อรอการทดสอบน้ำยางต่อไป ขณะบ่มน้ำยางต้องกวนตลอดเวลาด้วยเครื่องกวน (Stirrer) ที่ความเร็วรอบ 20 – 40 รอบต่อนาที

**ข้อเสนอแนะ**

1. การเติมสารเคมีแต่ละตัวแต่ละชนิดควรใช้เวลาห่างกันประมาณ 5 นาที เพื่อให้สารเคมีที่เติมไปก่อนหน้านี้มีการกระจายตัวก่อน
2. ในการชั่งน้ำยางก่อนชั่งต้องให้น้ำยางที่บรรจุในถังเก็บน้ำยางเป็นเนื้อเดียวกันก่อน โดยการกวนหรือกลิ้งถังบรรจุน้ำยาง จากนั้นกรองแล้วถึงทำการชั่ง

**ประโยชน์**

- การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์และมีการบ่มตามเวลาที่กำหนดตามสูตรทำให้น้ำยางคอมปาวด์ (Compound Latex) ที่พร้อมสำหรับทำผลิตภัณฑ์งานหล่อ

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 6.2                       | หน่วยที่ 6                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การขึ้นรูปผลิตภัณณ์โดยวิธีหล่อแบบต้น                                      |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถปฏิบัติการขึ้นรูปผลิตภัณณ์โดยวิธีหล่อแบบต้นโดยใช้น้ำยางธรรมชาติได้
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. เลือกน้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมสำหรับหล่อแบบต้นได้
2. บอกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อแบบต้นได้
3. เลือกแม่พิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับหล่อแบบต้นได้
4. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปในการหล่อแบบต้นได้
5. สามารถหล่อชิ้นงานจากน้ำยางแบบต้นจากแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ได้
6. สามารถทำการปฏิบัติงานได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
2. ชูตกรองน้ำยาง
3. ถ้วยตวง
4. กรรไกร
5. ตู้อบลมร้อน

## สารเคมี

### 1. น้ำยาคอมปาวด์สูตรสำหรับงานหล่อ



ภาพที่ 6.2.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบดัน

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. กรองน้ำยาคอมปาวด์ที่เตรียมไว้ลงในภาชนะใส่น้ำยางที่สะอาดและใช้ไม้กวนน้ำยางเบา ๆ เพื่อไล่ฟองอากาศ และค่อยๆ ตักฟองอากาศออกจากผิวของน้ำยาง
2. เตรียมแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยการล้างด้วยน้ำสะอาดและทำให้แห้งด้วยการเป่าลม หลังจากนั้นประกบแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก เข้าด้วยกันพร้อมใช้เชือกหรือสายยางรัดแม่พิมพ์เพื่อป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก แยกออกจากกัน
3. ตักน้ำยาคอมปาวด์ด้วยถ้วยตวง แล้วเทลงแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้จนน้ำยางเต็ม และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จึงเทน้ำยาคอมปาวด์ออกทั้งหมด
4. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วจึงเทน้ำยาคอมปาวด์ด้วยถ้วยตวงอีกครั้ง และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง จึงเทน้ำยาคอมปาวด์ออกทั้งหมด ได้ความหนาของฟิล์มยางประมาณครึ่งของความหนาทั้งหมด
5. ตั้งทิ้งไว้จนฟิล์มยางหมาดแล้วจึงเทน้ำยาคอมปาวด์ด้วยถ้วยตวงอีกครั้งจนเต็ม และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง หรืออบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจนเนื้อยางแห้งเป็นเนื้อเดียวกันทั้งชิ้นงาน
6. ชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยแกะเชือกที่ผูกออกและใช้มือแยกแม่พิมพ์ออกจากกัน
7. ได้ชิ้นงานสำเร็จ นำชิ้นงานตากแห้งครึ่งบางส่วน
8. นำชิ้นงานไปล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อเอาสารเคมีออก จากนั้นอบแห้งชิ้นงานด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70-80 °C ใช้เวลาประมาณ 30 นาที



### ข้อเสนอแนะ

1. การไล่ฟองอากาศโดยการกวนเบา ๆ เป็นการไล่ฟองจากด้านล่างของภาชนะให้ขึ้นข้างบน และตักฟองออกเพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานเกิดฟองอากาศขณะทำการหล่อขึ้นรูป
2. การเทน้ำยาคอมปาวด์ออกทั้งหมดเมื่อได้ความหนาประมาณครึ่งหนึ่งของความหนาชิ้นงานนั้น เพื่อป้องกันการแตกของชิ้นงานจากการหล่อ

### ประโยชน์

- การหล่อชิ้นงานจากน้ำยางแบบต้น ได้ชิ้นงานที่สวยงาม มีคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่น แข็งแรง ตกไม่แตกหักและสามารถรักษารูปร่างของชิ้นงานได้ดี

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 6.3                       | หน่วยที่ 6                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การขึ้นรูปผลิตภัณณ์โดยวิธีหล่อแบบกลวง                                     |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถปฏิบัติการขึ้นรูปผลิตภัณณ์โดยวิธีหล่อแบบกลวงโดยใช้น้ำยางธรรมชาติได้
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. เลือกน้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมสำหรับหล่อแบบกลวงได้
2. บอกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อแบบกลวงได้
3. เลือกแม่พิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับหล่อแบบกลวงได้
4. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปในการหล่อแบบกลวงได้
5. สามารถหล่อชิ้นงานจากน้ำยางแบบกลวงจากแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ได้
6. สามารถทำการปฏิบัติงานได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์
2. ชุตรองน้ำยาง
3. ถ้วยตวง
4. กรรไกร
5. ตู้อบลมร้อน

## สารเคมี

### 1. น้ำยาคอมปาวด์สูตรสำหรับงานหล่อ



ภาพที่ 6.3.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีหล่อแบบกลง

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. กรองน้ำยาคอมปาวด์ที่เตรียมไว้ลงในภาชนะใส่น้ำยางที่สะอาดและใช้ไม้กวนน้ำยางเบา ๆ เพื่อไล่ฟองอากาศ และค่อย ๆ ตักฟองอากาศออกจากผิวของน้ำยาง
2. เตรียมแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ทำความสะอาดแม่พิมพ์โดยการล้างด้วยน้ำสะอาดและทำให้แห้งด้วยการเป่าลม หลังจากนั้นประกบแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก เข้าด้วยกันพร้อมใช้เชือกหรือสายยางรัดแม่พิมพ์เพื่อป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก แยกออกจากกัน
3. ตักน้ำยาคอมปาวด์ด้วยถ้วยตวง แล้วเทลงแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้จนน้ำยางเต็ม และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จึงเทน้ำยาคอมปาวด์ออกทั้งหมด
4. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วจึงเทน้ำยาคอมปาวด์ด้วยถ้วยตวงอีกครั้ง และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง จึงเทน้ำยาคอมปาวด์ออกทั้งหมด ได้รับความหนาของฟิล์มยาง
5. หรือทำโดย ตักน้ำยาคอมปาวด์ด้วยถ้วยตวง แล้วเทลงแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้จนน้ำยางเต็ม แล้วจึงเทน้ำยาคอมปาวด์ออกทั้งหมด และเทน้ำยางใสในแม่พิมพ์จนเต็มอีกแล้วจึงเทน้ำยางออกจนหมด ทำในลักษณะนี้หลายครั้งจนได้ความหนาของฟิล์มยางตามที่ต้องการ
6. อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจนเนือยางแห้งใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที
7. ขึ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยแกะเชือกที่ผูกออกและใช้มือแยกแม่พิมพ์ออกจากกัน
8. ได้ชิ้นงานสำเร็จ นำชิ้นงานตกแต่งครีบบางส่วน

9. นำชิ้นงานไปล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อเอาสารเคมีออก จากนั้นอบแห้งชิ้นงานด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 – 80 °C ใช้เวลาประมาณ 20 นาที

#### ข้อเสนอแนะ

- การตักน้ำยางคอมปาวด์ด้วยถ้วยตวงแล้วเทลงแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้จนน้ำยางเต็มแล้ว จึงเทน้ำยางคอมปาวด์ออกทั้งหมด และเทน้ำยางใส่ในแม่พิมพ์จนเต็มอีกครั้งแล้วจึงเทน้ำยางออกจนหมด ทำในลักษณะนี้หลายครั้งจนได้ความหนาของฟิล์มยาง และวิธีเทน้ำยางลงแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้จนเต็ม ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง จึงเทน้ำยางคอมปาวด์ออกทั้งหมด จากการทดลองทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนาแตกต่างกัน ผู้ปฏิบัติควรเลือกปฏิบัติตามความเหมาะสม

#### ประโยชน์

- การหล่อชิ้นงานจากน้ำยางแบบกลวง ทำได้ง่ายใช้เวลาไม่นาน ได้ชิ้นงานที่สวยงาม มีคุณสมบัติ ด้านความยืดหยุ่นแข็งแรง ตกไม่แตกหัก

## เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม นิธิอุทัย . **ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง**. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2532.
- วรารณ ขจรไชยกูล. **ยางธรรมชาติการผลิตและการใช้งาน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย  
(สกว.). ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์, 2549.
- วรารณ ขจรไชยกูล. **เทคโนโลยีน้ำยาง**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.), 2555.
- Global Handbook and Directory on NR&SR Lattices. **Pre-vulcanized latex  
concentrated**. Rubber Asia Publication, 2006.
- K. Makuuchi. **An Introduction to Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex  
Introduction**. T.R.I.Global. Thailand, 2003.
- กระบวนการผลิตปูนปลาสเตอร์**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://elearning.nsruc.ac.th> 10  
สิงหาคม 2556.
- นุชนาฏ ณ ระนอง. **น้ำยางพรีวัลคาไนซ์มาทดลองผลิตถุงมือยางทางการแพทย์**. 2546 [ออนไลน์].  
สืบค้นจาก : <http://naist.cpe.ku.ac.th/~vasu/arda/rubber/?p=1343#sthash.8UBZqlOT.dpuf> 10 สิงหาคม 2556.

## หน่วยที่ 7

### การผลิตแม่พิมพ์ยางและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง

#### หัวเรื่อง

1. แม่แบบและสูตรยางสำหรับทำแม่พิมพ์ยาง
2. แม่พิมพ์ยางสำหรับงานหล่อรูปลอยตัว
3. กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ยางสำหรับงานหล่อรูปนูนต่ำนูนสูง
4. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง
5. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์ยางและผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง
6. สรุป

#### สาระสำคัญ

แม่พิมพ์ยางใช้สำหรับงานหล่อทำจากน้ำยางธรรมชาติและน้ำยางซิลิโคน น้ำยางทั้ง 2 ชนิดนี้มีคุณสมบัติ คือ ขึ้นรูปเป็นแม่พิมพ์ได้ง่าย ยืดหยุ่นและใช้หล่อกับวัสดุได้หลายประเภท เช่น เรซิน หินปูนยิปซัม (Alabaster) และปูนปลาสเตอร์ การทำแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติโดยใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์มี 3 วิธี คือ การทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้สูตรเนื้อยางล้วน การทำแม่พิมพ์ยางโดยมีส่วนชั้นนอกแข็ง และการทำแม่พิมพ์ยางโดยมีส่วนเพิ่มความแข็งแรง มีวิธีการ เช่น ใช้น้ำยางคอมปาวด์เทราดลงบนชิ้นงานรูปต้นแบบ หรือจุ่มชิ้นงานลงในน้ำยาง ส่วนวิธีการทำแม่พิมพ์จากยางซิลิโคนมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ น้ำยางซิลิโคน (Silicone Rubber) กับตัวทำแข็งซิลิโคน (Silicone Hardener) ผสมให้เข้ากันแล้วเทราดลงบนชิ้นงานต้นแบบเช่นเดียวกัน

## จุดประสงค์การเรียนรู้

### จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแม่พิมพ์สำหรับงานหล่อ
2. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสูตรยางและวิธีการทำแม่พิมพ์สำหรับงานหล่อ
3. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง
4. เพื่อให้ประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และความมีภูมิคุ้มกัน ในการผลิต แม่พิมพ์งานหล่อและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง
5. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความขยัน ซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ความเป็นประชาธิปไตย ใช้เวลาให้เป็นประโยชน์และห่างไกลยาเสพติด

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้นักศึกษา

1. บอกข้อดีและข้อเสียของแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
2. บอกข้อดีและข้อเสียของแม่พิมพ์จากยางซิลิโคน
3. อธิบายวิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางในสูตรน้ำยางล้วน
4. อธิบายวิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยสูตรแม่พิมพ์ยางมีส่วนชั้นนอกแข็ง
5. อธิบายวิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยสูตรแม่พิมพ์ยางมีส่วนเสริมความแข็งแรง
6. เลือกแม่แบบได้เหมาะสมในการทำแม่พิมพ์ยาง
7. เขียนสูตรยางสำหรับทำแม่พิมพ์ยาง
8. อธิบายกระบวนการผลิตแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติและแม่พิมพ์จากยางซิลิโคน
9. ผลิตแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติและผลิตผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ
10. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์ยางและผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง
11. เตรียมความพร้อมในการเรียนมีระเบียบวินัยและปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด

## 1. แม่แบบและสูตรยางสำหรับทำแม่พิมพ์ยาง

ผลิตภัณฑ์ที่หล่อโดยใช้แม่พิมพ์ยาง จะต้องแม่แบบหรือรูปต้นแบบ (Master) ในการทำแม่พิมพ์ยาง เพื่อใช้ขึ้นรูปให้เหมือนต้นแบบ โดยปกติจะใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่ไม่มีสารตัวเติม (Pure Gum Latex) ทารูปต้นแบบ เพื่อให้แน่ใจว่ารายละเอียดต่าง ๆ ของรูปต้นแบบจะปรากฏบนชิ้นงานที่ต้องการทำ การเตรียมแม่พิมพ์ยาง ขั้นแรกอาจใช้วิธีจุ่มต้นแบบลงในน้ำยางคอมปาวด์ หรือใช้แปรงทารูปต้นแบบ แต่ถ้ารูปต้นแบบมีลวดลายหรือรายละเอียดมาก ควรใช้แปรงทา ถัดไปใช้วิธีจุ่มและระมัดระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศเพราะจะทำให้รายละเอียดบางส่วนของรูปต้นแบบหายไป ทำให้แม่พิมพ์ที่ได้ไม่สวยงาม

### 1.1 แม่แบบหรือรูปต้นแบบ

แม่แบบหรือรูปต้นแบบที่จะใช้สำหรับทำแม่พิมพ์ยาง อาจเป็นแม่แบบหรือรูปต้นแบบที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ ปูนยิปซัม แก้ว หรือพลาสติก เป็นต้น รูปต้นแบบที่เป็นปูนปลาสเตอร์จะมีข้อได้เปรียบ เพราะสามารถดูความขึ้นและทำให้ยางจับผิวแบบได้ดี โดยไม่ต้องใช้วิธีอื่นช่วย การปฏิบัติต้องทำความสะอาดรูปต้นแบบทุกชนิดให้ปราศจากสีหรือน้ำมัน ถ้ามีสิ่งสกปรกเกาะติดอยู่ก็ควรล้างด้วยสารละลายสำหรับการล้าง และอบให้แห้งก่อนที่จะนำไปใช้



ภาพที่ 7.1 รูปต้นแบบสำหรับทำแม่พิมพ์ยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 1.2 สูตรนํ้ายาลงคอมปาวด์สำหรับทำแม่พิมพ์ยาง

นํ้ายาลงสำหรับใช้ทำแม่พิมพ์ยางอาจจะใช้นํ้ายาลงชนิดที่แข็งรูปหรือใช้นํ้ายาลงที่คงรูปแล้วก็ได้ ซึ่งโดยทั่วไปใช้ได้กับนํ้ายาลงชนิดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียสูงและชนิดแอมโมเนียต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทคนิคการออกสูตรหรือความเหมาะสมและสมบัติของผลิตภัณฑ์ ตลอดถึงสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในสูตรยาง โดยเตรียมสารเคมีดังกล่าวให้อยู่ในลักษณะเป็นของเหลวและมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกับอนุภาคของนํ้ายาลง ตัวอย่างส่วนผสมของสารระบบทำให้อย่างคงรูปแสดงดังตารางที่ 7.1 แม่พิมพ์ยางที่ใช้ส่วนผสมนี้จะถูกอบให้คงรูปภายหลังจากการอบแห้งแล้ว การอบแห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C เพื่อลดการที่ยางไม่แนบติดแม่แบบ และการอบคงรูปใช้ความร้อน 100 °C ประมาณ 30 - 45 นาที ปกติการอบให้ยางคงรูปใช้ตู้อบลมร้อน ถ้าใช้นํ้าร้อนหรือไอนํ้า ก็จะต้องอบผลิตภัณฑ์ให้แห้งอีกครั้งหนึ่ง



ตารางที่ 7.1 ตัวอย่างส่วนผสมของสารระบบทำให้ง่ายคงรูป

| สารเคมี                         | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|---------------------------------|----------------|-------------|
|                                 | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 50% กำมะถัน                     | 1.0            | 2.0         |
| 50% ซิงค์ออกไซด์                | 1.0            | 2.0         |
| 50% ซิงค์ไดเอทิลไดโทโอคาร์บาเมต | 1.0            | 2.0         |
| 50% สารดิสเพิสซิงเอเจนท์        | 0.2            | 0.4         |
| น้ำ                             | 2.8            | 2.8         |
| รวม                             | 6              | 9.2         |

ที่มา: วราภรณ์ ขจรไชยกุล (2555 : 250)

ถ้าใช้น้ำยางคงรูปการอบแม่พิมพ์ที่ต้องการเพียงอบแห้งเท่านั้น อย่างไรก็ตามเพื่อให้แม่พิมพ์ที่ใช้ทำน้ำยางคงรูปมีความแข็งแรงสูง เมื่อลอกแม่พิมพ์ออกจากรูปต้นแบบแล้วให้นำแม่พิมพ์ไปแช่น้ำหลาย ๆ ชั่วโมง แล้วอบให้แห้งอีกครั้ง ตัวอย่างสูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับทำแม่พิมพ์ยางประกอบด้วย 60% น้ำยางข้น และ 50% สารทำน้ำยางคงรูป (กำมะถัน + ซิงค์ออกไซด์ + ซิงค์ไดเอทิลไดโทโอคาร์บาเมต และสารดิสเพิสซิงเอเจนท์) แสดงดังตารางที่ 7.2 สูตรที่มีเนื้ออย่างล้วนใช้สำหรับการทำแม่พิมพ์ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงของพิมพ์มากนัก แม่พิมพ์จะมีความยืดหยุ่นสูงเหมาะกับลักษณะงานที่มีความซับซ้อนสามารถขึ้นรูปได้ดี กรณีหล่อชิ้นงานจะแกะชิ้นงานออกได้ง่าย แต่ถ้าเป็นแม่พิมพ์ขนาดใหญ่เวลาหล่อชิ้นงานอาจต้องมีแบบประกอบแม่พิมพ์เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวของแม่พิมพ์ แสดงดังตารางที่ 7.3 สูตรแม่พิมพ์ยางผสมสารตัวเติม แม่พิมพ์ยางผสมสารตัวเติมจะช่วยช่วยให้แม่พิมพ์มีความแข็งแรง มีการคงรูปดีขึ้น สามารถหล่อชิ้นงานได้เลยไม่ต้องใช้แบบหรือแม่พิมพ์ประกอบ

ตารางที่ 7.2 สูตรยางคอมปาวด์เนื้ออย่างล้วน

| สารเคมี              | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|----------------------|----------------|-------------|
|                      | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 60% น้ำยางข้น        | 100            | 167         |
| 50% สารทำน้ำยางคงรูป | 3              | 6           |
| รวม                  | 103            | 173         |

ตารางที่ 7.3 สูตรยางคอมปาวด์ผสมสารตัวเติม

| สารเคมี              | ส่วนโดยน้ำหนัก |             |
|----------------------|----------------|-------------|
|                      | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม) |
| 60% น้ำยางข้น        | 100            | 167         |
| 50% สารทำน้ำยางคงรูป | 3              | 6           |
| 1% สารช่วยการเปียก   | 1              | 10          |
| ซีลี้อย(ขนาด 60 เมช) | 35             | 35          |
| รวม                  | 139            | 218         |

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2555 : 251)

## 2. แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อรูปลอยตัว

แม่พิมพ์สำหรับงานหล่อในรูปแบบต่าง ๆ สำหรับหล่องานปูนสูง นูนต่ำหรือขึ้นงานแบบลอยตัว นิยมใช้ยางธรรมชาติทำแม่พิมพ์เพราะยางธรรมชาติมีคุณสมบัติที่ดีเกี่ยวกับการทนต่อแรงดึงและทนต่อแรงฉีกขาด มีราคาถูกและสามารถหล่อกับวัสดุได้หลายประเภท เช่นหล่อเรซิน หินปูน ยิปซัม (Alabaster) และปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ การทำแม่พิมพ์ยางสามารถทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญในการใช้น้ำยางก็สามารถทำได้ น้ำยางธรรมชาติที่ผสมสารเคมีอย่างถูกต้องเหมาะสมเมื่อนำไปทำเป็นแม่พิมพ์ยางจะได้แม่พิมพ์ที่มีสมบัติความยืดหยุ่นดี มีความคงทนต่อการใช้งานที่ต้องดึงหรือหักงอได้

