3.1.10 เบนโทไนต์ (Bentonite) จำหน่ายโดยบริษัท วิทยาศรม จำกัด มีลักษณะเป็นผงสีเขียวอ่อน

3.1.11 วัลทามอล (Vultamol) ผลิตโดยบริษัท BASF มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล

3.1.12 เขม่าดำ (Carbon black, HAF-black N330) ผลิตโดย บริษัทสยามเคมี จำกัด (มหาชน) มีลักษณะเป็นผงสีดำ

3.1.13 ซิลิกา (Silica) บริษัท USSL Degussa Group United Silica (Siam) Ltd. มีลักษณะเป็นผงสีขาว ชนิด Ultrasil amorphous silica dioxide

3.1.14 แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) ผลิตโดย บริษัทสยามเคมีจำกัด (มหาชน) มีลักษณะเป็นผงสีขาวหม่น

3.1.15 โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium Silicofluoride) ผลิตโดยบริษัท Shiping Mark ประเทศจีน มีลักษณะเป็นผงสีขาว

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เบ้าสำหรับเตรียมแผ่นดูดซับเสียง ทำด้วยเหล็กแผ่น มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร

3.2.2 เครื่องปั่นฟองยาง ยี่ห้อ Kitchen aid รุ่น K5SS ผลิตโดยบริษัท Kitchen Aid Inc. ประทศสหรัฐอเมริกา

3.2.3 เครื่องวัดความดังเสียง (Precision Sound Level Meter) ยี่ห้อ tes รุ่น tes 1350A ผลิตโดยประเทศไต้หวัน

3.2.4 เครื่องชั่งไฟฟ้า (Electrical balance) ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น PB3002-S ผลิตโดยประเทศสวิทเซอร์แลนด์ มีความละเอียด 2 ตำแหน่ง

3.2.5 ตู้อบอากาศร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Wtb binder รุ่น 1840030000202 ผลิตโดยบริษัท Tuttlingen ประเทศเยอรมนี เป็นระบบแสดงตัวเลข สามารถปรับอุณหภูมิสูงสุดได้ 300 องศาเซลเซียส

3.2.6 เครื่องกำเนิดความถี่ (11MHz Function Generator) ผลิตโดยบริษัท Power Supply Co., Ltd. ประเทศ เยอรมนี

3.2.7 ลำโพง ขนาด 4.5 โอห์ม ยี่ห้อ phywe ผลิตโดยบริษัท Power Supply Co., Ltd. ประเทศเยอรมนี

3.2.8 เครื่องวัด pH รุ่น Denver 215 ผลิตโดยบริษัท Mettler – Toleder Ltd. ประเทศอังกฤษ

3.2.9 เครื่องบดสารเคมี (Ball Mill)

3.2.10 หม้อนึ่งไอน้ำ

3.2.11 กล้องจุลทรรศน์

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารเคมี

การเตรียมสารเคมีจะเตรียมในรูปดิสเพิสชัน โดยใช้เครื่องบดสารเคมีบดผสมสารเคมีต่างๆและขวดที่ใช้เป็นขวดพลาสติก ขนาดความจุ 1000 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ภายในบรรจุด้วยลูกเซรามิกหลายขนาด มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 – 2 เซนติเมตร ปริมาณรวมเป็นครึ่งหนึ่งของขวด ความเร็วรอบในการหมุนขวดเท่ากับ 64 รอบต่อนาที สารเคมีที่จะเตรียมประกอบด้วย

ซิงค์ออกไซด์ในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
ซิงค์ออกไซด์	50
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	48

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

กำมะถันในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
กำมะถัน	50
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	48

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

สารตัวเร่ง แซด ดี ซี ในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
แซด ดี ซี	50
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	48

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 48 ชั่งโมง

แอนติออกซิแดนท์ในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
ซีพีแอล	50
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	48

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

สารตัวเร่ง แซด เอ็ม บี ที ในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
แซด เอ็ม บี ที	50
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	48

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

สารตัวเร่ง ดี พี จี ในรูปดิสเพิสชัน 33 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
ดี พี จี	33
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	65

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์	50
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	48

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

เขม่าดำในรูปดิสเพิสชัน 20 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
เขม่าดำ	20
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	78

