การสร้างแบบหล่อพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ

Paraffin wax molding for Buddha statue by vacuum system

นายวิศรุต สุขเทพ

นายวีรวัฒน์ อินอ่อน

นายสุวิทย์ คำบรรลือ

1'4949559

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ - 1 ก.ย. 2552
เลขทะเบียน 5200079
เลขเรียกหนังสือ ว.ร.
3752 ก 2551

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงงาน	:	การสร้างแบบหล่อพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ (Paraffin wax molding for Buddha statue by vacuum system)	
ผู้ดำเนินโครงการ	:	นายวิสรุต สุขเทพ	รหัส 48361103
		นายวีรวัฒน์ อินอ่อน	รหัส 48361127
		นายสุวิทย์ คำบรรลือ	รหัส 48364074
ที่ปรึกษาโครงงาน	:	อ.สิทธิโชค ผูกพันธุ์	
สาขาวิชา	:	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	:	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	:	2551	

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์)

หัวข้อโครงงาน	: การสร้างแบบหล่อพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ		
ผู้ดำเนินโครงการ	: นายวิศรุต สุขเทพ	รหัส	48361103
	นายวีรวัฒน์ อินอ่อน	รหัส	48361127
	นายสุวิทย์ คำบรรลือ	รหัส	48364074
ที่ปรึกษาโครงงาน	: อ.สิทธิโชค ผูกพันธุ์		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	: 2551		

.....

บทคัดย่อ

ปัญหาในการหล่อพระทองเหลือง คือ แบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้ไม่สมบูรณ์จึงต้องสิ้นเปลืองเวลาและแรงงาน ในการตกแต่งภายหลัง นอกจากนี้ยังมีปัญหาของแบบที่ ไม่สามารถควบคุมความหนา ได้ทำให้สิ้นเปลืองทองเหลืองในการหล่อชิ้นงาน โครงงานนี้จึงสร้างระบบ การเข้าแบบหล่อพระ ขี้ผึ้งด้วย ระบบสุญญากาศ โดยการนำ แบบขององค์พระและ ขี้ผึ้งเหลวใส่ไว้ในตู้เข้า แบบที่สามารถดูดอากาศออก ได้ทำการ ควบคุม อุณหภูมิของ ขี้ผึ้งที่ใช้ทำแบบ , ควบคุม ขนาด ความดันสุญญากาศภายในตู้ , และควบคุมระยะเวลาในการเข้าแบบ ภายในตู้จากนั้นพิจารณาความสมบูรณ์ของชิ้น งานและ ตำแหน่ง ที่มีความไม่สมบูรณ์ ทำการ เปลี่ยนค่า ตัวแปรดังกล่าว เพื่อจะหาค่าที่เหมาะสมของตัวแปรที่ทำให้แบบองค์พระขี้ผึ้งออกมาสมบูรณ์ที่สุดจากผลการทดลองพบว่าสภาวะการผลิตที่ทำให้แบบองค์พระที่ได้นั้น มีผิวที่เรียบที่สุดและมีส่วนประกอบองค์พระที่สมบูรณ์ที่สุด อยู่ที่อุณหภูมิ 80°C ความดันสุญญากาศ (-50) - (-60) cmHg และใช้เวลา 30 วินาทีหลัง จากนั้นทำการควบคุมความหนาโดยเทขี้ผึ้งที่อุณหภูมิ 60 °Cลงไปในแบบองค์พระที่สมบูรณ์แล้วอีกครั้งและเทออกทำการตรวจ วัดน้ำหนักพบว่าน้ำหนักแบบองค์พระลดลงได้ 10 กรัม คิดเป็น14 %

หลังจากนั้นได้ทำการออกแบบและสร้างตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบและได้ทำการทดสอบ พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถ ทำให้คุณภาพของการสร้างแบบองค์พระที่ได้มีความสมบูรณ์ , ลดเวลาในการตกแต่งองค์พระหลังจากขั้นตอนการเททองเครื่องต้นแบบสามารถเพิ่มปริมาณการผลิต โดยผลิตได้ครั้งละ 3 แบบในเวลาที่เท่ากัน นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณทองเหลืองเนื่องจากสามารถควบคุมความหนาของแบบหล่อได้

Project Title	:	Paraffin wax molding for Buddha statue by vacuum system	
Name	:	Mr. Wisarut Suktap	code 48361103
		Mr. Werawat Inon	code 48361127
		Mr. Suwit Khambanlue	code 48364074
Project Advisor	:	Mr. Sittichoke Pookpunt	
Major	:	Mechanical Engineering	
Department	:	Mechanical Engineering	
Academic Year	:	2008	

.....

Abstract

The problems in production of brass Buddha image statue are imperfect of wax molding. These cause time consuming and more labor to finish the product. Moreover, the image mold cannot control a thickness of the brass Buddha image statue that cause brass waste in casted Buddha image.

According to the problems, this project aimed to design and construct a vacuum molding system which can control wax temperature, vacuum pressure and time of operation. From the experiment, the optimum conditions were found at 80 $^{\circ}$C of liquid wax temperature, (-50)-(-60) cmHg of vacuum pressure, and 30 second in operation. This condition produced least defection of image wax mold. To control the thickness of the image mold, the 60 $^{\circ}$C of liquid wax was repeatly pured in and out of the image mold. The thickness was checked by the weight of the mold. By this method, the weight of image mold reduced about 10 grams or 14% compared with a conventional method.

Finally, the vacuum molding prototype was designed and constructed following previous condition. The performance of the prototype can produced the perfect Buddha image mold and reduced the time in the finishing process. In addition, the prototype can increased the production which produced 3 statue molds at the same time. For the thickness controlled mold, the quantity of brass decreased in the casting process, then decreased the casted image finishing process.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

ในระหว่างการปฏิบัติงานนั้นทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในด้านต่างๆ มากและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ดังนี้

- อ.สิทธิโชค ผูกพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับข้อมูลการทำโครงงาน ทุนทรัพย์และคำแนะนำตลอดการทำโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี
- ครูช่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความรู้และเอื้อเฟื้อเครื่องมือในการทำโครงงาน
- โรงหล่อพระพุทธรัตน ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ
- ร้านปรีชาการช่าง (ช่างสืบ) ที่ให้ความรู้และแนะนำเกี่ยวกับการเชื่อมเหล็กเหล็ก
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงงาน

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยช่วยสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำโครงงานทางวิศวกรรมจนสำเร็จ

คณะผู้จัดทำ

นายวิศรุต สุขเทพ

นายวีรวัฒน์ อินอ่อน

นายสุวิทย์ คำบรรลือ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ก
บทคัดย่อ ข
Abstract ค
กิตติกรรมประกาศ ง
สารบัญ จ
สารบัญรูปภาพ ซ
สารบัญตาราง ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์ ฏ

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2วัตถุประสงค์ของโครงการ 2
1.3ขอบเขต 2
1.4กิจกรรมการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 กล่าวนำ 3
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเข้าแบบพระ 3
2.3 ขั้นตอนการหล่อองค์พระพุทธรูป 6
2.4 คุณสมบัติของวัสดุ 8
2.5 ปูนปลาสเตอร์สำหรับหุ้มแบบขี้ผึ้ง 9
2.6 พาราฟิน (ขี้ผึ้ง) ที่ใช้สำหรับการเข้าแบบองค์พระ 9

บทที่ 3 แนวคิดและการออกแบบ
3.1 แนวคิดในการสร้างตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ 10
3.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของน้ำหนักแบบองค์พระที่ใช้ในโรงหล่อ 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การทดลองกับตู้ระบบสุญญากาศที่ใช้กับงานจิวเวอลี่ 11

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองกับตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ 12

3.2.2 วิธีการทดลองเพื่อหาสภาวะที่องค์พระมีความสมบูรณ์มากที่สุด 12

3.2.3 วิธีการทดลองเพื่อหาความหนาที่เหมาะสม 14

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเพื่อหาสภาวะที่แบบองค์พระขี้ผึ้งมีความสมบูรณ์ที่สุด 15

4.2 ผลการทดลองความหนา 18

บทที่ 5 การออกแบบและสร้างตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ

5.1 การออกแบบตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ 20

5.1.1 ศึกษารายละเอียดต่างๆก่อนการออกแบบ 20

5.1.2 กำหนดแนวทางในการออกแบบ 20

5.1.3 ทำการออกแบบ 20

5.2 ออกแบบหลักการทำงาน 22

5.3 การเลือกใช้วัสดุในการสร้างตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศแบบใหม่ 23

5.4 ส่วนประกอบของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศแบบใหม่ 24

5.5 รายละเอียดและขั้นตอนการสร้าง 25

บทที่ 6 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

6.1 กล่าวนำ 30

6.2 อุปกรณ์และเครื่องมือทดลอง 30

6.3 วิธีการทดสอบเครื่องต้นแบบ 32

6.4 ขั้นตอนการทดสอบสภาวะที่ทำให้แบบองค์พระขี้ผึ้งสมบูรณ์ที่สุด โดยใช้ค่าตัวแปรตามที่เคยทดลองกับตู้เข้าแบบจิวเวอรี่ 32

6.5ขั้นตอนการทดสอบการควบคุมความหนาโดยใช้ค่าอุณหภูมิของขี้ผึ้งตามที่เคยทดลองกับตู้เข้าแบบจิวเวอรี่ 35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.6 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ	36
6.6.1 ทดสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงาน	36
6.6.2 ผลทดสอบความหนา	36
บทที่ 7 บทสรุป	
7.1 สรุปผลการทดลอง	37
7.2 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก รูปแสดงตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ	41
ภาคผนวก ข เข้าร่วมโชว์ผลงานนิทรรศการ IRPUS	42
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน	43

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการเข้าแบบพระขี้ผึ้งในอดีต	4
รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการเข้าแบบพระขี้ผึ้งในปัจจุบัน	5
รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการทำองค์พระพุทธรูป	6
รูปที่ 3.1 แสดงแนวคิดในการออกแบบของตู้สร้างแบบขี้ผึ้งสุญญากาศ	10
รูปที่ 3.2 ตู้สุญญากาศ	12
รูปที่ 3.3 ชุดควบคุมอุณหภูมิ	12
รูปที่ 3.4 เกจวัดความดันและวาล์วควบคุมความดัน	12
รูปที่ 3.5 แบบองค์พระ	12
รูปที่ 3.6 ตาชั่ง	12
รูปที่ 3.7 ควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้งด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิ	13
รูปที่ 3.8 เทขี้ผึ้งลงในแบบพระ	13
รูปที่ 3.9 ปิดฝาตู้แล้วดูดอากาศภายในให้เป็นสุญญากาศ	13
รูปที่ 3.10 เทขี้ผึ้งที่เหลือหลังจากเข้าแบบด้วยระบบสุญญากาศ	13
รูปที่ 3.11 แกะแบบออกจากยางซิลิโคน	13
รูปที่ 3.12 สังเกตุและบันทึกผล	13
รูปที่ 3.13 เทขี้ผึ้งลงในแบบที่เข้าแบบ ที่ผ่านการเข้าแบบด้วยระบบสุญญากาศเพื่อให้ได้ความหนา	14
รูปที่ 3.14 เทขี้ผึ้งออกจากแบบองค์พระขี้ผึ้งให้หมด	14
รูปที่ 3.15 แกะแบบออกจากยางซิลิโคน	14
รูปที่ 3.16 สังเกตชั่งน้ำหนักและบันทึกผล	14
รูปที่ 4.1 แสดงองค์พระไม่สมบูรณ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 60 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60)cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30-90 วินาที แบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้จะมะผิวลักษณะเป็นหลุมจำนวนมาก	15
รูปที่ 4.2 แสดงองค์พระไม่สมบูรณ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 70 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30-90 วินาที	16
รูปที่ 4.3 แสดงองค์พระไม่สมบูรณ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 80 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30 วินาที	17

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.4 แสดงองค์พระไม่สมบูรณ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 80 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 60-90 วินาที	18
รูปที่ 4.5 แสดงความหนาของแบบองค์พระที่อุณหภูมิต่างๆ	19
รูปที่ 5.1 แสดงการออกแบบตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ (ภายนอก)	22
รูปที่ 5.2 แสดงการออกแบบส่วนประกอบภายในตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	22
รูปที่ 5.3 เหล็กแผ่น, เหล็กฉาก	23
รูปที่ 5.4 แผ่นอะคลิลิก	23
รูปที่ 5.5 ปั๊มสุญญากาศ	24
รูปที่ 5.6 รูปแสดงโครงสร้างของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	26
รูปที่ 5.7 แสดงโครงสร้างส่วนของขาตู้และการติดตั้งปั๊มสุญญากาศ	26
รูป 5.8 ฝาที่ใช้ปิดตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	27
รูปที่ 5.9 แสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมความดันภายในตู้	28
รูปที่ 5.10 แสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมอุณหภูมิและการติดตั้ง	28
รูปที่ 5.11 แสดงตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว	29
รูปที่ 6.1 แบบพระพุทธชินราช	30
รูปที่ 6.2 ขี้ผึ้ง	30
รูปที่ 6.3 ชุดควบคุมอุณหภูมิ	31
รูปที่ 6.4 ชุดควบคุมความดัน	31
รูปที่ 6.5 ตาชั่ง	31
รูปที่ 6.6 ขี้ผึ้งอุณหภูมิ 70 °C	32
รูปที่ 6.7 วางแบบองค์พระภายในตู้เข้าแบบพระ	32
รูปที่ 6.8 เทขี้ผึ้งลงในแบบองค์พระ	33
รูปที่ 6.9 ดูดอากาศออกจากตู้เข้าแบบ	33
รูปที่ 6.10 ควบคุมความดันและเวลา	33
รูปที่ 6.11 เทขี้ผึ้งที่เหลือออกจากแบบ	34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.12 ลอกยางซิลิโคนออกจากขี้ผึ้งแล้วบันทึกผลการทดลอง 34
รูปที่ 6.13 ขี้ผึ้งอุณหภูมิ 60 °C 35
รูปที่ 6.14 เทขี้ผึ้งอุณหภูมิ 60 °C ลงในแบบแล้วเทออกเพื่อให้ได้ความหนา 35
รูปที่ 6.15 แกะปูนปลาสเตอร์ออกแล้วนำแบบองค์พระไปแช่น้ำเพื่อจะได้แข็งตัวเร็วขึ้น 35
รูปที่ 6.16 ลอกยางซิลิโคนออกจากขี้ผึ้งชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผลการทดลอง 36

