

สารบัญ

บทที่ ๑	ความหมาย คตินิยม ประเพณีของระฆัง
บทที่ ๒	ประวัติและพัฒนาการของระฆัง
บทที่ ๓	การสร้างระฆังในประเทศไทย
บทที่ ๔	วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างระฆัง
บทที่ ๕	เทคนิคและวิธีการในการสร้างระฆังแบบโบราณ
บทที่ ๖	กระบวนการงานหล่อระฆังแบบโบราณ
บทที่ ๗	ผลผลิตงานศิลปกรรม
บทที่ ๘	กิจกรรมข้อเสนอแนะ การสัมภาษณ์ช่าง
บทที่ ๙	เอกสารอ้างอิง
บทที่ ๑๐	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
บทที่ ๑๑	คณะทำงาน
บทที่ ๑๒	กิตติกรรมประกาศ

การหล่อระฆังแบบโบราณ

บทที่ 1 ความหมาย คตินิยม ประเพณี



ระฆังจัดเป็นเครื่องดนตรีชนิดหนึ่งใช้การตี หรือกระทุ้งเพื่อให้เกิดเสียงดังเสียงที่ดีจัดเข้าเป็นสัญลักษณ์ที่บอกถึงความหมายในจุดประสงค์ที่ผู้ตีได้กำหนดเป็นเป้าหมายไว้ ในอดีตของประเทศในแถบยุโรปใช้ตีบอกสัญญาณเป็นการตีบอกเวลา เฉลิมฉลองในเทศกาลสำคัญต่างๆ และเป็นการตีบอกสัญญาณของผู้จากไป ในแถบเอเชียและในประเทศไทย ใช้เป็นการบอกสัญญาณเวลาในทางศาสนากิจต่างๆ ใช้บอกสัญญาณเหตุการณ์ต่างๆ สำหรับการบอกกล่าวแลประกาศสิ่งดีที่ตนเองได้กระทำไปแล้ว นอกจากนั้นประชาชนยังได้รับทราบระยะห่างของช่วงเวลาได้อีก

จากเอกสารและหลักฐานที่ปรากฏพบว่าผู้มีความรู้ความชำนาญในการออกแบบและสร้างระฆังแบบโบราณมีจำนวนไม่มากนัก และทำกันเป็นการเฉพาะกลุ่มในวงศ์ญาติสนิทเท่านั้น อีกทั้งสถานศึกษาที่มีการผลิตและฝึกอบรมด้านช่างศิลปกรรมไม่พบว่ามีการจัดการสอนด้านนี้อย่างแพร่หลาย อาจเป็นเพราะอิทธิพลในความต้องการของตลาดมีน้อยและไม่มากนักจึงขาดการสานต่อ

อย่างเป็นระบบอย่างแพร่หลายรวมทั้งจะต้องมีการส่งเสริมช่างผู้สร้างงานให้มีการพัฒนาฝีมือให้ เป็นไปอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาข้อมูลเอกสารในขั้นต้น ไม่พบการบันทึกกระบวนการและ ขั้นตอนไม่มีการบันทึกไว้เป็นการอ้างอิงได้เลย จึงเป็นการสมควรในการที่จะต้องทำการสัมภาษณ์ สร้างงานควบคู่ไปกับการบันทึกภาพอย่างละเอียด และด้วยเหตุผลที่ว่าในปัจจุบัน ระวังยังมี ความสำคัญและเป็นที่ต้องการอยู่อีกมากตัววัดและสถานที่ปฏิบัติศาสนกิจต่างๆ



ความเป็นมา ของ การหล่อโลหะ

จากหลักฐานที่ปรากฏทางประวัติศาสตร์สมัยโบราณถึงสมัยกลาง ยืนยันได้ว่ามนุษย์ รู้จักวิธีการ หลอมโลหะ และการทำแบบหล่อ เพื่อผลิตชิ้นงานหล่อมาใช้งาน ดังเช่น เมื่อประมาณ 5,000 ปี มนุษย์ได้ผลิตงานหล่อเป็นหัวขวาน ที่ทำจากทองแดงโดยวิธีการหลอมและเทลงในแบบที่ขุดลงใน หินทราย และต่อมาได้มีการพัฒนาโดยการทำไส้แบบ และ การทำแบบเป็นสองชั้น การหล่อบรอนซ์ นั้นกระทำกันครั้งแรกในเมโสโปเตเมีย ประมาณ 3,000 ปีก่อนคริสตศักราช และเทคนิคนี้ได้รับการ ถ่ายทอดมาสู่เอเชียกลาง อินเดีย และจีน มาถึงจีนประมาณ 2,000 ปีก่อนคริสตศักราช ใน ประเทศจีนสมัย ยิน ประมาณ 1,500-1,000 ปี ก่อนคริสตศักราช ก็ได้มีการหล่อภาชนะที่มีขนาด ใหญ่ๆและคุณภาพดีได้สำเร็จการถ่ายทอดเข้าไปสู่ยุโรปประมาณ 1,500-1,400 ปีก่อนคริสตศักราช โดยผลิตเป็น ดาบ หัวหอก เครื่องประดับ ภาชนะต่างๆและเครื่องตกแต่งที่ใช้ในงานศพเป็นต้น กลุ่ม ประเทศที่ผลิตงานหล่อในยุคนี้ คือ สเปน สวิสเซอร์แลนด์ เยอรมันนี ออสเตรีย นอร์เวย์ เดนมาร์ก สวีเดน อังกฤษ และ ฝรั่งเศส

เทคนิคการหล่อบронซ์ในอินเดียและจีน ได้มีการเผยแพร่เข้าไปสู่ญี่ปุ่นและเอเชียอาคเนย์ ในญี่ปุ่น



มีพระพุทธรูปสวยๆที่ได้สร้างขึ้นในระหว่าง คริสตศักราช 600-800 เหล็กถูกค้นพบและนำมาใช้
งานในยุคต่อมาโดยเริ่มต้นจากการนำมาตีให้เป็นแผ่นเช่นเดียวกับทองแดง ชาวอัสซีเรียนและชาว
อียิปต์ใช้เครื่องมือ ที่ทำด้วยเหล็กประมาณ 2,800-2,700 ปีก่อนคริสตศักราช ต่อมาประมาณ 800-
700 ปีก่อนคริสตศักราช จีนได้ค้นพบวิธีการทำเหล็กหล่อจากเหล็กปิก (pig iron) ซึ่งมีอุณหภูมิ
หลอมเหลวต่ำ และมีปริมาณเฟอร์ไรต์ผสมอยู่ปริมาณมาก โดยผลิตโดยใช้เตาแบบแบน (plane bed)
และ เทคนิคการผลิตเหล็กหล่อ โดยวิธีนี้ได้แผ่ขยายไปในประเทศแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ในกรีก
ราว 600 ปีก่อนคริสตศักราช ตัวอย่างงานที่ทำจากเหล็กหล่อเช่น อนุสาวรีย์ของ เฮปามินอนดาส
และเซอร์คิวลิส ตลอดจนอาวุธและเครื่องมือต่างๆที่เป็นชิ้นงานหล่อ



แนวคิดการสร้างระฆัง

Historic Russian Bell, Only One of Its Kind, Discovered in Tower of San Francisco Church

SOMETHING BAY FOLKS OVERLOOKED, VISITOR DID NOT, SHOWN BELOW



Escape of Czar and Family, in
Rail Death Plot, Commemo-
rated by Casting of the Piece

By NADIA LAVROVA.

It is believed that a colossal bell
cast with metal from the ship de-
stroyed that the very center when the
ship sank all the life.

The bell was cast in 1905, and
was the last of a series of bells
cast in the same foundry. The
bell was cast in the same foundry
as the bell which was cast in the
same foundry in the same year.

WELL IS UNIQUE.

The Russian bell is unique in
that it is the only one of its kind
in the world. It is the only one
of its kind in the world. It is the
only one of its kind in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

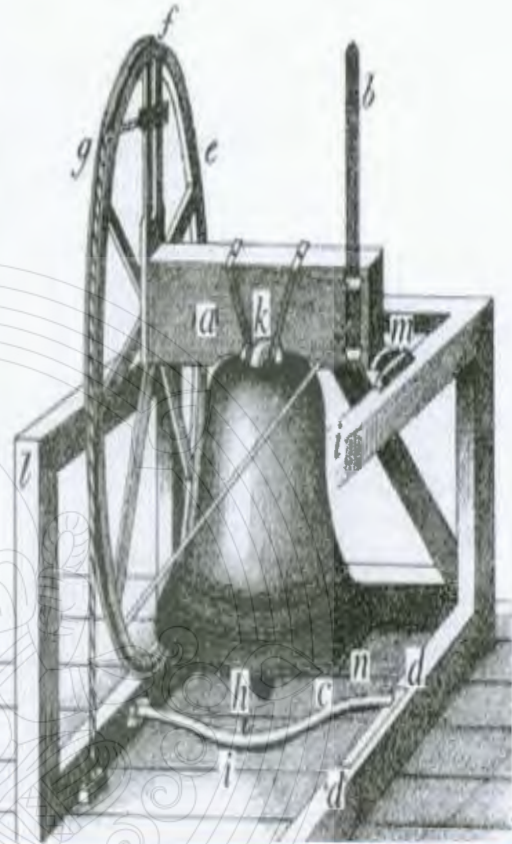
The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

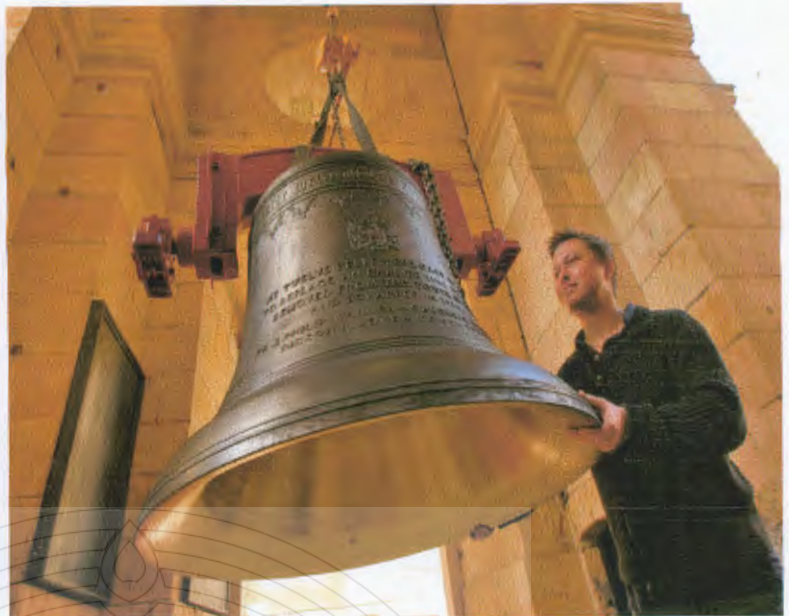
The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.