### 2.1 วิธีการทำแม่พิมพ์ยางรูปลอยตัวขนาดเล็ก

#### 2.1.1 การทำแม่พิมพ์ยางรูปลอยตัวขนาดเล็กโดยใช้น้ำยางธรรมชาติสูตรเนื้ออย่างล้วน

แม่พิมพ์ยางจากน้ำยางธรรมชาติ สูตรแม่พิมพ์ที่มีเนื้ออย่างล้วน (คือ ไม่มีส่วนของสารตัวเติมผสมในน้ำยาง) เหมาะสำหรับการทำแม่พิมพ์ขนาดเล็กๆที่มีความซับซ้อน โดยใช้รูปต้นแบบที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ ตามที่ต้องการเมื่อทำเป็นแม่พิมพ์ยางแล้ว แม่พิมพ์ยางสามารถรับน้ำหนักของวัสดุที่จะนำมาหล่อได้โดยไม่เสียรูป ถ้ารูปต้นแบบมีรายละเอียดมาก ควรใช้แปรงทาบนผิวรูปต้นแบบเป็นชั้นแรกก่อน กรณีรูปต้นแบบเป็นปูนปลาสเตอร์การจุ่มรูปต้นแบบและแช่อยู่ในน้ำยางประมาณ 3 ชั่วโมง ก็จะได้ความหนาของแม่พิมพ์ยางตามต้องการ แต่ถ้ารูปต้นแบบไม่เป็นวัสดุที่มีรูพรุนก็จำเป็นต้องจุ่มซ้ำ ต้องอบยางให้แห้งระหว่างการจุ่มแต่ละครั้ง มิฉะนั้นอาจใช้วิธีจุ่มรูปต้นแบบลงในสารละลาย 30% แคลเซียมไนเตรตในเมทิลแอลกอฮอล์ ปล่อยให้แอลกอฮอล์ระเหยไป จุ่มแช่

รูปต้นแบบลงในน้ำยางประมาณ 2-5 นาที จับรูปต้นแบบขึ้นตั้งให้แห้ง การจุ่มอาจทำซ้ำ การจุ่ม 2 ครั้ง ปกติก็จะได้แม่พิมพ์ยางที่มีความหนาตามต้องการ



ภาพที่ 7.2 แม่พิมพ์ยางจากน้ำยางธรรมชาติสูตรเนื้อยางล้วน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 2.1.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทำแม่พิมพ์ยาง

- 1) รูปต้นแบบลอยตัวจากปูนปลาสเตอร์
- 2) น้ำยางคอมปาวด์สูตรเนื้อยางล้วนและภาชนะใส่
- 3) ปูนปลาสเตอร์
- 4) ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์
- 5) แปรงขนกระต่าย
- 6) ตู้อบลมร้อน
- 7) เส้นลวดและแผ่นไม้กระดาน หรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด

#### 2.1.1.2 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ยาง

- 1) ยึดรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ ส่วนฐานด้านล่างติดกับไม้กระดานหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ตรงแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดเจาะรูร้อยด้วยเส้นลวด หรือสกรูสำหรับจับก่อนจุ่มขึ้นงาน
- 2) จุ่มรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ในน้ำยางคอมปาวด์ อาจใช้วิธีจุ่ม หรือแช่ ครั้งเดียวเป็นเวลา 1 - 2 ชั่วโมง แล้วยกออกหรือวิธีการจุ่มรูปต้นแบบลงในน้ำยางในเวลาสั้นประมาณ 4 - 5 นาที ยกออกและจุ่มซ้ำแบบเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง จนได้ความหนาตามต้องการ



ภาพที่ 7.3 รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ยึดส่วนฐานด้านล่างด้วยสกรู  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

3) เมื่อจุ่มรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ได้ความหนาตามต้องการแล้ว นำชิ้นงานเข้าอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ  $65^{\circ}\text{C}$  ใช้เวลา 30 นาที (เวลาในการอบสุกขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงาน) และอบคงรูปที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  ใช้เวลาประมาณ 10 นาที



ภาพที่ 7.4 จุ่มรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ลงในน้ำยาคอมปาวด์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 7.5 การอบชิ้นงานด้วยตู้อบลมร้อน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

4) ได้ชิ้นงานหรือแม่พิมพ์ยางที่สุก (วัลคาไนซ์) สมบูรณ์ดีแล้ว ดึงแม่พิมพ์  
ยางออกจากรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์



ภาพที่ 7.6 แม่พิมพ์ยางสำเร็จ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

5) หล่อปูนปลาสเตอร์จากแม่พิมพ์ยางได้ผลิตภัณฑ์จากปูนปลาสเตอร์  
ตกแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อย



ภาพที่ 7.7 ชิ้นงานปูนปลาสเตอร์ที่หล่อจากแม่พิมพ์ยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 2.1.1.3 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ยาง

- 1) ไม่ควรทิ้งแปรงที่ใช้ทำรูปต้นแบบแห้ง หรือปล่อยให้ยางจับแข็งบนแปรง ควรแช่แปรงไว้ในสารละลาย ช่วยการเปียกก่อนและหลังการใช้งาน และให้ล้างแปรงด้วยน้ำ
- 2) การอบยางแห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C
- 3) การทำน้ำยางบนรูปต้นแบบแต่ละชั้นไม่ควรปล่อยให้ น้ำยางแห้งสนิท แล้วทาซ้ำเพราะอาจทำให้ยางแต่ละชั้นแยกชั้นได้

#### 2.1.2 วิธีการทำแม่พิมพ์ยางธรรมชาติโดยใช้สูตรยางให้มีส่วนชั้นนอกแข็ง

ในบางครั้งแม่พิมพ์ยางที่ใช้สูตรเนื้อยางล้วนอาจไม่แข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของวัสดุที่จะนำมาหล่อในแม่พิมพ์ยาง ทำให้แม่พิมพ์บิดเบี้ยวเสียรูปได้ จึงจำเป็นต้องใช้น้ำยางสูตรที่มีสารตัวเติม เช่น ขี้เลื่อยหรือฝุ่นฝ้าย (Cotton Flock) ผสมลงในน้ำยางด้วย เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับแม่พิมพ์ยาง การเติมสารตัวเติมเหล่านี้ให้เติมภายหลังจากที่เติมสารช่วยการเปียก (Wetting Agent) ลงในน้ำยางแล้ว การทำแม่พิมพ์ยางที่มีส่วนชั้นนอกแข็ง ในขั้นแรกให้ใช้น้ำยางสูตรที่มีเนื้อยางล้วนทำรูปต้นแบบก่อนแล้วอบแห้ง แล้วจึงใช้ขี้เลื่อยหรือเกรียงฉาบปูน ดักหรือจุ่มน้ำยางผสมขี้เลื่อยหรือฝุ่นฝ้าย ทาทับลงบนชั้นที่มีเนื้อยางล้วน จากนั้นจึงนำรูปต้นแบบที่เคลือบยางแล้วไปอบแห้งและอบให้ยางคงรูป แม่พิมพ์ยางที่เตรียมโดยวิธีนี้จะมีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของสิ่งของที่จะเทหล่อลงในแม่พิมพ์ ขณะเดียวกันก็มีความยืดหยุ่นพอที่จะแกะสิ่งที่หล่อได้ออกได้





ภาพที่ 7.8 แม่พิมพ์ยางที่มีส่วนชั้นนอกแข็ง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 2.1.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทำแม่พิมพ์ยาง

- 1) รูปต้นแบบรูปหล่อตัวจากปูนปลาสเตอร์
- 2) น้ำยาคอมปาวด์สูตรเนื้ออย่างลื่นและภาชนะใส่
- 3) ปูนปลาสเตอร์
- 4) ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์
- 5) แปรงขนกระต่าย
- 6) ขี้เลื่อย
- 7) ตู้อบลมร้อน
- 8) แผ่นไม้กระดานหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด

#### 2.1.2.2 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ยางธรรมชาติโดยใช้สูตรยางให้มีส่วนชั้นนอกแข็ง

- 1) ยึดส่วนฐานล่างของรูปต้นแบบให้ติดกับไม้กระดาน หรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดให้แน่นด้วยกาว หรือกระดาษกาว แล้ววางบนพื้นราบ



ภาพที่ 7.9 รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ยึดส่วนฐานด้านล่างด้วยฟิวเจอร์บอร์ด  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

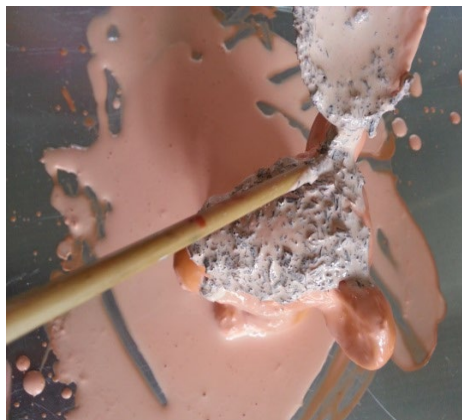
2) เทน้ำยางคอมปาวด์ หรือใช้ช้อนตักราดลงบนรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์  
และใช้แปรงทาบริเวณที่น้ำยางเข้าไม่ถึง ทาซ้ำอีก 1-2 ครั้ง จนได้ความหนาของฟิล์มยางตามต้องการ



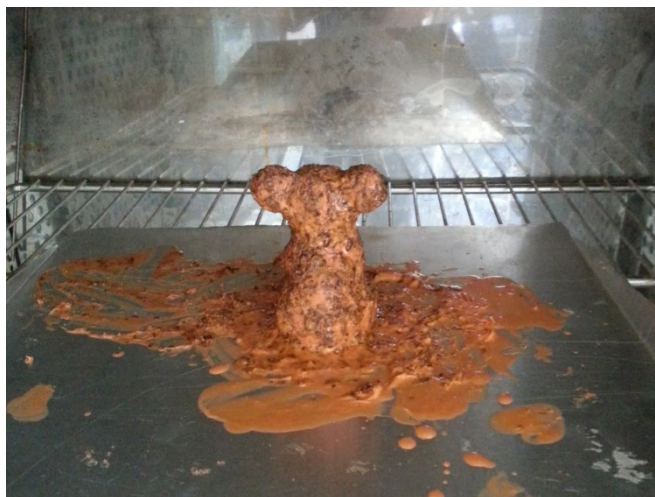
ภาพที่ 7.10 เทน้ำยางคอมปาวด์ลงบนรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



3) ป้ายน้ำยางผสมกับซีลี้อยู่ที่ฟิล์มน้ำยางเดิม ให้ทั่วทุกส่วนประมาณ 1 – 2 รอบ สังเกตความสม่ำเสมอของน้ำยางคอมปาวด์กับซีลี้อยู่ อบชิ้นงานด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C ใช้เวลา 30 นาที และอบคงรูปที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้เวลาประมาณ 10 นาที



ภาพที่ 7.11 ป้ายน้ำยางผสมกับซีลี้อยู่ที่ฟิล์มน้ำยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 7.12 อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

4) ได้ชิ้นงานหรือแม่พิมพ์ยางที่สุก (วัลคาไนซ์) สมบูรณ์ดีแล้ว ดึงแม่พิมพ์ยางออกจากรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์



ภาพที่ 7.13 แม่พิมพ์ยางแบบให้มีส่วนชั้นนอกแข็ง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

5) นำแม่พิมพ์ยางไปหล่อปูนปลาสเตอร์ได้เป็นผลิตภัณฑ์จากปูนปลาสเตอร์ ตกแต่งชิ้นงานที่ได้ให้เรียบร้อย



ภาพที่ 7.14 หล่อปูนปลาสเตอร์จากแม่พิมพ์ยางที่มีส่วนชั้นนอกแข็ง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 2.1.2.3 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ยางธรรมชาติที่มีชั้นนอกแข็ง

- 1) ไม่ควรปล่อยให้แห้งแข็ง หรือยางจับแข็งบนแปรง ควรแช่แปรงไว้ในสารละลายช่วยการเปียกก่อนและหลังการใช้งาน การอบยางให้แห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C เพื่อป้องกันยางไม่เน่าแบบแบบ
- 2) การเติมสารตัวเติมซีลี้อยลงในน้ำยางต้องระมัดระวังการจับตัวเป็นก้อน จนอาจทำให้น้ำยางเสียได้
- 3) ระวังอย่าให้แม่พิมพ์สัมผัสกับสิ่งของที่มีส่วนประกอบของทองแดงหรือโลหะผสมทองแดง

### 2.1.3 วิธีการทำแม่พิมพ์ยางธรรมชาติโดยแม่พิมพ์ยางมีส่วนเสริมความแข็งแรง

แม่พิมพ์ยางจากน้ำยางธรรมชาติบางครั้ง ต้องการแม่พิมพ์ที่มีความยืดหยุ่น และมีความแข็งแรงด้วย เช่น แม่พิมพ์สำหรับหล่อชิ้นรูปชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่และมีร่องมาก การทำแม่พิมพ์ยางให้ใช้งานลักษณะนี้ต้องใช้สูตรที่มีเนื้อยางล้นทาก่อนเคลือบรูปต้นแบบเป็นชั้นแรกก่อน แล้วจึงใช้น้ำยางผสมซีลี้อยทาทับให้เคลือบลงตามร่องของรูปต้นแบบ จากนั้นหล่อปูนปลาสเตอร์หุ้มรูปต้นแบบที่มียางเคลือบอยู่ แกะปูนปลาสเตอร์ออกเพื่อนำไปใช้เป็นแม่พิมพ์ครอบหรือเสริมแม่พิมพ์ยาง ส่วนยางบนรูปต้นแบบก็จะถูกลอกออกจากรูปต้นแบบซึ่งจะเป็นแม่พิมพ์ยาง เวลาใช้งานจะวางแม่พิมพ์ยางลงในเบ้าปูนปลาสเตอร์ กรอกปูนปลาสเตอร์ที่ต้องการหล่อลงในแม่พิมพ์ยางซึ่งถูกประกอไว้ด้วยแม่พิมพ์ครอบปูนปลาสเตอร์อีกชั้นหนึ่ง เมื่อปูนปลาสเตอร์ที่ใช้หล่อแข็งดีแล้วก็จะแกะแม่พิมพ์ครอบชั้นนอกออก แล้วลอกแม่พิมพ์ยางออก จะได้ปูนปลาสเตอร์หล่อตามรูปของแม่พิมพ์



ภาพที่ 7.15 แม่พิมพ์ยางที่มีส่วนเสริมแรงด้วยแม่พิมพ์ครอบปูนปลาสเตอร์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 2.1.3.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทำแม่พิมพ์ยาง

- 1) รูปต้นแบบรูปลอยตัวจากปูนปลาสเตอร์
- 2) น้ำยาคอมปาวด์สูตรเนื้ออย่างลื่นและภาชนะใส่
- 3) ปูนปลาสเตอร์
- 4) ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์
- 5) แปรงขนกระต่าย
- 6) ขี้เลื่อย
- 7) ตู้อบลมร้อน
- 8) แผ่นไม้กระดานหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด

#### 2.1.3.2 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ยางโดยแม่พิมพ์ยางมีส่วนเสริมความแข็งแรง

1) รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ ยึดส่วนฐานด้านล่างติดแน่นด้วยกาวกับไม้กระดานหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด จากนั้นใช้ช้อนราดน้ำยาคอมปาวด์ลงบนรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ และใช้แปรงทาบบริเวณซอกมุมที่น้ำยางเข้าไม่ถึงทั่วถึง ทาซ้ำอีก 1-2 ครั้ง จนได้ความหนาของฟิล์มยางตามต้องการ



ภาพที่ 7.16 รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ยึดฐานด้านล่างและเทราดน้ำยาคอมปาวด์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



2) ใช้ช้อนหรือแปรงป้ายน้ำยาง ทำให้ทั่วทุกส่วนประมาณ 1 - 2 รอบ สังเกตดูความหนาและความสม่ำเสมอของน้ำยางคอมปาวด์ แล้วนำชิ้นงานเข้าอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65 °C ใช้เวลา 30 นาที และอบคงรูปที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้เวลาประมาณ 10 นาที



ภาพที่ 7.17 แปรงป้ายน้ำยางเพื่อความสม่ำเสมอและเข้าอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

3) ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 โดยประมาณ คนปูนปลาสเตอร์กับน้ำผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันใช้แปรงทาให้ทั่วชั้นนอกของแม่พิมพ์ยางและรองนูนปูนปลาสเตอร์แข็งตัวเพื่อเป็นแม่พิมพ์ครอบเสริมความแข็งแรง



ภาพที่ 7.18 ปูนปลาสเตอร์ครอบแม่พิมพ์ยางเสริมความแข็งแรง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

4) ได้ชิ้นงานหรือแม่พิมพ์ยางที่สุกพร้อมด้วยแม่พิมพ์ครอบเสริมความแข็งแรงที่สมบูรณ์ดีแล้ว ดึงแม่พิมพ์ยางออกจากรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์



ภาพที่ 7.19 แม่พิมพ์ยางสำเร็จ

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

5) นำแม่พิมพ์ยางไปหล่อปูนปลาสเตอร์ได้เป็นผลิตภัณฑ์จากปูนปลาสเตอร์ หลังจากนั้นแยกแม่พิมพ์ครอบปูนปลาสเตอร์ที่ประกอบออกแล้วแกะชิ้นงานออก ตกแต่งชิ้นงานที่ได้ให้เรียบร้อย



ภาพที่ 7.20 แม่พิมพ์ยางไปหล่อปูนปลาสเตอร์

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 2.1.3.3 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ยาง

- 1) ต้องไม่ปล่อยให้แปรงที่ใช้ทารูปต้นแบบแห้ง หรือปล่อยให้ยางจับแข็งบนแปรง ต้องแช่แปรงไว้ในสารละลาย ช่วยการเปียกก่อนและหลังการใช้งาน และให้ล้างแปรงด้วยน้ำ
- 2) การอบให้ยางแห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C เพื่อป้องกันยางไม่แนบกับรูปต้นแบบ
- 3) การให้น้ำยางลงบนรูปต้นแบบในแต่ละชั้นไม่ควรปล่อยให้ น้ำยางแห้งสนิทแล้วทาซ้ำ เพราะอาจทำให้ยางแต่ละชั้นติดไม่สนิทแยกชั้นได้
- 4) การพองแม่พิมพ์ยางด้วยแม่พิมพ์ครอบปูนปลาสเตอร์ต้องศึกษารูปร่างของแม่พิมพ์ยางเพื่อความสะดวกในการแกะออกและความสม่ำเสมอในการหล่อขึ้นงาน

### 3. กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ยางสำหรับงานหล่อรูปนูนต่ำและนูนสูง

แม่พิมพ์ยางมีคุณสมบัติเด่นคือมีความยืดหยุ่นในตัว สามารถเก็บรายละเอียดได้ดีกว่าแม่พิมพ์ประเภทปูนปลาสเตอร์หรือแม่พิมพ์จากวัสดุอื่น เมื่อหล่อขึ้นงานออกมาแล้วจะไม่มีรอยตะเข็บให้ต้องตกแต่งในภายหลัง สะดวกในการหล่อ เหมาะสำหรับหล่อขึ้นงานขนาดเล็กขนาดกลาง และงานชิ้นใหญ่ได้ สามารถนำมาทำแม่พิมพ์ทั้งรูปนูนต่ำ นูนสูง และรูปลอยตัวได้ดี

#### 3.1 กระบวนการผลิตแม่พิมพ์นูนต่ำจากยางธรรมชาติ

แม่พิมพ์ยางจากยางธรรมชาติมีข้อดีคือมีความยืดหยุ่น มีความเหนียว ทนต่อแรงดึงและทนต่อการฉีกขาดที่ดีสามารถทำแม่พิมพ์ได้หลายรูปแบบ แต่จะมีข้อเสียในเรื่องของรูปทรงที่ไม่แน่นอน เนื่องมาจากยางมีการยืดหดตัวตามสภาพความร้อน เย็นของอากาศ การทิ้งแม่พิมพ์ยางเอาไว้นานๆ โดยไม่ใช้งานอาจทำให้แม่พิมพ์เสียรูปทรงได้ จึงควรนำแม่พิมพ์ยางมาใช้หล่อขึ้นงานให้เสร็จในคราวเดียวกัน ถ้าจำเป็นต้องเก็บแม่พิมพ์ไว้ใช้งานอีกควรหล่อปูนปลาสเตอร์ให้แข็งคาแม่พิมพ์เอาไว้ เพื่อให้ปูนปลาสเตอร์ช่วยบังคับทรงของแม่พิมพ์ไว้

การทำแม่พิมพ์ยางจากยางธรรมชาติ 2 วิธี คือวิธีการจุ่ม หรือชุบ ซึ่งเหมาะกับการทำพิมพ์รูปลอยตัวเท่านั้นและอีกวิธี คือวิธีการทาหรือเทราดน้ำยางลงบนรูปต้นแบบได้เลย ซึ่งเป็นวิธีการทำแม่พิมพ์ที่สะดวกและเป็นที่นิยม โดยเฉพาะแม่พิมพ์ที่ใช้กับงานรูปนูนต่ำ สามารถทำได้ง่ายเพียงแค่นำน้ำยางคอมปาวด์ในสูตรที่เหมาะสมนำมาเทราดลงบนรูปต้นแบบนูนต่ำหรือนูนสูงแล้วรอให้แห้ง แกะแม่พิมพ์ออกจากรูปต้นแบบ นำไปหล่อขึ้นรูปต่อไป