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงกิจกรรมการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 2.1 ตารางคุณสมบัติของวัสดุ	8
ตารางที่ 3.1 น้ำหนักแบบองค์พระขี้ผึ้งขนาด 3 นิ้วที่ใช้ในโรงหล่อ	11
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 60 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30-90 วินาที	15
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 70 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30-90 วินาที	16
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 80 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30 วินาที	17
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 80 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง60-90วินาที	18
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงน้ำหนักแบบองค์พระขี้ผึ้งขนาด 3 นิ้ว	19
ตารางที่ 5.1 แสดงลายละเอียดของวัสดุและส่วนประกอบของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	24

คำอธิบายสัญญาลักษณ์

		หน่วย
P	ความดัน	kPe
V	ปริมาตร	L
m	มวล	kg
T	อุณหภูมิ	°C

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันนี้โรงหล่อพระพุทธรัตน ต.อรัญญิก อ.เมือง จ.พิษณุโลก ได้ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการหล่อพระพุทธรูป พระเครื่องและรูปหล่อทองเหลืองทุกชนิด โดยในกระบวนการผลิตแบบขี้ผึ้งได้ ช่างผู้ชำนาญในการทาขี้ผึ้งลงบนแบบซิลิโคนเพื่อเข้าแบบทำให้ได้แบบองค์พระขี้ผึ้ง โดยต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของช่างเป็นหลัก ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นกับการเข้าแบบหล่อพระพุทธรูปในปัจจุบัน คือ ขี้ผึ้งไม่สามารถเข้าไปยังลวดลาย ที่มีความละเอียดมาก เนื่องจากมีฟองอากาศค้างอยู่ ทำให้เมื่อเวลาแกะรูปหล่อออกมาชิ้นงานที่ได้ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะบริเวณที่ลวดลายมีความละเอียดมาก จึงต้องมีการตกแต่งและต่อเติมชิ้นงานให้สมบูรณ์ เป็นการสิ้นเปลืองทั้งแรงงานช่าง และเวลาในการตกแต่งชิ้นงาน นอกจากนี้ปัญหาความหนาของแบบที่ไม่สามารถควบคุมได้ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองทองเหลืองในขั้นตอนการเททองแทนที่แบบขี้ผึ้งหลังจากเผาไล่ขี้ผึ้งออกหมดแล้ว

ดังนั้นโครงงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อแก้ปัญหาความไม่สมบูรณ์ ของชิ้นงานที่ได้จากการสร้างแบบหล่อขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ รวมทั้งแก้ปัญหาการสิ้นเปลืองทองเหลืองในการหล่อโดยการควบคุมน้ำหนักของแบบหล่อขี้ผึ้งให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้มีการสิ้นเปลืองเวลาแรงงานและค่าใช้จ่ายอื่นๆโดยไม่จำเป็นและกำหนดขอบเขตในการสร้างเครื่องเข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศของพระพุทธรูปที่มีขนาดหน้าตักกว้างไม่เกิน 5 นิ้วซึ่งมีตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิของขี้ผึ้ง ความดันภายในตู้สุญญากาศ, เวลาที่แบบพระขี้ผึ้งอยู่ในตู้สุญญากาศ ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานนี้คือ ชิ้นงานที่ได้จากการหล่อมีความสมบูรณ์และสวยงาม,สามารถลดความสิ้นเปลืองทองเหลืองลงได้,ประหยัดเวลาในการตกแต่งและต่อเติมชิ้นงานให้สมบูรณ์ภายหลัง, สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้นเนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาตกแต่งภายหลัง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อแก้ปัญหาความไม่สมบูรณ์ของชิ้นงานที่ได้จากการสร้างแบบหล่อขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ รวมทั้งแก้ปัญหาการสิ้นเปลืองทองเหลืองในการหล่อโดยการควบคุมน้ำหนักของแบบหล่อขี้ผึ้งให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้มีการสิ้นเปลืองเวลาแรงงานและค่าใช้จ่ายอื่นๆโดยไม่จำเป็น

1.3 ขอบเขต

1. พระพุทธรูปขนาดหน้าตักกว้างไม่เกิน 3 นิ้ว

2. ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง อุณหภูมิของขี้ผึ้ง, ความดันภายในตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ, เวลาที่แบบองค์พระอยู่ในตู้ขณะที่ดูดอากาศออกจากตู้

1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน

ระยะเวลาในการดำเนินการ : มิถุนายน 2551 – มีนาคม 2552

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงกิจกรรมการดำเนินงาน

เดือน / กิจกรรม	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.เก็บข้อมูลและศึกษาการหล่อพระและศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสร้างแบบขี้ผึ้ง										
2.วิเคราะห์และออกแบบ										
3.ทำการสร้างตู้หล่อพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ,ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ อุณหภูมิ,ความดัน,เวลา										
4.ทดสอบและปรับปรุงแก้ไข										
5.ประเมินผลและเขียนรายงาน										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ชิ้นงานที่ได้จากการหล่อมีความสมบูรณ์และสวยงาม
2. สามารถลดความสิ้นเปลืองทองเหลืองลงได้
3. ประหยัดเวลาในการตกแต่งและต่อเติมชิ้นงานให้สมบูรณ์ภายหลัง
4. สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้นเนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาตกแต่งภายหลัง

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 กล่าวนำ

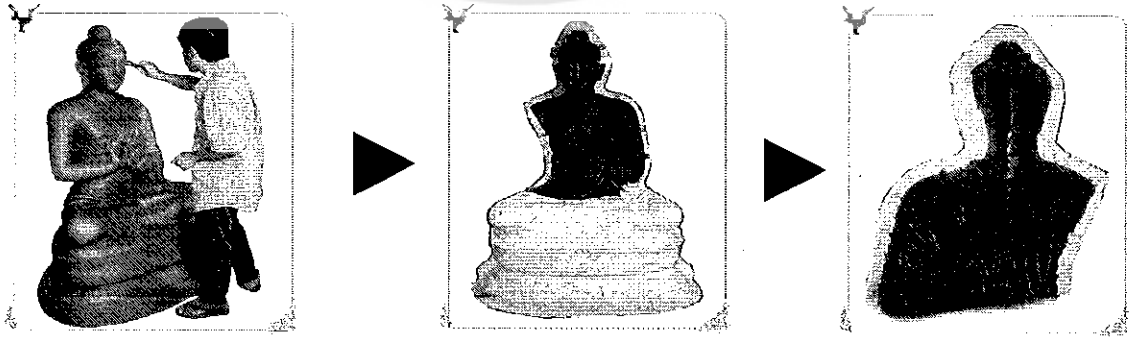
ปัจจุบันในการสร้างพระพุทธรูปพระเครื่องและรูปหล่อทองเหลืองต่างๆนั้นในขั้นตอนของการเข้าแบบพระขี้ผึ้งมีวิธีการทำที่ประยุกต์มาจากอดีต ซึ่งต้องใช้ฝีมือและความสามารถของช่างผู้ชำนาญโดยใช้วัสดุที่คล้ายคลึงกัน คือ ขี้ผึ้ง ปูนปลาสเตอร์ ยางซิลิโคน เป็นต้น

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเข้าแบบพระ

การเข้าแบบพระขี้ผึ้ง คือ การทำพระขี้ผึ้งขึ้นมาโดยใช้แบบจากแบบที่ปั้นจริง โดยการนำขี้ผึ้งไปทาที่ แบบเพื่อให้แบบที่เหมือนจริง แบบพระขี้ผึ้งมีผลต่อความสมบูรณ์ และความสวยงามขององค์พระ เนื่องจากในขั้นตอนของการเผา แบบพระที่เราทำการเข้าแบบไว้ให้ขี้ผึ้งภายในแบบไหลออกหมดเหลือเกิดเป็นช่องว่างหลังจากนั้นก็จะเททองเหลืองเข้าไป เพราะฉะนั้นแบบองค์พระขี้ผึ้งนั้นมีผลกับองค์พระจริงอย่างมาก ทั้งทางด้านความสมบูรณ์ และสวยงามและน้ำหนักขององค์พระก็หมายถึงความสิ้นเปลืองทองเหลืองนั่นเองเพราะว่าถ้าแบบพระขี้ผึ้งเราหนามากมีน้ำหนักมากเมื่อเผาให้ขี้ผึ้งไหลออกหมดแล้ว ก็จะเกิดช่องว่างใหญ่เกิน ทำให้ต้องเททองเข้าไปแทนที่มากเกินความจำเป็น

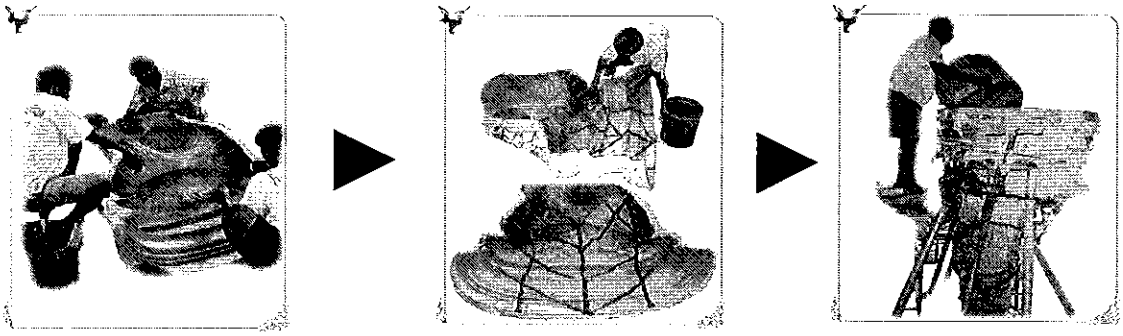
การเข้าแบบพระขี้ผึ้งในอดีตวิธีการเข้าแบบพระในอดีตจะเริ่มด้วยขั้นตอนการปั้นแบบองค์พระจริงหลังจากนั้นจะโป๊ะปูนที่แบบองค์พระจริงหนาพอสมควรหลังจากปูนแห้งแกะแบบปูนภายนอกออกเป็น 2 ชิ้น หน้า-หลัง หลังจากนั้นทาขี้ผึ้งภายในแบบ 2 ข้างที่แบ่งไว้ให้หนาพอสมควรแล้วนำแบบทั้ง 2 ชิ้นมาประกอบกัน ขี้ผึ้งทั้ง 2 ชิ้นก็จะติดกันเป็นแบบองค์พระหลังจากนั้นจะเทปูนลงไปให้เต็มในแบบแล้วนำแบบองค์พระไปเผาเพื่อให้ แบบพระขี้ผึ้งภายในไหลออกหมดและเททองเหลืองลงไปแทนก็จะเสร็จขั้นตอนการทำพระ แล้วถ้าจะทำองค์พระใหม่ก็ต้องกลับไปเริ่มที่ขั้นตอนทาปูนที่แบบพระจริงอีกครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการทำองค์พระแต่ละครั้งใช้เวลานานพอสมควร โดยที่แสดงดังรูป 2.1

การเข้าแบบพระขี้ผึ้งในปัจจุบัน ด้วยความรู้ของมนุษย์ก็ได้พัฒนาขั้นตอนการเข้าแบบพระขี้ผึ้งเพื่อให้ใช้เวลาน้อยที่สุดได้ผลผลิตมากที่สุดและองค์พระมีความสมบูรณ์ และสวยงามมากที่สุด โดยวิธีการเข้าแบบพระในปัจจุบัน ทำโดยเริ่มจากการปั้นแบบองค์พระจริงด้วยดินเหนียวหรือวัสดุอื่นๆขึ้นมา เหมือนในอดีต แต่ในขั้นตอนหลังจากนั้นได้มีการพัฒนามาจากอดีต คือ หลังจากปั้นแบบองค์พระเสร็จแล้วจะทายางซิลิโคนที่แบบองค์พระจริงพอยางซิลิโคนเริ่มแห้งก็โปะทับด้วยปูนปลาสเตอร์ให้หนาพอสมควร หลังจากปูนปลาสเตอร์แห้งก็ทำการแบ่งปูนปลาสเตอร์และยางซิลิโคนออกเป็น 2 ส่วน โดยที่ยางซิลิโคนติดอยู่ภายในแบบปูนปลาสเตอร์ แต่สามารถลอกออกได้ จากนั้นทาขี้ผึ้งลงในแบบยางซิลิโคนทั้ง 2 ส่วนที่ติดอยู่กับแบบปูนปลาสเตอร์แล้วนำมาประกบกันรัดให้แบบประกบกันแน่นด้วยยางนำไปแช่น้ำให้ขี้ผึ้งแห้งไวหลังจากนั้นนำมาขึ้นแกะปูปลาสเตอร์ออกและค่อยๆลอกยางซิลิโคนออกจากกันก็จะได้แบบองค์พระที่สมบูรณ์ออกมา หลังจากนั้นก็นำไปสู่ขั้นตอนเทปูนข้างในแบบองค์พระแล้วโป๊ะปูนปลาสเตอร์ที่แบบภายนอกเจาะรูติดฉนวนที่หัวองค์พระสำหรับให้ขี้ผึ้งไหลออก ในขั้นตอนการเผา หลังจากนั้นนำไปเผาให้ขี้ผึ้งไหลออกให้หมดและเททองเหลืองเข้าไปแทนก็จะได้องค์พระที่สมบูรณ์และสวยงาม ขั้นตอนการเข้าแบบองค์พระปัจจุบันที่ดีกว่าในอดีต คือเราสามารถทาขี้ผึ้งบนยางซิลิโคลนแล้วนำมาประกบกัน ทิ้งไว้ให้แห้งเราก็จะได้แบบองค์พระต่างกับในอดีต ที่เราต้องนำปูนไปโป๊ะบนองค์พระจริงแล้วแบ่งเป็น 2 ส่วนอีกครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการทำแบบองค์พระนานและสิ้นเปลืองวัสดุจำนวนมากและแบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้ออกมาไม่สม่ำเสมอในการทำแต่ละครั้ง โดยที่แสดงดังรูป 2.1

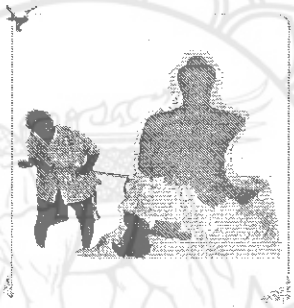


ปั้นองค์พระด้วยดินเหนียว นำปูนปลาสเตอร์มาปั้นทับแบบดินเหนียว เอาดินเหนียวออก

รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการเข้าแบบพระขี้ผึ้งในอดีต

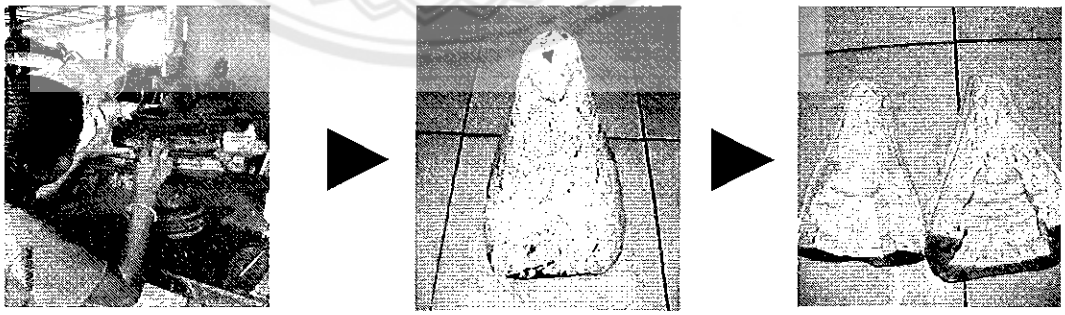


ทาขี้ผึ้งด้านในของแบบปูน ติดชนวนเพื่อให้น้ำทองไหล นำแบบมาประกบกันจากนั้นจึงเทปูนด้านในของแบบ