The bell was cast in the same
foundry as the bell which was cast
in the same foundry in the same
year. It is the only one of its kind
in the world.



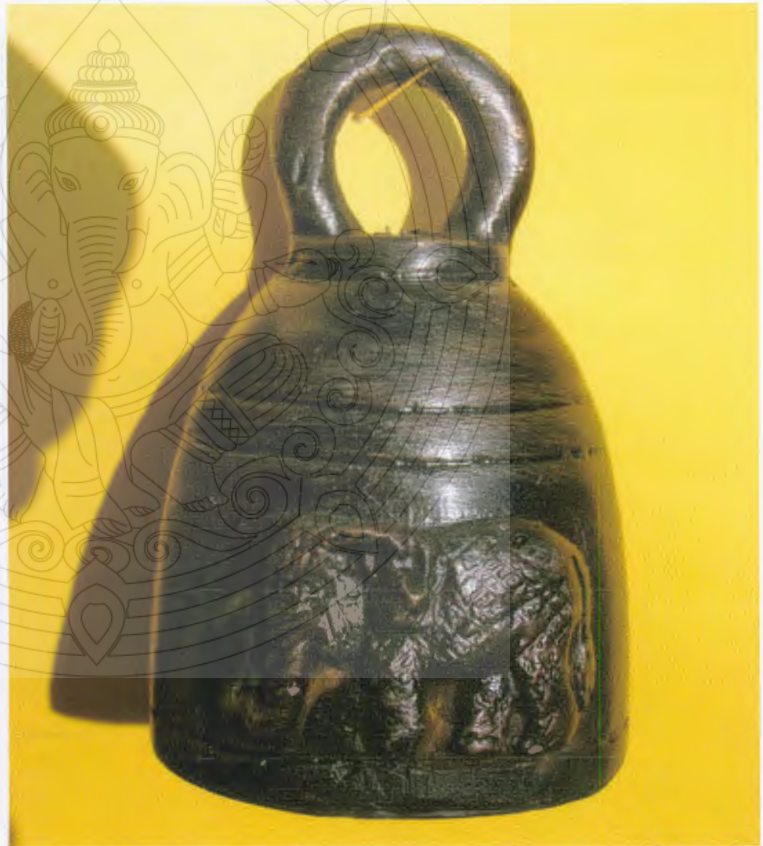


ในประเทศอินเดีย ได้มีการผลิตเหล็กปิก และส่งไปขายที่อียิปต์และยุโรป แต่ในสมัยนั้นยังไม่มี การผลิตเหล็กหล่อจากเหล็กปิกกันจริงๆ จังๆ จนกระทั่งในคริสต์ศตวรรษที่ 14 ในเยอรมันนี และอิตาลี ได้ทำการหล่อด้วยเตา บลาสต์ (blast furnace) มีรูปทรงเป็นทรงกระบอกแทนเตาแบบ วิธีการหลอมนำแร่เหล็กเทใส่ลงไป ในเตาสลับกับถ่านถ่านไม้ งานที่หล่อในสมัยนั้น เช่น ปืนใหญ่ ลูกปืนใหญ่ เตาอบ ท่อ เป็นต้น วิธีการหล่อในสมัยนั้นใช้การเทโลหะเหลวที่ได้จากแร่ลงไปโดยตรง ที่แบบ ไม่มีการทำเหล็กปิกก่อนแล้วจึงนำเหล็กปิกมาหลอมเป็นงานหล่อโดยการเทลงไปแบบหล่อ ดังเช่นที่ทำอยู่ในปัจจุบัน และได้ค้นพบถ่านโค้กและนำมาใช้แทนถ่านไม้ ในอังกฤษในคริสต์ ศตวรรษที่ 18 และมีการหล่อชิ้นงานที่ได้จากเหล็กปิกและพัฒนาเตาให้มีขนาดเล็กลง เป็นครั้งแรกที่ ประเทศฝรั่งเศส สำหรับเตากล้าคล้ายกับเตาคิวโปลา (cupola) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันซึ่งสร้างขึ้นเป็น ครั้งแรกในอังกฤษ ตั้งแต่นั้นมาก็ได้มีการผลิตงานหล่อ โดยวิธีการนำเหล็กปิกมาหลอมอีกครั้ง และ ยังมีการทำสืบทอดกันมาจนถึงปัจจุบัน สมัยต่อมาได้มีการพัฒนาเหล็กหล่อได้เป็นเหล็กเหนียวหล่อ (cast steel) โดยวิธีการทำเหล็กเหนียวหล่อจากเหล็กปิก โดย H.Bessemer หรือ W.Siemens หลังคริสต์ศตวรรษที่ 19 ซึ่งในสมัยโบราณได้รู้จักวิธีมีการตีเหล็กเหนียวมาก่อน ต่อมางานอลูมิเนียม หล่อผสมได้มีขึ้นในตอนปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 หลังจากที่มีการค้นพบวิธีการทำอลูมิเนียมบริสุทธิ์ โดยการแยกด้วยไฟฟ้า (electrolysis)

การหล่อโลหะในประเทศไทย

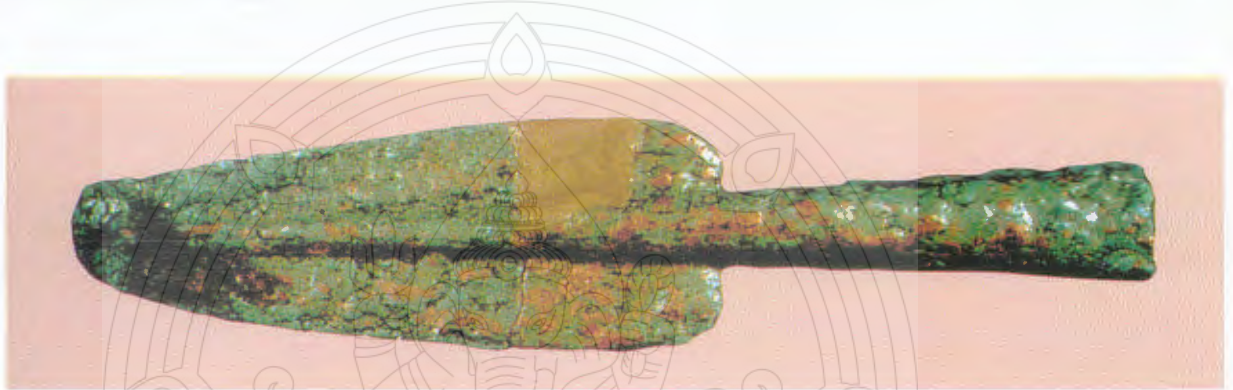
จากหลักฐานทางโบราณคดีได้มีการขุดค้นพบหลายแห่ง และที่เก่าแก่ที่สุด คือ ที่บ้านเชียงซึ่งมีการพิสูจน์และระบุไว้ชัดเจนที่สุด โดยกรมศิลปากร จากหลักฐานดังกล่าวทำให้ทราบว่า การโลหะกรรมที่ค้นพบที่บ้านเชียงอยู่ในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ เริ่มต้นโดย การใช้สำริดเมื่อช่วงเวลาเมื่อ 4,000 ปีผ่านมาแล้ว หลังจากนั้นเมื่อราว 2,700-2,500 ปีมาแล้วจึงเริ่มมีการใช้เหล็ก ในทางโลหะวิทยานั้น “สำริด” (Bronze) หมายถึงโลหะ

ผสมที่มีทองแดง(Cu)และมีดีบุก(Sn)เป็นส่วนผสมหลัก ดีบุกข้างโลหะตั้งใจเติมลงไปปริมาณตั้งแต่ 1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่โดยทั่วไปนั้น สำริดชนิดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้ทำเครื่องมือ เครื่องใช้จะมีดีบุกผสมอยู่ประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ (Coghlan 1975 : 81)