### 3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทำแม่พิมพ์นูนต่ำจากยางธรรมชาติ

- 3.1.1.1 น้ำยางคอมปาวด์(น้ำยางผสมสารเคมี)สำหรับทำแม่พิมพ์ยาง
- 3.1.1.2 ปูนปลาสเตอร์
- 3.1.1.3 ผ้ากอซหรือเส้นใยมะพร้าวใช้สำหรับเสริมแรง
- 3.1.1.4 รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์หรือรูปต้นแบบจากหินทราย
- 3.1.1.5 ภาชนะใส่น้ำยางคอมปาวด์
- 3.1.1.6 ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์
- 3.1.1.7 แปรงขนกระต่ายหรือแปรงขนอ่อน
- 3.1.1.8 ไม้ปลายแหลมสำหรับตกแต่งน้ำยางที่เป็นฟอง
- 3.1.1.9 ใบพายสแตนเลสหรือใบพายพลาสติก
- 3.1.1.10 มีดคัตเตอร์

### 3.1.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

3.1.2.1 เตรียมรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ประกบติดบนแผ่นไม้กระดานเรียบร้อย (กรณีมีช่องว่างให้ใช้ดินน้ำมันอุดช่องว่างให้สนิทป้องกันน้ำยางซึมเข้าข้างใน) แล้วนำชะเล็กมาทาที่ผิวรูปต้นแบบให้ทั่ว แต่ไม่ต้องรอให้ชะเล็กที่ทาไว้แห้งสนิทเพราะชะเล็กที่ยังไม่แห้งสนิทจะช่วยให้ น้ำยางเกาะติดผิวได้ดีไม่ร่อนจากรูปต้นแบบ หรือใช้สารแคลเซียมไนเตรดทาช่วยในการจับตัวของ น้ำยางได้ดีขึ้น (ขึ้นกับความสะดวกของผู้ปฏิบัติ)



ภาพที่ 7.21 รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ทาสารแคลเซียมไนเตรด  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



3.1.2.2 ทาน้ำยางคอมปาวด์ด้วยแปรงบาง ๆ ให้ทั่วรูปต้นแบบและบริเวณรอบ ๆ กว้างประมาณ 1 นิ้วขึ้นไป เพื่อเผื่อไว้เป็นขอบสำหรับจับยึดและสะดวกในการแกะแม่พิมพ์ออกจาก รูปต้นแบบ (ให้ใช้พัดลมเป่าหรือเป่าลมร้อนที่ผิวของน้ำยางสม่ำเสมอจนกว่าจะทำแม่พิมพ์ยางเสร็จ ก็ จะช่วยให้ยางแห้งเร็วขึ้น) กรณีมีฟองอากาศให้ใช้ไม้ปลายแหลมจิ้มฟองอากาศจนหมด



ภาพที่ 7.22 ทาน้ำยางคอมปาวด์ด้วยแปรงให้ทั่วรูปต้นแบบและและจิ้มไล่ฟองอากาศ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

3.1.2.3 เมื่อน้ำยางคอมปาวด์ชั้นแรกแห้งแล้วให้ทาต่ออีก 2 ชั้น และจิ้มไล่ฟองอากาศ เมื่อน้ำยางหมดให้ทาน้ำยางไปเรื่อย ๆ จนได้ความหนาตามต้องการ แต่อย่าให้น้ำยางขังเป็นที่ ๆ ควรเกลี่ย น้ำยางด้วยช้อนให้มีความสม่ำเสมอเท่า ๆ กัน (การทาน้ำยางแต่ละชั้นต้องรอให้น้ำยางหมดเสียก่อนจึงทา น้ำยางชั้นต่อไป)

3.1.2.4 เมื่อทาน้ำยางมีความหนาจนไม่สามารถมองเห็นผิวของชิ้นงานต้นแบบได้ แล้ว ให้ตัดผ้ากอซขนาดกว้าง 2 นิ้ว และยาวมากกว่ารูปต้นแบบอย่างน้อย 1 – 2 นิ้ว นำมาปูให้ทั่ว ผิวยาง 1 ชั้นรวมถึงบริเวณรอบรูปต้นแบบที่ทากว้างไว้แล้วด้วย (การปูผ้ากอซควรวางแบบเกยทับกัน เพื่อความแข็งแรง) เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับแม่พิมพ์ยาง ทาน้ำยางไปเรื่อย ๆ จนยางมีความหนา อย่างน้อย 1/8 นิ้ว หรือมองไม่เห็นชิ้นงานต้นแบบภายในจึงจะใช้ได้และปล่อยแม่พิมพ์ยางไว้อย่างน้อย 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง หรือนำเข้าอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลาประมาณ 40 นาที จึงจะนำมาทำแม่พิมพ์ครอบด้วยปูนปลาสเตอร์ต่อไป



ภาพที่ 7.23 แสดงการปูผ้ากอซเพื่อเสริมแรงและแม่พิมพ์ยางที่ทำเสร็จ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

3.1.2.5 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในปริมาณ 2 ต่อ 1 คนปูนปลาสเตอร์กับน้ำผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันใช้แปรงทาให้ทั่วแม่พิมพ์ยาง และรอจนปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัว หลังจากปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัวแล้วผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำอีกครั้ง นำเส้นใยมะพร้าวชุบน้ำปูนปลาสเตอร์ปูให้ทั่วบริเวณเพื่อเป็นโครงสร้างเสริมแรงของแม่พิมพ์ครอบ ใช้ใบพายพลาสติกป้ายเกลี่ยปูนปลาสเตอร์ให้ทั่ว ๆ บริเวณที่ปูเส้นใยมะพร้าว จนกว่าจะได้รับความหนาของแม่พิมพ์ครอบตามที่ต้องการ และปาดที่ผิวของแม่พิมพ์ครอบอีกด้วยใบพายพลาสติกให้เรียบร้อยเมื่อปูนปลาสเตอร์แข็งตัวเต็มที่แล้วให้ใช้มีดคัตเตอร์ตัดบางส่วนเกินที่ปากของแม่พิมพ์ออก ได้แม่พิมพ์ยางพร้อมแม่พิมพ์ครอบสำเร็จ



ภาพที่ 7.24 ปูนปลาสเตอร์ผสมเส้นใยมะพร้าวเสริมแรงแม่พิมพ์ครอบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3.1.3 ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน

3.1.3.1 เมื่อทาน้ำยางคอมปาวด์ลงบนชิ้นงานต้นแบบอย่ารอให้น้ำยางแห้งสนิทมาก เพราะจะทำให้ น้ำยางชั้นต่อไปไม่ติดสนิทกับชั้นแรกอาจเกิดการแยกชั้นของยางได้

3.1.3.2 การผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำควรกำหนดสัดส่วนที่แน่นอนในครั้งเดียว จนผสมเสร็จไม่ควรเติมปูนปลาสเตอร์หรือน้ำเพิ่มเติมในขณะที่ปูนปลาสเตอร์บางส่วนเกิดการแข็งตัวไปแล้ว

## 3.2 กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ปูนตํ่าจากยางซิลิโคน

แม่พิมพ์ยางจากยางซิลิโคนเป็นแม่พิมพ์ประเภทคงทนถาวร สามารถนำมาหล่อเป็นชิ้นงานได้เป็นจำนวนมาก แม่พิมพ์มีความยืดหยุ่นในตัวและเก็บรายละเอียดของรูปต้นแบบได้ดี ใช้ทำแม่พิมพ์ได้ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงแม่พิมพ์ขนาดใหญ่มีความสะดวกในการทำงานและใช้งานได้ง่ายใช้หล่อกับวัสดุได้หลายชนิดเช่นปูนปลาสเตอร์ ปูนซีเมนต์ เรซิน ไฟเบอร์กลาส ไม้แข็ง เป็นต้น ยางซิลิโคนในการทำแม่พิมพ์ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนของน้ำยางซิลิโคน (Silicone Rubber) และตัวทำแข็งยางซิลิโคน (Silicone Hardener) (สูตร วิทยุ วิทยุ 2550 : 50) เมื่อต้องการนำยางซิลิโคนมาใช้งานต้องผสมให้เข้ากันกับตัวทำแข็งในสัดส่วนที่เหมาะสม จากนั้นนำมาใช้โดยการเทราด หรือจุ่มชิ้นงานลงในน้ำยางได้เลย ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของงานนั้น ๆ

การผลิตแม่พิมพ์ยางจากยางซิลิโคนที่มีเพียงชิ้นเดียวหรือแม่พิมพ์แบบซีกเดียว โดยส่วนมากมักจะเป็นแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับหล่อรูปปูนตํ่า และรูปปูนสูง หรืออาจจะเป็นแม่พิมพ์สำหรับหล่อรูปลอยตัว ที่มีรายละเอียดน้อย มีขนาดของช่วงฐานใหญ่กว่าช่วงบน และมีความสูงไม่มากนัก เพื่อให้สามารถถอดชิ้นงานหล่อออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบชิ้นเดียวนี้บางทีเราก็มักเรียกว่าแม่พิมพ์แบบถลอก เนื่องจากเมื่อเราต้องการนำชิ้นงานหล่อออกจากแม่พิมพ์ เราจะต้องถลอกแม่พิมพ์จึงจะสามารถนำชิ้นงานหล่อออกมาได้

### 3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทำแม่พิมพ์ยางจากยางซิลิโคน

3.2.1.1 เรซิน และตัวทำแข็ง

3.2.1.2 ชิ้นงานต้นแบบจากปูนปลาสเตอร์หรือจากหินทราย

3.2.1.3 ดินน้ำมัน

3.2.1.4 ผ้ากอซ

3.2.1.5 ปูนปลาสเตอร์

3.2.1.6 ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์

3.2.1.7 แปรงขนกระต่ายหรือแปรงขนอ่อน

3.2.1.8 ไม้ปลายแหลมสำหรับตักแต่งน้ำยางที่เป็นฟอง

### 3.2.1.9 มีดคัดเตอร์

### 3.2.2 ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ปูนต๋ำจากยางซิลิโคน

3.2.2.1 เตรียมชิ้นงานรูปต้นแบบปูนต๋ำ ติดแนบสนิทกับไม้กระดานแผ่นเรียบหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดโดยไม่มีช่องว่าง

3.2.2.2 ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง 5% คนให้เข้ากัน เทยางให้ทั่วชิ้นงานรูปต้นแบบ ใช้ฟูกันแบนทากยางซิลิโคนให้ทั่วชิ้นงานรูปต้นแบบ กรณีมีฟองอากาศใช้ไม้ปลายแหลมหรือเข็มจิ้มเพื่อให้ฟองอากาศแตกออกช่วยให้ผิวงานเรียบสม่ำเสมอ เกลี่ยยางซิลิโคนที่ติดตามขอบออกให้หมด เพื่อจะได้เห็นระดับความหนาของปีกพิมพ์อย่างชัดเจน รอจนยางแข็งตัว



ภาพที่ 7.25 ชิ้นงานรูปต้นแบบปูนต๋ำ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 7.26 ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งและเทยางให้ทั่วชิ้นงานรูปต้นแบบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



3.2.2.3 ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง และลงยางอีกเป็นชั้นที่ 2 ด้วยวิธีเดียวกันกับการลงยางชั้นที่ 1 รอยยางแข็งตัวแล้วจึงลงยางอีกเป็นชั้นที่ 3 ตัดผ้ากอซให้เป็นชั้นสี่เหลี่ยมปูซ้อนกัน 2 ชั้น ในบริเวณที่ลงยางเอาไว้ เพื่อเป็นโครงสร้างเสริมแรงของแม่พิมพ์ใช้ลวดสำหรับขุดดินน้ำมันจิ้มผ้ากอซให้แนบกับยางซิลิโคน และรอยยางซิลิโคนแข็งตัว

3.2.2.4 ผสมยางซิลิโคนเพื่อลงยางในชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5 เป็นชั้นสุดท้ายของแม่พิมพ์ด้วยฟู่กันแบน และรอยยางซิลิโคนชั้นสุดท้ายแข็งตัวเต็มที่



ภาพที่ 7.27 ตัดผ้ากอซให้เป็นชั้นสี่เหลี่ยมปูซ้อนกันวางบริเวณที่ลงยางเอาไว้  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

3.2.2.5 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 โดยประมาณ คนปูนปลาสเตอร์กับน้ำผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันใช้แปรงทาให้ทั่วแม่พิมพ์ยางและรอยปูนปลาสเตอร์เริ่มก่อตัว หลังจากปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัวแล้วผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำอีกครั้ง นำเส้นใยมะพร้าวชุบน้ำปูนปลาสเตอร์ปูให้ทั่วบริเวณเพื่อเป็นโครงสร้างเสริมแรงของแม่พิมพ์ครอบ



ภาพที่ 7.28 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำเป็นพิมพ์ครอบแม่พิมพ์ยางซิลิโคน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

3.2.2.6 เมื่อพิมพ์ครอบแข็งตัวเต็มที่แล้ว ให้ใช้ไขควงแบนค่อย ๆ จัดพิมพ์ครอบออกจากแม่พิมพ์ยางซิลิโคน



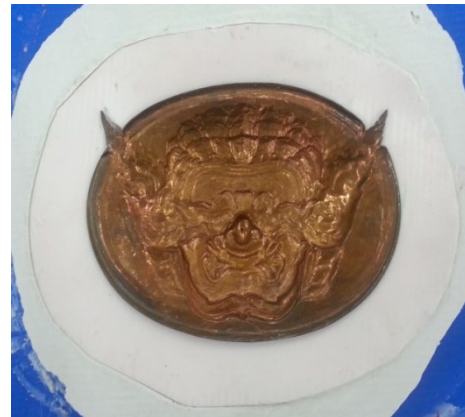
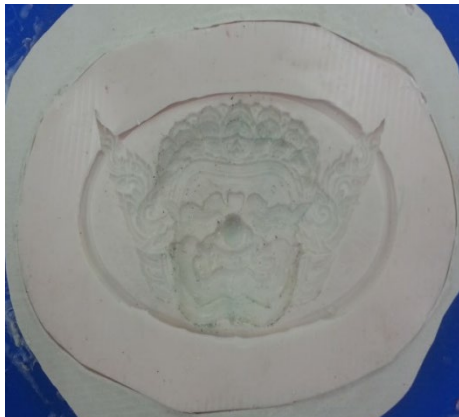
ภาพที่ 7.29 จัดพิมพ์ครอบออกจากแม่พิมพ์ยางซิลิโคน  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

3.2.2.7 ดึงแม่พิมพ์ยางซิลิโคนออกจากรูปต้นแบบเบา ๆ ตกแต่งขอบตะเข็บให้เรียบร้อย หากผิวมีฟองอากาศหรือเกิดรอยตามดเล็ก ๆ ให้ตัดแต่งด้วยกรรไกร แต่ถ้าเป็นฟองอากาศขนาดใหญ่อาจต้องตัดออกแล้วใช้เรซินผสมตัวทำแข็งเททับได้



ภาพที่ 7.30 แกะแม่พิมพ์ยางซิลิโคนออกจากรูปต้นแบบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

3.2.2.8 นำแม่พิมพ์ยางซิลิโคนวางบนแม่พิมพ์กรอบปูนปลาสเตอร์กดพิมพ์ยางให้แนบกับแม่พิมพ์กรอบปูนปลาสเตอร์ ใช้มีดคัตเตอร์ตัดส่วนเกินของปีกแม่พิมพ์ยางออกให้หมดได้แม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบนูนต่ำ และแม่พิมพ์กรอบปูนปลาสเตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 7.31 แม่พิมพ์ยางซิลิโคนและแม่พิมพ์กรอบปูนปลาสเตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

### 3.2.3 ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์นูนต่ำจากยางซิลิโคน

3.2.3.1 ควรใช้ไม้ปลายแหลมหรือเข็มจิ้มตรงส่วนที่เป็นฟองอากาศเพื่อให้ฟองแตก ทำให้ผิวของชิ้นงานเรียบสม่ำเสมอ

3.2.3.2 การผสมเรซินกับตัวทำแข็ง 5% ต้องใช้อัตราส่วนที่คงที่แน่นอน ถ้าใช้ตัวทำแข็งมากไปจะทำให้ยางซิลิโคนแข็งตัวเร็ว ผิวของชิ้นงานจะไม่เรียบ

## 4. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง

ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง มีขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยาก สิ่งสำคัญที่ต้องใช้ในการผลิต คือ แม่พิมพ์ยางและวัสดุอุปกรณ์ เช่น แม่พิมพ์ยางสำหรับผลิตภัณฑ์นูนต่ำและแม่พิมพ์ยางสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นพื้น มีกระบวนการผลิตดังนี้

### 4.1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นูนต่ำจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์นูนต่ำโดยทั่วไปเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับตกแต่งอาคาร สำนักงาน จัดตกแต่งสวน หรือเป็นของที่ระลึก ชิ้นงานแบบเก่า งานประติมากรรม หรือตามสมัยนิยม อาจทำจากโลหะ ปูน พลาสติก แก้ว ไม้ ดิน เรซิน หรือวัสดุอื่น ๆ ผสมกัน ความยากง่ายขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตหรือกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน เช่น การปั้น การแกะสลัก การหล่อ เป็นต้น การทำผลิตภัณฑ์นูนต่ำอย่างง่าย โดยใช้แม่พิมพ์ยางธรรมชาติเป็นที่นิยมสำหรับการขึ้นรูปตัวผลิตภัณฑ์ไม่มีรายละเอียดมากนักที่ขึ้นรูปง่าย และต้นทุนต่ำ ใช้ปูนปลาสเตอร์ผสมทรายละเอียดผสมสีตามความต้องการผลิตได้ดังนี้



ภาพที่ 7.32 แม่พิมพ์ยางธรรมชาติพร้อมแม่พิมพ์ครอบประกอบ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



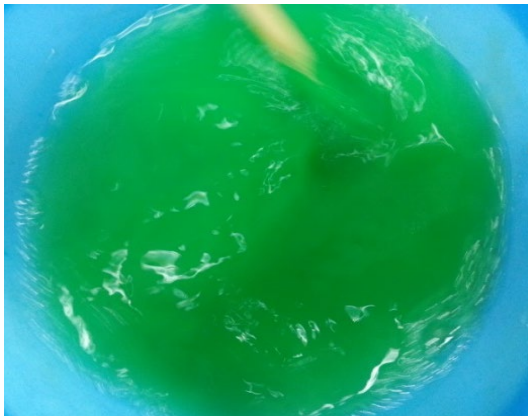
#### 4.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทำผลิตภัณฑ์

- 4.1.1.1 แม่พิมพ์ยางธรรมชาติ
- 4.1.1.2 ปูนปลาสเตอร์และทรายละเอียด
- 4.1.1.3 ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์
- 4.1.1.4 สີฝุ่น

#### 4.1.2 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์

4.1.2.1 เตรียมแม่พิมพ์ยางธรรมชาติพร้อมแม่พิมพ์ครอบประคองแม่พิมพ์ยางไม่ให้เสียรูป ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำหรือเช็ดแม่พิมพ์ผ้าสะอาด

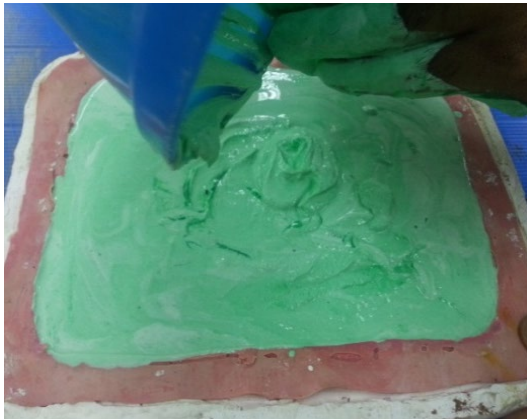
4.1.2.2 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในปริมาณ 1 ต่อ 2 ส่วน เติมสีฝุ่น 5% ผสมและกวนให้เข้ากันจนเป็นของเหลวข้นหนืดคล้ายแป้งเปียก



ภาพที่ 7.33 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำและสีฝุ่น

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

4.1.2.3 เทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์ยางที่เตรียมไว้ ขณะเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์ยางให้ใช้ไม้คนให้ทั่วแม่พิมพ์และเขย่าเบา ๆ เพื่อให้ส่วนผสมสามารถกระจายเข้าถึงทุกส่วนของแม่พิมพ์



ภาพที่ 7.34 เทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์ยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

4.1.2.4 รอจนส่วนผสมแห้งที่อุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 40 นาที แกะชิ้นงาน  
ออกโดยดึงแม่พิมพ์ยางออกจากแม่พิมพ์ครอบประคอง แล้วแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ยาง ได้  
ชิ้นงานตกแต่งส่วนขอบให้เรียบร้อย



ภาพที่ 7.35 แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ยางได้ชิ้นงานสำเร็จ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 4.1.3 ข้อควรระวังในการทำผลิตภัณฑ์

4.1.3.1 แม่พิมพ์ยางธรรมชาติควรใช้แม่พิมพ์ครอบประคองแม่พิมพ์ยางทุกครั้งก่อนที่จะหล่อขึ้นงานเพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวของแม่พิมพ์ยาง

4.1.3.2 การแกะขึ้นงานออกจากแม่พิมพ์ยางต้องค่อยๆแกะขึ้นงานเพื่อป้องกันการแตกหักของขึ้นงาน และการฉีกขาดของแม่พิมพ์

#### 4.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ

การผลิตผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นโดยใช้แม่พิมพ์ยางธรรมชาติเป็นที่นิยมเนื่องจาก ขึ้นรูปง่าย และราคาของแม่พิมพ์ยางค่อนข้างถูก ขึ้นผลิตภัณฑ์ใช้ปูนซีเมนต์ ผสมทรายละเอียด เสริมแรงโดยใช้หินหรือเหล็กผสมสีตามความต้องการ ผลิตได้ดังนี้