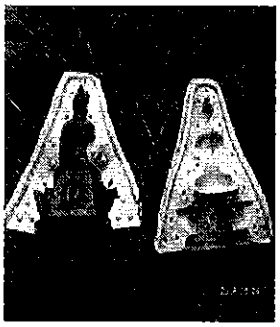
ทุบปูนข้างนอกออกจากนั้นจึงตกแต่งหุ่นขี้ผึ้ง

รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการเข้าแบบพระขี้ผึ้งในอดีต (ต่อ)



ปั้นองค์พระด้วยดินเหนียว ทาด้วยยางซิลิโคน แล้วนำปูนปลาสเตอร์มาปั้นทับ เมื่อปูนแห้งแบ่งเป็น 2 ส่วน

รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการเข้าแบบพระขี้ผึ้งในปัจจุบัน



ทาขี้ผึ้งด้านในของแบบปูนแล้ว นำมาประกบกันเพื่อเข้าแบบ

แยกแบบปูนออกจะได้แบบองค์พระขี้ผึ้ง

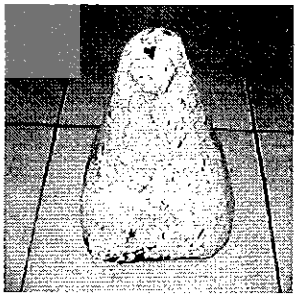
รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการเข้าแบบพระขี้ผึ้งในปัจจุบัน (ต่อ)

2.3 ขั้นตอนการหล่อองค์พระพุทธรูป

ขั้นตอนการหล่อพระพุทธรูปโดยสรุปมีดังต่อไปนี้

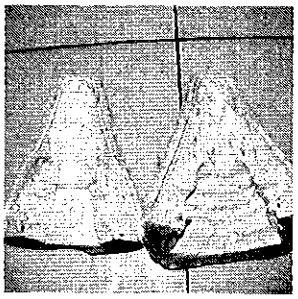
1.เลือกแบบที่จะนำมาหล่อ
จากนั้นนำมาปั้นองค์ด้วยดินเหนียว

2.ทายางซิลิโคนแล้วโปะทับด้วยปูนปลาสเตอร์



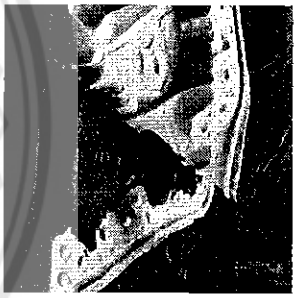
รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการทำองค์พระพุทธรูป

3.เมื่อยางซิลิโคนและปูนปลาสเตอร์แห้งทำการแบ่งแบบออกเป็น 2 ส่วน



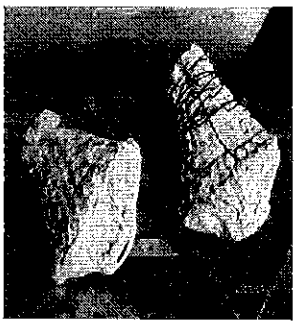
4.นำแบบปูนมาแยกเป็นส่วนๆ จากนั้นนำขี้ผึ้งมาทาที่ด้านในของแบบปูนให้หนาพอประมาณ

5.หลังจากเข้าแบบเรียบร้อยจะได้แบบองค์พระขี้ผึ้ง



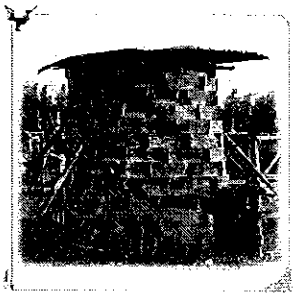
6.นำแบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้มาโปะทับทั้งด้านในและด้านนอก

9.มัดลวดที่ปูนปลาสเตอร์เพื่อป้องกันแบบแตกขณะเผา



รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการทำองค์พระพุทธรูป (ต่อ)

10.นำแบบมาเผาในเตาอิฐจนขี้ผึ้งละลายออกมาหมด



11.จากนั้นจึงเททองที่ได้หลอมไว้แล้วลงไปในแบบที่ได้เผาในเตาอิฐจนขี้ผึ้งละลายออกมาหมดแล้ว

12.เมื่อแบบที่เททองเย็นตัวแล้วจึงนำมาทุบปูนออก แล้วจึงตกแต่งองค์พระให้สวยงาม

รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการทำองค์พระพุทธรูป (ต่อ)

2.4 คุณสมบัติของวัสดุ

ตาราง 2.1 ตารางคุณสมบัติของวัสดุ

วัสดุ	ρ (kg.m3)	Cp (J/kg.K)	Melting Point(c)	Boiling point(c)
Parafin Wax	900	2890	48-66	370
ปูนปลาสเตอร์	1440	837	-	-

(ที่มา: Frank P.Incropera & David P. dewitt,fandamentel of Heat and mass Tranfer 5th John wiley& Sons)

2.5 ปูนปลาสเตอร์สำหรับหุ้มแบบขี้ผึ้ง

ปูนปลาสเตอร์ทำมาจากแร่ยิปซัม ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ในโครงผลึกจะมีน้ำ 2 หน่วยต่อแคลเซียมซัลเฟต 1 หน่วย เมื่อนำยิปซัมมาเผาแคลไซน์ น้ำบางส่วนจะระเหยออกไปกลายเป็นปูนปลาสเตอร์ ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ในโครงผลึกจะมีน้ำเพียง 1 หน่วยต่อแคลเซียมซัลเฟต 2 หน่วย ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้นเมื่อเราเติมน้ำให้กับปูนปลาสเตอร์ ปูนปลาสเตอร์จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นผลึกรูปเข็มของยิปซัมและกลายเป็นก้อนแข็งอีกครั้ง กระบวนการดังกล่าวนี้จะกินเวลาประมาณ 20-30 นาที ซึ่งยาวนานพอที่ปูนเหลวจะไหลตัวเต็มตัวในแบบพิมพ์ได้อย่างอิสระ ปูนปลาสเตอร์จึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมมาก กับการหล่อแบบให้เป็นรูปร่างต่างๆ ได้ตามต้องการ ปูนปลาสเตอร์ที่เริ่มแข็งตัวใหม่ๆ จะค่อนข้างร้อน เนื่องจากปฏิกิริยาการเซ็ตตัวของปูนปลาสเตอร์จะคลายความร้อน ออกมาด้วยนั่นเอง

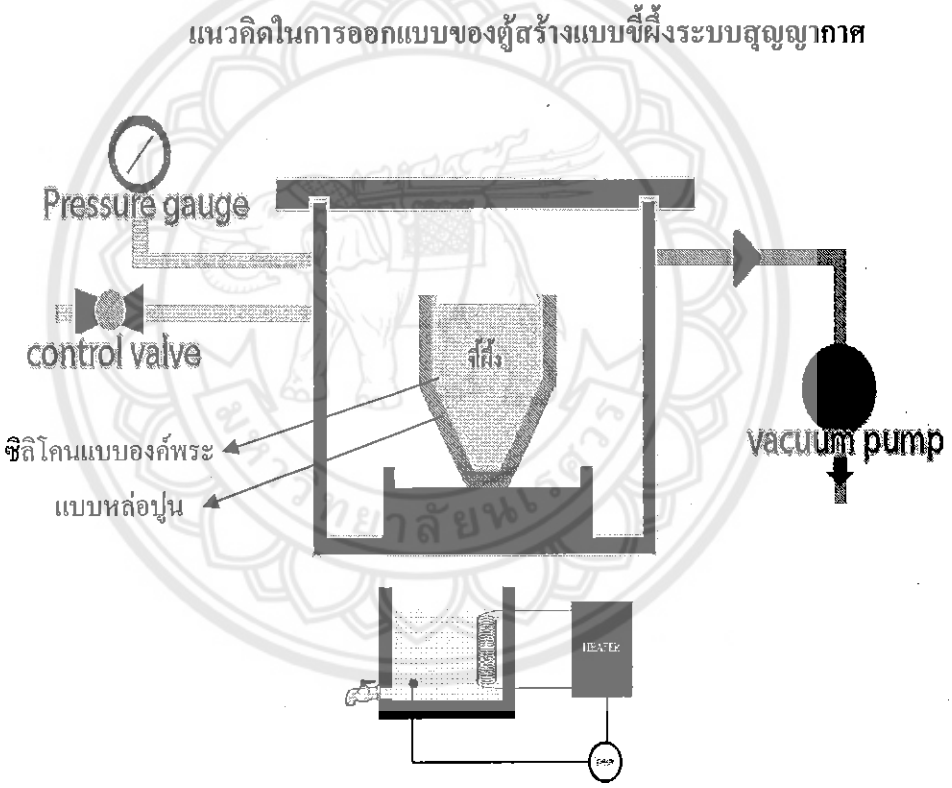
ประโยชน์ของปูนปลาสเตอร์ที่สำคัญคือ ใช้ในการหล่อแบบเป็นชิ้นงาน เช่น หน้ากาก ตุ๊กตาและสิ่งของประดับบ้าน ทำเฝือกสำหรับคนไข้ที่ประสบอุบัติเหตุกระดูกแขนหรือขาหัก ใช้พิมพ์รอยมือหรือเท้าสำหรับศึกษาและงานสืบสวน รวมถึงทำแบบพิมพ์สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิก การใช้ปูนปลาสเตอร์ทำแบบ สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกมีข้อดีหลายประการ เนื่องจากปูนปลาสเตอร์มีความแข็งแรงและผิวหน้าเรียบ สามารถเก็บรายละเอียดต่างๆ ของต้นแบบได้ดี รวมถึงมีรูพรุนมาก จึงสามารถดูดน้ำออกจากเนื้อดินได้ ทำให้เนื้อดินแห้งเร็วกว่าการใช้วัสดุอื่นทำแบบ นอกจากนั้นยังมีราคาถูกอีกด้วย ข้อควรระวังในการทำแบบปูนปลาสเตอร์คือ จะต้องกำจัดฟองอากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำปฏิกิริยาระหว่างปูนปลาสเตอร์กับน้ำออกให้หมด มิฉะนั้นจะทำให้เกิดรูพรุนขนาดใหญ่ซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งแรง และการดูดซึมน้ำของแบบที่ได้ เพราะเหตุนี้ทางโรงหล่อจึงได้นำปูนปลาสเตอร์มาผสมกับทรายละเอียดเพื่อที่จะนำมาทำเป็นแบบหล่อพระที่เหมาะสมที่สุด

2.6 พาราฟิน (ขี้ผึ้ง) ที่ใช้สำหรับการเข้าแบบองค์พระ

ขี้ผึ้งพาราฟินเป็นไขมันที่ได้จากการกลั่นปิโตเลียมซึ่งจะได้สารเคมีในกลุ่ม Alkane Hydrocarbon โดยมีสูตรโครงสร้าง คือ C_6H_{2n+2} มีลักษณะใสไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติ คล้ายขี้ผึ้งจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 47-60 °C และมีจุดเดือดที่ 370 °C ไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ใน Ether, Benzene และ Ester บางชนิดซึ่งพาราฟินบริสุทธิ์จะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีสามารถใช้ประโยชน์ได้มากมายและมีหลายสถานะ การใช้งานหรือประโยชน์แบ่งตามสถานะได้ดังนี้ แก๊ส ใช้เป็นเชื้อเพลิง ของเหลว ใช้เป็นเชื้อเพลิง ใช้เป็นยารักษาโรค ในรูปขี้ผึ้ง ใช้ผลิตเทียนใช้เคลือบกระดาษบางชนิดใช้เคลือบเสื้อผ้าใช้เป็นส่วนผสมของยาหม่องใช้ทาปาก

บทที่ 3
แนวคิดและการออกแบบ

3.1 แนวคิดในการสร้างตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 3.1 แสดงแนวคิดในการออกแบบของตู้สร้างแบบขี้ผึ้งสุญญากาศและชุดควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้ง

โครงสร้างและลักษณะการทำงานของตู้เข้าแบบหล่อพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ ประกอบไปด้วย ตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งจะถูกปิดด้วยวัสดุที่ป้องกันการรั่วของอากาศ ภายในตู้มีฐานไว้สำหรับวางชิ้นงานตู้ถูกต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศเพื่อดูดอากาศออกจากตู้ส่วนตัวตู้จะติดเกจวัดความดันเพื่อดูความดันภายในตู้มีวาล์วคอยเปิดอากาศเมื่อความดันในตู้ได้ตามที่ต้องการและมีชุดควบคุม

ความดันคอยควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้งเพื่อจะได้อุณหภูมิที่แน่นอนเนื่องจากอุณหภูมิจะสัมพันธุ์กับการจับตัวกันของขี้ผึ้งซึ่งมีผลต่อความหนาของแบบองค์พระขี้ผึ้ง

ปัญหาการควบคุมความหนาของแบบหล่อขี้ผึ้งจะใช้น้ำหนักของแบบเป็นตัวกำหนดซึ่งจะสัมพันธ์กับน้ำหนักของทองเหลืองที่ใช้เทในการสร้างองค์พระ

3.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของน้ำหนักแบบองค์พระที่ใช้ในโรงหล่อ

ตาราง 3.1 น้ำหนักแบบองค์พระขี้ผึ้งขนาด 3 นิ้วที่ใช้ในโรงหล่อ

ชิ้นงาน	น้ำหนักเฉลี่ยแบบขี้ผึ้ง
1	63
2	66
3	64
4	67
5	60
6	68
7	64
8	67
9	70
10	61
เฉลี่ย	65

(ที่มา: โรงหล่อพุทธรัตน)