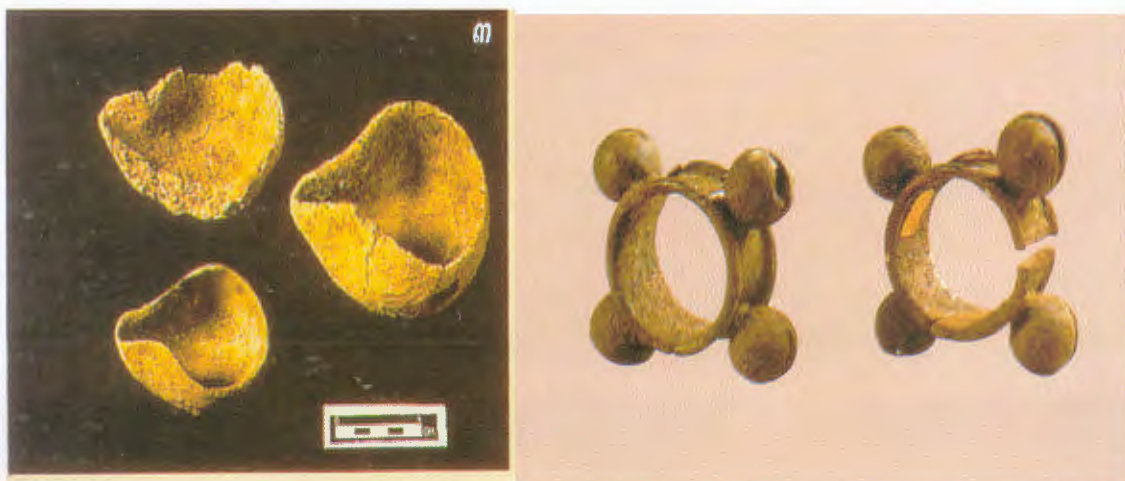
วัตถุที่เกี่ยวข้องกับการทำสำริดที่พบที่บ้านเชียงมีทั้งเบ้าดินเผาสำหรับหลอมโลหะ และแม่พิมพ์หินทรายสำหรับหล่อโลหะ ซึ่งหลักฐานแสดงว่ามีการหล่อโลหะขึ้นเองที่บ้านเชียง ส่วนวัตถุสำริดที่ผลิตขึ้นนั้นมีทั้งใบหอก หัวขวาน หัวลูกศร กำไลข้อมือ กำไลข้อเท้า เบ็ดตกปลา วัตถุสำริดที่มีความเก่าแก่ที่สุดที่พบที่บ้านเชียง คือ ใบหอก ที่พบที่หลุมฝังศพหลุมหนึ่งของระยะที่ 3 ของบ้านเชียงสมัยต้น ซึ่งเป็นหลุมฝังศพที่มีอายุราว 4,000 ปีมาแล้ว การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบหอกนี้ พบว่าเป็นสำริด ที่มีดีบุกผสมอยู่ประมาณ 3 % ซึ่งจัดว่าเป็นดีบุกที่อยู่ในระดับต่ำ

ต่ำกว่าในสารคดีสามัญ ส่วนการวิเคราะห์ลักษณะผลิตภัณฑ์ของโครงสร้างภายในของใบหอกสำริดนี้พบว่า ขั้นตอนแรกในการผลิต คือ การหล่อโดยใช้แม่พิมพ์ชนิด 2 ชั้นประกบกัน จากนั้นก็มีการนำใบหอกที่หล่อได้ไปตีขึ้นรูปในขณะที่เย็น เพื่อตกแต่งรูปร่างให้สมบูรณ์ แต่เนื่องจากการตีในขณะที่โลหะเย็นนั้น ทำให้โครงสร้างเดิมของโลหะเกิดการบิดเบี้ยว และคุณสมบัติของโลหะสำริดเปลี่ยนไปเป็นมีความเปราะมากขึ้น จึงมีการนำเอาใบหอกชิ้นนี้ไปลดความเปราะที่เกิดขึ้นเนื่องจากการตีขณะเย็นโดยการเผาใบหอกให้ร้อนจนเป็นสีแดง แล้วทิ้งให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ กรรมวิธีการใช้ความร้อนช่วยในการลดความเปราะและทำให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้นแก่โลหะสำริด เช่นนี้ เรียกว่าวิธี “แอนนิลลิ่ง”(annealing)



ใบหอกสำริด พบอยู่กับ โครงกระดูกสมัยต้น นับเป็นเครื่องสำริด ชิ้นที่เก่าแก่ที่สุดของบ้านเชียง อายุประมาณ 4,000 ปี

จากร่องรอยของผลิตภัณฑ์โลหะที่แสดงชัดเจนว่าใบหอกสำริดชิ้นนี้ทำโดยผ่านกรรมวิธีแอนนิลลิ่งด้วยนั้นชี้ให้เห็นว่าช่างสำริดรุ่นแรกของบ้านเชียงมีความรู้และความเข้าใจในเทคนิคของการโลหะกรรมสำริดเป็นอย่างดี และนอกเหนือจากการหล่อสำริดด้วยแม่พิมพ์ชนิด 2 ชั้นประกบกันแล้ว ช่างสำริดสมัยแรกของบ้านเชียงเมื่อระหว่าง 3,000-4,000 ปีมาแล้ว ยังทำการหล่อโลหะด้วยวิธี หล่อแบบขี้ผึ้งหาย “Lost-wax casting” อีกด้วย ถ้าโลหะสำริดแบบที่มีลูกกระพรวนประดับ ซึ่งเป็นเครื่องประดับที่พบมาตั้งแต่ช่วงระยะท้ายๆ ของวัฒนธรรมบ้านเชียงสมัยต้นล้วนแต่หล่อขึ้นมาด้วยวิธีนี้ทั้งสิ้น





โลหะสำริดของบ้านเชียงตั้งแต่ช่วงระยะปลายของสมัยคันนั้น ส่วนใหญ่เป็นชนิดสามัญ ซึ่งหมายถึงสำริดที่มีทองแดงผสมอยู่ราว 85-90 % และมีดีบุกขาว 10-15% นอกจากนี้ยังมีสำริดชนิดที่ผสมตะกั่วเพิ่มลงไปเป็นองค์ประกอบหลักชนิดที่ 3 นอกจากทองแดงและดีบุก การผสมตะกั่วลงไปในสำริดนั้นเป็นวิธีการทางโลหะวิทยาที่ทำให้โลหะสำริดหลอมเหลวได้ง่ายขึ้น โลหะเหลวมีความหนืดลดลง ทำให้การไหลตัวของโลหะเหลวเข้าในแม่พิมพ์ได้ดีขึ้น และยังช่วยลดฟองอากาศในโลหะเหลว ทำให้วัตถุที่หล่อมีคุณภาพดีขึ้น อย่างไรก็ตาม สำริดที่มีตะกั่วผสมอยู่ด้วยจะมีความแข็งแรง

น้อยกว่าสำริดชนิดที่ไม่มีเฉพาะทองแดงและดีบุกเป็นส่วนผสม จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำเครื่องมือ หรือ อาวุธที่ต้องการความแข็งแรง มีความเหมาะสมสำหรับนำมาทำเครื่องประดับโดยเฉพาะที่มีลักษณะรูปร่างที่ซับซ้อนและลวดลายที่สวยงาม เช่น กำไลที่มีลูกกระพรวนประดับ ซึ่งผลิตโดยกรรมวิธีการหล่อแบบขี้ผึ้งหาย



กระพรวนสำริด (Bronze Bells อายุประมาณ 4,000ปี)

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหลอมหล่อที่บ้านเชียง คือ ทองแดงและดีบุก คณะผู้ศึกษาได้รายงานว่า ที่บ้านเชียงและบริเวณใกล้เคียง ไม่มีแหล่งแร่ทั้งสองชนิด โดยไม่มีร่องรอยของการทำเหมืองแร่ และทำกระบวนการถลุงแร่ที่บริเวณบ้านเชียง นั้นหมายความว่าช่างหล่อโลหะจะต้องนำเอาวัตถุดิบมาจากแหล่งอื่น โดยสันนิษฐาน ว่าอาจจะมีการซื้อขายแลกเปลี่ยนกับชุมชนอื่นที่เป็นผู้ผลิตโลหะโดยเฉพาะในราวประมาณ 2,700-2,500 ปีมาแล้ว จึงเริ่มปรากฏมีการใช้เหล็กทำ

เครื่องมือเครื่องใช้และอาวุธ เช่น หัวขวาน ใบหอก มีด หัวลูกศร เป็นต้น ในช่วงนี้สำริดก็ยังคงเป็นที่นิยมใช้อยู่แต่เปลี่ยนนำมาทำเป็นเครื่องประดับกันเป็นส่วนใหญ่ผลจากการวิเคราะห์เหล็กที่นำมาใช้กันในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ที่บ้านเชียง พบว่าเป็นเหล็กที่ได้มาจากการถลุงสินแร่เหล็ก (iron ores) ด้วยวิธีการถลุงเหล็ก แบบที่เรียกว่า กระบวนการถลุงโดยตรง (direct smelting process) วิธีการนี้ต่างจากการถลุงเหล็กสมัยโบราณในประเทศจีน ซึ่งนิยม การถลุงด้วยกระบวนการทางอ้อม (indirect smelting process) ในการถลุงเหล็กตามกระบวนการถลุงโดยตรงนั้น จะต้องนำแร่เหล็กที่ขุดมาจากเหมืองและนำมาทำความสะอาดให้ดีแล้วนำมาผสมคลุกเคล้ากับถ่านในสัดส่วนที่ถูกต้องบรรจุลงในเตาถลุง จากนั้นจึงจุดไฟ เติมถ่านเป็นระยะๆ และสูบลมเพื่อให้ไฟร้อนแรงอยู่ตลอดเวลาทำให้อุณหภูมิภายในเตาสูงขึ้น และมีก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้แร่เหล็กที่อยู่ในสภาพของเหล็กออกไซด์ เป็นไปเป็นเหล็กบริสุทธิ์ (metallic iron) นอกจากนี้ในเตาถลุงยังต้องมีการเติมเชื้อถลุง (flux) ซึ่งในกรณีของการถลุงเหล็กนั้น ได้แก่ สารประเภทแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งสามารถได้มาจากปูนขาว กระดุกปูน หรือเปลือกหอยป่น เป็นต้น เชื้อถลุงจะเป็นตัวช่วยดึงเอาสิ่งหรือธาตุมลทินต่างๆ ที่ปนอยู่ในแร่ รวมตัวกันเป็นขี้ตะกรัน (slag)