##### 4.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทำผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ

4.2.1.1 แม่พิมพ์ยางธรรมชาติสำหรับทำแผ่นพื้น

4.2.1.2 ปูนซีเมนต์และทราย

4.2.1.3 ภาชนะ อุปกรณ์ผสมปูนซีเมนต์

4.2.1.4 สีฝุ่น

4.2.1.5 หินเพิ่มความแข็งแรงกับแผ่นพื้น

##### 4.2.2 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์

4.2.2.1 เตรียมแม่พิมพ์ยางธรรมชาติสำหรับทำแผ่นพื้นวางประคองแม่พิมพ์ยางด้วยทรายหยาบ ป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์ยางบิดเบี้ยวเสียรูป ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำหรือเช็ดด้วยผ้า



ภาพที่ 7.36 แม่พิมพ์ยางธรรมชาติสำหรับทำแผ่นพื้น

ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



4.2.2.2 ผสมปูนซีเมนต์กับทรายและหินในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 คลุกผสมให้เข้ากัน (กรณีต้องการสีให้เติมสีฝุ่นประมาณ 5% และใช้น้ำสะอาดผสมลงไปปริมาณเท่ากันผสมโดยการ คลุกและกวนให้เข้ากันทุกส่วน สังเกตการผสมเข้ากันดีมีลักษณะเป็นของเหลวหนืด



ภาพที่ 7.37 ผสมปูนซีเมนต์ หิน ทราย สีฝุ่น และน้ำ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

4.2.2.3 เมื่อได้ส่วนผสมตามต้องการแล้ว เทลงในแม่พิมพ์อย่างระมัดระวัง ขณะ เทลงในแม่พิมพ์อย่างให้เขย่าเบา ๆ เพื่อให้ส่วนผสมเข้าในแม่พิมพ์อย่างทั่วถึงทุกส่วน



ภาพที่ 7.38 เทลงในแม่พิมพ์ยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 7.39 ใช้เกรียงเหล็กเกลี่ยส่วนผสมให้ทั่วและสม่ำเสมอ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

4.2.2.4 รอจนส่วนผสมแห้งที่อุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง แกะชิ้นงาน  
ออกจากแม่พิมพ์ยาง ได้ชิ้นงานตกแต่งส่วนขอบให้เรียบร้อย



ภาพที่ 7.40 แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ยาง  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557



ภาพที่ 7.41 ผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นสำเร็จ  
ที่มา : สุรศักดิ์ เทพทอง, 2557

#### 4.2.3 ข้อควรระวังในการทำผลิตภัณฑ์

- 4.2.3.1 เพื่อความแข็งแรงของชิ้นงานการผสมปูนซีเมนต์กับทรายต้องศึกษาอัตราส่วนให้รอบคอบและถูกต้อง
- 4.2.3.2 การแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์จะต้องมั่นใจว่าชิ้นงานแห้งสนิทดีเพราะถ้าชิ้นงานยังแห้งไม่สนิทอาจแตกหักได้ขณะแกะออกจากแม่พิมพ์
- 4.2.3.3 การแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ไม่ควรดึงแรง ๆ เพราะอาจทำให้แม่พิมพ์ยวบยาบเสียหายได้ง่าย
- 4.2.3.4 เพื่อป้องกันการติดระหว่างแม่พิมพ์กับชิ้นงานควรทาสลีนหรือชะโลมน้ำให้ทั่วแม่พิมพ์ก่อนเทส่วนผสมลงไป

### 5. ความปลอดภัยและข้อควรระวังในการผลิตแม่พิมพ์ยางและผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง

- 5.1 ในการทำแม่พิมพ์ยางต้องไม่ปล่อยให้แปรงที่ใช้ทาแห้ง หรือปล่อยให้ยางจับแข็งบนแปรง ต้องแช่แปรงไว้ในสารละลายช่วยการเปียกก่อนและหลังการใช้งาน
- 5.2 การอบให้ยางแห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C
- 5.3 การให้น้ำยางลงบนแม่แบบในแต่ละชั้นไม่ควรปล่อยให้ยางแห้งสนิทแล้วทาซ้ำเพราะอาจทำให้ยางแต่ละชั้นติดไม่สนิทแยกชั้นได้
- 5.4 การเติมสารตัวเติมขี้เลื่อยลงในน้ำยางต้องระมัดระวังการจับตัวเป็นก้อนอาจทำให้น้ำยางเสียสภาพได้ง่าย



5.5 ต้องหลีกเลี่ยงการทำให้แม่พิมพ์สัมผัสกับสิ่งที่มีองค์ประกอบของทองแดงหรือโลหะผสมที่มีธาตุทองแดง

5.6 การพองตัวของแม่พิมพ์ด้วยไอน้ำพลาสติกต้องศึกษารูปร่างของแม่พิมพ์เพื่อความสะดวกในการแกะออกและความสม่ำเสมอในการหล่อขึ้นงาน

5.7 ในการทำแม่พิมพ์ยางขณะเทราดน้ำอย่างลงบนชิ้นงานแม่แบบควรใช้ไม้ปลายแหลมหรือเข็มจิ้มตรงส่วนที่เป็นฟองอากาศเพื่อให้ฟองแตกทำให้ผิวของชิ้นงานเรียบสม่ำเสมอ

5.8 การทำแม่พิมพ์จากยางซิลิโคนในการผสมเรซินกับตัวทำแข็ง 5% ต้องมั่นใจในอัตราส่วนผสม ถ้าใช้ตัวทำแข็งมากเกินไปทำให้ยางซิลิโคนแข็งตัวเร็ว ผิวของชิ้นงานอาจไม่เรียบและไม่สวยงาม

5.9 แม่พิมพ์ยางธรรมชาติและแม่พิมพ์ยางซิลิโคนควรใช้ใบครอบประคองแม่พิมพ์ทุกครั้งก่อนที่จะหล่อขึ้นงานเพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวของแม่พิมพ์

5.10 การทำผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยางในขั้นตอนการแกะขึ้นงานออกจากแม่พิมพ์ต้องค่อยๆแกะขึ้นงานเพื่อป้องกันการแตกหักของชิ้นงาน และการฝึกหัดของแม่พิมพ์

## 6. สรุป

การใช้น้ำยางธรรมชาติและน้ำยางซิลิโคนในการทำแม่พิมพ์เพื่อใช้ในงานหล่อ พบว่าน้ำยางทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถทำเป็นแม่พิมพ์ได้ง่าย แม่พิมพ์มีความยืดหยุ่น และแข็งแรง กระบวนการการขึ้นรูปแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติซึ่งใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์แบ่งตามลักษณะของแม่พิมพ์ 3 วิธี คือการขึ้นรูปแม่พิมพ์ยางโดยใช้สูตรเนื้อยางล้วน การขึ้นรูปแม่พิมพ์ยางโดยมีส่วนชั้นนอกแข็ง และการขึ้นรูปแม่พิมพ์ยางโดยมีส่วนเสริมความแข็งแรง วิธีการทำหรือขึ้นรูปโดยใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์เทราดลงบนรูปต้นแบบหรือจุ่มขึ้นงานลงในน้ำยางคอมปาวด์ หลังจากนั้นทำให้ยางคงรูปด้วยความร้อนที่อุณหภูมิห้องหรือด้วยตู้อบลมร้อน ส่วนกระบวนการทำแม่พิมพ์ยางจากยางซิลิโคนใช้ส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือส่วนของน้ำยางซิลิโคนและส่วนของตัวทำแข็ง เมื่อต้องการนำยางซิลิโคนมาใช้งานต้องผสมให้เข้ากันกับตัวทำแข็งในสัดส่วนที่เหมาะสม จากนั้นนำมาใช้โดยการเทราดหรือจุ่มขึ้นงานลงในน้ำยาง การทำผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยางสามารถขึ้นรูปโดยใช้วัสดุได้หลายประเภท เช่น เรซิน ปูนซีเมนต์ และพลาสติก เป็นต้น



## กิจกรรม

### กิจกรรมที่ 7.1

1. ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 7
2. ทำแบบประเมินผลการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 7

### กิจกรรมที่ 7.2

1. ปฏิบัติตามใบงานที่ 7.1 เรื่องการทำแม่พิมพ์ยางรูปลอยตัวขนาดเล็กโดยใช้น้ำยางธรรมชาติสูตรเนื้ออย่างล้น
2. ปฏิบัติตามใบงานที่ 7.2 เรื่องการทำแม่พิมพ์ปูนดำจากยางธรรมชาติ
3. ปฏิบัติตามใบงานที่ 7.3 เรื่องการทำผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ

## แบบฝึกหัด

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. จงบอกข้อดีหรือข้อเสียของแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ มาพอเข้าใจ
2. จงบอกข้อดีหรือข้อเสียของแม่พิมพ์จากยางซิลิโคน มาพอเข้าใจ
3. จงอธิบายวิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางในสูตรน้ำยางล้วนมาพอเข้าใจ
4. จงอธิบายวิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยสูตรแม่พิมพ์ยางมีส่วนชั้นนอกแข็งมาพอเข้าใจ
5. จงบอกวัสดุและอุปกรณ์ในการทำผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติมาพอเข้าใจ

**แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 7 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์ยางและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท) ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

1. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
  - ก. มีความทนทานใช้งานได้นาน
  - ข. มีความยืดหยุ่นและหักงอได้ดี
  - ค. การผลิตแม่พิมพ์ต้องใช้ต้นทุนสูง
  - ง. แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย
2. ข้อดีของแม่พิมพ์ที่ผลิตจากยางซิลิโคน
  - ก. มีความแข็งแรงสูง
  - ข. ทนต่อโอโซนได้ดีมาก
  - ค. ราคาถูกมีความทนทานใช้งานได้นาน
  - ง. มีความแข็งแรงสูงและทนต่อความร้อนได้ดี
3. ข้อใดไม่ใช่วิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรเนื้ออย่างล้น
  - ก. การออกสูตรน้ำยางคอมปาวด์ไม่ใส่สารตัวเติม
  - ข. การออกสูตรน้ำยางใส่สารตัวเติมได้เพื่อเพิ่มความแข็งแรง
  - ค. ใช้แปรงทาบผิวแม่แบบแล้วจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางคอมปาวด์
  - ง. เมื่อได้ความหนาตามความต้องการแล้วอบสุกและแกะออกจากแม่แบบ
4. การทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรเนื้ออย่างล้นมีข้อดีอย่างไร
  - ก. ใช้ต้นทุนต่ำ
  - ข. แม่พิมพ์ยางมีความแข็งแรงสูง
  - ค. แม่พิมพ์ยางขึ้นรูปได้ง่าย
  - ง. แม่พิมพ์ยางยืดหยุ่นและทนต่อแรงดึงดี
5. ข้อใดไม่ใช่วิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรมีส่วนชั้นนอกแข็ง
  - ก. การออกสูตรน้ำยางคอมปาวด์ไม่ใส่สารตัวเติม
  - ข. ออกสูตรน้ำยางใส่สารตัวเติมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงชั้นนอก
  - ค. ใช้แปรงทาบผิวแม่แบบแล้วจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางคอมปาวด์
  - ง. เมื่อได้ความหนาตามความต้องการแล้วอบสุกและแกะออกจากแม่แบบ

6. การทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรมีส่วนชั้นนอกแข็งเพื่ออะไร
  - ก. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีความแข็งแรงมาก
  - ข. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีผิวชั้นในเรียบ
  - ค. ต้องการชิ้นงานที่มีความยืดหยุ่นตลอดชิ้นงาน
  - ง. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีผิวชั้นในเรียบด้านนอกแข็ง
7. ข้อใดไม่ใช่ขั้นตอนวิธีการทำแม่พิมพ์ยางที่มีส่วนเสริมความแข็งแรง
  - ก. ใช้สูตรน้ำยางผสมซีลี้อย่างต่ำสองชั้นที่สอง
  - ข. ใช้สูตรเนื้อยางล้นทาเคลือบแม่แบบชั้นแรกก่อน
  - ค. หล่อปูนปลาสเตอร์หุ้มแม่แบบที่มีแม่พิมพ์ยางอยู่เพื่อเสริมความแข็งแรง
  - ง. ใช้สูตรน้ำยางผสมซีลี้อยู่หรือสารตัวเติมอื่นเริ่มทาชั้นแรกเสริมความแข็งแรง
8. ในการทำแม่พิมพ์ยางข้อควรปฏิบัติใดมีความสำคัญน้อยที่สุด
  - ก. การอบให้ยางแห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C
  - ข. ไม่ปล่อยให้แปร่งที่ใช้ทาแม่แบบแห้งหรือยางแข็งตัว
  - ค. ใช้น้ำยางคงรูปในการทำต้องอบแม่พิมพ์ยางซ้ำอีก
  - ง. หลีกเลี่ยงแม่พิมพ์ยางสัมผัสกับโลหะผสมทองแดง
9. ต้นแบบสำหรับทำแม่พิมพ์ยางข้อใดไม่นิยมใช้
  - ก. แก้ว
  - ข. พลาสติก
  - ค. ปูนปลาสเตอร์
  - ง. โลหะผสมทองแดง
10. สารเคมีใดจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ในสูตรน้ำยางสำหรับผลิตแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
  - ก. สารให้สี
  - ข. สารตัวเร่ง
  - ค. สารตัวเติม
  - ง. สารวัลคาไนซ์
11. ข้อเสียหรือข้อจำกัดของการทำแม่พิมพ์ยางจากน้ำยางคงรูป
  - ก. การหล่อชิ้นงานทำได้ยุ่งยาก
  - ข. ยางแนบกับสวดลายที่เป็นร่องได้ดี
  - ค. ชิ้นงานจะหดตัวเมื่อลอกออกจากแม่แบบ
  - ง. น้ำยางจับตัวช้าไม่เหมาะสมกับการทำแม่พิมพ์

12. ข้อเสียของแม่พิมพ์ยางจากยางธรรมชาติ
- ก. ไม่เหมาะในการใช้งานที่อุณหภูมิห้อง
  - ข. อายุการใช้งานของแม่พิมพ์สั้นทำให้ต้นทุนสูง
  - ค. การหล่อขึ้นงานทำให้เกิดรอยตะเข็บตกแต่งได้ยาก
  - ง. การทิ้งแม่พิมพ์ไว้นาน ๆ อาจทำให้แม่พิมพ์เสียรูปทรงได้
13. การผสมยางซิลิโคนกับตัวทำให้แข็งมีเทคนิคการผสมอย่างไร
- ก. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งในอัตราส่วนเท่ากัน
  - ข. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งโดยใช้ตัวทำแข็งมากกว่า
  - ค. เทตัวทำแข็งปริมาณเล็กน้อยลงในยางซิลิโคนพร้อมกวนให้เข้ากัน
  - ง. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งโดยเทยางซิลิโคนลงในส่วนของตัวทำแข็ง
14. การผลิตแม่พิมพ์ปูนดำจากยางซิลิโคนเหตุใดจึงต้องจึงต้องใช้ใยแก้วทาบในรอบสุดท้าย
- ก. เพื่อต้องการเสริมโมดูลัส
  - ข. เพื่อต้องการความยืดหยุ่น
  - ค. เพื่อต้องการเพิ่มความแข็ง
  - ง. เพื่อเสริมแรงและเพิ่มความแข็ง
15. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากวัสดุใดไม่สามารถทำได้ดี กรณีใช้แม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
- ก. ปูนซีเมนต์
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ยางสังเคราะห์
  - ง. ปูนปลาสเตอร์
16. การทำความสะอาดแม่พิมพ์ยางธรรมชาติหลังใช้งานแล้ววิธีใดเหมาะสมที่สุด
- ก. ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วเป่าลมให้แห้ง
  - ข. ล้างด้วยน้ำมันสนแล้วปล่อยให้แห้ง
  - ค. ล้างด้วยทินเนอร์แล้วปล่อยให้แห้ง
  - ง. ล้างด้วยฟลูอออินแล้วปล่อยให้แห้ง

**แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้**  
**หน่วยที่ 7 เรื่อง การผลิตแม่พิมพ์ยางและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ยาง**  
**(ใช้เวลาสอบ 10 นาที)**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย x (กากบาท) ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

1. ข้อใดไม่ใช่วิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรเนื้ออย่างล้น  
ก. การออกสูตรน้ำยางคอมปาวด์ไม่ใส่สารตัวเติม  
ข. การออกสูตรน้ำยางใส่สารตัวเติมได้เพื่อเพิ่มความแข็ง  
ค. ใช้แปรงทาบนผิวแม่แบบแล้วจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางคอมปาวด์  
ง. เมื่อได้ความหนาตามความต้องการแล้วอบสุกและแกะออกจากแม่แบบ
2. การทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรเนื้ออย่างล้นมีข้อดีอย่างไร  
ก. ใช้ต้นทุนต่ำ  
ข. แม่พิมพ์ยางมีความแข็งแรงสูง  
ค. แม่พิมพ์ยางขึ้นรูปได้ง่าย  
ง. แม่พิมพ์ยางยืดหยุ่นและทนต่อแรงดึงดี
3. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ  
ก. มีความทนทานใช้งานได้นาน  
ข. มีความยืดหยุ่นและหักงอได้ดี  
ค. การผลิตแม่พิมพ์ต้องใช้ต้นทุนสูง  
ง. แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย
4. ข้อดีของแม่พิมพ์ที่ผลิตจากยางซิลิโคน  
ก. มีความแข็งแรงสูง  
ข. ทนต่อโอโซนได้ดีมาก  
ค. ราคาถูกมีความทนทานใช้งานได้นาน  
ง. มีความแข็งแรงสูงและทนต่อความร้อนได้ดี
5. ข้อใดไม่ใช่วิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรมีส่วนชั้นนอกแข็ง  
ก. การออกสูตรน้ำยางคอมปาวด์ไม่ใส่สารตัวเติม  
ข. ออกสูตรน้ำยางใส่สารตัวเติมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงชั้นนอก  
ค. ใช้แปรงทาบนผิวแม่แบบแล้วจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางคอมปาวด์  
ง. เมื่อได้ความหนาตามความต้องการแล้วอบสุกและแกะออกจากแม่แบบ

6. ข้อใดไม่ใช่ขั้นตอนวิธีการทำแม่พิมพ์ยางที่มีส่วนเสริมความแข็งแรง
  - ก. ใช้สูตรน้ำยางผสมซีลี้อย่างต่ำขั้นที่สอง
  - ข. ใช้สูตรเนื้อยางล้นทาเคลือบแม่แบบชั้นแรกก่อน
  - ค. หล่อปูนปลาสเตอร์หุ้มแม่แบบที่มีแม่พิมพ์ยางอยู่เพื่อเสริมความแข็งแรง
  - ง. ใช้สูตรน้ำยางผสมซีลี้อยหรือสารตัวเติมอื่นเริ่มทำขั้นแรกเสริมความแข็งแรง
7. การทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรมีส่วนชั้นนอกแข็งเพื่ออะไร
  - ก. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีความแข็งแรงมาก
  - ข. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีผิวชั้นในเรียบ
  - ค. ต้องการชิ้นงานที่มีความยืดหยุ่นตลอดชิ้นงาน
  - ง. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีผิวชั้นในเรียบด้านนอกแข็ง
8. ในการทำแม่พิมพ์ยางข้อควรปฏิบัติใดมีความสำคัญน้อยที่สุด
  - ก. การอบให้ยางแห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C
  - ข. ไม่ปล่อยให้แปรงที่ใช้ทาแม่แบบแห้งหรือยางแข็งตัว
  - ค. ใช้น้ำยางคงรูปในการทำต้องอบแม่พิมพ์ยางซ้ำอีก
  - ง. หลีกเลี่ยงแม่พิมพ์ยางสัมผัสกับโลหะผสมทองแดง
9. ต้นแบบสำหรับทำแม่พิมพ์ยางข้อใดไม่นิยมใช้
  - ก. แก้ว
  - ข. พลาสติก
  - ค. ปูนปลาสเตอร์
  - ง. โลหะผสมทองแดง
10. สารเคมีใดจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ในสูตรน้ำยางสำหรับผลิตแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
  - ก. สารให้สี
  - ข. สารตัวเร่ง
  - ค. สารตัวเติม
  - ง. สารวัลคาไนซ์
11. ข้อเสียหรือข้อจำกัดของการทำแม่พิมพ์ยางจากน้ำยางคงรูป
  - ก. การหล่อชิ้นงานทำได้ยุ่งยาก
  - ข. ยางแนบกับสวดลายที่เป็นร่องได้ดี
  - ค. ชิ้นงานจะหดตัวเมื่อลอกออกจากแม่แบบ
  - ง. น้ำยางจับตัวช้าไม่เหมาะสมกับการทำแม่พิมพ์