3.2 การทดลองกับตู้ระบบสุญญากาศที่ใช้กับงานจิวเวอลี่

เนื่องจากใน ธุรกิจการทำจิวเวอลี่ ซึ่งมีขนาดเล็กได้ใช้ตู้ระบบสุญญากาศ ในการทำแบบจิวเวอลี่ต่างๆ เราจึงนำ หลักการดังกล่าว มาทดลอง กับการเข้าแบบพระขี้ผึ้ง ซึ่งมี ขนาดใหญ่กว่า โดยนำแบบองค์พระที่ปัจจุบันโรงงานได้ผลิตใช้รวมสุญญากาศในการเข้าแบบ และหาค่าตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเข้าแบบพระ เช่น อุณหภูมิของขี้ผึ้ง เวลาที่แบบอยู่ในตู้ระบบสุญญากาศ ความดันภายในตู้ระบบ สุญญากาศและอื่นๆ เป็นต้น และเก็บค่าและข้อมูลต่างๆ เพื่อจะนำไปใช้ในการออกแบบตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

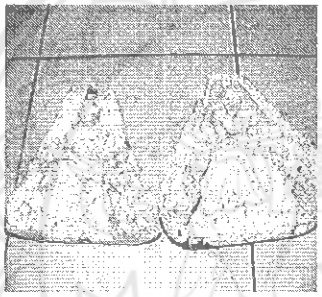
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองกับตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

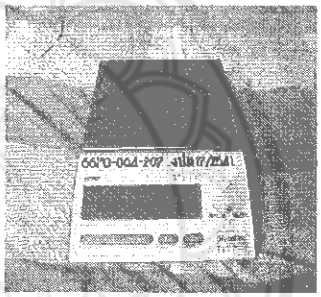
รูปที่ 3.2 ตู้สุญญากาศ

รูปที่ 3.3 ชุดควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 3.4 เกจวัดความดัน และวาล์วควบคุมความดัน



รูปที่ 3.5 แบบองค์พระ



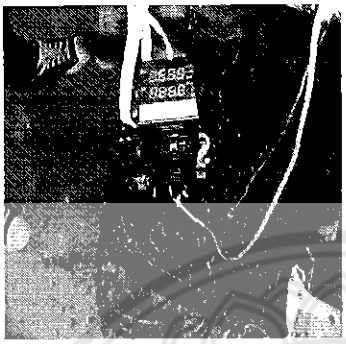
รูปที่ 3.6 ตาชั่ง

3.2.2 วิธีการทดลองเพื่อหาสภาวะที่องค์พระมีความสมบูรณ์มากที่สุด

หลังจากที่ได้มีการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และได้ทำการสร้างชุดทดลองเรียบร้อยแล้ว จากนั้นได้ทำการทดลองกับแบบขององค์พระ ที่ใช้ในการผลิตองค์พระจริง โดยการนำแบบขององค์พระใส่ไว้ใน ตู้เข้าแบบระบบสุญญากาศ แล้วใส่ขี้ผึ้งให้เต็ม แบบขององค์พระและทำการดูดอากาศออกจากตู้ เพื่อให้ภายในตู้เกิดระบบสุญญากาศ มีการกำหนดความดันภายในตู้เข้าแบบ โดยใช้เกจวัดความดันเป็นเครื่องมือวัดความดันภายในตู้ และกำหนดอุณหภูมิของขี้ผึ้งโดยใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิให้คงที่แล้ว ทำการจับเวลาระหว่างที่แบบพระขี้ผึ้งอยู่ในตู้เข้าแบบระบบสุญญากาศ โดยกำหนดค่าอุณหภูมิของขี้ผึ้ง, ความดันในตู้เข้าแบบ, เวลาระหว่างเข้าแบบดังต่อไปนี้ ทำการกำหนดอุณหภูมิของขี้ผึ้งไว้ที่ 60 °C,70 °C,80 °C ความดันสุญญากาศที่ 50 cmHg,60 cmHg เวลาที่ใช้ในการเข้าแบบอยู่ระหว่าง 30 วินาที,60 วินาที ,90 วินาที

หลังจากนั้นเมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วนำแบบองค์พระที่ได้มาดูความสมบูรณ์และความคมชัดของรายละเอียดของชิ้นงานว่ามีจุดบกพร่องอย่างไรบ้าง ทำการบันทึกผลและถ่ายรูปไว้ประกอบกับผลการทดลองหลัง จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรตามที่กำหนดไว้ข้างต้น ไม่ให้ซ้ำที่เคยทดลอง

ก่อนหน้านี้เพื่อจะหาค่าสภาวะของตัวแปรที่ทำให้แบบองค์พระออกมาสมบูรณ์และมีรายละเอียดคมชัดที่สุดให้มีจุดบกพร่องน้อยที่สุด



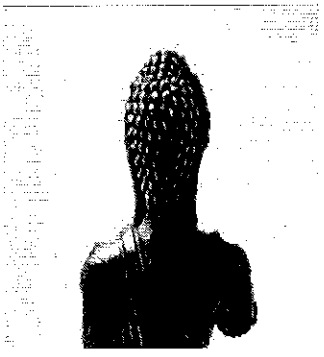
รูปที่ 3.7 ควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้งด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 3.8 เทขี้ผึ้งลงในแบบพระ

รูปที่ 3.9 ปิดฝาตู้แล้วดูดอากาศภายในให้เป็นสุญญากาศ

รูปที่ 3.10 เทขี้ผึ้งที่เหลือหลังจากเข้าแบบด้วยระบบสุญญากาศ

รูปที่ 3.11 แกะแบบออกจากยางซิลิโคน



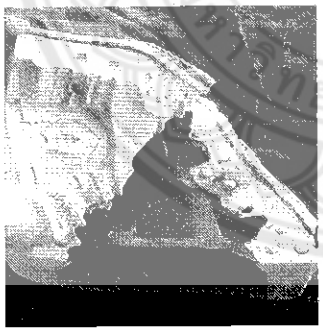
รูปที่ 3.12 สังเกตุและบันทึกผล

3.2.3 วิธีการทดลองเพื่อหาความหนาที่เหมาะสม

เมื่อได้แบบองค์พระที่มีความสมบูรณ์เรียบร้อย แล้วหลังจากนั้นทำการควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้งอีกครั้ง เพื่อจะใช้ ในขั้นตอนของการหาความหนาที่เหมาะสมโดยทำการทดลอง โดยใช้ค่าตัวแปรดังต่อไปนี้ อุณหภูมิขี้ผึ้ง 50 °C,60 °C,70 °C ตามลำดับเมื่อได้อุณหภูมิตามที่ต้องการเทขี้ผึ้งลงไปในแบบองค์พระอีกครั้ง และเทออกเพื่อจะทำให้แบบองค์พระมีความหนา และสามารถนำไปใช้งานได้ ตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล

รูปที่ 3.13 เทขี้ผึ้งลงในแบบที่เข้าแบบที่ผ่านการเข้าแบบด้วยระบบสุญญากาศเพื่อให้ได้ความหนา

รูปที่ 3.14 เทขี้ผึ้งออกจากแบบองค์พระขี้ผึ้งให้หมด



รูปที่ 3.15 แกะแบบออกจากยางซิลิโคน

รูปที่ 3.16 สังเกตุชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

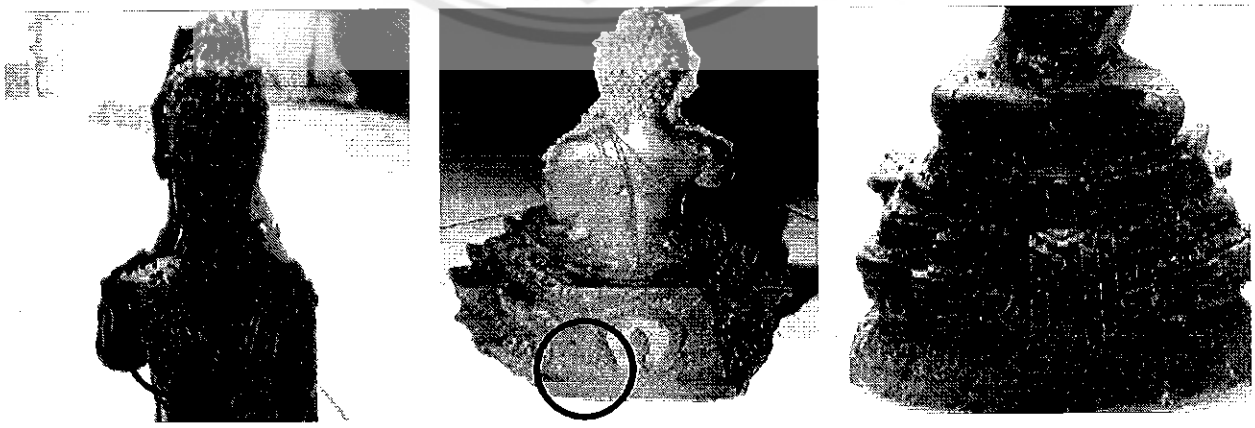
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเพื่อหาสภาวะที่แบบองค์พระขี้ผึ้งมีความสมบูรณ์ที่สุด

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 60 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30-90 วินาที

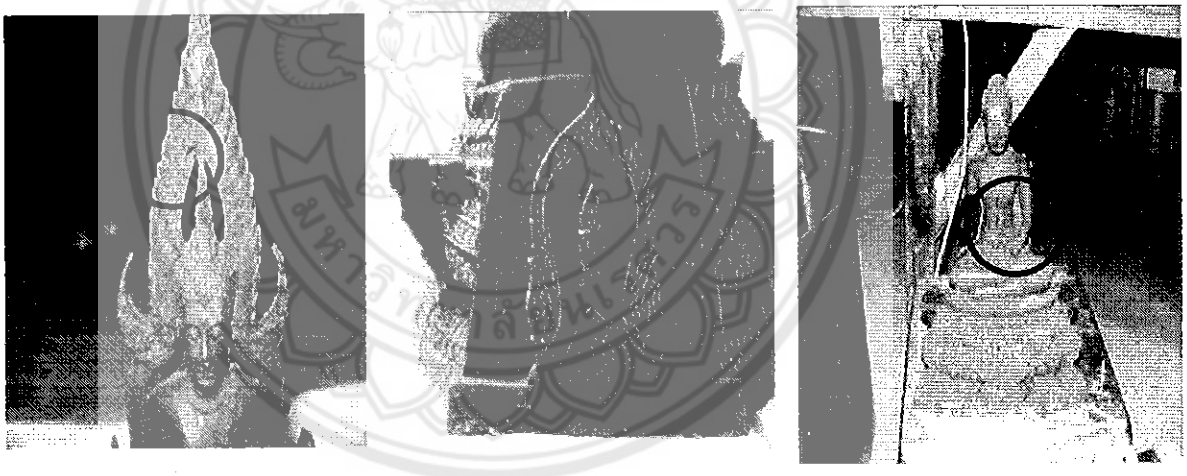
อุณหภูมิ °C	ความดัน cmHg	เวลา (s)	ผลการทดลอง
60	-50	30	ลายไม่ชัด,ผิวไม่เรียบ
		60	ลายไม่ชัด,ผิวไม่เรียบ
		90	ลายไม่ชัด,ผิวไม่เรียบ
	-60	30	ลายไม่ชัด,ผิวไม่เรียบ
		60	ลายไม่ชัด,ผิวไม่เรียบ
		90	ลายไม่ชัด,ผิวไม่เรียบ



รูปที่ 4.1 แสดงองค์พระไม่สมบูรณ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 60 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60)cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30-90 วินาที แบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้ จะมะผิวลักษณะเป็นหลุมจำนวนมาก ส่วนประกอบต่างๆขององค์พระไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 70 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30-90 วินาที

อุณหภูมิ °C	ความดัน cmHg	เวลา (s)	ผลการทดลอง
70	-50	30	ลายชัดแต่ยังไม่สมบูรณ์,ผิวไม่ค่อยเรียบ
		60	ลายชัดแต่ยังไม่สมบูรณ์,ผิวไม่ค่อยเรียบ
		90	ลายชัดแต่ยังไม่สมบูรณ์,ผิวไม่ค่อยเรียบ
	-60	30	ลายชัดแต่ยังไม่สมบูรณ์,ผิวไม่ค่อยเรียบ
		60	ลายชัดแต่ยังไม่สมบูรณ์,ผิวไม่ค่อยเรียบ
		90	ลายชัดแต่ยังไม่สมบูรณ์,ผิวไม่ค่อยเรียบ



รูปที่ 4.2 แสดงองค์พระไม่สมบูรณ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 70 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30-90 วินาทีแบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้บริเวณผิวจะไม่เรียบมีหลุมที่เกิดจากฟองอากาศจำนวนมาก ส่วนประกอบต่างๆขององค์พระยังไม่ค่อยสมบูรณ์

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองที่สภาวะอุณหภูมิ 80 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30 วินาที

อุณหภูมิ °C	ความดัน cmHg	เวลา (s)	ผลการทดลอง
80	-50	30	ลายชัดแต่ยังไม่สมบูรณ์,ผิวไม่ค่อยเรียบ
		60	ลายชัดเจนผิวเรียบ,สมบูรณ์
		90	ลายชัดเจนผิวเรียบ,สมบูรณ์
	-60	30	ลายชัดแต่ยังไม่สมบูรณ์,ผิวไม่ค่อยเรียบ
		60	ลายชัดเจนผิวเรียบ,สมบูรณ์
		90	ลายชัดเจนผิวเรียบ,สมบูรณ์

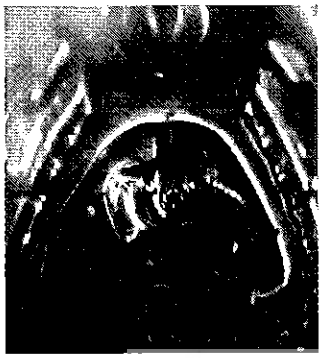
รูปที่ 4.3 แสดงองค์พระไม่สมบูรณ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 80 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 30 วินาที แบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้ ส่วนประกอบสมบูรณ์ ผิวขององค์พระค่อนข้างเรียบ แต่ยังมีหลุมที่เกิดจากฟองอากาศเล็กน้อย

รูปที่ 4.4 แสดงองค์พระไม่สมบูรณ์ที่สภาวะอุณหภูมิ 80 °C ความดันระหว่าง (-50) – (-60) cmHg และช่วงเวลาระหว่าง 60-90 วินาที แบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้ผิวจะมีลักษณะเรียบส่วนประกอบต่างๆขององค์พระสมบูรณ์ผิวเรียบไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่

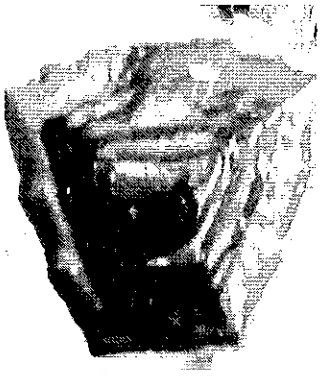
4.2 ผลการทดลองความหนา

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงน้ำหนักแบบองค์พระขี้ผึ้งขนาด 3 นิ้ว