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ซิลิกาในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
ซิลิกา	50
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	48

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 72 ชั่วโมง

แคลเซียมคาร์บอเนตในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	**ปริมาณ (กรัม)**
แคลเซียมคาร์บอเนต	50
เบนโทไนท์	1
วัลทามอล	1
น้ำกลั่น	48

นำสารที่เตรียมได้จากสูตรนี้ไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมีเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอลีเอต เข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยการใช้กรดโอเลอิกผสมน้ำมันและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับน้ำดังนี้

สารที่ใช้	ส่วนโดยน้ำหนัก
ส่วนที่ 1 กรดโอเลอิก	100
น้ำกลั่น	402
ส่วนที่ 2 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	23.3
น้ำกลั่น	43

นำส่วนที่ 1 ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วเติมส่วนที่ 2 ลงในส่วนที่ 1 กวนอย่างแรงแล้วนำไปอุ่นต่ออีก 1 ชั่วโมง

3.3.2 ศึกษาการทำแผ่นดูดซับเสียงจากยางธรรมชาติ

เตรียมฟองน้ำจากสูตรยาง ดังนี้

สารเคมี	**น้ำหนัก (phr)**
น้ำยางข้น	100
20 % สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอลีเอต	0.75
50 % Sulphur dispersion	2.0
50 % ZDEC dispersion	1.0
50 % ZMBT dispersion	1.0
50 % CPL dispersion	1.0
33 % DPG dispersion	0.66
50 % Zinc oxide dispersion	5.0
50 % Sodium Silicofluoride	2.0

3.3.2.1 เตรียมแผ่นดูดซับเสียง

แผ่นดูดซับเสียงจะใช้เบ้า ซึ่งทำจากอะลูมิเนียมมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 150x150 มิลลิเมตร และมีความหนา 20 มิลลิเมตร วิธีการเตรียมนั้นคือ

1. ชั่งสารเคมีตามสูตรที่กำหนดไว้ คือ

สารเคมี	**น้ำหนัก (phr)**
น้ำยางข้น	100
20 % สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอลีเอต	0.75
50 % Sulphur dispersion	2.0
50 % ZDEC dispersion	1.0
50 % ZMBT dispersion	1.0
50 % CPL dispersion	1.0
33 % DPG dispersion	0.66
50 % Zinc oxide dispersion	5.0
50 % Sodium Silicofluoride	2.0

2. เทน้ำยางใส่ลงในหม้อของเครื่องตีฟอง โดยทำการไล่แอมโมเนีย ซึ่งจะใช้พัดลมเป่าและกวนไปพร้อมๆกันเป็นเวลาประมาณ 8 นาที ต่อจากนั้นใส่ของผสมระหว่างกำมะถัน สารตัวเร่ง และสารละลายสบู่โพแทสเซียมโอลีเอตลงไป เดินเครื่องด้วยความเร็วช้าที่สุดเป็นเวลา 5 นาที เพื่อกวนให้สารเคมีกระจายตัวเข้ากันดีกับน้ำยางก่อน

3. เดินเครื่องด้วยความเร็วปานกลางเป็นเวลา 1 นาที แล้วเดินเครื่องด้วยความเร็วช้าอีกเป็นเวลา 2 นาที

4. เดินเครื่องด้วยความเร็วปานกลางเป็นเวลา 1 นาที แล้วเดินเครื่องด้วยความเร็วช้าอีกเป็นเวลา 2 นาที เดินเครื่องด้วยความเร็วช้าสลับกับความเร็วปานกลางไปอย่างนี้เรื่อยๆ จนฟองยางมีความสูงประมาณ 3-4 เท่าตัวของปริมาตรน้ำยางที่ใส่เข้าไป การเดินเครื่องด้วยความเร็วช้าสลับกับความเร็วปานกลางนี้ เพื่อให้ได้ฟองสม่ำเสมอตลอดตั้งแต่ส่วนบน จนถึงก้นหม้อ