12. การผสมยางซิลิโคนกับตัวทำให้แข็งมีเทคนิคการผสมอย่างไร
- ก. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งในอัตราส่วนเท่ากัน
  - ข. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งโดยใช้ตัวทำแข็งมากกว่า
  - ค. เทตัวทำแข็งปริมาณเล็กน้อยลงในยางซิลิโคนพร้อมกวนให้เข้ากัน
  - ง. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งโดยเทยางซิลิโคนลงในส่วนของตัวทำแข็ง
13. ข้อเสียของแม่พิมพ์ยางจากยางธรรมชาติ
- ก. ไม่เหมาะในการใช้งานที่อุณหภูมิห้อง
  - ข. อายุการใช้งานของแม่พิมพ์สั้นทำให้ต้นทุนสูง
  - ค. การหล่อขึ้นงานทำให้เกิดรอยตะเข็บตกแต่งได้ยาก
  - ง. การทิ้งแม่พิมพ์ไว้นาน ๆ อาจทำให้แม่พิมพ์เสียรูปทรงได้
14. การผลิตแม่พิมพ์ปูนดำจากยางซิลิโคนเหตุใดจึงต้องใช้ใยแก้วทับในรอบสุดท้าย
- ก. เพื่อต้องการเสริมโมดูลัส
  - ข. เพื่อต้องการความยืดหยุ่น
  - ค. เพื่อต้องการเพิ่มความแข็ง
  - ง. เพื่อเสริมแรงและเพิ่มความแข็ง
15. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากวัสดุใดไม่สามารถทำได้ดี กรณีใช้แม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
- ก. ปูนซีเมนต์
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ยางสังเคราะห์
  - ง. ปูนปลาสเตอร์
16. การทำความสะอาดแม่พิมพ์ยางธรรมชาติหลังใช้งานแล้ววิธีใดเหมาะสมที่สุด
- ก. ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วเป่าลมให้แห้ง
  - ข. ล้างด้วยน้ำมันสนแล้วปล่อยให้แห้ง
  - ค. ล้างด้วยทินเนอร์แล้วปล่อยให้แห้ง
  - ง. ล้างด้วยทูลูอินแล้วปล่อยให้แห้ง

|                                                                                          |                                    |                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|         | ใบงานที่ 7.1                       | หน่วยที่ 7                                   |
|                                                                                          | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| <b>ชื่องาน</b> การทำแม่พิมพ์ยางรูปลอยตัวขนาดเล็กโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ<br>สูตรเนื้อยางล้วน |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักศึกษาสามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์ยางรูปลอยตัวขนาดเล็กโดยใช้น้ำยางธรรมชาติสูตรเนื้อยางล้วน
2. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. เขียนสูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับทำแม่พิมพ์ยางแบบเนื้อยางล้วนได้
2. บอกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำแม่พิมพ์ยางแบบเนื้อยางล้วนได้
3. เลือกสารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำยางคอมปาวด์สำหรับทำแม่พิมพ์ยางแบบเนื้อยางล้วนได้
4. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปในการทำแม่พิมพ์ยางแบบเนื้อยางล้วนได้
5. ปฏิบัติการทำแม่พิมพ์ยางแบบเนื้อยางล้วนได้
6. สามารถหล่อชิ้นงานจากแม่พิมพ์ยางแบบเนื้อยางล้วนได้
7. สามารถทำการปฏิบัติงานได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. รูปต้นแบบรูปลอยตัวจากปูนปลาสเตอร์
2. ปูนปลาสเตอร์
3. ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์
4. แปรงขนกระต่าย
5. ตู้อบลมร้อน
6. เส้นลวดและแผ่นไม้กระดานหรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด

## สารเคมี

1. น้ำยางคอมปาวด์สูตรเนื้อยางล้วน



ภาพที่ 7.1.1 แม่พิมพ์ยางรูปลอยตัวจากน้ำยางธรรมชาติสูตรเนื้อยางล้วน

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

### ตารางที่ 7.1.1 สูตรน้ำยางคอมปาวด์

| สารเคมี              | ส่วนโดยน้ำหนัก |       |
|----------------------|----------------|-------|
|                      | แห้ง           | เปียก |
| 60% น้ำยางชั้น       | 100            | 167   |
| 50% สารทำน้ำยางคงรูป | 3              | 6     |
| รวม                  | 103            | 173   |

1. กรองน้ำยางคอมปาวด์ที่เตรียมไว้ลงในภาชนะใส่น้ำยางที่สะอาดและใช้ไม้กวนน้ำยางเบาๆเพื่อไล่ฟองอากาศ และค่อยๆตักฟองอากาศออกจากผิวของน้ำยาง
2. นำรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ ยึดส่วนฐานด้านล่างติดกับแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ตรงแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดเจาะรูร้อยด้วยเส้นลวดสำหรับจับในกระบวนการจุ่มขึ้นงาน
3. จุ่มแบบปูนปลาสเตอร์ลงในน้ำยางคอมปาวด์ อาจใช้วิธีจุ่มแช่ครั้งเดียวเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง แล้วยกออกหรือวิธีการจุ่มแบบลงในน้ำยางในเวลาสั้นประมาณ 4-5 นาที แล้วยกออกและจุ่มซ้ำแบบเดียวกันหลายๆครั้งจนได้ความหนาตามต้องการ

4. เมื่อจุ่มแบบปูนปลาสเตอร์ได้ความหนาตามต้องการแล้ว นำชิ้นงานเข้าอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C ใช้เวลา 30 นาที และอบคงรูปที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้เวลาประมาณ 10 นาที
5. ได้ชิ้นงานหรือแม่พิมพ์ยางที่สุกสมบูรณ์ดีแล้ว ดึงแม่พิมพ์ยางออกจากแม่แบบปูนปลาสเตอร์
6. นำแม่พิมพ์ยางไปหล่อปูนปลาสเตอร์ได้เป็นผลิตภัณฑ์จากปูนปลาสเตอร์ ตกแต่งชิ้นงานที่ได้ให้เรียบร้อย
7. ต้องไม่ปล่อยให้แห้งที่ใช้ทาแม่แบบแห้ง หรือปล่อยให้ยางจับแข็งบนแปรง ต้องแช่แปรงไว้ในสารละลาย ช่วยการเปียกก่อนและหลังการใช้งาน และให้ล้างแปรงด้วยน้ำ
8. การอบให้ยางแห้งควรใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 65 °C เพื่อป้องกันยางไม่เนบแม่แบบ

#### ข้อเสนอแนะ

- การทาน้ำยางลงบนแม่แบบในแต่ละชั้นไม่ควรปล่อยให้ยางแห้งสนิทแล้วทาล้ำ เพราะอาจทำให้ยางแต่ละชั้นติดไม่สนิทแยกชั้นได้

#### ประโยชน์

- แม่พิมพ์จากยางธรรมชาติสามารถทำได้ง่าย อายุการใช้งานนาน มีความคงทน ใช้หล่อเป็นผลิตภัณฑ์ได้เป็นจำนวนมาก

|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 7.2                       | หน่วยที่ 7                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การทำแม่พิมพ์ปูนดำจากยางธรรมชาติ                                          |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทำแม่พิมพ์ปูนดำโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ
2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. เขียนสูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับทำแม่พิมพ์ปูนดำจากยางธรรมชาติได้
2. บอกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำแม่พิมพ์ปูนดำจากยางธรรมชาติได้
3. เลือกสารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำยางคอมปาวด์สำหรับทำแม่พิมพ์ปูนดำจากยางธรรมชาติได้
4. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปในการทำแม่พิมพ์ปูนดำจากยางธรรมชาติได้
5. ปฏิบัติการทำแม่พิมพ์ปูนดำจากยางธรรมชาติได้
6. สามารถทำการปฏิบัติงานได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. ปูนปลาสเตอร์
2. ผ้ายกอหรือเส้นใยมะพร้าวใช้สำหรับเสริมแรง
3. รูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์หรือรูปต้นแบบจากหินทราย
4. ภาชนะใส่น้ำยางคอมปาวด์
5. ภาชนะผสมปูนปลาสเตอร์
7. แปรงขนกระต่ายหรือแปรงขนอ่อน
8. มีดคัดเตอร์
9. ไม้ปลายแหลมสำหรับตักแตงน้ำยางที่เป็นฟอง
10. ใบพายสแตนเลสหรือใบพายพลาสติก

## สารเคมี

1. น้ำยางคอมปาวด์ สำหรับทำแม่พิมพ์ยาง



ภาพที่ 7.2.1 แม่พิมพ์นูนต่ำจากน้ำยางธรรมชาติ

## ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

### ตารางที่ 7.2.1 สูตรการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์

| สารเคมี                   | ปริมาณสาร (กรัม) |
|---------------------------|------------------|
| 60% น้ำยางข้น             | 167              |
| 10% โพลีเอทิลีนไฮดรอกไซด์ | 3                |
| 50% กำมะถัน               | 3                |
| 50% แซตติวี่ซี            | 2                |
| 50% วิงสเตแอล             | 2                |
| 50% ซิงค์ออกไซด์          | 5                |
| รวม                       | 182              |

1. กรองน้ำยางคอมปาวด์ที่เตรียมไว้ลงในภาชนะใส่น้ำยางที่สะอาดและใช้ไม้กวนน้ำยางเบา ๆ เพื่อไล่ฟองอากาศ และค่อยๆ ตักฟองอากาศออกจากผิวของน้ำยาง
2. เตรียมรูปต้นแบบหินทรายประกบติดบนแผ่นไม้กระดานเรียบร้อย แล้วใช้สารช่วยในการจับตัวแคลเซียมไนเตรดทำให้ตัวรูปต้นแบบ

3. ทาน้ำยางคอมปาวด์ด้วยแปรงบางๆ ให้ทั่วรูปต้นแบบและบริเวณรอบ ๆ กว้างประมาณ 1 นิ้วขึ้นไป เพื่อผิวไม้เป็นขอบสำหรับจับยึดและสะดวกในการแกะแม่พิมพ์ออกจากแม่แบบ กรณีมีฟองอากาศให้ใช้ไม้ปลายแหลมจิ้มฟองอากาศจนหมด
4. เมื่อน้ำยางคอมปาวด์ชั้นแรกแห้งแล้วให้ทาต่ออีก 2 ชั้น และจี้ไล่ฟองอากาศ เมื่อน้ำยางหมาดให้ทาน้ำยางไปเรื่อย ๆ จนได้ความหนาตามต้องการ
5. เมื่อทาน้ำยางมีความหนาจนไม่สามารถมองเห็นผิวของชิ้นงานต้นแบบได้แล้ว ให้ปูผ้ากอซให้ทั่วผิวยาง 1 ชั้นรวมถึงบริเวณรอบรูปต้นแบบที่ทายางไว้แล้วด้วยเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับแม่พิมพ์ยาง
6. ทาน้ำยางไปเรื่อย ๆ จนยางมีความหนาน้อยกว่า 1/8 นิ้ว หรือมองไม่เห็นชิ้นงานต้นแบบภายในจึงจะใช้ได้และปล่อยเบ้าพิมพ์ยางไว้นานอย่างน้อย 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จึงจะนำมาทำพิมพ์ครอบด้วยปูนปลาสเตอร์
7. ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในปริมาณ 2 ต่อ 1 คน ปูนปลาสเตอร์กับน้ำผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันใช้แปรงทาให้ทั่วแม่พิมพ์ยางและรอจนปูนปลาสเตอร์เริ่มก่อตัว
8. หลังจากปูนปลาสเตอร์เริ่มเซตตัวแล้วผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำอีกครั้ง นำเส้นใยมะพร้าวชุบน้ำปูนปลาสเตอร์ปูให้ทั่วบริเวณเพื่อเป็นโครงสร้างเสริมแรงของพิมพ์ครอบ
9. ใช้ใบพายพลาสติกหรือใช้มือป้ายเกลี่ยปูนปลาสเตอร์ให้ทั่ว ๆ บริเวณที่ปูเส้นใยมะพร้าวจนกว่าจะได้รับความหนาของพิมพ์ครอบตามที่ต้องการ
10. แกะแม่พิมพ์ครอบที่แห้งสนิทแล้วออกจากแม่พิมพ์ยาง นำมาตกแต่งให้เรียบร้อย

#### ข้อเสนอแนะ

- การผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำควรกำหนดสัดส่วนที่แน่นอนในครั้งเดียวจนผสมเสร็จไม่ควรเติมปูนปลาสเตอร์หรือน้ำเพิ่มเติมในขณะที่ปูนปลาสเตอร์บางส่วนเกิดการเซตตัวไปแล้ว

#### ประโยชน์

- แม่พิมพ์ปูนต่ำจากยางธรรมชาติสามารถทำได้ง่าย ใช้หล่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ดี อายุการใช้งานยาวนาน มีความคงทนและราคาถูก



|                                                                                   |                                    |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|  | ใบงานที่ 7.3                       | หน่วยที่ 7                                   |
|                                                                                   | วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2 (3122-2103) | <input type="checkbox"/> ผู้สอน              |
| ชื่องาน การทำผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติ                              |                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ผู้เรียน |

### จุดประสงค์ของใบงาน

#### จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทำแผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติได้
2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้หลักความมีเหตุผล ความพอประมาณ และหลักความมีภูมิคุ้มกันในการปฏิบัติงาน

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษา

1. อธิบายอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำได้
2. บอกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำแผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนพร้อมรูปในการทำแผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติได้
4. ปฏิบัติการทำแผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติได้
5. สามารถทำการปฏิบัติงานได้ด้วยความปลอดภัย

#### เครื่องมือ/วัสดุ-อุปกรณ์

1. แม่พิมพ์ยางธรรมชาติสำหรับทำแผ่นพื้น
2. ปูนซีเมนต์และทราย
3. ภาชนะ อุปกรณ์ผสมปูนซีเมนต์
4. สີฟูน
5. เหล็กขนาด 2 หุน ผูกถักเพิ่มความแข็งแรงกับแผ่นพื้น



ภาพที่ 7.3.1 แผ่นพื้นจากการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ยาง

### ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมแม่พิมพ์ยางธรรมชาติสำหรับทำแผ่นพื้นวางระบองแม่พิมพ์ยางด้วยทรายหยาบ ป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์ยางบิดเบี้ยวเสียรูป
2. ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำหรือเช็ดแม่พิมพ์ด้วยผ้าสะอาด
3. ผสมปูนซีเมนต์กับทรายในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 คลุกผสมให้เข้ากัน (กรณีต้องการสีให้เติมสีฝุ่นประมาณ 5% และใช้น้ำสะอาดผสมลงไปปริมาณเท่ากันผสมโดยการคลุกและกวนให้เข้ากันทุกส่วน สังเกตการเข้ากันเป็นของเหลวหนืด
4. เมื่อได้ส่วนผสมตามต้องการแล้ว เทลงในแม่พิมพ์ยางอย่างระมัดระวัง ขณะเทลงในแม่พิมพ์ยางให้เขย่าเบา ๆ เพื่อให้ส่วนผสมเข้าทั่วถึงทุกส่วนในแม่พิมพ์
5. ใช้เหล็ก 2 หน้าที่เตรียมไว้วางบนส่วนผสมให้ความห่างประมาณ 2 นิ้วต่อเส้น และวางสลับซ้อนกัน จากนั้นกดโครงเหล็กให้จมลงในส่วนผสมประมาณครึ่งของความหนาเพื่อเสริมแรง
6. รอจนส่วนผสมแห้งที่อุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ยาง ได้ชิ้นงานตกแต่งส่วนขอบให้เรียบร้อย

### ข้อเสนอแนะ

- เพื่อความแข็งแรงของชิ้นงานการผสมปูนซีเมนต์กับทรายต้องศึกษาอัตราส่วนให้รอบคอบและถูกต้อง

### ประโยชน์

- แผ่นพื้นที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติทำการขึ้นรูปได้ง่าย และแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายเนื่องจากยางมีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี จึงทำให้แผ่นพื้นที่ได้มีคุณภาพไม่แตกหักสามารถนำไปใช้งานได้ตามความต้องการ เช่น ตกแต่งบ้านและสวน เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม นิธิอุทัย . **ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง**. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2532.
- วราภรณ์ ขจรไชยกูล. **ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ**. ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาง สถาบันวิจัย  
ยาง กรมวิชาการเกษตร, 2537.
- \_\_\_\_\_. **ยางธรรมชาติการผลิตและการใช้งาน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.). ห้าง  
หุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์, 2549.
- \_\_\_\_\_. **เทคโนโลยีน้ำยาง**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.), 2555.
- สุวิทย์ วิทยาจักร . **การสร้างสรรค์แม่พิมพ์เพื่องานหล่อ**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทวาดศิลป์ จำกัด,  
2550.

## บรรณานุกรม

- กระบวนการผลิตปูนปลาสเตอร์. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://elearning.nsruc.ac.th>, 10 สิงหาคม 2556.
- การเตรียมสารเคมีผสมน้ำยาง. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.south.nfe.go.th>, 8 มกราคม 2556.
- กรมอาชีวศึกษา. **ผลิตภัณฑ์น้ำยาง 1**. คู่มือการจัดการเรียนการสอน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, 2546.
- \_\_\_\_\_. **เทคโนโลยีน้ำยาง**. คู่มือการจัดการเรียนการสอน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, 2546.
- \_\_\_\_\_. **ยางธรรมชาติ**. คู่มือการจัดการเรียนการสอน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, 2546.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. **ความรู้สิ่งเป็นพิษ ตอนที่ 14** : กระทรวงสาธารณสุข, 2543. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://webdb.dmsc.moph.go.th>, 10 มกราคม 2556.
- ชั้นทอง สุนทรภา. **ความปลอดภัยในกระบวนการเคมี**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.
- นุชนาฏ ณ ระนอง. **น้ำยางพรีวัลคาไนซ์มาทดลองผลิตถุงมือยางทางการแพทย์**. 2546 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://naist.cpe.ku.ac.th>, 10 สิงหาคม 2556.
- บุญธรรม นิธิอุทัย. **ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง**. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2532.
- \_\_\_\_\_. **เทคโนโลยีน้ำยางขั้น**. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2535.
- วรารณ ขจรไชยกูล. **เทคโนโลยีน้ำยาง**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2555.
- \_\_\_\_\_. **วิธีการทดสอบน้ำยางขั้น**, เอกสารวิชาการเลขที่ 2/2554, สถาบันการวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2554.
- \_\_\_\_\_. **ยางธรรมชาติการผลิตและการใช้งาน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2549.
- วสันต์ ขวาลอด. **ศึกษาสมบัติของยางผสมสารเคมีหลังการเก็บบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่มีสารตัวเร่งและสารตัวเติมต่าง ๆ กัน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.sat.psu.ac.th/polymer2008>, 5 มกราคม 2556.

- วิริยะ ทองเรือง. มมป. การพัฒนากระบวนการผลิตโฟมยางธรรมชาติ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : [www.mof.or.th.../abstract\\_rubber foam.txt.doc](http://www.mof.or.th.../abstract_rubber foam.txt.doc), 25 พฤศจิกายน 2555.
- วิชัย ปราสาททอง. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://webdb.dmsc.moph.go.th>, 5 มกราคม 2555.
- สุวิทย์ วิทยาจักร. การสร้างสรรค์แม่พิมพ์เพื่องานหล่อ. กรุงเทพมหานคร: บริษัทวาดศิลป์ จำกัด, 2550.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. การผลิตยางธรรมชาติ. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2547.
- อภิญา ชูคง. ศึกษาผลของการบ่มเร่งน้ำยางต่อการวัลคาไนซ์ของยาง. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://www.sat.psu.ac.th/polymer> 2008, 18 มกราคม 2556.
- อันตรายคลอโรฟอร์ม. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://board.212cafe.com/view>, 18 มกราคม 2556.
- [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://lolaytoon.exteen.com>, 18 มกราคม 2556.
- [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://maket.onlineoops.com>, 18 มกราคม 2556.
- [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://br.ac.th/cai>, 8 มกราคม 2556.
- Global Handbook and Directory on NR&SR Lattices. **Pre-vulcanized latex concentrated.** Rubber Asia Publication, 2006.
- K. Makuuchi. **An Introduction to Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex Introduction.** T.R.I.Global. Thailand, 2003.
- Madge, E.W., **Latex Foam Rubber**, Maclaren & Sons Ltd., 1962.