ชิ้นงาน	น้ำหนักแบบขี้ผึ้งต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ (กรัม)		
	50 °C	60 °C	70 °C
1	74	55	40
2	71	57	45
3	74	54	44
4	73	54	45
5	76	58	46
6	71	53	42
7	70	54	48
8	72	55	40
9	68	57	46
10	69	53	44
เฉลี่ย	72	55	44



ขี้ผึ้งอุณหภูมิ 65-70 °C



ขี้ผึ้งอุณหภูมิ 55-65 °C

ขี้ผึ้งอุณหภูมิ 50-55 °C

รูปที่ 4.5 แสดงความหนาของแบบองค์พระที่อุณหภูมิต่างๆ

ควบคุมความหนาจะใช้ที่ 60 °C จะทำให้ขี้ผึ้งมีความหนืดพอดีสามารถลดน้ำหนักของแบบองค์พระขี้ผึ้งลงได้ประมาณ 10 กรัม คิดเป็น% ได้ประมาณ 14 % ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 60 °C ขี้ผึ้งมีความหนืดมากเกินไปทำให้ขี้ผึ้งเกาะแบบมากเกินไปทำให้แบบหนาส่วนอุณหภูมิสูงกว่า 60 °C ขี้ผึ้งจะร้อนเกินไปทำให้ไม่เกาะกับแบบและถ้าร้อนมากเกินไปอาจทำให้ขี้ผึ้งที่อยู่ในลายละลายไปด้วย

บทที่ 5
การออกแบบและสร้างตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ

5.1 การออกแบบตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

ในการออกแบบตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศตามแนวความคิดมีลำดับขั้นตอนในการออกแบบดังนี้

5.1.1) ศึกษารายละเอียดต่างๆก่อนการออกแบบ

ในการออกแบบนั้นต้องทำการศึกษาหลักทางด้านเทคนิคของตู้เข้าแบบ หลักเศรษฐศาสตร์ และวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างซึ่งต้องมีขายและสามารถสั่งซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป

5.1.2) กำหนดแนวทางในการออกแบบ

การออกแบบตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศนั้นมีหลักเกณฑ์และข้อกำหนดดังนี้

2.1 สะดวกต่อการใช้งาน

2.2 สามารถผลิตแบบขี้ผึ้งได้มากขึ้นกว่าแรงงานคน

2.3 แบบขี้ผึ้งที่ได้ต้องมีลายละเอียดคมชัดไม่มีข้อบกพร่อง

2.4 ลดเวลาในการเข้าแบบขี้ผึ้งที่ใช้ในปัจจุบัน

2.5 บำรุงรักษาง่าย

2.6 วัสดุอุปกรณ์หาง่ายและไม่แพงมากนัก

5.1.3) ทำการออกแบบ

ขั้นตอนการคำนวณหาขาดของตู้เพื่อให้สมดุลกับขนาดของปั๊ม

ความดัน 1 cmHg = 1.33 kPa

P_{gage} = - 60 cmHg

= - 60 x 1.33

= - 79.8 kPa

P_{air} = 101.3 kPa (atm)

P_{total} = P_{air} - P_{gage}

= 101.3 kPa – 79.8 kPa

= 21.5 kPa

ตู้เข้าแบบเพระด้วยระบบสุญญากาศมีขนาด

0.3 m x 0.7 m x 0.3 m = 0.063 m^3

ที่ขนาด 1 m^3 = 1000 L

0.063 m^3 = (0.063 m^3 x 1000 L)/ 1 m^3

= 63 L

ที่อากาศ 1000 L = 1.2 kg

63 L = (63 L x 1.2 kg) / 100 L

= 0.0756 kg

จาก PV = mRT

จะได้ $P_1/P_2 = m_1/m_2$

101.3 kPa/ 21.5 kPa = (0.0756 kg/ m^3) / m_1

m_2 = 0.016 kg

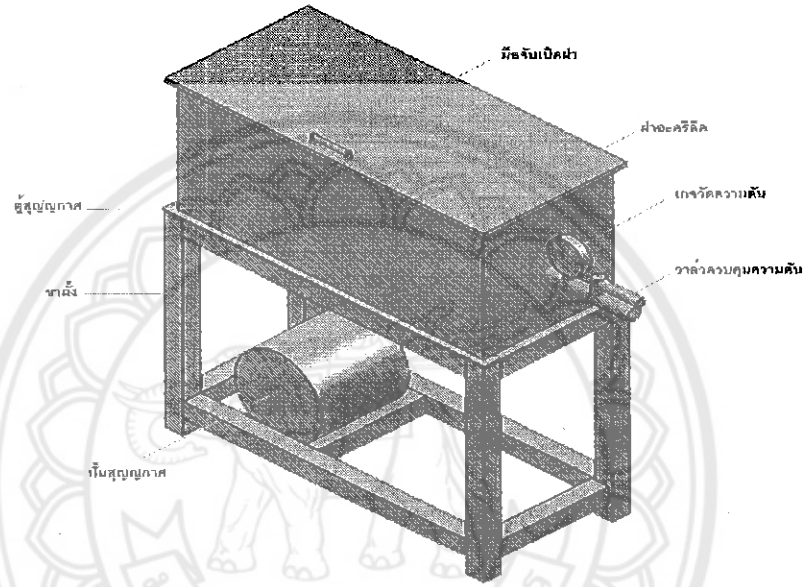
V = (0.016 kg x1000 L) / 1.2 kg

= 13.33 L

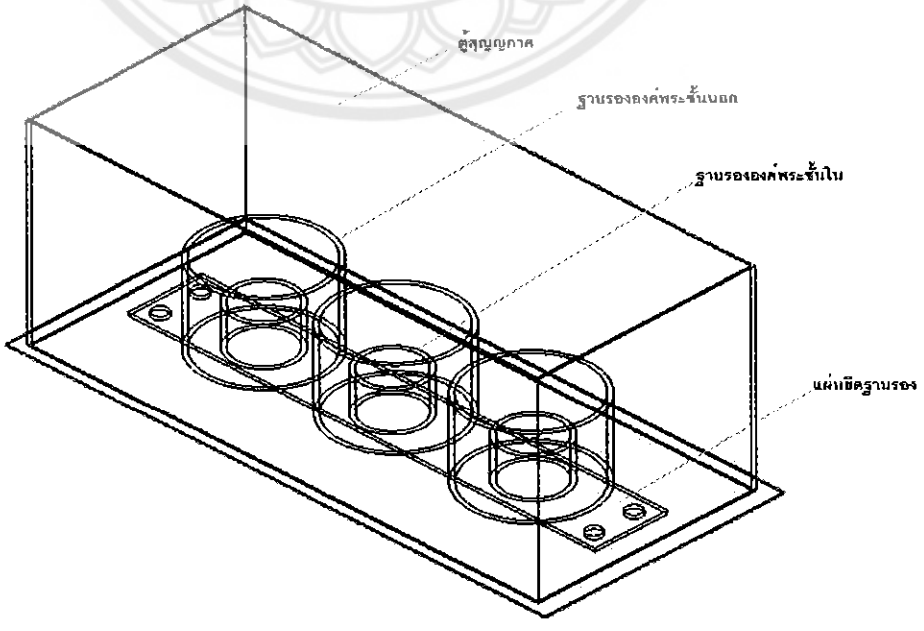
เพราะฉะนั้นต้องการนำอากาศออก 13.33 L/min แต่เนื่องจากทางโรงหล่อมีปั๊มสุญญากาศที่มีความสามารถดูดอากาศได้ 350 L/min เราจึงเลือกใช้ปั๊มของทางโรงหล่อ

5.2 ออกแบบหลักการทำงาน

หลักการทำงาน เมื่อเราใส่แบบองค์พระเข้าไปในตู้และเทขี้ผึ้งเรียบร้อย หลังจากนั้นก็จะทำการดูดอากาศออกจากตู้ เพื่อให้ภายในตู้เป็นระบบสุญญากาศ และคอยควบคุมความดันให้ได้ตามที่ต้องการ โดยใช้วาล์วควบคุมความดัน



รูป 5.1 แสดงการออกแบบตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ (ภายนอก)



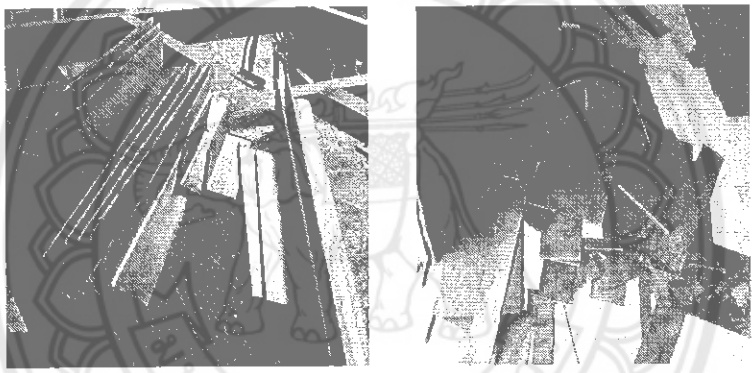
รูป 5.2 แสดงการออกแบบส่วนประกอบภายในตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

5.3 การเลือกใช้วัสดุในการสร้างตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศแบบใหม่

การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศแบบใหม่นี้ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติที่เหมาะสม และราคาไม่ควรจะแพงมาก ดังนั้นวัสดุและอุปกรณ์ที่จะนำมาทำตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศควรจะพิจารณา ดังนี้

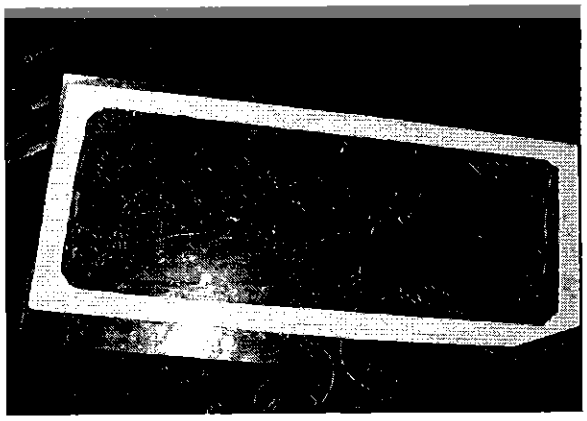
1. การรับน้ำหนักของโครงสร้าง
2. น้ำหนักของชิ้นงาน
3. จำนวนชิ้นงานที่นำมาเข้าแบบ
4. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

- เหล็ก



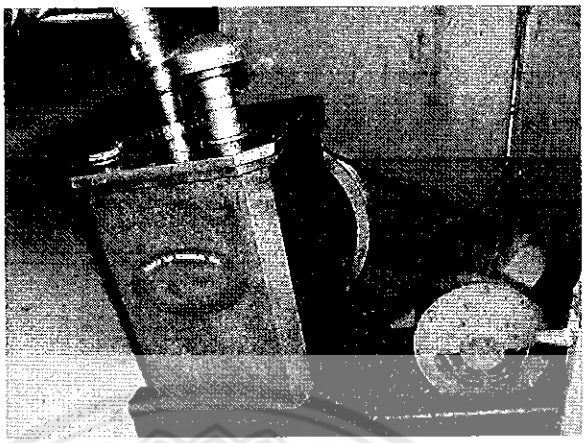
รูปที่ 5.3 เหล็กแผ่น, เหล็กฉาก

- แผ่นอะคลิลิก



รูปที่ 5.4 แผ่นอะคลิลิก

- ปั๊มสุญญากาศ



รูปที่ 5.5 ปั๊มสุญญากาศ

5.4 ส่วนประกอบของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศแบบใหม่

5.4.1 ข้อมูลโดยรวมของส่วนประกอบตู้เข้าแบบด้วยระบบสุญญากาศ

ตาราง 5.1 แสดงลายละเอียดของวัสดุและส่วนประกอบของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

ส่วนประกอบของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	วัสดุ
1.โครงสร้างของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	-เหล็กแผ่นหนา 4 mm. ขนาดความกว้าง30 cm. ยาว 70 ซม. สูง 30 cm. -เหล็กฉาก(ทำขาตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ)
2. ฐานสำหรับวางแบบองค์พระ	-เหล็กทรงกลมกลวงชั้นในเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm. -เหล็กทรงกลมกลวงชั้นนอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 cm.
3. ฝาปิดถังเข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	-แผ่นอะคลิลิกขนาดกว้าง 35 cm. ยาว 75 cm. หนา 1 cm.

5200079

14949559

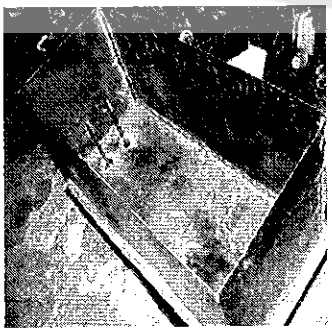
วส.
27521
2551

ส่วนประกอบของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	วัสดุ
4. ปั๊มสุญญากาศ	-OSAKA Model CV-3NII Displacement 350 l/min Ultimate Press $8x10^{-3}$ Torr No of Revolution 6oo RPM Motor ½ hp
5. ชุดควบคุมความดันภายในตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ	-เกจวัดความดัน -วาล์วปิด-เปิดสำหรับควบคุมความดัน
6. ชุดควบคุมอุณหภูมิของขี้ผึ้ง	-ถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 cm. สูง 50 cm. -ชุดควบคุมอุณหภูมิซึ่งประกอบด้วย Heater, Thermo Couple, Temp Control model TCL-14

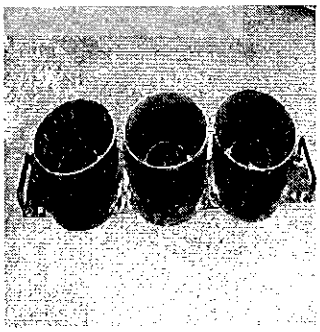
5.5 รายละเอียดและขั้นตอนการสร้าง

5.5.1 โครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆของตู้เข้าแบบ ฯลฯ

โครงสร้างของตัวตู้เข้าแบบฯลฯ ใช้เหล็กแผ่นแน่นหนา 4 mm. กว้าง 30 cm. ยาว 70 cm. และสูง 30 cm. ส่วนพื้นล่างเชื่อมปิดด้วยเหล็กแผ่นหนา 4 cm. ภายในตู้จะประกอบด้วยฐานสำหรับวางแบบพระ ซึ่งมีลักษณะเป็นเหล็กกลมกลวงซ้อน 2 อัน ชั้นในเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. สูง 5 cm. ชิ้นนอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 cm. สูง 10 cm. ที่ต้องมีฐานสองอันซ้อนกันเพื่อจะทำให้แบบขององค์พระไม่สามารถเคลื่อนที่และเอียงได้