วิธีการถลุงดังที่กล่าวมาจะไม่ทำให้เหล็กหลอมเหลว แต่จะเกิดการรวมตัวกันเป็นก้อนกลมๆ ที่มีรูพรุนขนาดเล็กๆ มากมายในโครงสร้างที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่น้อยกว่า 0.5 % จัดเป็นเหล็กอ่อน (wrought iron) ซึ่งเกือบเป็นเหล็กบริสุทธิ์สามารถนำไปตีขึ้นรูปเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ได้โดยง่าย

การให้ความร้อนโดยใช้เปลวไฟสัมผัสโดยตรงกับโลหะ โดยใช้สูบลมแบบโบราณ ในงานตีเหล็ก

วิธีการทำเครื่องมือจากโลหะกลุ่มเหล็กในสมัยโบราณประกอบด้วยการตีขึ้นรูปในขณะที่เหล็กยังร้อน (Hot working) กรรมวิธีการตีเหล็กทำได้โดย การนำเหล็กมาเผาในเตาให้ร้อนแดงก่อนแล้วจึงนำมาตีด้วยพะเนินبيب และรีดด้วยเหล็กให้มีการเปลี่ยนรูปร่างลักษณะตามที่ต้องการ หาก

เหล็กเย็นตัวลงต้องนำกลับมาเผาให้ความร้อนแดงใหม่อีกครั้งก่อนนำมาตีซ้ำอีกทำสลับกันแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้จะได้รูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ หลังจากนั้นจึงนำมาทำกรรมวิธีในขั้นตอนสุดท้าย คือ “การชุบ” ขั้นตอนนี้โดยการนำเครื่องมือเหล็กมาเผาให้ความร้อนแดงอีกครั้งก่อนนำไปจุ่มแช่ลงในน้ำเย็นทันที การทำเช่นนี้ทำให้โครงสร้างภายในเปลี่ยนแปลงไปซึ่งเป็นหลักการทางโลหะวิทยาที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าให้มีความแข็งแรงเพิ่มสูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์เครื่องมือเหล็กชิ้นแรกของบ้านเชียง แสดงให้เห็นว่าช่างเหล็กสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย มีความรู้ในด้านเทคนิคกรรมวิธีการตีเหล็ก และการชุบเหล็กตามวิธีการที่กล่าวมาข้างต้นเป็นอย่างดีพัฒนาการด้านโลหะกรรมที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายเมื่อราว 2,500-2,300 ปีมาแล้ว คือ การทำสำริดชนิดที่มีดีบุกผสมในปริมาณสูง (high tin bronze) หมายถึงสำริดที่มีดีบุกผสมอยู่มากถึง 20 % ปริมาณของธาตุดีบุกที่มีสูงมากจะมีผลทำให้ โลหะผสมมีความแข็งแรงและเปราะมาก มีสีออกสีคล้ำทอง และสีเงิน โดยขึ้นกับปริมาณดีบุกที่ผสม คุณสมบัติด้านความแข็งแรงแต่เปราะของโลหะผสมชนิดนี้เป็นข้อจำกัดที่ไม่สามารถผลิตชิ้นงานเครื่องมือเครื่องใช้ให้ได้คุณสมบัติตรงตามที่ต้องการใช้งานได้ยากโดยวิธีการหล่อแบบธรรมดา แต่จะต้องประยุกต์เอาวิธีการตีขึ้นรูปแบบเดียวที่ใช้กับเหล็กมาใช้ร่วมด้วย จึงจะได้งานที่คุณสมบัติตรงตามที่ต้องการใช้งาน คือ มีความแข็งแรง แต่ไม่เปราะ วิธีการดังกล่าวคือการเผาให้ความร้อนแดงและตีในขณะที่ร้อน ทำสลับกันระหว่างการเผาและการตีทำต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้รูปร่างตามที่ต้องการ และรอบสุดท้ายจึงนำไปชุบลงไปใต้น้ำเย็นทันที วิธีการทำด้วยเทคนิคนี้ ทำให้ช่างโลหะสามารถทำเครื่องประดับและภาชนะสำริดที่มีความแข็งแรงมาก มีความทนทาน และมีสีสวยงามกว่าสำริดธรรมดาจากผลการศึกษาวิเคราะห์ของตัวอย่างที่ขุดพบที่บ้านเชียง บ่งชี้ให้เห็นถึงพัฒนาการทางด้านการโลหะกรรมของคนสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นอย่างดีดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น



พัฒนาการของงานหล่อในประเทศไทย ปัจจุบันงานหล่อแบบโบราณ โดยวิธีขึ้นฝั้งหายได้มี
วิวัฒนาการ มาตามลำดับเพื่อให้งานที่ผลิตออกมามีคุณภาพดี และตรงตามความต้องการของตลาด
มากขึ้น งานที่พบเห็นเป็นจำนวนมากตั้งแต่อดีต จนถึงปัจจุบัน คือ งานหล่อพระพุทธรูป และเครื่อง
สังฆภัณฑ์ ต่างๆเช่น กระจ่างรูป เจริญเทียน แจกกัน กระดิ่ง ระฆัง เป็นต้น โดย วิธีการทำด้วยแบบหล่อ
ถาวร, แบบหล่อแบบปูนปาสเตอร์ หรือบางครั้งใช้แบบหล่อทรายขึ้น มีการนำเอาเทคโนโลยีมาช่วย
ในการผลิตในแต่ละขั้นตอนของการผลิต การหล่อทองเหลือง และสำริด แบบโบราณโดยวิธีขึ้นฝั้ง
หาย ที่ยังคงมีการทำสืบทอดกันตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน และมีแห่งเดียวในประเทศไทย โดย
กลุ่มหัตถกรรมหล่อทองเหลืองบ้านปะอาว ตำบลปะอาว อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี งานหล่อ
ที่ทำส่วนมากเป็นกระดิ่ง ที่มีขนาดตั้งแต่เล็กๆ ประมาณ 2 เซนติเมตร จนถึงขนาดโตที่มีน้ำหนัก
หลายร้อยกิโลกรัม ที่น่าสนใจ คือ กรรมวิธีที่ทำ เป็นวิธีเดียวกับที่ทำอยู่ที่บ้านเชียง เมื่อ 4,000 ปี
มาแล้ว ดังที่ได้กล่าวในเบื้องต้น



ตัวทำงานหล่อที่ทำโดยวิธีขึ้นหา



สำหรับงานหล่อแบบขึ้นหาในปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการผลิตให้ทันสมัยเพื่อให้ได้สามารถผลิตงานได้ทั้งปริมาณและคุณภาพตามที่ต้องการ สามารถหล่อได้ทั้งงานที่เป็นโลหะกลุ่มที่เป็นเหล็กและไม่ใช่เหล็ก ตัวอย่างเช่น หัวไมคิกอล์ฟ ชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ของเครื่องบิน และอากาศยานต่างๆ เครื่องมือ ทางการแพทย์ และอุตสาหกรรมการทำเครื่องประดับเป็นต้น เตาหลอมที่ใช้ในการหลอมหล่อในปัจจุบัน มีการนำเอาเชื้อเพลิงชนิดต่างๆมาใช้ให้เหมาะสมกับ ชนิดของวัตถุดิบที่นำมาหลอมหล่อ (ขึ้นกันจุดหลอมเหลว) ซึ่งมีทั้ง ไฟฟ้า แก๊ส ถ่านโค้ก และถ่านไม้ เป็นต้น จึงทำให้ข้อจำกัดในการผลิตงานหล่อลดน้อยลง สามารถหลอมหล่องานได้หลากหลายมากขึ้น เทคโนโลยีในงานหล่อ ได้มีการสร้างและพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อมาใช้กับกระบวนการทำงานหล่อมากขึ้น เช่น เทคโนโลยีการออกแบบงานหล่อ การออกแบบเตา เทคโนโลยีในขั้นตอนการทำแบบหล่อทราย การควบคุมคุณภาพของน้ำเหล็ก การตรวจสอบงานหล่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน ก่อนการนำส่ง