5. เมื่อตีฟองจนได้ฟองยางจนถึงระดับที่ต้องการแล้ว ให้เติม ดีพีจี ลงไป แล้วกวนต่อด้วยความเร็วช้าเป็นเวลา 5 นาที ต่อจากนั้นเติม ซิงค์ออกไซด์ กวนต่อด้วยความเร็วช้าเป็นเวลา 5 นาทีอีก

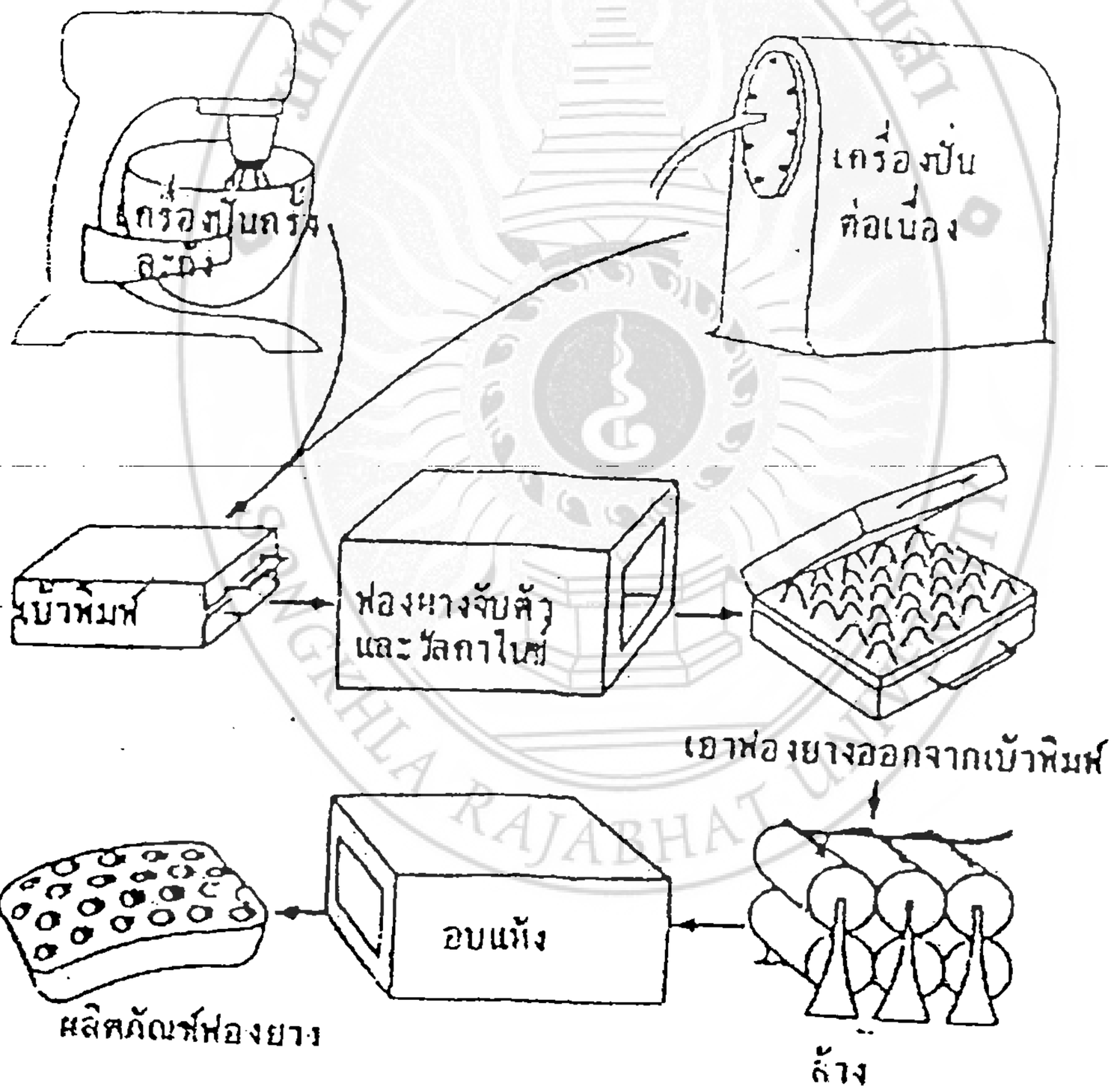
6. เมื่อครบกำหนดเวลา ขณะที่เครื่องกำลังกวนอยู่นั้น ให้เติม โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ลงไป กวนต่อไปเพื่อให้สารละลายกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วถึงกันเป็นเวลา 1 นาที