ภาคผนวก ก

เฉลยแบบฝึกหัด



## แนวการตอบแบบฝึกหัดหน่วยที่ 1

### 1. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า และกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหย มีหลักการผลิตที่แตกต่างกันอย่างไรบ้าง

ตอบ มีความแตกต่างในเรื่องกระบวนการผลิต คือ การผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหย ผลิตโดยการระเหยนํ้าออกจากนํ้ายางภายในถังหรือภาชนะที่หมุนได้รอบแกนตามแนวแกนหรือถึงถูกให้ความร้อนรอบ ๆ ถึง ส่วนการผลิตน้ำยางชั้น วิธีการแยกด้วยไฟฟ้าจะอาศัยประจุไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการแยกส่วนของเนื้อมะยางจากส่วนของเซรุ่มได้ โดยวิธีการจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวก (anode) ลงในนํ้ายางที่ได้เติมสารเคมีไว้แล้ว ทำให้นํ้ายางคงตัวโดยทำให้อนุภาคยางค่อย ๆ เคลื่อนไปรวมอยู่ทางขั้วบวกและลอยตัวสูงขึ้นสู่ผิวหน้าของนํ้ายางในที่สุด

### 2. ในการผลิตน้ำยางชั้นเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานสากลต้องมีการควบคุมหรือทดสอบหาค่าใดบ้างเพื่อเป็นที่ยอมรับ

ตอบ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเนื้อมะยางแห้ง ปริมาณสารของแข็งที่ไม่ใช่ยาง ความเป็นต่าง ความเสถียรต่อแรงกล ปริมาณของนํ้ายางจับตัว ปริมาณธาตุทองแดง จำนวนกรดไขมัน ระเหยได้ จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และสี เป็นต้น

### 3. จงอธิบายความหมายและสมบัติของน้ำยางชั้น

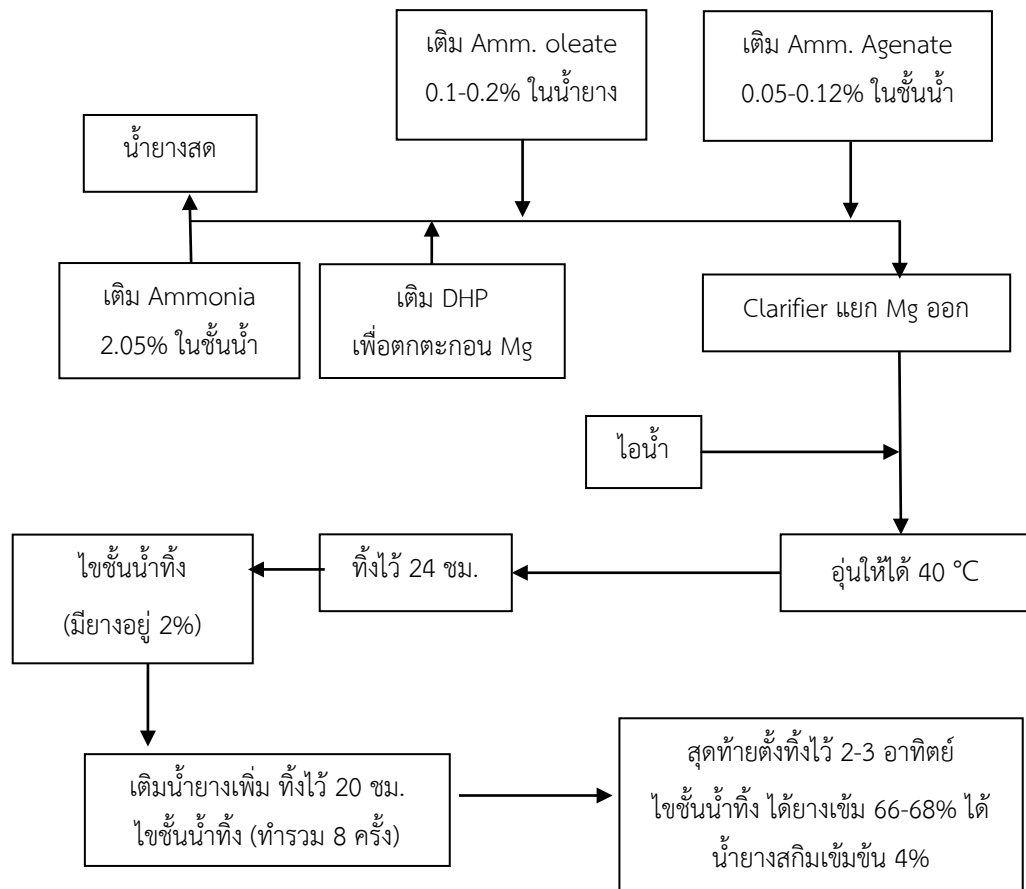
ตอบ นํ้ายางชั้น หมายถึง นํ้ายางที่ได้มีการควบคุมเปอร์เซ็นต์ของเนื้อมะยาง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความเป็นต่าง ความเสถียรต่อแรงกล ปริมาณของนํ้ายางจับตัว ปริมาณธาตุทองแดง จำนวนกรดไขมันระเหยได้ จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และสี เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานกำหนด มีการเติมสารเคมีเพื่อการเก็บรักษาสภาพ

### 4. ปริมาณของแข็งทั้งหมดในนํ้ายางหมายถึง

ตอบ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เป็นของแข็งทั้งหมด (ยางและสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ยาง ซึ่งมีอยู่ในนํ้ายาง) ได้กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 61.5 สำหรับนํ้ายางเซนตริฟิวจ์ นั่นคือ จะสูงเกินกว่านี้เท่าใดก็ได้

### 5. จงเขียนผังกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีคริมมิง

ตอบ



## แนวการตอบแบบฝึกหัดหน่วยที่ 2

### 1. จงอธิบายเหตุผลในการเตรียมดิสเพิสชั่น สารละลาย และอิมัลชัน

- ตอบ
1. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็ก จะได้กระจายตัวในน้ำยางได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่ตกตะกอน หรือแยกชั้นได้ง่าย
  2. ในทางทฤษฎี ขนาดอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดน่าจะเป็นพอ ๆ กับขนาดอนุภาคของน้ำยาง (ขนาดอนุภาคของน้ำยาง ประมาณ 1.2 ไมครอน)
  3. ในทางปฏิบัติ ขนาดอนุภาคสารเคมีที่ใช้ ควรจะต่ำกว่า 5 ไมครอน
  4. หลักสำคัญของการใส่สารเคมีลงไปในน้ำยาง
    - 4.1 สารที่จะใส่เข้าไป จะต้องเข้ากันได้กับตัวกลางของน้ำยาง คือ น้ำ
    - 4.2 สารเคมีต้องมี pH เหมือนกับน้ำยาง
    - 4.3 สารเคมีควรมี Stabiliser เช่นเดียวกับกับน้ำยาง

## 2. จงอธิบายความหมายของดิสเพิซชัน สารละลาย และอิมัลชัน

- ตอบ 1. Dispersion คือ การเตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำ ทำให้กระจายในน้ำ
2. Emulsion คือ การเตรียมสารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลว ลักษณะเหมือนน้ำมัน ทำให้กระจายตัวในน้ำ
3. Solution คือ การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้

## 3. จงอธิบายหลักการของเครื่องบอลมิลล์ อັชทรีมิลล์ อัลตราโซนิคมิลล์ และคอลลอยด์มิลล์

- ตอบ 1. บอลมิลล์ ประกอบด้วย ถังกลมทรงกระบอก วางในแนวนอนภายในบรรจุลูกหิน หรือ ลูกเซรามิกกลมกับน้ำและสารเคมีที่จะบด การบดของบอลมิลล์เกิดจากการหมุนของ หม้อบดตามแกนแนวนอนนั้น การหมุนจะทำให้ลูกหินตกกระแทกกัน ทำให้สารเคมีที่อยู่ ระหว่างลูกหินถูกกระแทกให้ละเอียดลงไปได้
2. อັชทรีมิลล์ ของผสมระหว่างสารเคมี น้ำ และสารที่เป็นตัวบด จะถูกกวนอย่างแรงด้วย แกนใบพัดพร้อมกัน จะมีการสูบของผสมให้ไหลวน เพื่อช่วยการบดให้รวดเร็วยิ่งขึ้น
3. อัลตราโซนิคมิลล์ เป็นเครื่องมือที่ใช้บดสาร โดยการที่ส่งสารที่จะบดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงผ่านใบมีดโลหะไร้สนิม แผ่นใบมีดโลหะนั้น จะเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงความถี่จะอยู่ในช่วงอัลตราโซนิก จะเกิดช่องว่างระหว่างสองด้านของใบมีดที่ สั่นสะเทือนนั้น ก่อให้เกิดความดันที่แตกต่างกันมากบริเวณนั้น สารที่ผ่านบริเวณนั้นจะ ถูกอัดให้แตกกระจายได้
4. คอลลอยด์มิลล์ ลักษณะของเครื่องเป็นแผ่นหินสองแผ่นที่วางชิดกัน แผ่นหนึ่งอยู่กับที่ ส่วนอีกแผ่นหนึ่งหมุนด้วยความเร็วสูง สารที่จะบดถูกส่งผ่านลอดระยะห่างระหว่างแผ่น หินทั้งสองนี้ จะทำให้สารที่เกาะกันแบบ Agglomerates แตกออกจากกัน

## แนวการตอบแบบฝึกหัดหน่วยที่ 3

### 1. จงอธิบายความสำคัญของการเติมสารเคมีลงในน้ำอย่างมาพอเข้าใจ

- ตอบ หลักการสำคัญของการเติมสารเคมีลงในน้ำอย่าง เพื่อเตรียมเป็นน้ำยาผสมสารเคมี คือ สารเคมีที่ใส่เข้าไป จะต้องเข้ากันได้กับตัวกลาง คือ น้ำ สารเคมีจะต้องมี pH เหมือนกับ น้ำยา (ต้องมีค่า pH เกิน 9) และสารเคมีควรมี Stabilizer เช่นเดียวกับน้ำยา

## 2. จงอธิบายลำดับการเติมสารเคมีผสมในน้ำยาง กรณีเตรียมน้ำยางสำหรับทำถุงมืออุตสาหกรรม

ตอบ 1. เตรียมน้ำยางข้นและสารเคมีตามสูตรกำหนด

2. ชั่งสารเคมีและผสมลงในน้ำยางตามลำดับ ดังนี้ 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 20% โพแทสเซียมลอเรต 50% กำมะถัน 50% แซตติวชี 50% ซิงค์ออกไซด์ 50% วังสเตแอล 50% ติตาเนียมไดออกไซด์ และสี

3. ขณะเติมสารเคมีลงในน้ำยาง ให้เติมลงอย่างช้า ๆ และขณะเติมสารเคมีนั้น ให้กวนน้ำยางและสารเคมีด้วยความเร็วรอบประมาณ 50 – 100 รอบต่อนาที เพื่อให้สารเคมีกระจายอย่างสม่ำเสมอ

4. เมื่อเติมสารเคมีครบทุกตัวแล้ว จากนั้นนำน้ำยางผสมสารเคมีติดตั้งกับเครื่องกวนน้ำยาง และเปิดเครื่องตั้งความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที ใช้เวลา 24 – 48 ชั่วโมง

## 3. จงเขียนสูตรการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีสำหรับทำถุงมืออุตสาหกรรม

ตอบ สูตรน้ำยางผสมสารเคมีสำหรับทำถุงมืออุตสาหกรรม ดังนี้

| สารเคมี                  | ส่วนโดยน้ำหนัก |              |
|--------------------------|----------------|--------------|
|                          | แห้ง(phr)      | เปียก(กรัม)  |
| 50% น้ำยางข้น            | 100.0          | 167.0        |
| 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 0.4            | 4.0          |
| 20% โพแทสเซียมลอเรต      | 0.4            | 2.0          |
| 50% กำมะถัน              | 1.25           | 2.5          |
| 50% แซตติวชี             | 1.0            | 2.0          |
| 50% ซิงค์ออกไซด์         | 1.0            | 2.0          |
| 50% วังสเตแอล            | 1.0            | 2.0          |
| 50% ติตาเนียมไดออกไซด์   | 3.0            | 6.0          |
| สี                       | ตามต้องการ     | ตามต้องการ   |
| <b>รวม</b>               | <b>108.5</b>   | <b>187.5</b> |

#### 4. จงอธิบายขั้นตอนการทดสอบน้ำยางผสมสารเคมีด้วยวิธี Quick Swelling Test มาพอเข้าใจ

ตอบ วิธีการทดสอบ Swelling Test ทดสอบโดยการทำน้ำยางผสมสารเคมีให้เป็นฟิล์มแห้งบาง แล้ว แช่ในตัวทำละลาย เช่น เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) Cyclohexene ภายหลังจากแช่ในตัวทำละลาย 30 นาที จึงวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยการทำซ้ำเพื่อประเมินหาระดับการเกิดปฏิกิริยาอย่างคงรูป ซึ่งระบุเป็นสัดส่วนการบวม

### แนวการตอบแบบฝึกหัดหน่วยที่ 4

#### 1. อธิบายขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ทุบ

- ตอบ
1. เตรียมรูปต้นแบบ
  2. ผสมสีกับน้ำ เพื่อทำให้แม่พิมพ์ทุบและผสมปูนปลาสเตอร์
  3. ใช้แปรงทาปูนปลาสเตอร์ลงบนรูปต้นแบบให้ทั่วและรอบ ๆ รูปต้นแบบ
  4. เมื่อปูนปลาสเตอร์แข็งตัวดีแล้ว งดแม่พิมพ์ออก รื้อชิ้นงานรูปต้นแบบออกจากแม่พิมพ์ให้หมด
  5. ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในปริมาณเท่า ๆ กันอีกครั้ง คนให้ปูนปลาสเตอร์กับน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และใช้แปรงทาให้ทั่วแม่พิมพ์
  6. เปลี่ยนปูนปลาสเตอร์ให้มีความหนาเท่า ๆ กัน ทั้งพิมพ์
  7. เมื่อปูนปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัว ให้ปาดหลังชิ้นงานหล่อจนกว่าจะเรียบด้วยใบพายพลาสติก เช่นกัน เมื่อชิ้นงานหล่อแข็งตัวเต็มที่แล้ว ทุบแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ให้แตกด้วยไม้ท่อนยาว 8 นิ้ว โดยการใช้ค้อนไม้ตอกให้แม่พิมพ์ทุบหลุดร่อนออกจากผิวของชิ้นงานหล่อ
  8. ได้แม่พิมพ์ทุบ

#### 2. บอกความหมายแม่พิมพ์ชิ้นมาพอเข้าใจ

ตอบ แม่พิมพ์ชิ้น หมายถึง แม่พิมพ์ หรือแบบหล่อที่แบ่งออกเป็นหลาย ๆ ชิ้น เพื่อให้สะดวกต่อการถอดพิมพ์ออกจากชิ้นงานหล่อได้ โดยแม่พิมพ์ไม่ชำรุดหรือเสียหาย จึงนำแม่พิมพ์มาใช้หล่อรูปได้หลายครั้ง

### 3. เขียนขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์แบบขึ้นเดียวด้วยไฟเบอร์กลาส

- ตอบ
1. เตรียมรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ติดกับไม้กระดาษาแผ่นเรียบ
  2. นำเรซิน PC 600 ที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ผงทลคัม และผสมสี ได้ตามต้องการแล้ว มาผสมกับตัวทำแข็งในอัตราส่วน 5% ของเนื้อเรซิน คนให้เข้ากัน ใช้แปรงทาเรซินให้ทั่วรูปต้นแบบ
  3. นำเรซิน 355 E ที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยา มาผสมกับตัวทำแข็งในอัตราส่วน 5% ของเรซิน คนให้เข้ากัน ใช้แปรงจุ่มเรซินลงในบริเวณที่ปูใยแก้ว จุ่มจนกว่าใยแก้วและเรซินจะประสานเป็นเนื้อเดียวกัน รอจนเรซินแข็งตัวเต็มที่
  4. จัดแม่พิมพ์ออกจากไม้กระดานรองรูปต้นแบบ ด้วยไขควงแบน
  5. ใช้ไขควงสกัดรูปต้นแบบปูนปลาสเตอร์ให้หลุดออกจากผิวของแม่พิมพ์จนหมด
  6. นำแม่พิมพ์ไปผึ่งให้แห้งสนิท
  7. ใช้เครื่องเจียรระไน ตัดขอบของแม่พิมพ์ออกให้เรียบร้อย
  8. ขัดแต่งผิว และลูบคมของแม่พิมพ์ออกด้วยกระดาษทราย

### แนวการตอบแบบฝึกหัดหน่วยที่ 5

#### 1. จงบอกความหมายของแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก มาพอเข้าใจ

- ตอบ แม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก หมายถึง แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นจากรูปต้นแบบลอยตัว โดยแบ่งแม่พิมพ์ออกเป็น 2 ซีก คือ ซีกหน้าและซีกหลัง เมื่อหล่อชิ้นงานต้องประกบแม่พิมพ์ทั้ง 2 ซีก ให้แนบสนิทกัน และเมื่อหล่อชิ้นงานเสร็จแล้ว ก็แยกแม่พิมพ์ออกจากกัน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถถอดรูปต้นแบบและชิ้นงานหล่อ ออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย

#### 2. จงอธิบายขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์

- ตอบ
1. เตรียมชิ้นงานรูปต้นแบบที่เป็นวัสดุอ่อน มีความยืดหยุ่นได้เล็กน้อย
  2. นำชิ้นงานรูปต้นแบบมาวัดขนาด เพื่อกำหนดขนาดของกล่อง
  3. ได้กล่องเรียบร้อยแล้ว ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำให้เข้ากันจนเป็นเนื้อครีม
  4. เทปูนปลาสเตอร์ที่เป็นครีมลงในกล่อง ได้รับความสูงประมาณครึ่งหนึ่งของกล่อง
  5. กดชิ้นงานรูปต้นแบบลงในปูนปลาสเตอร์ ให้ได้ความหนาครึ่งหนึ่งของชิ้นงานรูปต้นแบบ
  6. รอจนปูนปลาสเตอร์แห้ง ใช้เวลาประมาณ 30 – 40 นาที หลังจากนั้นแกะกล่องออก
  7. ทำซีกที่สองใช้วิธีเดียวกันกับซีกแรก เสร็จแล้วตกแต่งให้สวยงาม

### 3. ข้อควรระวังในการทำแม่พิมพ์ยางซิลิโคนแบบ 2 ซีก

- ตอบ 1. ในการผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็ง ควรศึกษาและทดลองให้แน่ใจว่าอัตราส่วนของตัวทำแข็ง ต้องมีปริมาณแน่นอน เพราะถ้าผิดพลาดอาจมีการจับตัวเร็วหรือจับตัวช้า จะส่งผลให้ชิ้นงานเสียหายได้
2. การผสมตัวทำแข็งไม่ควรเทลงในยางซิลิโคนจนหมดในคราวเดียว เพราะอาจทำให้น้ำยางส่วนนั้นเกิดการจับตัวก่อนได้

### แนวการตอบแบบฝึกหัดหน่วยที่ 6

#### 1. ขั้นตอนการผลิตน้ำยางคอมปาวด์ วิธีวัลคาไนซ์เพื่องานหล่อมาพอเข้าใจ

- ตอบ 1. เตรียมสารรักษาสภาพน้ำยางลงในน้ำยางชั้นและถายน้ำยางไปยังถังเหล็กล้ำ
2. ให้ความร้อนกับน้ำยางในถังที่อุณหภูมิ 32 – 38 °C แล้วเติมดิสเพอร์ชันของซิงค์ออกไซด์ กำมะถัน และสารตัวเร่งปฏิกิริยาลงในน้ำยาง
3. ให้ความร้อนกับน้ำยางคอมปาวด์ที่อุณหภูมิ 70 – 80 °C กวนน้ำยางคอมปาวด์ตลอดเวลาและรักษาอุณหภูมิของน้ำยางคอมปาวด์ให้อยู่ในช่วง 70 – 80 °C (เวลาและอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับระบบการวัลคาไนซ์ที่ใช้และระดับการเชื่อมโยงของพันธะที่ต้องการ)
4. ลดอุณหภูมิของน้ำยางคอมปาวด์ลงมาถึง 30 °C โดยการหล่อเย็นและนำน้ำยางคอมปาวด์ออกมาจากถัง เก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. นำน้ำยางไปปั่นหมุนเหวี่ยง เพื่อแยกเอาส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ออก เตรียมสารต้านออกซิเดชันลงไป

#### 2. จงอธิบายวิธีการหล่อชิ้นงานด้วยน้ำยางแบบดันมาพอเข้าใจ

- ตอบ ทำได้โดยให้น้ำยางที่ใส่เข้าไปในแม่พิมพ์ทั้งหมดจับตัวทั้งก้อน แล้วจึงค่อยแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยเริ่มจากการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตรที่กำหนด ใส่ลงในภาชนะเหมาะสมสำหรับเทในแม่พิมพ์ เตรียมแม่พิมพ์ หลังจากนั้นเทน้ำยางลงในแม่พิมพ์จนเต็ม ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วเทน้ำยางออกรอจนน้ำยางแห้งหมด เทน้ำยางลงในแม่พิมพ์อีกรอบ และให้ปฏิบัติซ้ำอย่างนี้จนกว่าได้ความหนาเกินครึ่งหนึ่งของความหนาของ



ขึ้นงาน แล้วเทน้ำลงในแม่พิมพ์อีกรอบจนเต็ม ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องหรืออบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 70 – 80 °C จนกว่าน้ำยางแห้งสนิท จึงแกะออกจากแม่พิมพ์

### 3. จงอธิบายวิธีการหล่อชิ้นงานด้วยน้ำยางแบบกลวงมาพอเข้าใจ

ตอบ วิธีการหล่อชิ้นงานด้วยน้ำยางแบบกลวงจะใส่น้ำยางลงไปแล้ว ให้น้ำยางจับตัวเฉพาะผิวด้านในของแม่พิมพ์ โดยมีปัจจัยที่ต้องควบคุมเพื่อให้ได้ความหนาของชิ้นงานตามความต้องการ เช่น สูตรของน้ำยางคอมปาวด์ ระยะเวลาของน้ำยางที่อยู่ในแม่พิมพ์ก่อนเทออก จำนวนครั้งในการใส่น้ำยางลงในแม่พิมพ์ หรืออุณหภูมิของแม่พิมพ์ เป็นต้น เมื่อน้ำยางจับตัวได้ตามความหนาที่ต้องการแล้ว ให้นำน้ำยางที่เหลือออกไป ทำให้แห้งพอที่จะแกะออกจากแบบได้ แกะแบบออกแล้วจึงนำไปอบให้แห้งสนิท

## แนวการตอบแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7

### 1. จงบอกข้อดีหรือข้อเสียของแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ มาพอเข้าใจ

ตอบ ข้อดีของยางธรรมชาติมีราคาถูก แต่ข้อเสียในเรื่องอายุการใช้งานจะสั้น โดยเฉพาะถ้าใช้งานที่อุณหภูมิสูง

### 2. จงบอกข้อดีหรือข้อเสียของแม่พิมพ์จากยางซิลิโคน มาพอเข้าใจ

ตอบ ยางซิลิโคนมีความคงทนต่อการใช้งานกับอุณหภูมิต่ำและใช้กับอุณหภูมิที่สูงประมาณ 100 °C ได้ดีโดยไม่เสียสภาพ แต่ราคาค่อนข้างแพง