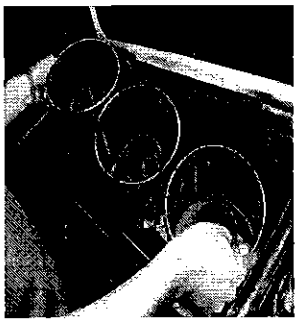
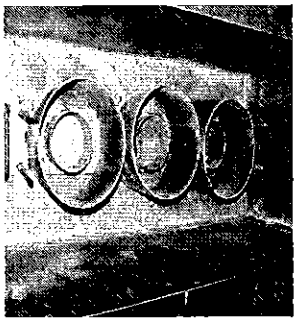


- รูปถังสี่เหลี่ยม



- ฐานรององค์พระ

รูป 5.6 รูปแสดงโครงสร้างของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

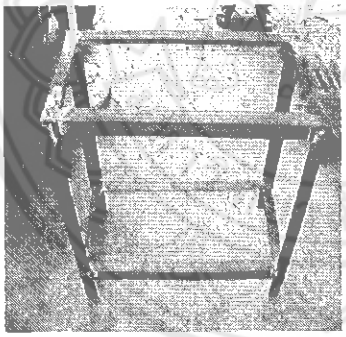
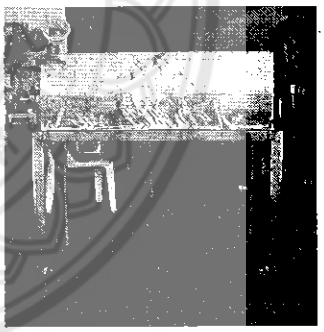



- ใส่ฐานรองพระเข้าไปในถัง

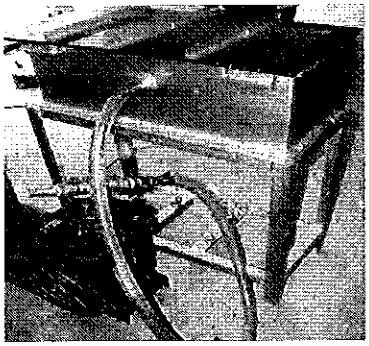
รูป 5.6 รูปแสดงโครงสร้างของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ (ต่อ)

5.5.2 โครงสร้างขาของตู้ข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศและฐานสำหรับวางปั๊มสุญญากาศ

ขาของตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศทำจากเหล็กฉากขนาด สูงจากพื้น 70 cm. กว้าง 35 cm. กว้าง 75 cm. ส่วนปั๊มสุญญากาศจะถูกวางบนคานที่เชื่อมติดกับบนโต๊ะและต่อท่อสุญญากาศติดกับตู้บริเวณด้านข้างของตู้

- โครงสร้างขาตู้ - ขาประกอบเข้ากับตู้

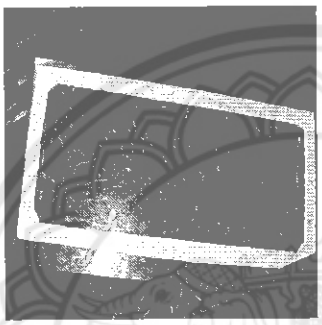


- ติดปั๊มแล้วต่อปั๊มเข้ากับตู้

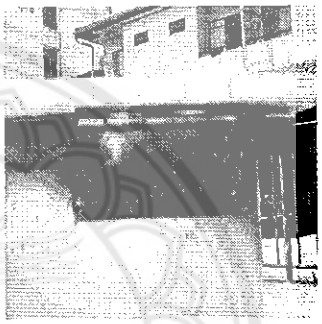
รูปที่ 5.7 แสดงโครงสร้างส่วนของขาตู้และการติดตั้งปั๊มสุญญากาศ

5.5.3 ฝาปิดตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

ทำจากแผ่นอะคลิลิกนาดกว้าง 35 cm. ยาว 75 cm. หนา 1 cm. แผ่นอะคลิลิกจะถูกยึดติดกับตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศด้วยบานพับบริเวณที่ปิดสัมผัสกับขอบตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศจะเซาะให้เป็นร่อง และติดด้วยชิ้นยางเพื่อเวลาปิดฝาอะคลิลิกจะทำให้ผิวสัมผัสระหว่างเหล็กกับแผ่นอะคลิลิกมีความสนิทมากขึ้นทำให้อากาศภายนอกไม่สามารถรั่วเข้าไปภายในตู้ไม่ส่วนบนของฝาอะคลิลิกจะมีหูจับเพื่อให้สะดวกสำหรับการปิดเปิด



- แผ่นอะคลิลิก



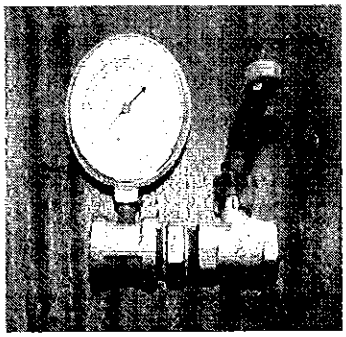
- ติดฝากับตู้ด้วยบานพับ

- ฝาปิด-เปิดตู้

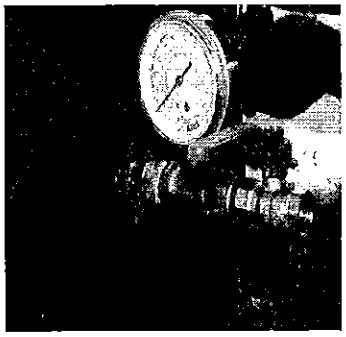
รูป 5.8 ฝาที่ใช้ปิดตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ

5.5.4 ชุดควบคุมความดัน

จะประกอบไปด้วยท่อเหล็กเกจวัดความดัน , วาล์วปิดเปิดท่อจะถูกต่อออกบริเวณด้านข้างของตู้เข้าแบบบรรจุที่ท่อเหล็กจะติดเกจวัดความดันสำหรับวัดความดันภายในตู้ และถัดจากเกจวัดความดันจะต่อ ด้วยวาล์วปิดเปิดไว้ สำหรับควบคุมความ ดันภายในตู้เข้าแบบองศ์พระ ด้วยระบบสุญญากาศ



- ส่วนประกอบชุดควบคุมความดัน

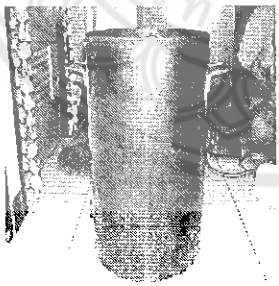


- ติดตั้งกับตู้

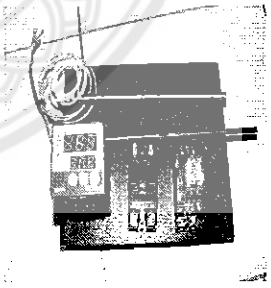
รูปที่ 5.9 แสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมความดันภายในตู้

5.5.5 ชุดควบคุมอุณหภูมิของขี้ผึ้ง

จะมี 2 ชุดไว้สำหรับควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้งที่ให้เทลงในแบบเพื่อเข้าในตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศ และอีกชุดไว้สำหรับเทลงในแบบรอบ 2 เพื่อให้ได้ความหนาของแบบองค์พระตามที่ต้องการชุดควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้งทั้ง 2 ชุดจะประกอบด้วยถังเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25 cm. สูง 50 cm. จะติดฮีตเตอร์บริเวณของก้นถังและจะวัดความร้อนของขี้ผึ้งจากเทอร์โมคัปเปิล ที่ถูกติดส่วนบนของถังและสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ตามระดับของขี้ผึ้งในถัง เทอร์โมคัปเปิลและ ฮีตเตอร์จะต่อด้วยสายไฟไปที่ตัวควบคุมและแสดงผล เพื่อเช็คอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ

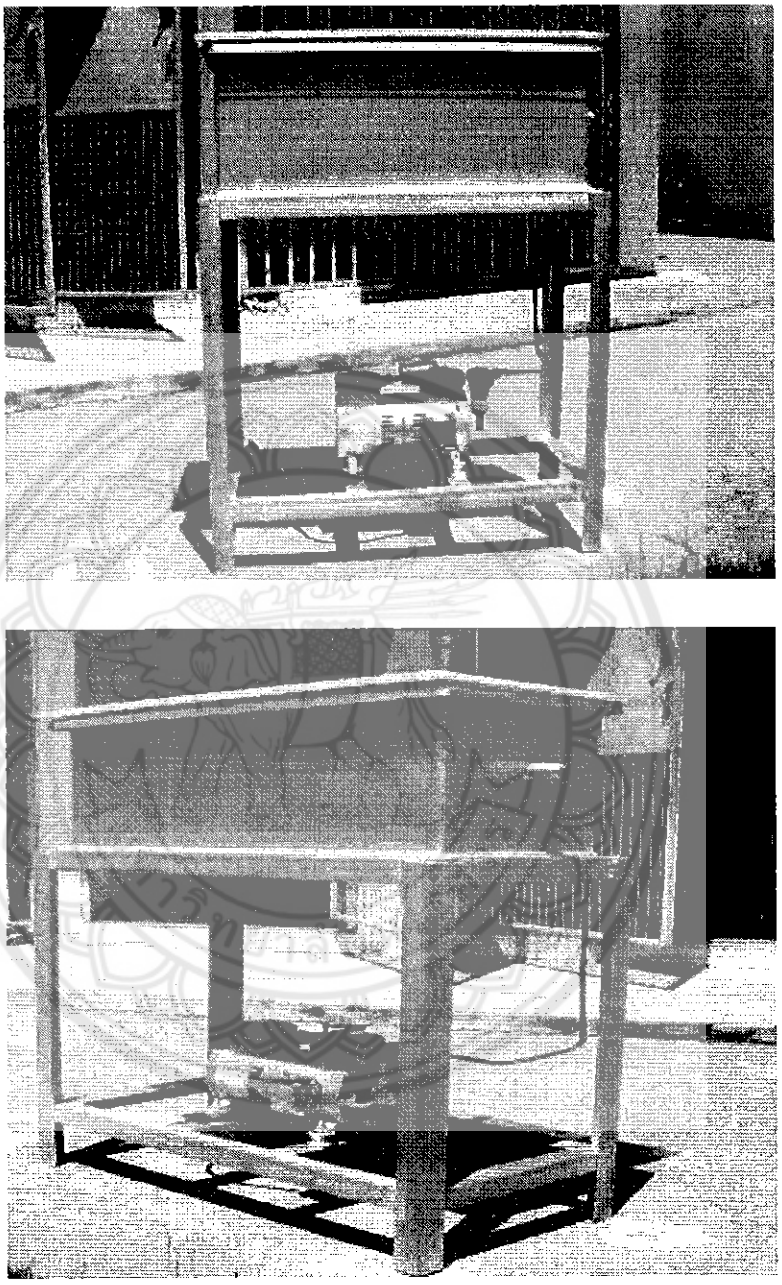


- ถัง



- ชุดควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 5.10 แสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมอุณหภูมิและการติดตั้ง



รูปที่ 5.12 แสดงตู้เข้าแบบพระขี้ผึ้งที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว

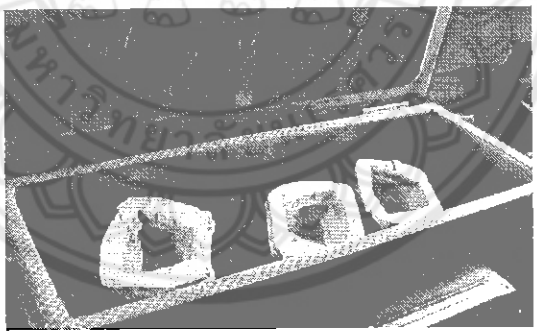
บทที่ 6
การทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

6.1 กล่าวนำ

การทดลองเข้าแบบพระขี้ผึ้งด้วยตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศแบบใหม่นี้ได้ทำการทดลอง ด้วยการเข้าแบบพระขี้ผึ้งด้วยชิ้นงานจริง หลังจากนั้นนำแบบพระขี้ผึ้งออกมาตรวจดูความสมบูรณ์ของชิ้นงานแล้วบันทึกผลการทดลองหลังจากนั้นเทขี้ผึ้งเข้าไปอีกรอบแล้วเทออกเพื่อให้ได้ความหนาหลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

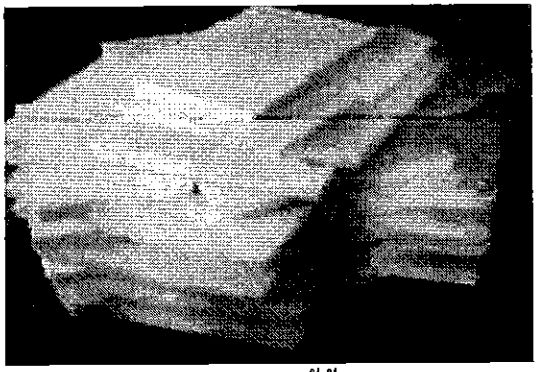
6.2 อุปกรณ์และเครื่องมือทดลอง

6.2.1. แบบพระพุทธชินราช 3 นิ้ว จำนวน 3 องค์



รูปที่ 6.1 แบบพระพุทธชินราช

6.2.2. ขี้ผึ้ง

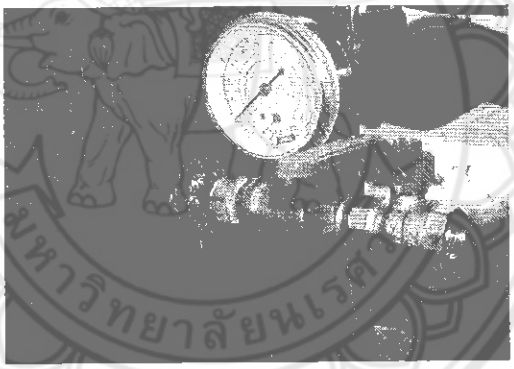


รูปที่ 6.2 ขี้ผึ้ง

6.2. 3. ชุดควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 6.3 ชุดควบคุมอุณหภูมิ