7. หยุดเครื่อง แล้วเทฟองยางที่ได้ลงในเบ้าพิมพ์ที่เตรียมไว้

8. นำฟองยางที่จับตัวดีแล้ว ไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ในหม้อนึ่งไอน้ำ เป็นเวลา 40 นาที

9. นำฟองยางไปล้างน้ำแล้วบีบน้ำออก ทำเช่นนี้หลายๆ ครั้ง เพื่อขจัดสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้ออกไปจากฟองยาง

10. นำฟองยางไปอบให้แห้งในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนแห้ง

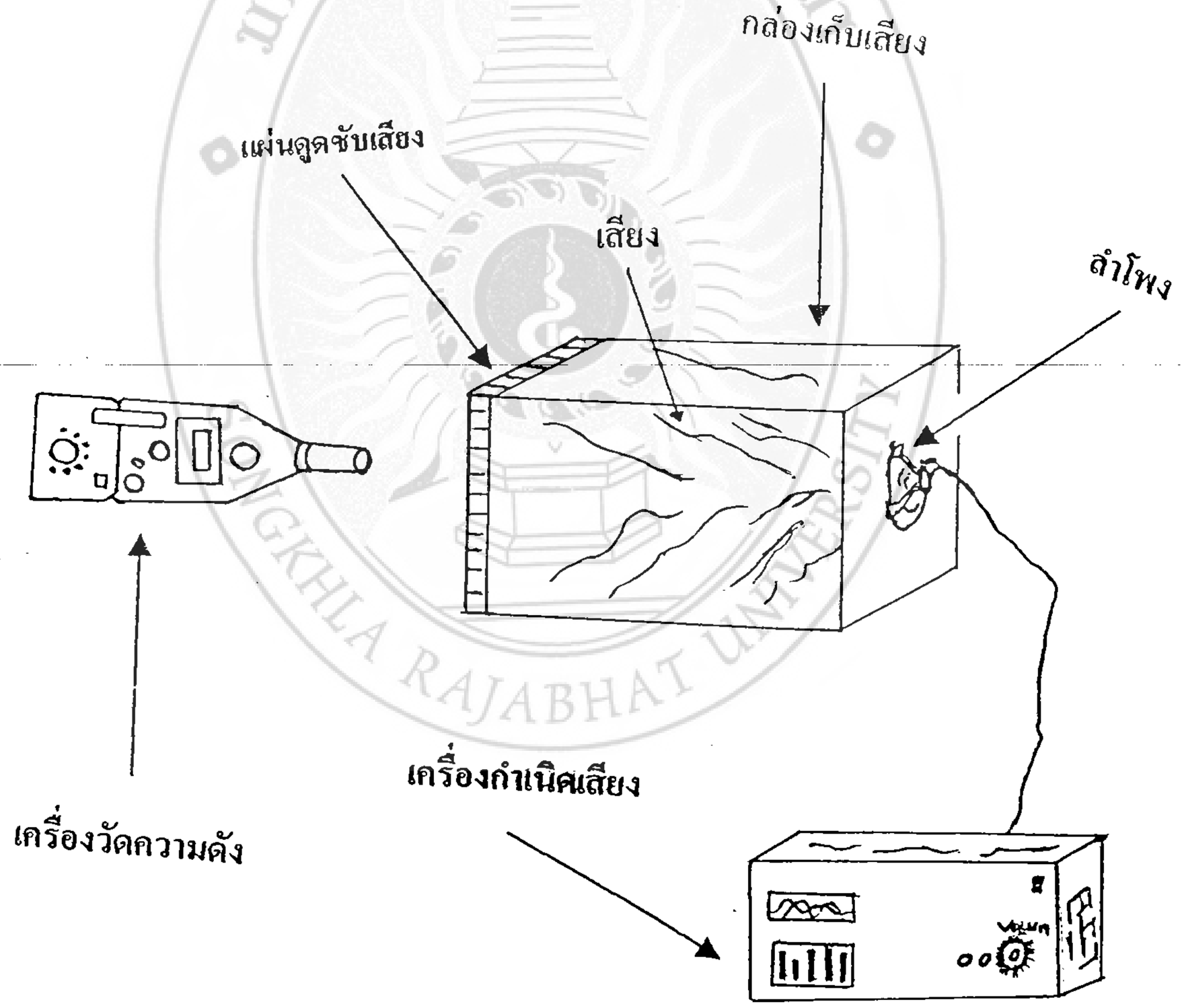


รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการผลิตฟองยาง (วัชรินทร์ , 2545)