### 3. จงอธิบายวิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางในสูตรน้ำยางล้วนมาพอเข้าใจ

ตอบ แม่พิมพ์ยางจากน้ำยางธรรมชาติ สูตรแม่พิมพ์ที่มีเนื้อยางล้วน (คือ ไม่มีส่วนของสารตัวเติมผสมในน้ำยาง) เหมาะสำหรับการทำแม่พิมพ์ขนาดเล็ก ๆ มีความซับซ้อนได้ดี โดยใช้รูปต้นแบบที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งเมื่อทำเป็นแม่พิมพ์ยางแล้ว แม่พิมพ์ยางนั้นสามารถรับน้ำหนักของวัสดุที่จะนำมาหล่อได้โดยไม่เสียรูป

### 4. จงอธิบายวิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยสูตรแม่พิมพ์ยางมีส่วนชั้นนอกแข็งมาพอเข้าใจ

ตอบ แม่พิมพ์ยางที่ใช้สูตรเนื้อยางล้วนอาจไม่แข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของวัสดุที่จะนำมาหล่อในแม่พิมพ์ยาง ทำให้แม่พิมพ์บิดเบี้ยวเสียรูปได้ จึงจำเป็นต้องใช้น้ำยางสูตรที่มีสารตัวเติม

เช่น ขี้เลื่อยหรือฝุ่นฝ้ายผสมลงในน้ำยางด้วย เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับแม่พิมพ์ยาง การทำแม่พิมพ์ยางที่มีส่วนขึ้นนอกแข็ง ในขั้นแรกให้ใช้น้ำยางสูตรที่มีเนื้ออย่างล้นทารูปต้นแบบก่อนแล้วอบแห้ง แล้วจึงใช้ซัอนหรือเกรียงฉาบปูน ตักหรือจุ่มน้ำยางผสมขี้เลื่อยหรือฝุ่นฝ้ายทาทับลงบนชั้นที่มีเนื้ออย่างล้น

**5. จงบอกวัสดุอุปกรณ์ในการทำผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นจากแม่พิมพ์ยางธรรมชาติมาพอเข้าใจ**

- ตอบ
1. แม่พิมพ์ยางธรรมชาติสำหรับทำแผ่นพื้น
  2. ปูนซีเมนต์และทราย
  3. ภาชนะ อุปกรณ์ผสมปูนซีเมนต์
  4. สີฝุ่น
  5. หินหรือโครงเหล็กเสริมความแข็งแรงกับแผ่นพื้น

## ภาคผนวก ข

### เฉลยแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

เฉลยแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

| หน่วยที่ 1 |     | หน่วยที่ 2 |     | หน่วยที่ 3 |     | หน่วยที่ 4 |     | หน่วยที่ 5 |     | หน่วยที่ 6 |     | หน่วยที่ 7 |     |
|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
| ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ |
| 1.         | ง   | 1.         | ง   | 1.         | ก   | 1.         | ง   | 1.         | ค   | 1.         | ง   | 1.         | ค   |
| 2.         | ง   | 2.         | ก   | 2.         | ข   | 2.         | ก   | 2.         | ค   | 2.         | ค   | 2.         | ง   |
| 3.         | ข   | 3.         | ค   | 3.         | ง   | 3.         | ข   | 3.         | ง   | 3.         | ก   | 3.         | ข   |
| 4.         | ค   | 4.         | ก   | 4.         | ข   | 4.         | ง   | 4.         | ง   | 4.         | ข   | 4.         | ง   |
| 5.         | ค   | 5.         | ค   | 5.         | ง   | 5.         | ก   | 5.         | ข   | 5.         | ง   | 5.         | ก   |
| 6.         | ข   | 6.         | ง   | 6.         | ก   | 6.         | ง   | 6.         | ข   | 6.         | ข   | 6.         | ง   |
| 7.         | ก   | 7.         | ค   | 7.         | ข   | 7.         | ข   | 7.         | ง   | 7.         | ค   | 7.         | ค   |
| 8.         | ง   | 8.         | ง   | 8.         | ค   | 8.         | ค   | 8.         | ก   | 8.         | ข   | 8.         | ค   |
| 9.         | ง   | 9.         | ก   | 9.         | ง   | 9.         | ข   | 9.         | ค   | 9.         | ง   | 9.         | ง   |
| 10.        | ก   | 10.        | ข   | 10.        | ก   | 10.        | ค   | 10.        | ก   | 10.        | ง   | 10.        | ก   |
| 11.        | ก   | 11.        | ก   | 11.        | ข   |            |     |            |     | 11.        | ง   | 11.        | ค   |
| 12.        | ง   | 12.        | ง   | 12.        | ง   |            |     |            |     | 12.        | ค   | 12.        | ง   |
| 13.        | ง   | 13.        | ค   | 13.        | ข   |            |     |            |     | 13.        | ก   | 13.        | ค   |
| 14.        | ก   | 14.        | ง   | 14.        | ก   |            |     |            |     | 14.        | ง   | 14.        | ง   |
| 15.        | ง   | 15.        | ค   |            |     |            |     |            |     | 15.        | ง   | 15.        | ข   |
| 16.        | ค   | 16.        | ก   |            |     |            |     |            |     | 16.        | ข   | 16.        | ก   |
| 17.        | ก   | 17.        | ก   |            |     |            |     |            |     | 17.        | ก   |            |     |
| 18.        | ง   | 18.        | ก   |            |     |            |     |            |     | 18.        | ค   |            |     |
| 19.        | ค   | 19.        | ค   |            |     |            |     |            |     | 19.        | ง   |            |     |
| 20.        | ข   | 20.        | ก   |            |     |            |     |            |     | 20.        | ค   |            |     |

## ภาคผนวก ค

### เฉลยแบบประเมินผลหลังการเรียนรู้

เฉลยแบบประเมินผลหลังการเรียนรู้

| หน่วยที่ 1 |     | หน่วยที่ 2 |     | หน่วยที่ 3 |     | หน่วยที่ 4 |     | หน่วยที่ 5 |     | หน่วยที่ 6 |     | หน่วยที่ 7 |     |
|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
| ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ | ข้อที่     | ตอบ |
| 1.         | ข   | 1.         | ก   | 1.         | ข   | 1.         | ก   | 1.         | ง   | 1.         | ก   | 1.         | ข   |
| 2.         | ค   | 2.         | ง   | 2.         | ก   | 2.         | ง   | 2.         | ค   | 2.         | ข   | 2.         | ง   |
| 3.         | ง   | 3.         | ค   | 3.         | ง   | 3.         | ข   | 3.         | ค   | 3.         | ค   | 3.         | ค   |
| 4.         | ง   | 4.         | ง   | 4.         | ข   | 4.         | ง   | 4.         | ง   | 4.         | ง   | 4.         | ง   |
| 5.         | ค   | 5.         | ค   | 5.         | ก   | 5.         | ง   | 5.         | ข   | 5.         | ง   | 5.         | ก   |
| 6.         | ง   | 6.         | ง   | 6.         | ข   | 6.         | ก   | 6.         | ก   | 6.         | ค   | 6.         | ค   |
| 7.         | ง   | 7.         | ง   | 7.         | ง   | 7.         | ข   | 7.         | ค   | 7.         | ข   | 7.         | ง   |
| 8.         | ข   | 8.         | ง   | 8.         | ง   | 8.         | ค   | 8.         | ข   | 8.         | ข   | 8.         | ข   |
| 9.         | ก   | 9.         | ก   | 9.         | ง   | 9.         | ข   | 9.         | ง   | 9.         | ง   | 9.         | ง   |
| 10.        | ก   | 10.        | ค   | 10.        | ก   | 10.        | ค   | 10.        | ก   | 10.        | ง   | 10.        | ก   |
| 11.        | ก   | 11.        | ก   | 11.        | ข   |            |     |            |     | 11.        | ง   | 11.        | ค   |
| 12.        | ง   | 12.        | ข   | 12.        | ง   |            |     |            |     | 12.        | ก   | 12.        | ค   |
| 13.        | ง   | 13.        | ค   | 13.        | ค   |            |     |            |     | 13.        | ค   | 13.        | ง   |
| 14.        | ก   | 14.        | ง   | 14.        | ข   |            |     |            |     | 14.        | ง   | 14.        | ง   |
| 15.        | ง   | 15.        | ค   |            |     |            |     |            |     | 15.        | ง   | 15.        | ข   |
| 16.        | ค   | 16.        | ก   |            |     |            |     |            |     | 16.        | ข   | 16.        | ก   |
| 17.        | ก   | 17.        | ก   |            |     |            |     |            |     | 17.        | ก   |            |     |
| 18.        | ง   | 18.        | ค   |            |     |            |     |            |     | 18.        | ค   |            |     |
| 19.        | ค   | 19.        | ก   |            |     |            |     |            |     | 19.        | ง   |            |     |
| 20.        | ง   | 20.        | ค   |            |     |            |     |            |     | 20.        | ค   |            |     |

## ภาคผนวก ง

เฉลยข้อสอบปลายภาค



เฉลยข้อสอบปลายภาค

| ข้อที่ | ตอบ | ข้อที่ | ตอบ | ข้อที่ | ตอบ |
|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| 1      | ง   | 21     | ง   | 41     | ค   |
| 2      | ข   | 22     | ง   | 42     | ง   |
| 3      | ข   | 23     | ข   | 43     | ง   |
| 4      | ข   | 24     | ง   | 44     | ง   |
| 5      | ก   | 25     | ข   | 45     | ข   |
| 6      | ง   | 26     | ข   | 46     | ง   |
| 7      | ก   | 27     | ค   | 47     | ก   |
| 8      | ก   | 28     | ง   | 48     | ง   |
| 9      | ก   | 29     | ข   | 49     | ค   |
| 10     | ค   | 30     | ง   | 50     | ง   |
| 11     | ง   | 31     | ค   | 51     | ก   |
| 12     | ก   | 32     | ก   | 52     | ค   |
| 13     | ง   | 33     | ค   | 53     | ง   |
| 14     | ค   | 34     | ค   | 54     | ค   |
| 15     | ก   | 35     | ค   | 55     | ง   |
| 16     | ค   | 36     | ค   | 56     | ข   |
| 17     | ค   | 37     | ง   | 57     | ก   |
| 18     | ง   | 38     | ง   | 58     | ก   |
| 19     | ง   | 39     | ง   | 59     | ข   |
| 20     | ง   | 40     | ข   | 60     | ข   |

## ภาคผนวก จ

### เกณฑ์การประเมินใบงาน

ตัวอย่างใบงานที่ 1.1 ชื่องาน การหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC)

แบบประเมินผลภาคปฏิบัติ (รายบุคคล)

ชื่อ – สกุล..... ชั้น..... รหัสประจำตัว.....

วิชา ผลิตภัณณ์น้ำยาง 2

ใบงานที่ 1.1

เรื่อง การหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC)

| ลำดับ<br>ที่ | รายการประเมิน                                  | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ | หมายเหตุ |
|--------------|------------------------------------------------|-----------|-------------|----------|
| 1.           | ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน                        | 20 คะแนน  |             |          |
|              | 1.1 การใช้วัสดุ-อุปกรณ์เครื่องมือได้ถูกต้อง    |           |             |          |
|              | 1.2 การเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้อง               |           |             |          |
|              | 1.3 การปฏิบัติงานถูกต้องตามลำดับขั้น           |           |             |          |
|              | 1.4 มีการวางแผนในการปฏิบัติงาน                 |           |             |          |
| 2.           | ด้านกฉินสยในการปฏิบัติงาน                      | 20 คะแนน  |             |          |
|              | 2.1 มีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน               |           |             |          |
|              | 2.2 แต่งกายตามแบบฟอร์มกำหนด                    |           |             |          |
|              | 2.3 การตรงต่อเวลา/เสร็จงานทำความสะอาดเรียบร้อย |           |             |          |
|              | 2.4 การปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข  |           |             |          |
| 3.           | ด้านผลการปฏิบัติงาน                            | 20 คะแนน  |             |          |
|              | 3.1 ผลงานถูกต้องตามวัตถุประสงค์กำหนด           |           |             |          |
| รวม          |                                                | 60 คะแนน  |             |          |

ผู้ประเมิน.....

(นายสุรศักดิ์ เทพทอง)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

## เกณฑ์การให้คะแนน

### 1. ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน

#### 1.1 การใช้วัสดุ – อุปกรณ์เครื่องมือได้ถูกต้อง

- 5 คะแนน = เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือครบทุกรายการ
- 4 คะแนน = เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือขาด 1 รายการ
- 3 คะแนน = เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือขาด 2 รายการ
- 2 คะแนน = เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือขาด 3 รายการ
- 1 คะแนน = เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือไม่ถูกต้อง

#### 1.2 การเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้อง

- 5 คะแนน = สามารถเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องทุกรายการ
- 4 คะแนน = สามารถเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้อง
- 3 คะแนน = สามารถเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องบางรายการ
- 2 คะแนน = สามารถเลือกใช้สารเคมีได้บางรายการ
- 1 คะแนน = ไม่สามารถเลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้อง

#### 1.3 การปฏิบัติงานถูกต้องตามลำดับขั้น

- 5 คะแนน = การปฏิบัติงานถูกต้องตามลำดับขั้นชัดเจน
- 4 คะแนน = การปฏิบัติงานถูกต้องตามลำดับขั้น
- 3 คะแนน = การปฏิบัติงานถูกต้องตามลำดับขั้นขั้นตอน
- 2 คะแนน = การปฏิบัติงานไม่ถูกต้องตามลำดับขั้นขั้นตอน
- 1 คะแนน = การปฏิบัติงานไม่เป็นตามลำดับขั้นที่ชัดเจน

#### 1.4 มีการวางแผนในการปฏิบัติงาน

- 5 คะแนน = มีการวางแผนในการปฏิบัติงานชัดเจน
- 4 คะแนน = มีการวางแผนในการปฏิบัติงานเป็นระบบ
- 3 คะแนน = มีการวางแผนในการปฏิบัติงานไม่เป็นระบบ
- 2 คะแนน = มีการวางแผนในการปฏิบัติงานบ้าง
- 1 คะแนน = ไม่มีการวางแผนในการปฏิบัติงาน

## 2. ด้านกณิสัยในการปฏิบัติงาน

### 2.1 มีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

- 5 คะแนน = ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย 100%
- 4 คะแนน = ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย
- 3 คะแนน = ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัยน้อย
- 2 คะแนน = ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัยน้อยมาก
- 1 คะแนน = ไม่คำนึงถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

### 2.2 แต่งกายตามแบบฟอร์มกำหนด

- 5 คะแนน = แต่งกายตามแบบฟอร์มกำหนดครบทุกประการ
- 4 คะแนน = แต่งกายตามแบบฟอร์มแต่ไม่ครบขาด 1 รายการ
- 3 คะแนน = แต่งกายตามแบบฟอร์มแต่ไม่ครบขาด 2 รายการ
- 2 คะแนน = แต่งกายตามแบบฟอร์มแต่ไม่ครบขาด 3 รายการ
- 1 คะแนน = แต่งกายไม่เป็นไปตามแบบฟอร์มกำหนด

### 2.3 การตรงต่อเวลา/เสร็จงานทำความสะอาดเรียบร้อย

- 5 คะแนน = ตรงต่อเวลาเสร็จงานทำความสะอาดเรียบร้อย
- 4 คะแนน = ตรงต่อเวลา เสร็จงานทำความสะอาดบางครั้ง
- 3 คะแนน = ตรงต่อเวลา เสร็จงานไม่ทำความสะอาด
- 2 คะแนน = มาปฏิบัติงานสาย เสร็จงานทำความสะอาดบางครั้ง
- 1 คะแนน = มาปฏิบัติงานสาย เสร็จงานไม่ทำความสะอาด

### 2.4 การปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข

- 5 คะแนน = ปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นได้ดีมาก
- 4 คะแนน = ปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี
- 3 คะแนน = ปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นได้
- 2 คะแนน = ปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นได้กับบางคน
- 1 คะแนน = ปฏิบัติงานร่วมกับคนอื่นไม่ได้เลย

### 3. ด้านผลการปฏิบัติงาน

#### 3.1 ผลงานถูกต้องตามวัตถุประสงค์กำหนด

20 คะแนน = ผลงานถูกต้องตามวัตถุประสงค์ 100%

15 คะแนน = ผลงานถูกต้องตามวัตถุประสงค์ 80%

10 คะแนน = ผลงานถูกต้องตามวัตถุประสงค์ 60%

5 คะแนน = ผลงานถูกต้องตามวัตถุประสงค์ 50%

1 คะแนน = ผลงานไม่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์

## ตัวอย่างแบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม

ชื่อกลุ่ม..... ชั้น.....

รายชื่อสมาชิก    1. .... รหัสประจำตัว.....

                          2. .... รหัสประจำตัว.....

                          3. .... รหัสประจำตัว.....

                          4. .... รหัสประจำตัว.....

วิชา    ผลิตภัณธ์น้ำยาล้าง 2

ใบงานที่ 1.1

เรื่อง    การหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC)

| ข้อที่     | รายการประเมิน                        | คะแนน |   |   | ข้อคิดเห็น |
|------------|--------------------------------------|-------|---|---|------------|
|            |                                      | 3     | 2 | 1 |            |
| 1.         | การกำหนดเป้าหมายร่วม                 |       |   |   |            |
| 2.         | การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ              |       |   |   |            |
| 3.         | การปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย |       |   |   |            |
| 4.         | การประเมินและปรับปรุงงาน             |       |   |   |            |
| 5.         | การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น       |       |   |   |            |
| รวม        |                                      |       |   |   |            |
| รวมทั้งหมด |                                      |       |   |   |            |

ผู้ประเมิน.....

(นายสุรศักดิ์ เทพทอง)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

## เกณฑ์การให้คะแนน

### 1. การกำหนดเป้าหมายร่วม

- 3 คะแนน = สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายการทำงานอย่างชัดเจน
- 2 คะแนน = สมาชิกส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายการทำงาน
- 1 คะแนน = สมาชิกส่วนน้อยมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายการทำงาน

### 2. การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ

- 3 คะแนน = การกระจายงานได้ทั่วถึง และตรงตามความสามารถของสมาชิก
- 2 คะแนน = การกระจายงานได้ทั่วถึง แต่ไม่ตรงตามความสามารถ
- 1 คะแนน = การกระจายงานไม่ทั่วถึง

### 3. การปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

- 3 คะแนน = ทำงานได้สำเร็จตามเป้าหมายตรงเวลาที่กำหนด
- 2 คะแนน = ทำงานได้สำเร็จตามเป้าหมาย แต่ช้ากว่าเวลาที่กำหนด
- 1 คะแนน = ทำงานไม่สำเร็จตามเป้าหมาย

### 4. การประเมินและปรับปรุงงาน

- 3 คะแนน = สมาชิกทุกคนร่วมมือปรึกษาหารือ ติดตาม ตรวจสอบ และปรับปรุงงานเป็นระยะ
- 2 คะแนน = สมาชิกทุกคนส่วนใหญ่ร่วมมือปรึกษาหารือ ติดตาม ตรวจสอบ และปรับปรุงงาน เป็นระยะ
- 1 คะแนน = สมาชิกส่วนน้อยร่วมมือปรึกษาหารือ ติดตาม ตรวจสอบ และปรับปรุงงานเป็นระยะ

### 5. การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

- 3 คะแนน = สมาชิกทุกคนปฏิบัติตามมติของเสียงส่วนใหญ่ในกลุ่ม
- 2 คะแนน = สมาชิกร้อยละ 80 ขึ้นไป ปฏิบัติตามมติของเสียงส่วนใหญ่ในกลุ่ม
- 1 คะแนน = สมาชิกน้อยกว่าร้อยละ 80 ปฏิบัติตามมติของเสียงส่วนใหญ่ในกลุ่ม





แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณณ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวของแต่ละข้อ ทำเครื่องหมาย X (กากบาท)

ทับตัวอักษร ก ข ค หรือ ง หน้าคำตอบที่ถูก

1. คุณภาพมาตรฐานน้ำยางชั้น ISO 2004 ลักษณะคุณสมบัติใดไม่จำเป็นต้องควบคุม
  - ก. ปริมาณเนื้อยางแห้ง
  - ข. ปริมาณของแข็งทั้งหมด
  - ค. จำนวนกรดไขมันระเหย
  - ง. ปริมาณความหนืดของยาง
2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับมาตรฐานค่า TSC ตามมาตรฐานกำหนด 61.5
  - ก. ค่า TSC ของน้ำยางเท่ากับ 61.5
  - ข. ค่า TSC ของน้ำยางน้อยกว่า 61.5
  - ค. ค่า TSC ของน้ำยางสูงเกินกว่า 61.5
  - ง. ค่า TSC สูงกว่า 61.5 ได้ และต่างกับค่า DRC ไม่เกิน 2
3. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีการระเหยน้ำข้อใดไม่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต
  - ก. มีการเติมสารเพิ่มความเสถียรลงในน้ำยาง เช่น สบู
  - ข. น้ำยางจะตกตะกอนที่ก้นถังจะได้น้ำยางชั้นคุณภาพมาตรฐาน
  - ค. วิธีการระเหยน้ำออกในการทำน้ำยางชั้นต้องเติมสารให้น้ำยางคงตัว
  - ง. ถังใส่น้ำยางในกระบวนการต้องให้ความร้อนรอบ ๆ ถัง เพื่อการระเหยน้ำออก
4. ข้อใดบอกไม่ถูกต้องเกี่ยวกับน้ำยางชั้นที่เตรียมแบบครีมมิง
  - ก. กระบวนการผลิตใช้เวลานาน
  - ข. เครื่องจักรราคาแพงและใช้พลังงานสูงในการผลิต
  - ค. น้ำยางมีส่วนสูญเสียไปกับส่วนของน้ำยางสกิมบ้างเล็กน้อย
  - ง. มีความแปรปรวนเรื่องคุณภาพกรณีน้ำยางสดมีความแปรปรวน
5. ข้อใดเป็นข้อดีของการผลิตน้ำยางชั้นวิธีเซนตริฟิวจ์
  - ก. ผลิตน้ำยางได้รวดเร็ว
  - ข. เครื่องจักรราคาถูกลงหาซื้อได้ทั่วไป
  - ค. การบำรุงรักษาเครื่องจักรทำได้ง่าย
  - ง. สามารถเดินเครื่องได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องหยุดเพื่อทำความสะอาด