6.2.4. ชุดควบคุมความดัน



รูปที่ 6.4 ชุดควบคุมความดัน

6.2.5. ตาชั่ง

รูปที่ 6.5 ตาชั่ง

6.3 วิธีการทดสอบเครื่องต้นแบบ

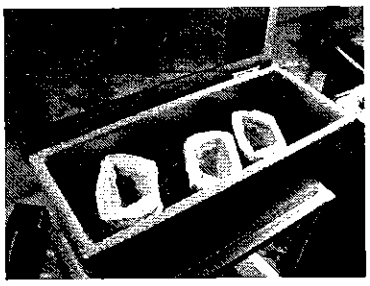
นำแบบองค์พระจำนวน 3 ชิ้นใส่ลงในตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศเทขี้ผึ้งให้เต็มแบบทั้ง 3 แบบ โดยใช้ขี้ผึ้งในถังที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 70 °C แล้วปิดฝาหลัง จากนั้นทำการดูดอากาศออกจากตู้ด้วยปั๊มสุญญากาศแล้วบันทึกผล ความดันภายในตู้สุญญากาศ, เวลาที่แบบอยู่ในตู้สุญญากาศขณะที่ปั๊มทำงาน หลังจากนั้นเอาแบบออกจากตู้เข้าแบบแล้วเทขี้ผึ้งทาเหลืออยู่ในแบบออกให้หมดหลังจากนั้นเทขี้ผึ้งที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 60 °C ลงไปอีกครั้งแล้วเทออกเพื่อให้ได้แบบพระขี้ผึ้งที่มีความหนาเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการทำพระต่อไปเมื่อเทขี้ผึ้งออกเรียบร้อยแกะแบบปูนปลาสเตอร์ภายนอกออกแล้ว นำแบบพระขี้ผึ้งที่ติดกับยางซิลิโคนไปแช่น้ำเพื่อให้แบบแข็งตัวประมาณ 30 วินาทีแล้วนำขึ้นมาแกะแบบพระขี้ผึ้งออกจากยางซิลิโคนบันทึกผลความละเอียดและสมบูรณ์ของชิ้นงานความคมชัดของแบบองค์พระ ถ่ายรูปชิ้นงาน ชั่งน้ำหนักของแบบองค์พระเพื่อจะนำข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

6.4 ขั้นตอนการทดสอบสภาวะที่ทำให้แบบองค์พระขี้ผึ้งสมบูรณ์ที่สุดโดยใช้ค่าตัวแปรตามที่ใช้กับตู้เข้าแบบจิวเวอรี่

6.4.1) ควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้งให้ได้ตามที่เคยทดลองใช้ตู้เข้าแบบจิวเวอรี่ที่อุณหภูมิ 70 °C

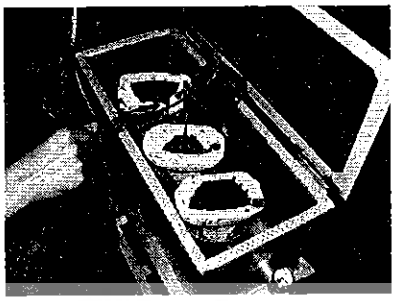
รูปที่ 6.6 ขี้ผึ้งอุณหภูมิ 70 °C

6.4.2) นำแบบพระปูนปลาสเตอร์ขนาด 3 นิ้ว วางบนฐานรองแบบภายในตู้เข้าแบบพระ



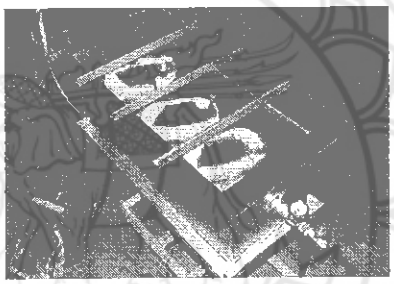
รูปที่ 6.7 วางแบบองค์พระภายในตู้เข้าแบบพระ

6.4.3) เทขี้ผึ้งอุณหภูมิ 70 °C ให้เต็มแบบพระทั้ง 3 อัน



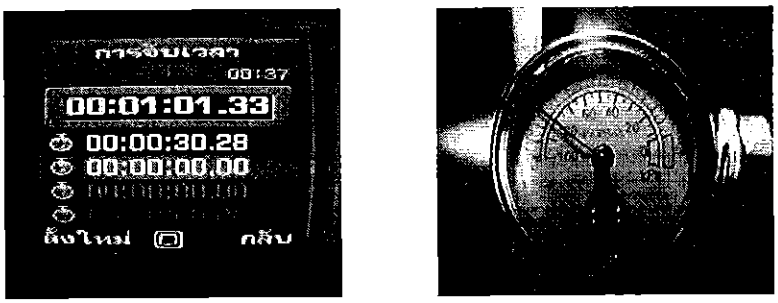
รูปที่ 6.8 เทขี้ผึ้งลงในแบบองค์พระ

6.4.4) ปิดฝาตู้เข้าแบบแล้วเปิดปั๊มเพื่อดูดอากาศออกจากตู้เข้าแบบพระ



รูปที่ 6.9 ดูดอากาศออกจากตู้เข้าแบบ

6.4.5) ควบคุมความดันและเวลาระหว่างดูดอากาศให้ได้ค่าตรงกับที่เคยทดลองกับเครื่องเข้าแบบจิวเวอรี่ด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 6.10 ควบคุมความดันและเวลา

6.4.6) นำแบบที่ผ่านการเข้าแบบด้วยระบบสุญญากาศมาเทขี้ผึ้งออกให้หมดทั้ง 3 อัน

รูปที่ 6.11 เทขี้ผึ้งที่เหลือออกจากแบบ

6.4.9) ลอกยางซิลิโคนออกจากองค์พระขี้ผึ้งตรวจสอบดูความละเอียดสมบูรณ์ของชิ้นงานนำไปชั่งน้ำหนัก ถ่ายภาพแล้วบันทึกผลการทดลอง

รูปที่ 6.12 ลอกยางซิลิโคนออกจากขี้ผึ้งแล้วบันทึกผลการทดลอง

6.4.10)ทำการทดลองซ้ำหลายๆรอบโดยใช้ค่าตัวแปรที่เคยทำการทดลองกับเครื่องเข้าแบบจิวเวอรี่แต่ถ้าชิ้นงานที่ได้ยังไม่สมบูรณ์หรือมีจุดบกพร่องต้องทำการทดลองโดยเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆกันแล้วดูผลการทดลองจนกว่าจะได้ค่าตัวแปรที่แน่นอนที่สุดที่ทำให้ได้แบบองค์พระขี้ผึ้งสมบูรณ์ที่สุดมีจุดบกพร่องน้อยที่สุดจากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

6.5 ขั้นตอนการทดสอบการควบคุมความหนาโดยใช้ค่าอุณหภูมิของขี้ผึ้งตามค่าที่ใช้กับตู้เข้าแบบจิวเวอรี่

6.5.1) ควบคุมอุณหภูมิขี้ผึ้งให้ได้ตามที่เคยทดลองใช้ตู้เข้าแบบจิวเวอรี่ที่อุณหภูมิ 60 °C

รูปที่ 6.13 ขี้ผึ้งอุณหภูมิ 60 °C

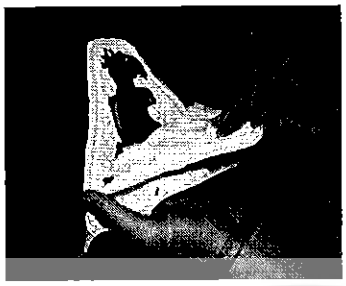
6.5.2) นำขี้ผึ้งที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 60 °C เทลงในแบบองค์พระขี้ผึ้งแล้วเทออกเพื่อจะทำให้แบบองค์พระมีความหนา

รูปที่ 6.14 เทขี้ผึ้งอุณหภูมิ 60 °C ลงในแบบแล้วเทออกเพื่อให้ได้ความหนา

6.5.3) แกะแบบปูนปลาสเตอร์ออกจากแบบองค์พระขี้ผึ้งแล้วนำแบบองค์พระขี้ผึ้งที่หุ้มด้วยยางซิลิโคนแช่น้ำเพื่อให้ขี้ผึ้งแข็งตัวเร็วขึ้น

รูปที่ 6.15 แกะปูนปลาสเตอร์ออกแล้วนำแบบองค์พระไปแช่น้ำเพื่อจะได้แข็งตัวเร็วขึ้น

6.5.4) ค่อยๆลอกยางซิลิโคนออกจากองค์พระขี้ผึ้งตรวจสอบดูความละเอียดสมบูรณ์ของชิ้นงาน นำไปชั่งน้ำหนัก ถ่ายภาพแล้วบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 6.16 ลอกยางซิลิโคนออกจากขี้ผึ้งชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผลการทดลอง

6.5.6) ทำการทดลองซ้ำหลายๆรอบโดยใช้ค่าตัวแปรที่เคยทำการทดลองกับเครื่องเข้าแบบจิวเวอรี่ จนกว่าจะได้ค่าตัวแปรที่แน่นอนที่สุดที่ทำให้ได้แบบองค์พระขี้ผึ้งมีความหนาน้อยที่สุดแต่สามารถนำไปใช้งานได้จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

6.6 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

6.6.1 ทดสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงาน

จากการทดลองที่อุณหภูมิของขี้ผึ้งที่ใช้เทในแบบต่างๆ พบว่าช่วงอุณหภูมิขี้ผึ้งที่ 80 °C ชิ้นงานที่ได้มีความสมบูรณ์ลายละเอียดคมชัด

จากการทดสอบความดันสุญญากาศที่ใช้ในการทดลองพบว่าถ้าสุญญากาศภายในตู้อยู่ในช่วงระหว่าง (-55) – (-60) cmHg โดยการควบคุมการปิด-เปิดวาล์ว จะทำให้แบบที่ได้มีความสมบูรณ์และลายละเอียดคมชัดมาก

จากการทดสอบระยะเวลาในการผลิตพบว่าใช้เวลาการเข้าแบบ 30 วินาทีจะทำให้แบบสมบูรณ์ลายละเอียดคมชัดซึ่ง จะใช้เวลาน้อยกว่าที่ทดลองกับตู้เข้าแบบจิวเวอรี่เนื่องจากตู้ต้นแบบมีขนาดใหญ่กว่าทำให้เกิดความเสถียรของอากาศภายในมากกว่า

6.6.2 ผลทดสอบความหนา

อุณหภูมิของขี้ผึ้งที่ใช้ในการควบคุมความหนาจะใช้ที่ 60 °C จะทำให้ขี้ผึ้งมีความหนาพอดี สามารถลดน้ำหนักของแบบองค์พระขี้ผึ้งลงจากน้ำหนักเฉลี่ยแบบองค์พระที่ทางโรงหล่อใช้อยู่ที่ 65 กรัมเมื่อทำการทดลองควบคุมความหนาแล้วทำให้ได้น้ำหนักเฉลี่ยแบบองค์พระที่ 55 กรัม น้ำหนักแบบองค์พระลดลงได้ 10 กรัม คิดเป็น% ได้ประมาณ 14 % ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 60 °C ขี้ผึ้งมีความหนืดมากเกินไปทำให้ขี้ผึ้งเกาะแบบมากเกินไปทำให้แบบหนาส่วนอุณหภูมิสูงกว่า 60 °C ขี้ผึ้งจะร้อนเกินไปทำให้ไม่เกาะกับแบบและถ้าร้อนมากเกินไปอาจทำให้ขี้ผึ้งที่อยู่ในลายละลายไปด้วย

บทที่ 7
บทสรุป

7.1 สรุปผล

แบบองค์พระขี้ผึ้งที่ได้ไม่สมบูรณ์จะทำให้องค์พระทองเหลืองไม่สมบูรณ์ตามไปด้วย จึงต้องสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานในการตกแต่งภายหลัง นอกจากนี้ยังมีปัญหาที่ไม่สามารถควบคุมความหนาของแบบได้ทำให้สิ้นเปลืองทองเหลืองในการหล่อชิ้นงาน ดังนั้น โครงงานนี้จึงสร้างระบบการเข้าแบบหล่อพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ โดยการนำแบบขององค์พระและขี้ผึ้งเหลวใส่ไว้ในตู้เข้าแบบที่สามารถดูดอากาศออกได้ ศึกษาการควบคุมอุณหภูมิของขี้ผึ้งที่ใช้ทำแบบ ขนาดความดันสุญญากาศภายในตู้ และระยะเวลาในการเข้าแบบภายในตู้ พบว่าสภาวะที่ทำให้แบบองค์พระที่ได้มีความคมชัดและสมบูรณ์ที่สุด คือ อุณหภูมิขี้ผึ้ง 80 °C ระดับความดันสุญญากาศภายในตู้ 60 cmHg เวลาที่ใช้ในการดูดสุญญากาศ 30 วินาที ส่วนขี้ผึ้งที่ใช้ในการควบคุมความหนาจะใช้ขี้ผึ้งอุณหภูมิ 60 °C ซึ่งทำให้แบบขี้ผึ้งมีน้ำหนักน้อยลง 10% โดยที่สามารถนำไปหล่อองค์พระได้และสามารถลดปริมาณทองเหลืองในขั้นตอนการเททอง หลังจากนั้นได้ทำการออกแบบและสร้างตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบและได้ทำการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำให้คุณภาพของการสร้างแบบองค์พระที่ได้มีความสมบูรณ์ลดเวลาในการตกแต่งองค์พระหลังจากขั้นตอนการเททองภายหลังมาก เครื่องต้นแบบสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตโดยผลิตได้ครั้งละ 3 แบบในเวลาที่เท่ากัน นอกจากนี้เครื่องต้นแบบยังสามารถลดต้นทุนการผลิตโดยลดการสิ้นเปลืองของทองเหลืองในขั้นตอนการเททองเหลืองประมาณ 14 % เนื่องจากเราสามารถควบคุมความหนาของแบบองค์พระขี้ผึ้งทำให้น้ำหนักลดลงจากเดิมได้ประมาณ 10 กรัม และยังลดความสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานในขั้นตอนการตกแต่งอีกด้วย

7.2 ข้อเสนอแนะ

- ขนาดตู้เข้าแบบพระด้วยระบบสุญญากาศควรมีขนาดใหญ่กว่านี้เพื่อที่จะได้ทดลองใช้กับองค์พระที่มีขนาดหน้าตักใหญ่กว่า 3 นิ้ว
- ฝาอะคลิลิกที่ใช้ควรมีความหนามากกว่านี้ หรือไม่ก็ทำจากวัสดุอื่น ที่มีความแข็งแรงมากกว่าแผ่นอะคิลิกเพื่อป้องกันการแตกและการยุบตัว
- ควรทำแบบยางซิลิโคนบริเวณฐานองค์พระให้สูงขึ้นอีกเพื่อเวลาใส่ขี้ผึ้งขี้ผึ้งจะได้เต็มแบบทำให้แบบขี้ผึ้งบริเวณฐานสมบูรณ์ขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สิทธิโชค ผูกพันธุ์ และคณะ. การปรับปรุงเตาหล่อพระเพื่อนำขี้ผึ้งกลับมาใช้ใหม่. นิทรรศการเทิดพระเกียรติ "ตามรอยเบื้องพระยุคลบาท" และงานแสดงผลงานพัฒนาเทคโนโลยีทุนปริญญาตรี สกว. ครั้งที่ 6. IRPUS51. สยามพารากอน, 28-29 มีนาคม 2551.