3.3.2.2 ทำการทดสอบการดูดซับเสียง

ทดสอบการดูดซับความดังและคลื่นความถี่ของเสียงโดยการนำชิ้นทดสอบใส่ไว้ในกล่องเก็บเสียงในแนวตั้งซึ่งในกล่องเก็บเสียงจะใส่ลำโพงเป็นแหล่งกำเนิดเสียงและใช้เครื่อง Precision Sound level Meter อ่านค่าโดยวางไว้ข้างนอกกล่องเก็บเสียง ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นระยะ 400 มิลลิเมตร

กล่องเก็บเสียงจะมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำจากอะลูมิเนียม จะมีช่องใส่ลำโพงเป็นแหล่งกำเนิดเสียง ตรงข้ามลำโพงจะเป็นแผ่นทดสอบการดูดซับเสียง ด้านของกล่องอีกสองด้านจะปิดสนิท ด้านที่ลำโพงและแผ่นดูดซับเสียงจะต้องปิดสนิทเมื่อทำการใส่อุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.2 แผนภาพการทดสอบแผ่นดูดซับเสียง

3.3.3 ศึกษาอิทธิพลขนาดของรูพรุน

จากสูตรการเตรียมฟองยางทำการแปรสารลดแรงตึงผิว โดยใช้ปริมาณ คือ 1.0 , 1.5, 2.0 , 3.0 , 4.5 และ 5 phr. ตามสูตร

สารเคมี	**น้ำหนัก (phr)**
น้ำยางข้น	100
20 % สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอลีเอต	ตามกำหนด
50 % Sulphur dispersion	2.0
50 % ZDEC dispersion	1.0
50 % ZMBT dispersion	1.0
50 % CPL dispersion	1.0
33 % DPG dispersion	0.66
50 % Zinc oxide dispersion	5.0
50 % Sodium Silicofluoride	2.0

เตรียมแผ่นดูดซับเสียงตามข้อ 3.3.2.1

ทำการทดสอบแผ่นดูดซับเสียงตามข้อ 3.3.2.2

3.3.3.1 การทดสอบขนาดรูพรุนของแผ่นดูดซับเสียง

ขนาดของรูพรุนของแผ่นดูดซับเสียงนั้นสามารถที่จะทำการทดสอบได้โดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งกล้องจุลทรรศน์นั้นสามารถที่จะทำการถ่ายรูปและมีเครื่องวัดสเกลอยู่ในตัว ทำการเตรียมชิ้นทดสอบที่จะนำมาส่องกล้องจุลทรรศน์โดยการตัดแผ่นดูดซับเสียงให้มีขนาดความกว้าง 1 เซนติเมตร และยาว 1 เซนติเมตร ส่วนความหนานั้นต้องมีความบางที่สุดเท่าที่จะบางได้ นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้วางลงบนกระจกนาฬิกาที่จะนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์จากนั้นหยดน้ำกลั่นลงไปประมาณ 1-2 หยด บนชิ้นทดสอบแล้ววางทับด้วยกระจกแผ่นบางๆอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นก็นำชิ้นทดสอบไปทำการส่องกล้องจุลทรรศน์และทำการวัดขนาดของรูพรุนพร้อมทำการถ่ายรูปขนาดของรูพรุนที่สามารถวัดได้