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

6. การเก็บรักษาน้ำยางด้วยแอมโมเนียข้อใดอธิบายได้ไม่ถูกต้อง
  - ก. แอมโมเนียมีกลิ่นแรงเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม
  - ข. แอมโมเนียจำเป็นต้องเก็บในภาชนะปิดเพราะระเหยง่าย
  - ค. การใช้แอมโมเนียใส่น้ำยางมากทำให้สิ้นเปลืองกรดมากด้วย
  - ง. แอมโมเนียใช้กับน้ำยางไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพราะกำจัดได้ง่าย
7. สารใดไม่นิยมใช้เก็บรักษาน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย
  - ก. กำมะถัน
  - ข. ซิงค์ออกไซด์
  - ค. โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต
  - ง. ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโอคาร์บาเมต
8. กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นวิธีใด ที่นิยมมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางชั้น
  - ก. วิธีการปั่น
  - ข. วิธีการระเหยน้ำ
  - ค. วิธีการทำให้เกิดครีม
  - ง. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า
9. แอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีตัวใด ก่อให้เกิดปัญหาในการนำน้ำยางมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำยางมีสีคล้ำ
  - ก. SPP
  - ข. TMTD
  - ค. ZDC
  - ง. ZnO
10. สารรักษาสภาพร่วมกับแอมโมเนียคือสารใด
  - ก. ซิงค์คาร์บอเนต
  - ข. ซิงค์สเตียเรต
  - ค. ซิงค์ออกไซด์
  - ง. ซิงค์ซัลเฟต



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

11. ข้อใดคือเหตุผลในการเตรียม Dispersion ที่ถูกต้องที่สุด
  - ก. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีมีขนาดเท่ากัน
  - ข. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กพอๆ กับขนาดอนุภาคของเม็ดยาง
  - ค. ให้ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กมีการกระจายตัวในน้ำยางสม่ำเสมอ
  - ง. ขนาดอนุภาคของสารเคมีเล็กใกล้เคียงกับขนาดอนุภาคของยางที่มีการกระจายตัวในน้ำยางสม่ำเสมอ
12. ข้อใดอธิบายความหมายของ Emulsion ได้ถูกต้องที่สุด
  - ก. เตรียมสารเคมีสถานะเป็นของเหลวเหมือนน้ำมันให้กระจายตัวในน้ำ
  - ข. เตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำ
  - ค. การเตรียมสารเคมีที่เป็นของแข็งสามารถละลายน้ำได้
  - ง. การเตรียมสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้
13. เครื่องเตรียมดิสเพิซชันมีประสิทธิภาพสูงมาก แต่มีปัญหาเกิดการอุดตันได้บ่อย คือเครื่องใด
  - ก. Ball mill
  - ข. Attrition mill
  - ค. Dispersion mill
  - ง. Ultrasonic mill
14. ข้อใดไม่ใช่สารช่วยทำให้สารเคมีกระจาย
  - ก. Vultamol
  - ข. Dispersol L
  - ค. Dispersol LN
  - ง. Vulcastab LW
15. สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูปสำหรับน้ำยางกลุ่มไฮดรอกซีอะครีเลตที่นิยมใช้ คือสารเคมีตัวใด
  - ก. TMTD
  - ข. ZMBT
  - ค. ZDEC
  - ง. ZIX



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

16. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบในการเตรียม อิมัลชัน 20% โพลเทสเซียมลอเรต
- ก. น้ำ
  - ข. กรดลอริก
  - ค. กรดโอเลอิก
  - ง. โพลเทสเซียมไฮดรอกไซด์
17. เหตุผลใดไม่เกี่ยวข้องในการเติมสารตัวเติมลงในน้ำยางคอมปาวด์
- ก. เพื่อลดต้นทุน
  - ข. เพื่อเพิ่มความแข็งแรง
  - ค. ช่วยให้มีการวัลคาไนซ์สมบูรณ์ขึ้น
  - ง. เพื่อปรับสมบัติทางกลของยางที่คงรูปแล้วให้ดีขึ้น
18. ข้อใดเป็นลำดับการเติมสารเคมีผสมในน้ำยางโดยทั่ว ๆ ไป
- ก. เติมสารตัวเร่งและสารวัลคาไนซ์เป็นลำดับแรก
  - ข. เติมสารละลายช่วยให้ยางหนืดเป็นลำดับแรก
  - ค. เติมสารละลายช่วยให้ยางหนืดและสารกระตุ้นเป็นลำดับแรก
  - ง. เติมสารตัวเร่งและสารวัลคาไนซ์ ต่อจากสารช่วยความเสถียรในน้ำยาง
19. การบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเพื่ออะไร
- ก. ทำให้มีการแลกเปลี่ยน surfactant ที่ผิวอนุภาคของยาง
  - ข. ทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์บางส่วน
  - ค. ได้น้ำยางที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ
  - ง. ถูกทุกข้อ
20. ข้อใดไม่ใช่วิธีตรวจหรือวิธีทดสอบระดับการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี
- ก. Equilibrium swelling test
  - ข. Quick swelling test
  - ค. Chloroform test
  - ง. Viscosity test



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

21. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของการเก็บน้ำยางด้วยสารเคมีที่ถูกต้องที่สุด
- ก. การเก็บน้ำยางไว้ระยะหนึ่ง
  - ข. การกวนน้ำยางตลอดเวลา
  - ค. การผสมน้ำยางกับสารเคมีไว้ใช้งาน
  - ง. เก็บน้ำยางผสมสารเคมีไว้ระยะหนึ่ง
22. วัสดุใดไม่นิยมนำมาใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับงานหล่อ
- ก. ปูนปลาสเตอร์
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ยางสังเคราะห์
  - ง. แก้วและเซรามิก
23. การนำสิ่งที่มีปริมาตรหรือรูปร่างต่างๆ มาทำเป็นรูปต้นแบบแล้วถอดแบบหรือเคลือบรูปต้นแบบเอาไว้เรียกว่าวิธีการใด
- ก. วิธีทำต้นแบบ
  - ข. การหล่อแบบพิมพ์
  - ค. การทำแบบแม่พิมพ์
  - ง. การขึ้นรูปแบบแม่พิมพ์
24. วัสดุสำหรับทำแม่พิมพ์งานหล่อข้อใดมีความคงทนน้อยที่สุด
- ก. วัสดุทำจากยางซิลิโคน
  - ข. วัสดุทำจากยางธรรมชาติ
  - ค. วัสดุทำจากไฟเบอร์กลาส
  - ง. วัสดุทำจากปูนปลาสเตอร์
25. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์ทุก
- ก. แม่พิมพ์ที่สามารถหล่อได้เพียงครั้งเดียว
  - ข. เป็นแม่พิมพ์ที่มีความทนทานสูงใช้งานถาวร
  - ค. แม่พิมพ์ที่เมื่อใช้งานแล้วไม่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้อีก
  - ง. แม่แบบหรือรูปต้นแบบที่ใช้ทำส่วนใหญ่เป็นวัสดุขึ้นจากการปั้น



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

26. แบบหล่อที่สามารถแบ่งเป็นหลายชิ้นเพื่อความสะดวกในการถอดแม่พิมพ์ออกจากชิ้นงานคือ
- ก. แม่พิมพ์ทุบ
  - ข. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ค. แม่พิมพ์ถาวร
  - ง. แม่พิมพ์ชั่วคราว
27. แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปต้นแบบลอยตัวนิยมแบ่งแม่พิมพ์เป็นซีกจัดเป็นแม่พิมพ์ชนิดใด
- ก. แม่พิมพ์ขึ้น
  - ข. แม่พิมพ์หลายชิ้น
  - ค. แม่พิมพ์แบบ 2 ซีก
  - ง. แม่พิมพ์แบบขึ้นเดียว 2 ซีก
28. เทคนิคการผสมปูนปลาสเตอร์ในการผลิตแม่พิมพ์ข้อใดถูกต้องที่สุด
- ก. แบ่งสัดส่วนระหว่างน้ำและปูนเท่ากัน
  - ข. การกวนให้เข้ากันต้องใช้เวลานาน ๆ จึงจะดี
  - ค. เทปูนลงบนแม่แบบแล้วใช้น้ำราดเพื่อละลายปูนในตัว
  - ง. ผสมปูนปลาสเตอร์ลงในน้ำตามสัดส่วนกำหนดแล้วกวนให้เข้ากัน
29. การทำแม่พิมพ์แบบ 2 ซีก ด้วยปูนปลาสเตอร์ข้อใดไม่เกี่ยวข้อง
- ก. นิยมใช้ผลิตเป็นชิ้นงานแบบลอยตัว
  - ข. นิยมใช้ผลิตเป็นชิ้นงานแบบนูนต่ำนูนสูง
  - ค. เลือกต้นแบบมาแล้วแบ่งเส้นงานเป็น 2 ซีก
  - ง. ก่อนทำเข้าซีกที่ 2 ควรทาสีกันน้ำ เพื่อป้องกันการติด
30. แม่พิมพ์จากยางซิลิโคนต่อไปนี้ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องที่สุด
- ก. เป็นแม่พิมพ์ราคาถูก
  - ข. เป็นแม่พิมพ์ที่ผลิตได้ง่าย
  - ค. เป็นแม่พิมพ์ใช้งานครั้งเดียวแล้วทิ้ง
  - ง. เป็นแม่พิมพ์ที่ทนทานใช้งานได้หลายครั้ง



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

31. วัสดุใดไม่เหมาะในการทำแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน
- ก. ยางซิลิโคน
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ปูนปลาสเตอร์
  - ง. ไฟเบอร์กลาส
32. เทคนิคการผสมยางซิลิโคนในการผลิตแม่พิมพ์ข้อใดถูกต้องที่สุด
- ก. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็ง 5%
  - ข. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็ง 5% ขึ้นไป
  - ค. แบ่งสัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งให้เท่ากัน
  - ง. ใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยางซิลิโคนและตัวทำแข็งอย่างน้อย 5%
33. งานลักษณะใดเหมาะกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อมากที่สุด
- ก. ถังมือ
  - ข. ลูกโป่ง
  - ค. ลูกบอล
  - ง. เสื้อกันฝน
34. ข้อใดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากการหล่อแบบต้น
- ก. เบ้ายาง
  - ข. ตุ๊กตายาง
  - ค. รองเท้ายาง
  - ง. หน้ากากยาง
35. น้ำยางประเภทใดเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมากที่สุด
- ก. น้ำยางสด
  - ข. น้ำยางข้น
  - ค. น้ำยางผสมสารเคมี
  - ง. น้ำยางพรีวัลคาไนซ์



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณณ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

36. งานที่ต้องการความแข็งแรงมาก ๆ เช่นโมเดลสำหรับงานแสดงหรือโชว์ควรใช้สารตัวเติมในสูตรปริมาณ
- ก. 50 phr
  - ข. 100 phr
  - ค. 150 phr
  - ง. 250 phr
37. สารใดเมื่อใส่ลงในสูตรน้ำยางคอมปาวด์แล้วไม่ช่วยให้ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
- ก. กำมะถันปริมาณ 35 phr
  - ข. เซมอดัมปริมาณ 20 phr
  - ค. ซิลิกาปริมาณ 20 phr
  - ง. เคซีนปริมาณ 5 phr
38. เหตุใดแม่พิมพ์จากปูนปลาสเตอร์ทำให้น้ำยางคอมปาวด์จับที่ผิวได้ดี
- ก. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวแห้งดูดซึมน้ำยางได้ดี
  - ข. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวเรียบน้ำยางเกาะได้ดี
  - ค. ปูนปลาสเตอร์มีแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้น้ำยางมีความเสถียรมากขึ้น
  - ง. ปูนปลาสเตอร์เป็นวัสดุผิวมีรูพรุนดูดน้ำออกไปจากน้ำยางน้ำยางจึงจับตัวที่ผิวดี
39. แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปโดยวิธีหล่อเทควรหลีกเลี่ยงวัสดุใดมาทำเป็นแม่พิมพ์เพื่อป้องกันยางเปลี่ยนสี
- ก. อะลูมิเนียม
  - ข. แมกนีเซียม
  - ค. อะลูมิเนียมเคลือบแมกนีเซียม
  - ง. อะลูมิเนียมเคลือบทองแดง
40. การใส่สารช่วยความเสถียรคอลลอยด์ในกระบวนการหล่อเพื่ออะไร
- ก. ช่วยให้การจับตัวของน้ำยางคอมปาวด์สม่ำเสมอดีขึ้น
  - ข. ช่วยป้องกันการฟอर्मเจลของน้ำยางคอมปาวด์
  - ค. ช่วยเพิ่มความหนืดให้กับน้ำยางคอมปาวด์
  - ง. ช่วยเพิ่มความหนาให้กับชิ้นงาน





แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

41. ผลิตภัณฑ์ข้อใดเหมาะสมกับการขึ้นรูปแบบหล่อเหียงมากที่สุด
- ก. ตุ๊กตา
  - ข. ลูกโป่ง
  - ค. ลูกบอล
  - ง. หน้ากาก
42. สารเคมีใดไม่จำเป็นต้องใส่ในสูตรน้ำยางคอมปาวด์สำหรับหล่อ
- ก. กำมะถัน
  - ข. แซตตีอีซี
  - ค. ซิงค์ออกไซด์
  - ง. โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์
43. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
- ก. มีความทนทานใช้งานได้นาน
  - ข. มีความยืดหยุ่นและหักงอได้ดี
  - ค. การผลิตแม่พิมพ์ต้องใช้ต้นทุนสูง
  - ง. แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย
44. ข้อดีของแม่พิมพ์ที่ผลิตจากยางซิลิโคน
- ก. มีความแข็งแรงสูง
  - ข. ทนต่อโอโซนได้ดีมาก
  - ค. ราคาถูกมีความทนทานใช้งานได้นาน
  - ง. มีความแข็งแรงสูงและทนต่อความร้อนได้ดี
45. ข้อใดไม่ใช่วิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรเนื้ออย่างล่วน
- ก. การออกสูตรน้ำยางคอมปาวด์ไม่ใส่สารตัวเติม
  - ข. การออกสูตรน้ำยางใส่สารตัวเติมได้เพื่อเพิ่มความแข็งแรง
  - ค. ใช้แปรงทาบนผิวแม่แบบแล้วจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางคอมปาวด์
  - ง. เมื่อได้ความหนาตามความต้องการแล้วอบสุกและแกะออกจากแม่แบบ



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

46. การทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรเนื้ออย่างล้นมีข้อดีอย่างไร
- ก. ใช้ต้นทุนต่ำ
  - ข. แม่พิมพ์ยางมีความแข็งแรงสูง
  - ค. แม่พิมพ์ยางนํ้าขึ้นรูปได้ง่าย
  - ง. แม่พิมพ์ยางยืดหยุ่นและทนต่อแรงดึงดี
47. ข้อใดไม่ใช่วิธีการทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรมีส่วนชั้นนอกแข็ง
- ก. การออกสูตรน้ำยางคอมปาวด์ไม่ใส่สารตัวเติม
  - ข. ออกสูตรน้ำยางใส่สารตัวเติมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงชั้นนอก
  - ค. ใช้แปรงทาบนผิวแม่แบบแล้วจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางคอมปาวด์
  - ง. เมื่อได้ความหนาตามความต้องการแล้วอบสุกและแกะออกจากแม่แบบ
48. การทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้น้ำยางสูตรมีส่วนชั้นนอกแข็งเพื่ออะไร
- ก. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีความแข็งแรงมาก
  - ข. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีผิวชั้นในเรียบ
  - ค. ต้องการชิ้นงานที่มีความยืดหยุ่นตลอดชิ้นงาน
  - ง. ต้องการแม่พิมพ์ยางที่มีผิวชั้นในเรียบด้านนอกแข็ง
49. ข้อใดไม่ใช่ขั้นตอนวิธีการทำแม่พิมพ์ยางที่มีส่วนเสริมความแข็งแรง
- ก. ใช้สูตรน้ำยางผสมซีลี้อยู่ที่ชั้นที่สอง
  - ข. ใช้สูตรเนื้ออย่างล้นทาเคลือบแม่แบบชั้นแรกก่อน
  - ค. หล่อปูนปลาสเตอร์หุ้มแม่แบบที่มีแม่พิมพ์ยางอยู่เพื่อเสริมความแข็งแรง
  - ง. ใช้สูตรน้ำยางผสมซีลี้อยู่หรือสารตัวเติมอื่นเริ่มทาชั้นแรกเสริมความแข็งแรง
50. ดันแบบสำหรับทำแม่พิมพ์ยางข้อใดไม่นิยมใช้
- ก. แก้ว
  - ข. พลาสติก
  - ค. ปูนปลาสเตอร์
  - ง. โลหะผสมทองแดง



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

51. สารเคมีใดจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ในสูตรน้ำยางสำหรับผลิตแม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
- ก. สารให้สี
  - ข. สารตัวเร่ง
  - ค. สารตัวเติม
  - ง. สารวัลคาไนซ์
52. ข้อเสียหรือข้อจำกัดของการทำแม่พิมพ์ยางจากน้ำยางคงรูป
- ก. การหล่อขึ้นงานทำได้ยุ่งยาก
  - ข. ยางแนบกับลวดลายที่เป็นร่องได้ดี
  - ค. ขึ้นงานจะหดตัวเมื่อลอกออกจากแม่แบบ
  - ง. น้ำยางจับตัวช้าไม่เหมาะสมกับการทำแม่พิมพ์
53. ข้อเสียของแม่พิมพ์ยางจากยางธรรมชาติ
- ก. ไม่เหมาะในการใช้งานที่อุณหภูมิห้อง
  - ข. อายุการใช้งานของแม่พิมพ์สั้นทำให้ต้นทุนสูง
  - ค. การหล่อขึ้นงานทำให้เกิดรอยตะเข็บตกแต่งได้ยาก
  - ง. การทิ้งแม่พิมพ์ไว้นานๆ อาจทำให้แม่พิมพ์เสียรูปทรงได้
54. การผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งมีเทคนิคการผสมอย่างไร
- ก. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งในอัตราส่วนเท่ากัน
  - ข. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งโดยใช้ตัวทำแข็งมากกว่า
  - ค. เทตัวทำแข็งปริมาณเล็กน้อยลงในยางซิลิโคนพร้อมกวนให้เข้ากัน
  - ง. ผสมยางซิลิโคนกับตัวทำแข็งโดยเทยางซิลิโคนลงในส่วนของตัวทำแข็ง
55. การผลิตแม่พิมพ์หุ่นตัวจากยางซิลิโคนเหตุใดจึงต้องจึงต้องใช้ใยแก้วทาบในรอบสุดท้าย
- ก. เพื่อต้องการเสริมโมดูลัส
  - ข. เพื่อต้องการความยืดหยุ่น
  - ค. เพื่อต้องการเพิ่มความแข็ง
  - ง. เพื่อเสริมแรงและเพิ่มความแข็ง



แบบทดสอบปลายภาค  
(ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง)

วิชาผลิตภัณฑ์น้ำยาง 2  
รหัสวิชา 3122 – 2103

56. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากวัสดุใดไม่สามารถทำได้ดี กรณีใช้แม่พิมพ์จากยางธรรมชาติ
- ก. ปูนซีเมนต์
  - ข. ยางธรรมชาติ
  - ค. ยางสังเคราะห์
  - ง. ปูนปลาสเตอร์
57. การทำความสะอาดแม่พิมพ์ยางธรรมชาติหลังใช้งานแล้ววิธีใดเหมาะสมที่สุด
- ก. ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วเป่าลมให้แห้ง
  - ข. ล้างด้วยน้ำมันสนแล้วปล่อยให้แห้ง
  - ค. ล้างด้วยทินเนอร์แล้วปล่อยให้แห้ง
  - ง. ล้างด้วยทูลูอินแล้วปล่อยให้แห้ง
58. ข้อใดเป็นหลักการหรือความหมายของน้ำยางผสมสารเคมี
- ก. การผสมสารเคมีตามขั้นตอนลงในน้ำยางตามสูตรอย่างสม่ำเสมอ
  - ข. การเตรียมเพื่อให้ได้น้ำยางมีสารเคมี
  - ค. การเตรียมพร้อมก่อนผสมกับน้ำยาง
  - ง. เป็นหลักการผสมสารเคมีกับน้ำยาง
59. เรื่องสำคัญในการผสมสารเคมีลงในน้ำยางที่ขาดไม่ได้คือข้อใด
- ก. กวนด้วยความเร็วสูง
  - ข. กวนผสมช้าบ้างเร็วบ้าง
  - ค. เติมสารเคมีลงด้วยความเร็ว
  - ง. ต้องอาศัยช่างผู้ชำนาญในการผสม
60. ข้อใดไม่ใช่ความปลอดภัยในการใช้เครื่องคอมปาวด์น้ำยาง
- ก. ศึกษาคู่มือการใช้เครื่องให้เข้าใจก่อนใช้
  - ข. ลงมือปฏิบัติการได้ทันทีเมื่อต้องการจะใช้เครื่อง
  - ค. ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องก่อนใช้งานทุกครั้ง
  - ง. ตรวจสอบระบบไฟฟ้าความพร้อมของเครื่องก่อนใช้