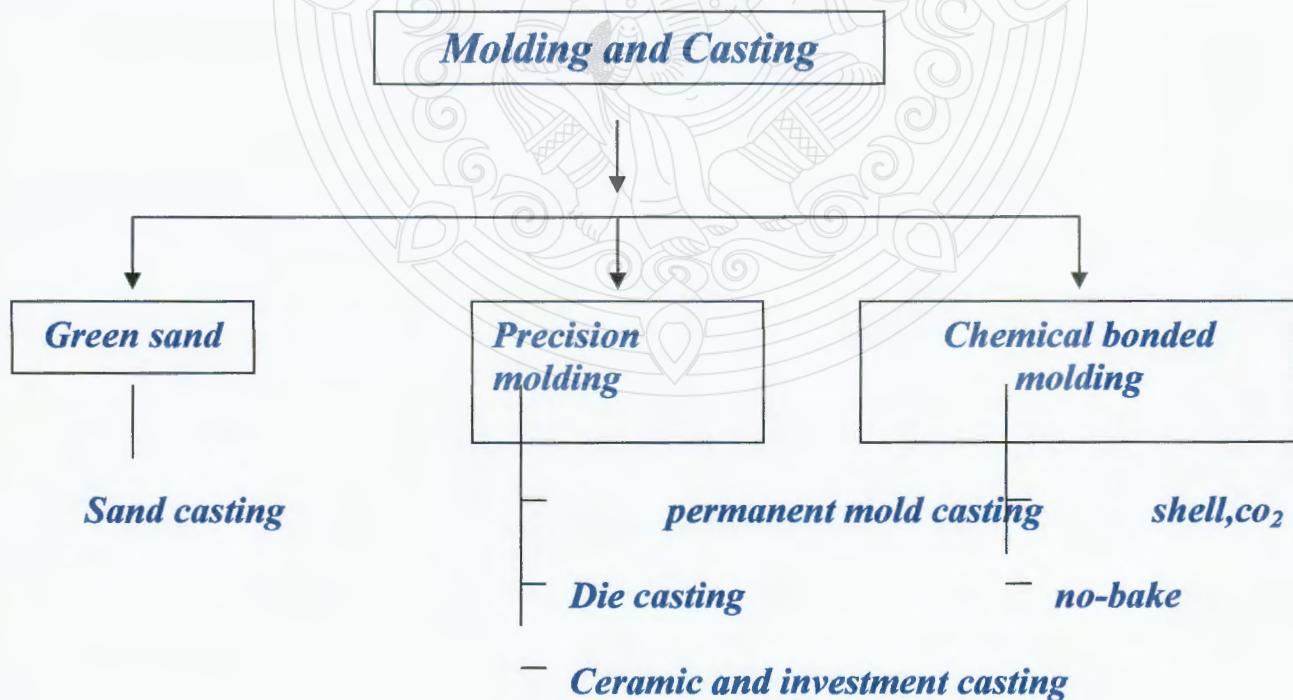
ลูกค้า เป็นต้น ทำให้การทำงานล่อมีความง่ายสะดวก สะอาด ได้งานที่มีความเที่ยงตรงสูง มีของเสียต่ำ การทำงานมีความปลอดภัยสูงรวมทั้งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่ำ อุตสาหกรรมหล่อโลหะในประเทศ ปัจจุบัน งานโลหะกรรม ส่วนมากที่พบจะเป็นอุตสาหกรรมเหล็กโครงสร้างเพื่อใช้ในการก่อสร้าง และอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วน โดยเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ และเครื่องจักรกลต่างๆ โดย มีการนำเข้าเหล็ก และเหล็กรูปพรรณแบบต่าง ในประเทศยังไม่มีอุตสาหกรรมการถลุงแร่โดยตรงจากเหมืองแร่ ดังนั้นในแต่ละปีประเทศไทยต้องนำเข้าเหล็กปี้ละหลายแสนล้านบาท และต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นจำนวนมากเช่นกัน



กระบวนการหล่อโลหะ

การทำงานหล่อมียุคขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกันไปตามชนิดของแบบหล่อ ในเบื้องต้นถ้าเป็นการทำโดยใช้หล่อทรายขึ้นซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในประเทศ เริ่มต้นจาก การออกแบบงานหล่อ และการสร้างกระสวน ให้ได้รูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้ (ในขั้นตอนนี้งานหล่อทุกชนิดจะต้องมีกระสวน) ก่อนนำมาใช้ในการขึ้นรูปเป็นแบบทรายหล่อ เพื่อให้ได้แบบหล่อที่พร้อมที่จะเทหล่อ หากลักษณะงานที่ต้องการให้มีโพรงจะต้องมีขั้นตอนการทำให้แบบเพิ่มมาอีก และก่อนเทจะต้องประกอบใส่แบบเข้ากับแบบทรายหล่อให้เรียบร้อย ในขั้นตอนการเตรียมน้ำโลหะ จะต้องมีการควบคุมคุณภาพของน้ำโลหะให้ได้ส่วนผสมตามที่กำหนดเสียก่อน จึงนำไปเทลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้ เมื่อเทหล่อแล้ว ปล่อยให้งานหล่อแข็งตัวสมบูรณ์และเย็นตัวลงดีเสียก่อนจึงทำการลื้อแบบหล่อในขั้นตอนต่อไป งานหล่อที่ได้จะต้องผ่านการตรวจสอบเบื้องต้นด้วยตา และนำมาทำความสะอาด ตัดรูล้น หัวป้อน และหากต้องการตัดแต่งด้วยเครื่องมือกลจะต้องทำให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน ที่จะจัดส่งให้กับลูกค้าต่อไป

การแบ่งกรรมวิธีการทำงานหล่อ ถ้าแบ่งตามชนิดของแบบหล่อและกรรมวิธีการหล่อ ที่นิยมทำกันในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้ดังผังแสดงข้างล่างนี้ คือ



แผนภูมิแสดงการแบ่งประเภทงานหล่อตามชนิดของแบบหล่อ

A Comparison of Various Molding and Casting Processes

	Green Sand	Precision Molding			Chemically Bonded Molding
	Sand Casting	Permanent Mold Cast	Die Casting	Ceramic & Investment Casting	Shell, CO ₂ No-Bake
Typical dimensional tolerances, inches	$\pm .010'' - \pm .030''$	$\pm .010'' - \pm .050''$	$\pm .001'' - \pm .015''$	$\pm .010'' - \pm .020''$	$\pm .005'' - \pm .015''$
Relative cost in quantity	Low	Low	Lowest	Highest	Medium high
Relative cost for small number	Lowest	High	Highest	Medium	Medium high
Permissible weight of casting	Unlimited	100 lbs.	75 lbs.	Ozs. to 100 lbs.	Shell ozs. - 250 lbs. CO ₂ & no-bake 1/2 lbs. - tons
Thinnest section castable, inches	1/10"	1/8"	1/32"	1/16"	1/10"
Relative surface finish	Fair to good	Good	Best	Very good	Shell-good CO ₂ -fair
Relative ease of casting complex design	Fair to good	Fair	Good	Best	Good
Relative ease of changing design in production	Best	Poor	Poorest	Fair	Fair
Range of alloys that can be cast	Unlimited	Aluminum-base and copper-base preferable	Aluminum-base preferable	Unlimited	Unlimited

(Characteristics are approximate and depend upon the metal.)

ความสำคัญของงานหล่อโลหะ

งานหล่อโลหะ คือ ชิ้นงานโลหะได้จากการเทน้ำโลหะลงในโพรงแบบหล่อ แล้วปล่อยให้เย็นตัว และแข็งตัวจะได้รูปร่างของชิ้นงานหล่อเหมือนกับรูปร่างของโพรงแบบ ซึ่งแตกต่างจากขบวนการอื่นๆที่ขึ้นรูปเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานโดยโลหะนั้นไม่ต้องทำให้หลอมเหลว เช่น การตีขึ้นรูป (forging) , การรีดขึ้นรูป (rolling) หรือการรีดคึงขึ้นรูป ซึ่งวิธีการดังกล่าวมาจะต้องใช้วิธีการทางกล แต่การหล่อไม่ต้องอาศัยวิธีการทางกล ซึ่งแต่ละวิธีการจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป แต่เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วงานหล่อจะมีข้อดี ดังต่อไปนี้

1. สามารถผลิตงานที่มีรูปร่างสลับซับซ้อนทั้งภายในและภายนอกได้ ซึ่งกรรมวิธี การตีขึ้นรูปหรือการเชื่อมทำไม่ได้
2. โลหะบางชนิดไม่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยวิธีอื่น เนื่องจากมีลักษณะธรรมชาติทางโลหะวิทยาที่แตกต่างไปจากโลหะชนิดอื่น แต่สามารถนำมาขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อได้
3. ชิ้นส่วนบางอย่างถ้าผลิตด้วยวิธีอื่นอาจจะต้องผลิตเป็นหลายชิ้นก่อนนำมาประกอบเป็นชิ้นงาน แต่งานหล่อสามารถหล่อให้ติดกันเป็นชิ้นเดียวกันได้
4. การขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อสามารถผลิตในปริมาณมากๆ ได้ (mass production) ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า และ ได้ผลดีกว่า
5. การขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อสามารถผลิตชิ้นงานที่มีขนาดเล็กๆ ไปจนถึงขนาดใหญ่ๆ ได้ง่ายกว่าวิธีอื่น เช่น ปั๊มน้ำ หรือ เครื่องยนต์เรือเดินทะเลที่มีน้ำหนักขนาด 200 ตัน เป็นต้น ในขณะที่กรรมวิธีอื่นจะทำได้ยากกว่า
6. คุณสมบัติบางอย่าง ดีกว่างานที่ได้จากการขึ้นรูปโดยกรรมวิธีอื่น เช่น
 - งานหล่อสามารถนำไปตกแต่งด้วยเครื่องมือกลได้ง่าย และมีคุณสมบัติด้านการดูดกลืนแรงสั่นสะเทือนได้ดี
 - งานหล่อมีคุณสมบัติสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน เมื่อเปรียบเทียบกับงานตีขึ้นรูปจะมีคุณสมบัติที่ไม่สม่ำเสมอ
 - งานหล่อกลุ่มโลหะเบา ที่ต้องการความแข็งแรงสูงและมีน้ำหนักเบาสามารถผลิตได้ด้วยกรรมวิธีการหล่อเท่านั้น
 - สามารถผลิตงานหล่อที่ใช้ทำชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นแบร้ง ให้คุณสมบัติด้านการหล่อลื่นที่ดี
 - การผลิตโดยวิธีการหล่อสามารถควบคุมส่วนผสมทางเคมีและคุณสมบัติได้