3.3.3.2 การทดสอบหาความพรุนของแผ่นดูดซับเสียง

ความพรุนของแผ่นดูดซับเสียงนั้นสามารถที่จะทำการทดสอบได้โดยการแทนที่น้ำ คือ เตรียมชิ้นทดสอบโดยการตัดแผ่นดูดซับเสียงให้มีขนาดความ กว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้ ชั่งน้ำหนักก่อนที่จะทำการแทนที่น้ำ (จุ่มน้ำ) ต่อจากนั้นก็นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วไปทำการแทนที่น้ำ (จุ่มน้ำ) จนชิ้นทดสอบนั้นอิ่มน้ำ นำชิ้นทดสอบที่อิ่มน้ำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นก็สามารถคิดหาความพรุนของแผ่นดูดซับเสียงได้โดย ความพรุนของแผ่นดูดซับเสียง คือ %ความพรุน = $100 \times (V_0 / V_1)$

โดยที่ V_0 = ปริมาตรของน้ำ

V_1 = ปริมาตรของแผ่นดูดซับเสียง

3.3.4 ศึกษาอิทธิพลความหนาของแผ่นดูดซับเสียง

นำสูตรการทำแผ่นดูดซับเสียง สูตรที่มีปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้มีความสามารถในการดูดซับเสียงได้สูงสุดมาใช้ศึกษาต่อ โดยทำการแปรความหนาของแผ่นดูดซับเสียงโดยความหนาของแผ่นดูดซับเสียงที่ใช้ขนาด 15, 30 และ 50 มิลลิเมตร โดยให้มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 150x150 มิลลิเมตร

ทำการทดสอบแผ่นดูดซับเสียงตามข้อ 3.3.2.2

3.3.5 ศึกษาอิทธิพลของแบบดูดซับเสียง

นำสูตรการทำแผ่นดูดซับเสียงที่มีปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมที่สุดและมีความหนาที่สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุดมาทำการศึกษารูปแบบของแผ่นดูดซับเสียง ซึ่งรูปแบบของแผ่นดูดซับเสียงที่ใช้มี 4 ลักษณะ คือ

ลักษณะ A จะเป็นการนำกระดาษแข็งแล้วเจาะเป็นวงกลมขนาดรัศมีเท่ากับ 1.5 เซนติเมตรเป็นจำนวน 9 ช่อง เพื่อทำการลดพื้นที่ผิวของแผ่นดูดซับเสียง

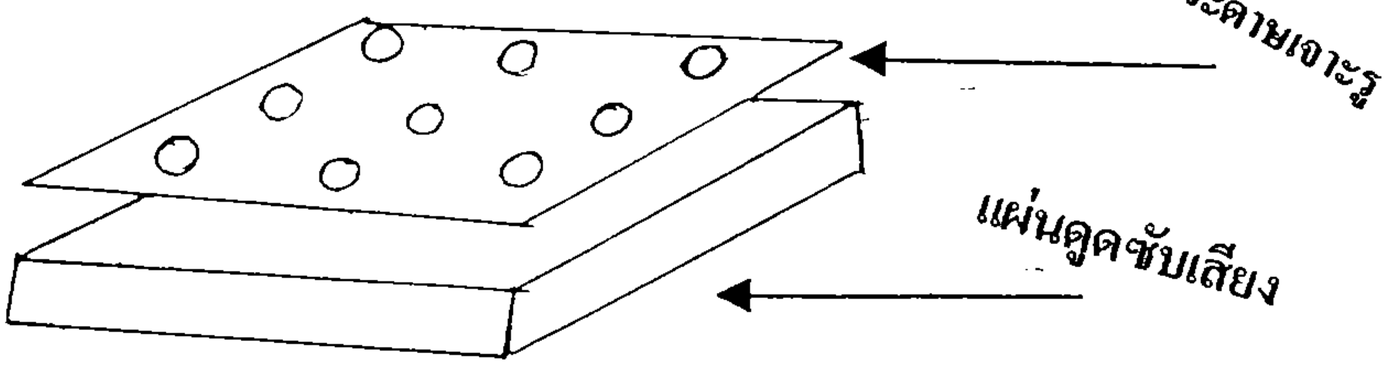
ลักษณะ B จะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม โดยทำการเซาะร่องเป็นวงกลมรัศมี 1.5 เซนติเมตร เป็นจำนวน 9 ช่อง ซึ่งทำให้มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นจากปกติ

ลักษณะ C จะทำการเซาะร่องเป็นแนวยาวขนานกับด้านยาวความกว้างของร่องเท่ากับ 1 เซนติเมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้นกว่าลักษณะ B