วิทยา จักรเครือ, สามารถ บุญยิ่ง,และสุริยา ทองจีน. การปรับปรุงเตาหล่อพระเพื่อนำขี้ผึ้งกลับมาใช้ใหม่. ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร, ปีการศึกษา 2550.

http://concise.britannica.com/ebc/article-9058378/paraffin-wax

http://www.uq.edu.au/ohs/pdfs/alert-paraffin.pdf

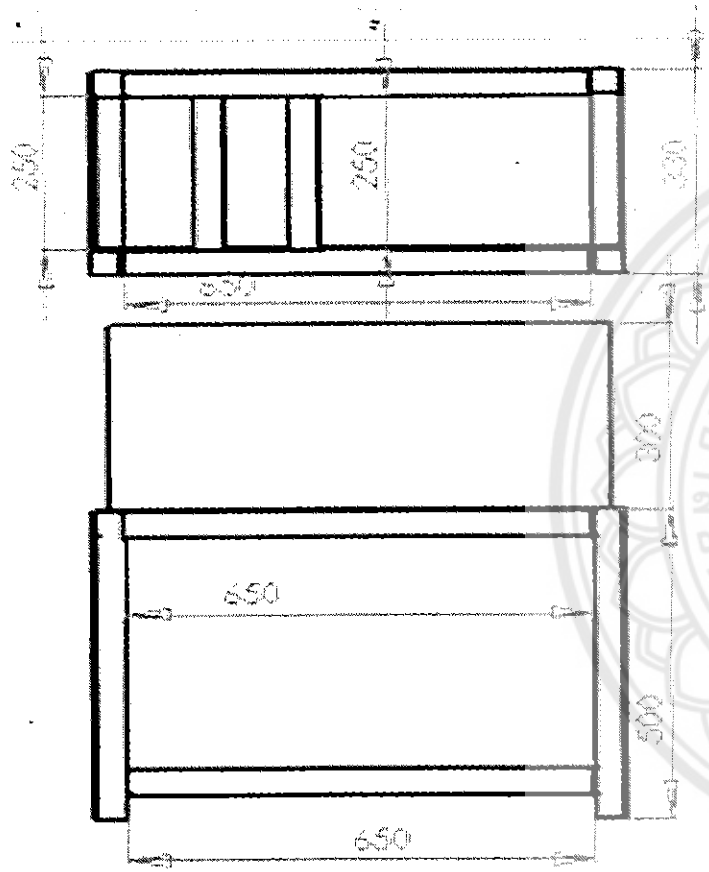
http://www.ibestchina.com/english/Product.asp?ClassID=138&ParentID=136&Child=4&Depth2

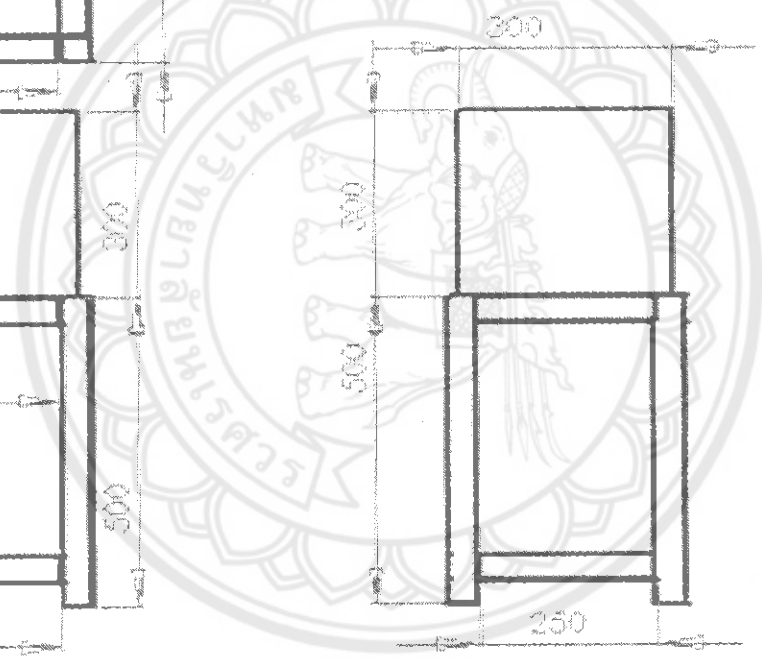
http://www.ibestchina.com/english/Product.asp?ClassID=456&ParentID=179&Child=3&Depth2

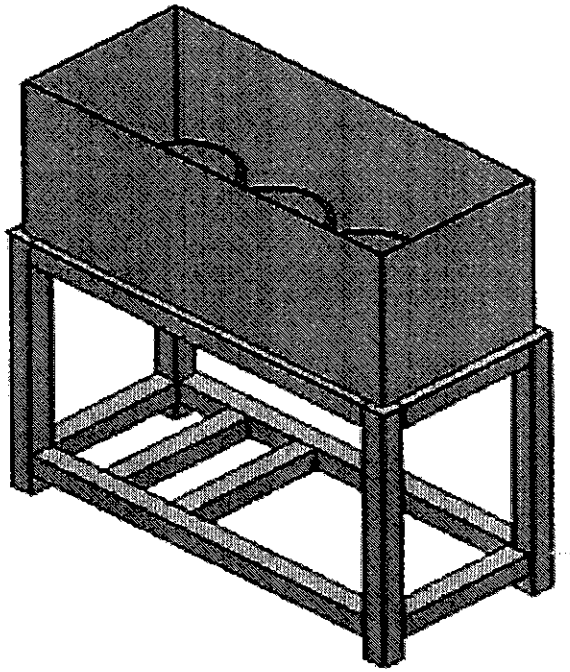
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รูปแสดงตู้เย็นแบบพระขี้ผึ้งด้วยระบบสุญญากาศ



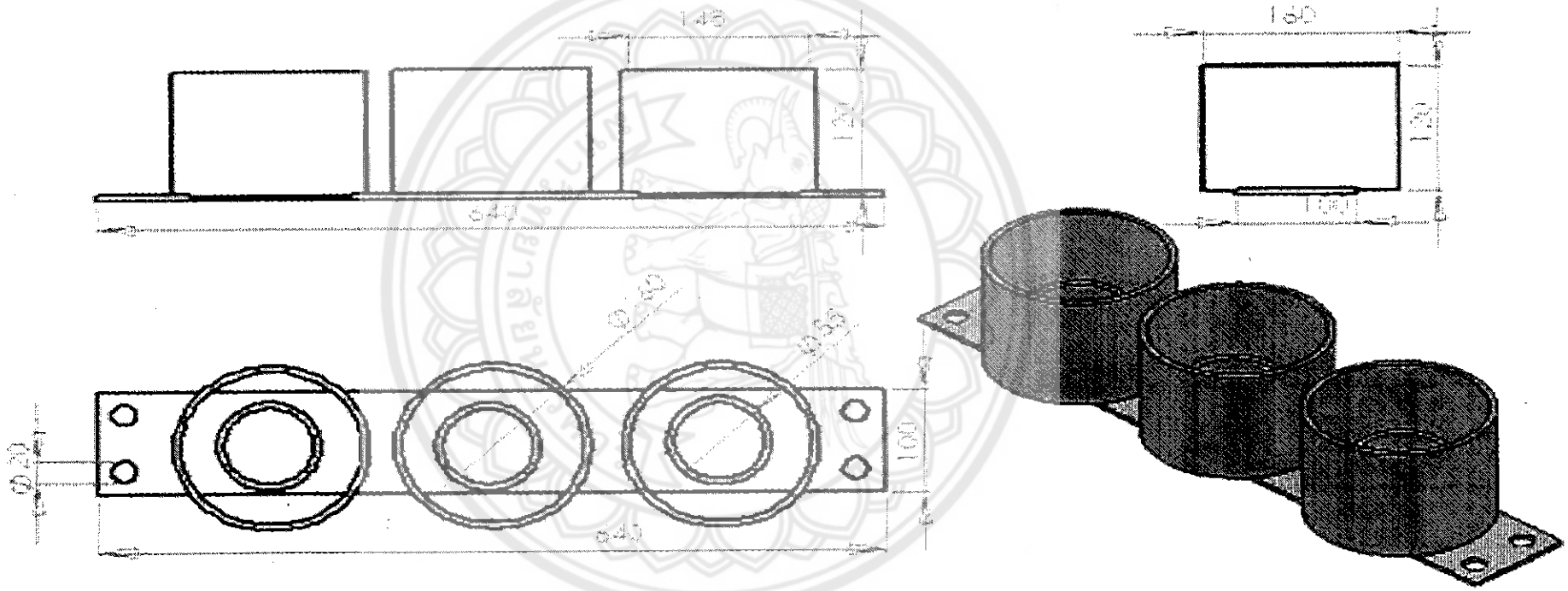




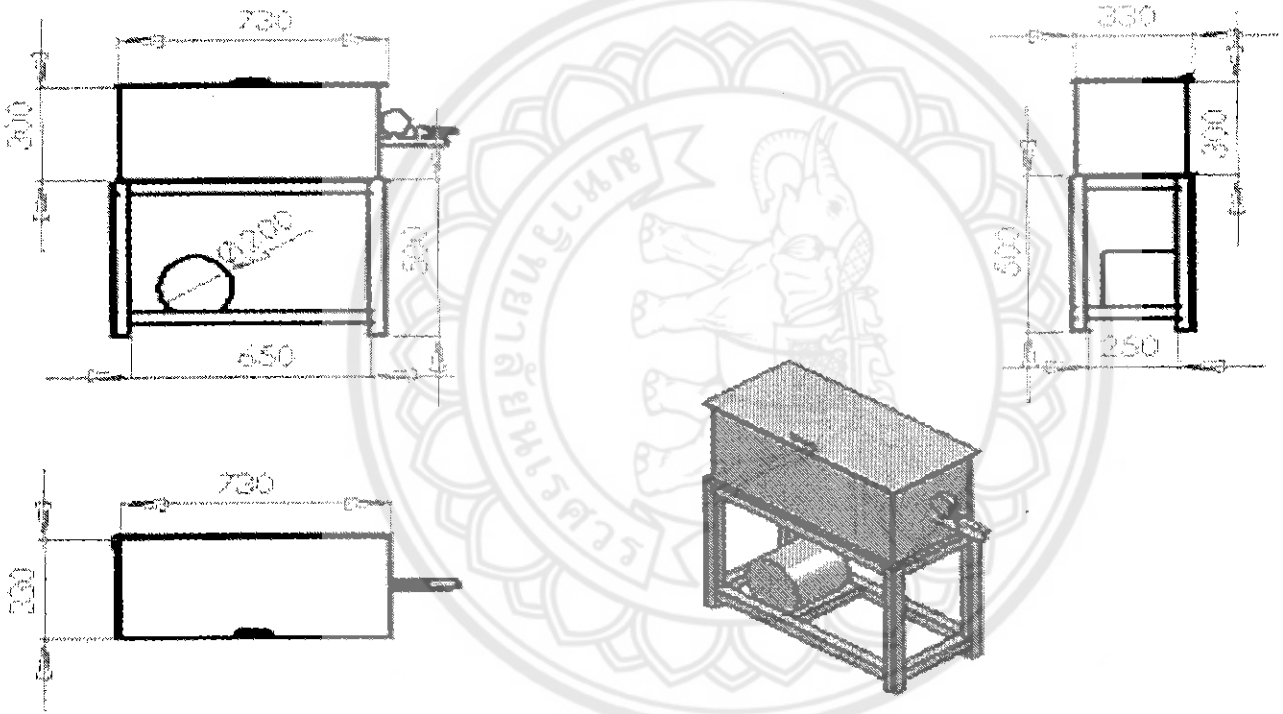
โครงสร้าง

A4

300
330
330
300
330
330
330
330
234



ฐานวางองค์พระ

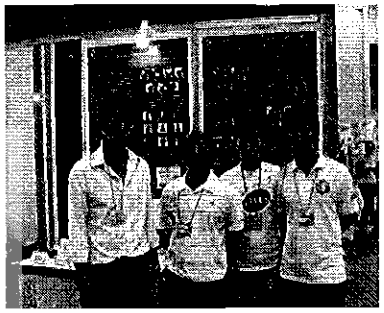


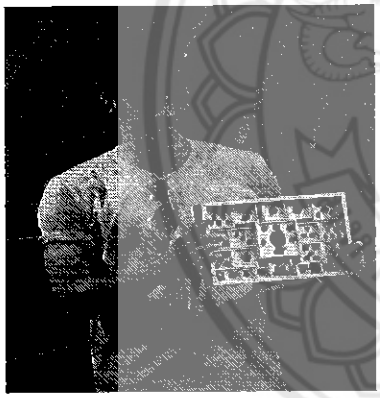
ส่วนประกอบภายนอก

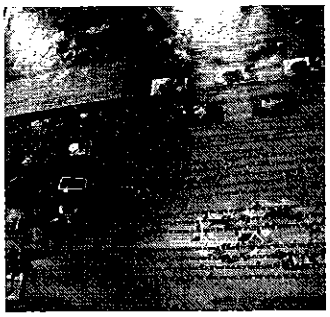
ภาคผนวก ข

เข้าร่วมโชว์ผลงานนิทรรศการ IRPUS

นิทรรศการ IRPUS ปี 2552







ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

นายวิศรุต สุขเทพ

1. ประวัติส่วนตัว

เกิดวันที่ 21 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2529

ที่อยู่ 111/1 ม.3 ต.ตะคร้อ อ.ไพศาลี จ.นครสวรรค์

E-mail offy_kabpom@hotmail.com โทรศัพท์ 081-9626-443

2. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนนวมินทราชูทิศ มัชฌิม จ.นครสวรรค์

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนวมินทราชูทิศ มัชฌิม จ.นครสวรรค์

นายวีรวัฒน์ อินอ่อน

1. ประวัติส่วนตัว

เกิดวันที่ 6 เดือน มิถุนายร พ.ศ. 2529

ที่อยู่ 69/5 ต. ท่าโพ อ.หนองขาหย่าง จ.อุทัยธานี

E-mail free_gear1@hotmail.com โทรศัพท์ 087-5715-751

2. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนอุทัยวิทยาคม จ.อุทัยธานี

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอุทัยวิทยาคม จ.อุทัยธานี

นายสุวิทย์ คำบรรลือ

1. ประวัติส่วนตัว

กิดวันที่ 10 เดือน เมษายน พ.ศ. 2530

ที่อยู่ 4 หมู่ 13 ต.พรานกระต่าย อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร

E-mail yim-wit@hotmail.com โทรศัพท์ 084-2295-297

2. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนพรานกระต่ายพิทยาคม จ.กำแพงเพชร

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพรานกระต่ายพิทยาคม จ.กำแพงเพชร