บทที่ 2 พัฒนาการของระฆัง

ระฆัง เป็นเครื่องดนตรีอย่างง่ายชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นท่อนปลายเปิดหนึ่งด้าน มีตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่นกระดิ่ง ไปจนถึงระฆังขนาดใหญ่ เช่นระฆังบิกเบน ที่แขวนในหอนาฬิกา ซึ่งตั้งอยู่ที่ พระราชวังเวสต์มินสเตอร์ ระฆังสามารถทำจากวัสดุ ตั้งแต่แก้ว เซรามิก แต่ที่นิยมที่สุดคือ โลหะ

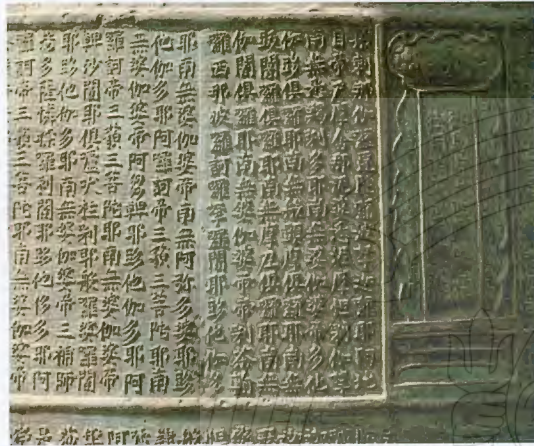
ระฆัง มีลักษณะเป็นท่อนปลายเปิดข้างเดียว แขนวนด้านที่เปิดลงด้านล่าง อาจจะมีค้อนแขวนไว้ข้างในตัวระฆัง หรืออาจจะเอาไว้ด้านนอกก็ได้ แล้วแต่ว่าจะใช้วิธีแกว่งหรือตี เมื่อระฆังถูกตี พลังงานจากดีการชนของค้อนกับระฆังจะทำให้อากาศในระฆังเกิดการสั่นพ้องขึ้น ทำให้เกิดเสียงอันก้องกังวานในโลกตะวันตก ระฆังมักมีค้อนแขวนไว้ภายใน และแขวนไว้กับแกนที่หมุนได้ แกนที่หมุนได้จะมีเชือกโยงลงไป เวลาจะลั่นก็จะกระตุกเชือก ทำให้ระฆังแกว่ง และกระทบกับค้อนเกิดเป็นเสียงขึ้น บางทีระฆังอาจจะแขวนไว้เป็นราวก็ได้ส่วนในโลกตะวันออก ระฆังมักใช้วิธีการกระแทกด้วยค้อนหรือไม้ท่อน แทนที่จะแกว่ง เทคนิคหลังนี้เป็นที่นิยมสำหรับหอนาฬิกาและหอรระฆังโดยทั่วไป เพราะการแกว่งอาจทำให้ห่อเสียหาย ได้ระฆังมักทำมาจากโลหะผสมทองแดงและดีบุก (ทองเหลือง) ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมากมักเป็น ทองแดง 3 : ดีบุก 1 หลังจากที่ทำหล่อเสร็จแล้ว ก็จะต้องถ่วงเสียง โดยการเพิ่มหรือลดเนื้อวัสดุภายในตัวระฆัง เทียบกับการเคาะส้อมเสียง เพื่อให้ได้เสียงที่ต้องการระฆังสันนิษฐานว่ามีพัฒนาการมาจากการใช้วัตถุฐานานาชนิดกระทบกัน เพื่อให้เกิดเป็นเสียงต่างๆและกำหนดสัญลักษณ์ของเสียงนั้นเป็นการสื่อความหมายที่รับรู้และเข้าใจ สัญญาณที่เกิดขึ้นนั้น ทั้งนี้มีการเริ่มต้นมาจากวัสดุใกล้เคียงกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ อาจใช้ไม้ ดิน หิน แร่ธาตุ บางชนิด และพัฒนาไปสู่การออกแบบสร้างตามคตินิยมและการแปลความหมายจากหลักของศาสนา ในประเทศไทยพบหลักฐานว่ามีการสร้างระฆังมาเป็นระยะเวลายาวนานและทำกันเป็นอาชีพเพราะความต้องการในการประกอบการใช้งาน การจัดเป็นองค์ประกอบทางคสถาปัตยกรรม การตกแต่งจัดวางเพื่อให้เกิดความสวยงามแลเพื่อประโยชน์ด้านอื่น



การสร้างระฆังในภูมิภาคต่างๆ







Bronze Temple Bell
Late 19th Century, Burma



Bronze Buffalo Bell
Late 19th Century, Burma



Bronze Elephant Bell
Late 19th Century, Burma

ระฆังที่สร้างขึ้นในทวีปเอเชียและประเทศจีน

บทที่ ๓

การสร้างระฆังในประเทศไทย

การออกแบบสร้างระฆังในประเทศไทย สันนิษฐานมีการพัฒนาและสืบทอดกันมาเป็นเวลานาน และทำกันเป็นการเฉพาะกลุ่มหรือสกุลช่างมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวเป็นกรอบและลักษณะประจำของกลุ่มช่างนั้นๆ ทั้งนี้จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของเสียง เนื่องด้วยเสียงของระฆังจะมีค่าความแปรผันจากวัสดุที่ใช้ผสมสำหรับการหล่อ โดยจะวัดค่าของระฆังด้วยการตีและมีความดังกังวานมากน้อยต่างกันเพียงใด