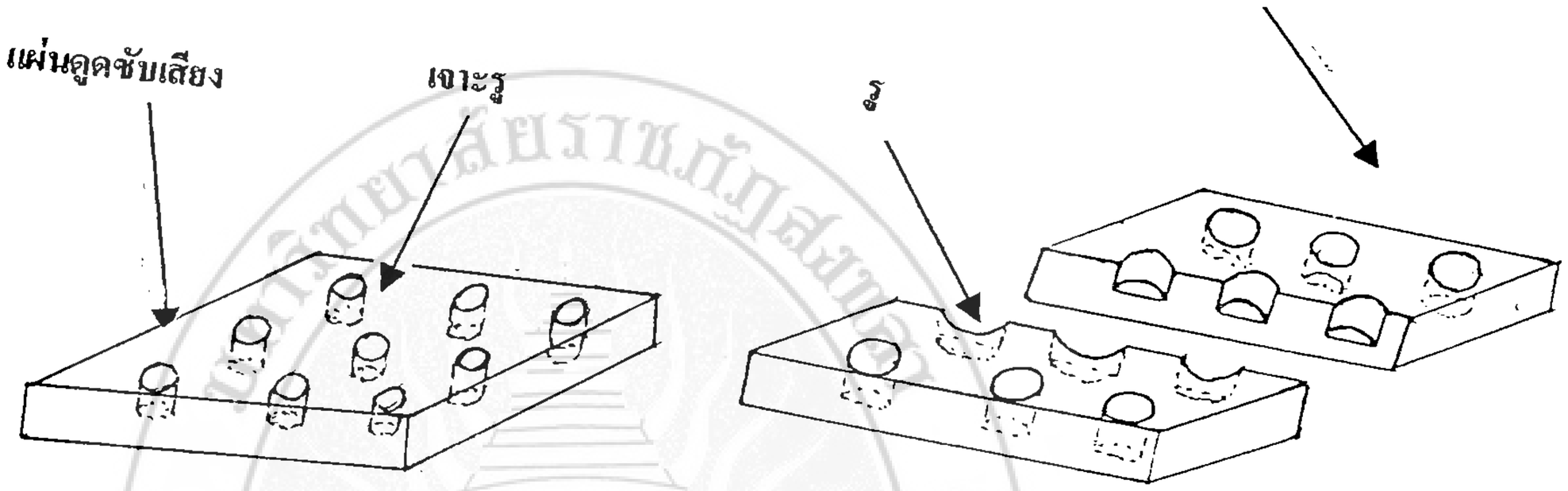
ลักษณะ D จะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมที่มีลักษณะผิวเรียบ

ทำการทดสอบแผ่นดูดซับเสียงตามข้อ 3.3.2.2

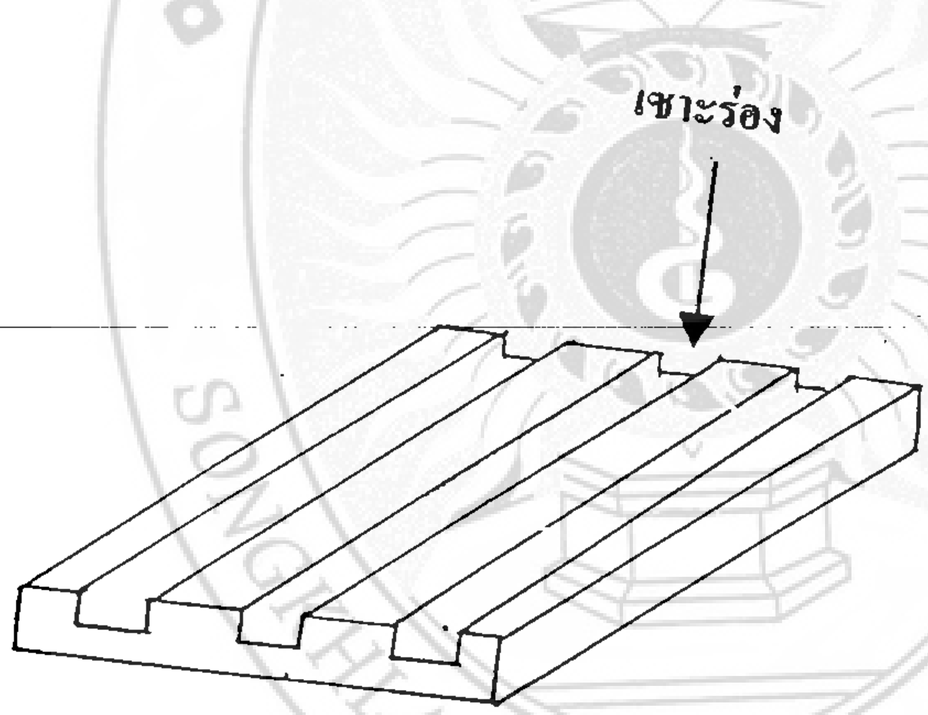
(A)