Canon EOS 350D DIGITAL
shutter 0.01s, f/5.6, lens 28.00 mm
ISO100



Fish in Can



Canon EOS 350D DIGITAL
shutter 0.01s, f/5.6, lens 28.00 mm
ISO100

ระฆังที่ปรากฏมีการใช้งานศาสนกิจต่างๆ



บทที่ ๔

วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างระฆัง

วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ

วัสดุโลหะในการหล่อระฆังประกอบด้วย

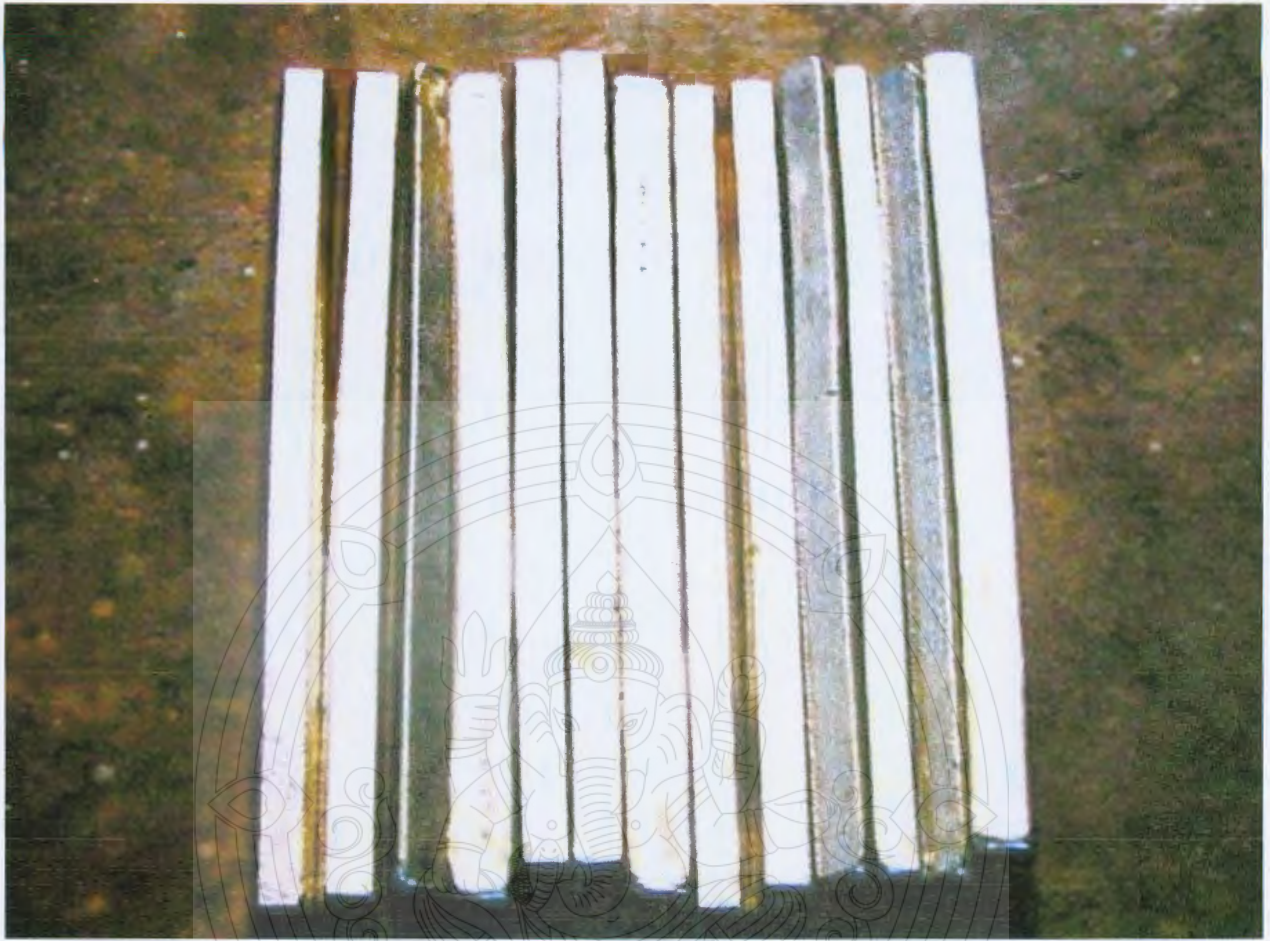
๑ ทองแดง

๒ ดีบุก

๓ สังกะสี

๔ ตะกั่ว

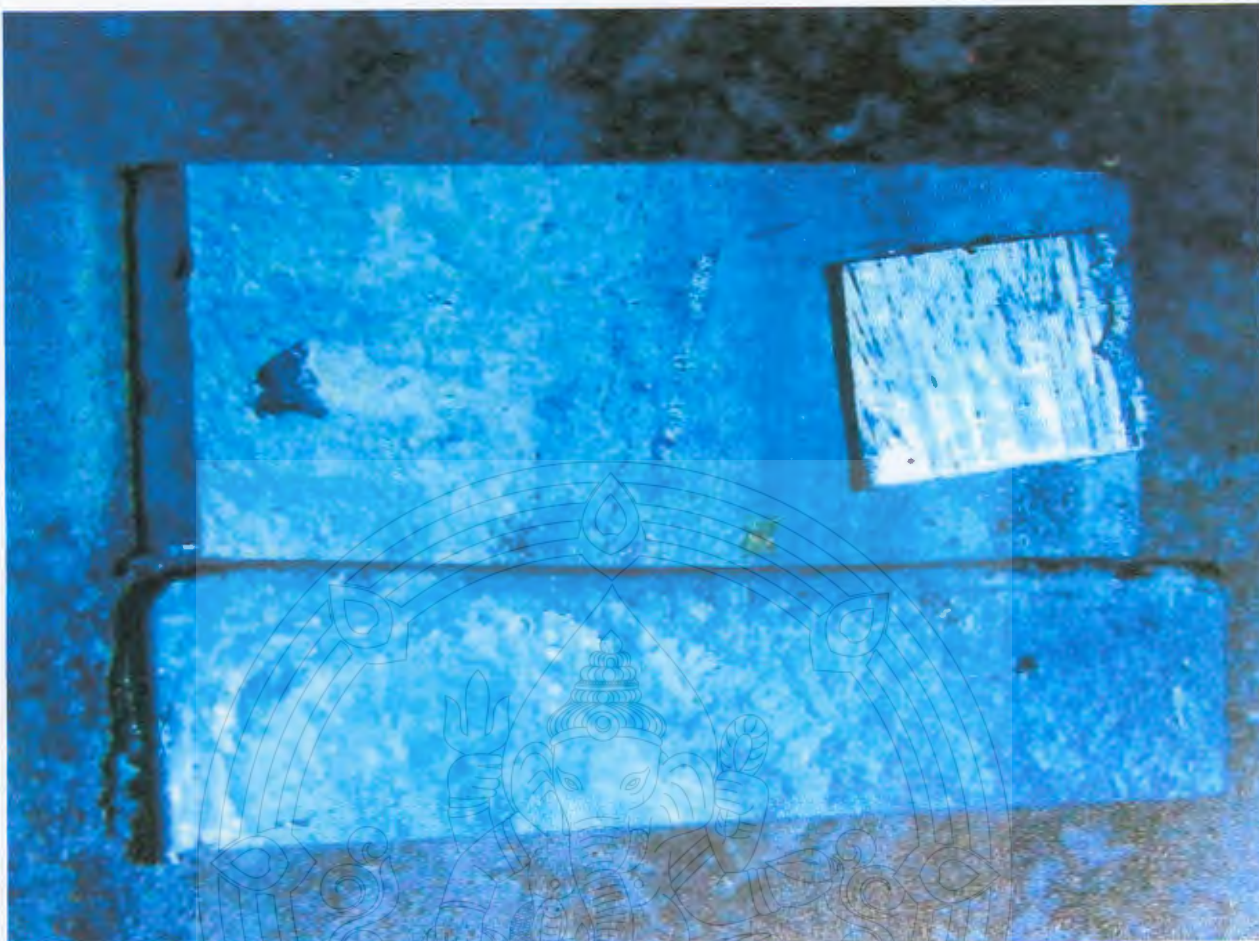




คีนุก

ก. โดยมีอัตราส่วนผสมของโลหะสำหรับหล่อโครงประกอบองค์ระฆังขนาด ๓ กำ ประกอบด้วย

ทองแดงชนิด	๕๕ เปอร์เซ็นต์	จำนวน	๘๕ เปอร์เซ็นต์	จำนวนน้ำหนัก	๕๑ กิโลกรัม
สังกะสีชนิด	๕๕ เปอร์เซ็นต์	จำนวน	๕ เปอร์เซ็นต์	จำนวนน้ำหนัก	๓ กิโลกรัม
ตะกั่ว	๕๕ เปอร์เซ็นต์	จำนวน	๕ เปอร์เซ็นต์	จำนวนน้ำหนัก	๓ กิโลกรัม
คีนุก	๕๕ เปอร์เซ็นต์	จำนวน	๕ เปอร์เซ็นต์	จำนวนน้ำหนัก	๓ กิโลกรัม

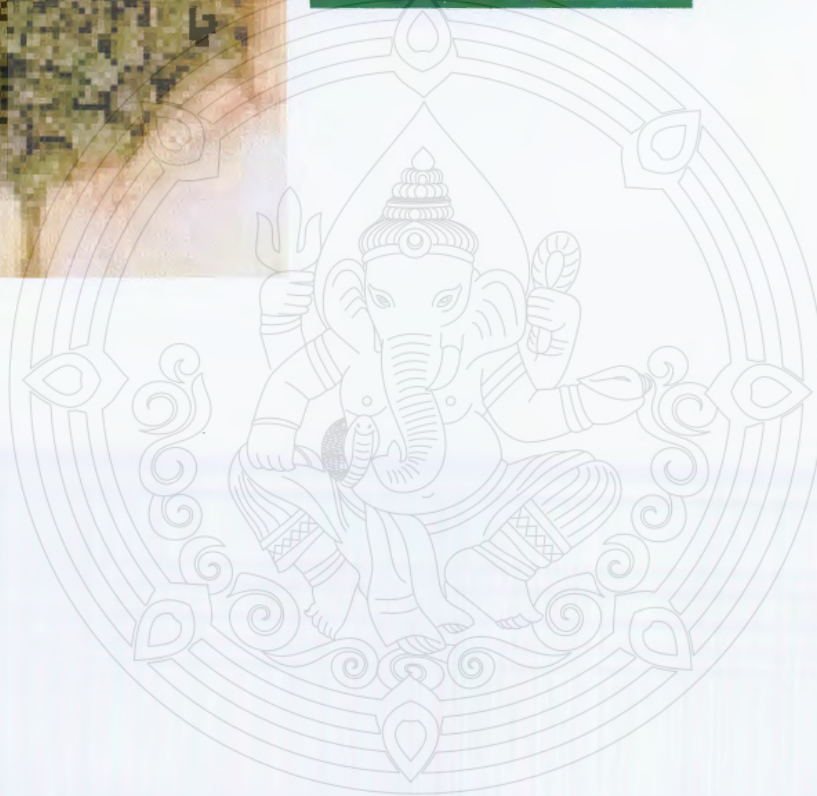
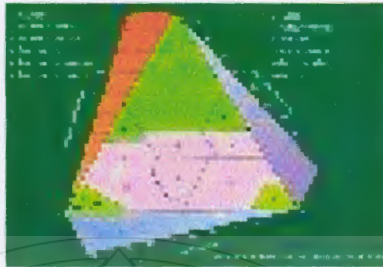


ตั้งกะถิ

วัสดุประกอบ

- ๑.ทราย ๒. ดินเหนียว ๓. มูลโค ๔. ขี้ผึ้ง ๕. เหล็ก

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุต่างๆ



สารหรือสสาร (Matter) หมายถึง สิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวของเรา ซึ่งเราสามารถสัมผัสได้ด้วย
ประสาททั้ง 5 มีมวล มีรูปร่าง มีปริมาตร ต้องการที่อยู่ และมีการเปลี่ยนแปลง
ของตัวอย่างสารหรือสสารที่รอบๆตัวเราให้ได้มากที่สุด

ข. สมบัติทางเคมี หมายถึง สมบัติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของสาร และการเกิด

ปฏิกิริยาเคมี เช่น การเผาไหม้ การเกิดสนิม การผุพัง การระเบิด เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือการเกิดปฏิกิริยาเคมี จะต้องมีสารใหม่เกิดขึ้นเสมอ มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายใน และมีผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของสารด้วย ทำให้สารใหม่ที่เกิดขึ้น มีสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม เช่น การเกิดสนิมเหล็ก การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงต่อไปนี้เป็น การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมี การระเหยของน้ำ การต้มน้ำ ข้าวสารเปลี่ยนเป็นข้าวสุก เกลือละลายน้ำ ผลไม้ดิบเปลี่ยนเป็นผลไม้สุก การจุดเทียนไข เนื้อดิบเป็นเนื้อสุก

ให้นักเรียนยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งทางกายภาพ และทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1. มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายนอก
2. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายใน
3. ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น ภายหลังการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารยังคงเหมือนเดิม

4. สามารถทำให้กลับสู่สภาพเดิมได้ง่าย

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1. มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายนอก
2. มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายใน
3. มีสารใหม่เกิดขึ้น ภายหลังการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารแตกต่างไปจากเดิม