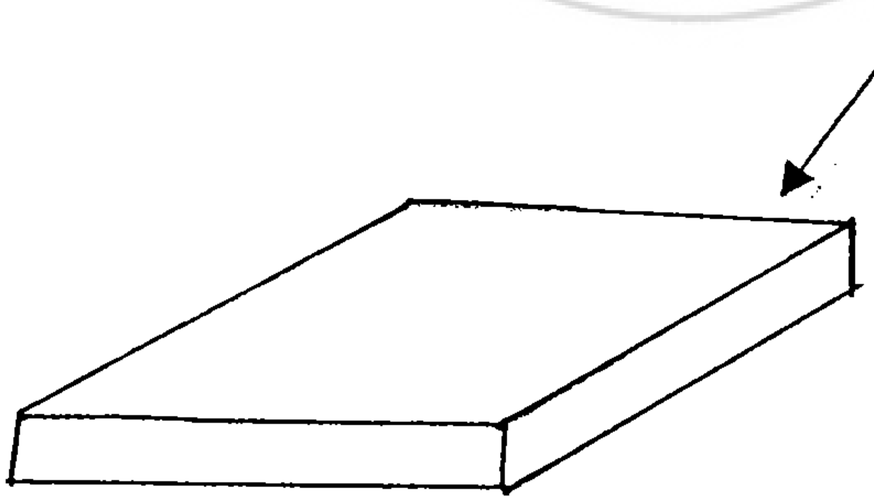
(B)



(C)



(D)



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างชิ้นทดสอบแบบต่างๆ

3.3.6 ศึกษาอิทธิพลของสารตัวเติม

การใช้สารตัวเติมลงในน้ำยางเป็นการลดต้นทุนในการผลิต ดังนั้นเพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาผลของสารตัวเติมที่มีผลต่อการดูดซับเสียง ในการศึกษาจะใช้สารตัวเติมดังนี้

- เขม่าดำ
- ซิลิกา
- แคลเซียมคาร์บอเนต

สารตัวเติมที่ใช้จะอยู่ในรูปดิสเพิสชัน คือ

- เขม่าดำ ในรูปดิสเพิสชัน 20 เปอร์เซ็นต์
- ซิลิกา ในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์
- แคลเซียมคาร์บอเนต ในรูปดิสเพิสชัน 50 เปอร์เซ็นต์

จากสูตรการเตรียมฟองยางทำการแปรสารตัวเติมโดยการเพิ่มลงไปโดยใช้ในปริมาณ 20 phr. และความเข้มข้นของสารตัวเติมจะทำการเจือจางให้อยู่ในรูปดิสเพิสชัน 20 เปอร์เซ็นต์ เหมือนกันทุกตัว

สารเคมี	**น้ำหนัก (phr)**
น้ำยางข้น	100
20 % สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอลีเอต	0.75
50 % Sulphur dispersion	2.0
50 % ZDEC dispersion	1.0
50 % ZMBT dispersion	1.0
50 % CPL dispersion	1.0
33 % DPG dispersion	0.66
50 % Zinc oxide dispersion	5.0
50 % Sodium Silicofluoride	2.0
สารตัวเติม	20

เตรียมแผ่นดูดซับเสียงตามข้อ 3.3.2.1

ทำการทดสอบแผ่นดูดซับเสียงตามข้อ 3.3.2.2