4. ทำให้กลับสู่สภาพเดิมได้ยาก

สมบัติต่างๆของสารและการเปลี่ยนแปลงของสารสังเกตได้จากลักษณะภายนอกและจากการทดลอง

โดยวิธีต่างๆ ทำให้นักเคมีนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดจำพวกสารออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกในการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงของสาร

1. นำน้ำแข็ง 10 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง สังเกตและวัดอุณหภูมิทุก 2 นาที จนกว่าน้ำแข็งจะละลายหมด แล้วนำไปต้มนจนเดือด สังเกตและวัดอุณหภูมิทุก 2 นาที จนน้ำเกือบแห้ง

2. นำลูกเหม็นใส่ลงบนแผ่นกระจก 2 แผ่นๆ ละ 1 ซ้อนเบอร์ 1 นำกระจกแผ่นแรกไปวาง ตากแดด 15 นาที ส่วนแผ่นที่ 2 วางไว้ในที่ร่ม สังเกตและบันทึกผล
 3. นำน้ำตาลทราย 10 กรัม เติมลงในน้ำ 20 cm³ คนจนกระทั่งน้ำตาลละลายหมด สังเกตการเปลี่ยนแปลงและชิมสารละลาย
 4. นำสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 0.1 mol/cm³ จำนวน 5 cm³ เติมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.1 mol/cm³ จำนวน 5 cm³ เขย่าสารละลาย สังเกตและบันทึกผล การทดลองในข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการทดลองในข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี
- การทดลองในข้อ 1 , 2, 3 และ 4 มีสารใหม่เกิดขึ้นหรือไม่

2.2 การจำแนกสาร

ในโลกของเรามีสารต่างๆเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันมนุษย์รู้จักสารมากกว่าสองล้านชนิด ซึ่งสาร

บางอย่างก็มีสมบัติคล้ายกัน บางอย่างก็มีสมบัติแตกต่างกัน เพื่อสะดวกในการศึกษาค้นคว้า จึงต้องมีการจำแนก

หรือจัดหมวดหมู่ของสาร โดยอาศัยสมบัติต่างๆของสารเป็นเกณฑ์ต่างๆ เช่น การนำไฟฟ้า สถานะองค์ประกอบทางเคมีของสาร การละลาย ลักษณะเนื้อของสาร ขนาดอนุภาค เป็นต้น

การจัดหมวดหมู่ของสารต่อไปนี้จะพร้อมทั้งบอกเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่ด้วย น้ำตาลทราย น้ำเชื่อม เกลือแกง น้ำส้มสายชู ลูกเหม็น น้ำกลั่น น้ำแข็ง เหล็ก ทองแดง กระจก ปากกา น้ำหมึก สี น้ำ อากาศ ก๊าซหุงต้ม

ของสิ่งของเหล่านั้นพร้อมทั้งบอกเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่ด้วยเพื่อให้การจัดหมวดหมู่ของสารเป็นไปใน แนวทางเดียวกัน และเป็นสากล จึงใช้ลักษณะเนื้อของสารเป็นเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่ของสาร ซึ่งสามารถจัดได้ดังนี้

1. สารเนื้อเดียว (Homogeneous substance) หมายถึง สารที่มีลักษณะเนื้อของสารและสมบัติเหมือนกันตลอดทั้งมวลของสารนั้น เช่น น้ำเกลือ น้ำกลั่น ทองแดง ลูกเหม็น น้ำตาลทราย แอลกอฮอล์ เป็นต้น

2. สารเนื้อผสม (Heterogeneous substance) หมายถึง สารที่มีลักษณะเนื้อของสารและสมบัติไม่เหมือนกันตลอดทั้งมวลของสารนั้น สามารถเห็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันได้ เช่น ดินปืน ผริกกับเกลือ น้ำโคลน น้ำแป้ง คอนกรีต เป็นต้น

ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารที่พบในชีวิตประจำวันว่าสารใดเป็นสารเนื้อเดียวและสารใดเป็นสารเนื้อผสม

2.3 สารเนื้อเดียว

การทดลองที่ 2 องค์ประกอบของสารเนื้อเดียว

1. สังเกตลักษณะเนื้อสารของน้ำกลั่น และสารละลายโซเดียมคลอไรด์
2. หยคน้ำกลั่น 2 – 3 หยด ลงในภาชนะแล้วนำไปตั้งไฟ สังเกตจนกระทั่งน้ำแห้ง
3. หยดสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2 – 3 หยด ลงในภาชนะแล้วนำไปตั้งไฟ สังเกตจนกระทั่งสารละลายแห้ง

ลักษณะเนื้อสารของน้ำกลั่นและสารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นเนื้อเดียวหรือไม่อย่างไร
จงบอกจำนวนองค์ประกอบของน้ำกลั่นและสารละลายโซเดียมคลอไรด์

สารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบทางกายภาพเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถแยกองค์ประกอบด้วย
วิธีทาง

กายภาพได้อีก เรียกว่า สารบริสุทธิ์ (Pure substance) ส่วนสารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบมากกว่า 1
อย่างและสามารถแยกองค์ประกอบออกจากกันด้วยวิธีทางกายภาพ เรียกว่า ของผสมเนื้อเดียว
(Heterogeneous mixture) หรือ สารละลาย (Solution)

2.4 สารบริสุทธิ์

สารบริสุทธิ์ เป็นสารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบเดียวจริงหรือไม่ นักเรียนทำการทดลองต่อไปนี้

การทดลองที่ 3 องค์ประกอบของสารบริสุทธิ์

1. ทดลองแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า โดยเติมน้ำกลั่นลงในอุปกรณ์ที่ใช้แยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า
เติมโซเดียมคลอไรด์ลงไปเล็กน้อยเพื่อช่วยในการนำไฟฟ้า สังเกตที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง
2. เก็บก๊าซที่ได้ในหลอดทดลองและทดสอบสมบัติของก๊าซทั้งสองด้วยความระมัดระวัง โดยครู
แนะนำวิธีการทดสอบที่ถูกต้องและปลอดภัย

การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงกายภาพหรือทางเคมี

การทดลองจะเห็นว่า สารบริสุทธิ์ มีองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิด ได้ แต่ต้องเป็น
องค์ประกอบทางเคมีและสามารถแยกได้ด้วยวิธีการทางเคมีเท่านั้น ไม่สามารถแยกได้ด้วยวิธีทาง
กายภาพ สารบริสุทธิ์ที่มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว ไม่สามารถแยกองค์ประกอบได้อีก เรียกว่า
ธาตุ (Element) ส่วนสารบริสุทธิ์ที่มีองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิดและสามารถแยกได้ด้วยวิธีการทางเคมี
เรียกว่า สารประกอบ (Compound)

ธาตุ คือ สารบริสุทธิ์ เนื้อเดียว ที่มีองค์ประกอบเดียว คือ อะตอม (Atom) ของธาตุนั้นๆ เช่น ทองคำ ทองแดง เหล็ก ออกซิเจน ไฮโดรเจน คลอรีน แคลเซียม เป็นต้น นักเคมีแบ่งธาตุ ออกเป็น โลหะ อโลหะ และ กึ่งโลหะกึ่งอโลหะ โดยใช้สมบัติต่างๆเป็นเกณฑ์ เช่น การนำไฟฟ้า จุดเดือด การนำความร้อน การเกิดปฏิกิริยาเคมี ความเป็นกรด – เบส เป็นต้น นักเรียนทำการทดลองเพื่อ ตรวจสอบสมบัติของธาตุตามการทดลองต่อไปนี้

การทดลองที่ 4 การศึกษาสมบัติของธาตุ

1. ศึกษาความแข็งและความเหนียว ของ ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ถ่านแกรไฟต์ โดยการสังเกต และตีด้วยฆ้อน
 2. ศึกษาการนำไฟฟ้าของ ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ถ่านแกรไฟต์
 3. ศึกษาการนำความร้อนของ ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ถ่านแกรไฟต์ โดยใช้ ความเหนียวและความแข็ง การนำไฟฟ้า และ การนำความร้อน เป็นเกณฑ์ว่าสารใดควรจัดอยู่ในพวกเดียวกันมีสารใดเป็น โลหะ อโลหะ และ กึ่งโลหะ
- ธาตุโลหะ (Metal) เป็นธาตุที่มีสมบัติ ดังนี้
1. มีสถานะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทเป็นของเหลว
 2. แข็งเหนียว ดึงเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นได้
 3. เคาะมีเสียงดังกังวาน
 4. มีผิวมันวาว สะท้อนแสงได้ดี
 5. เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้า
 6. ส่วนใหญ่จุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง

ธาตุอโลหะ (Non metal) เป็นธาตุที่มีสมบัติดังนี้

1. มีทั้ง 3 สถานะ เช่น คาร์บอน กำมะถัน เป็นของแข็ง โบรมีน เป็นของเหลว ออกซิเจน ไฮโดรเจน เป็นก๊าซ เป็นต้น
 2. แข็งแต่เปราะหักง่าย ดึงเป็นเส้นหรือตีเป็นแผ่นไม่ได้
 3. เคาะไม่มีเสียงดังกังวาน
 4. ผิวด้าน ไม่มันวาว สะท้อนแสงได้ไม่ดี
 5. เป็นฉนวนความร้อนและไฟฟ้า
 6. ส่วนใหญ่จุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ
- จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ธาตุกึ่งโลหะกึ่งอโลหะหรือเมทัลลอยด์ (Metalloid) เป็นธาตุที่มีสมบัติอยู่ระหว่างโลหะกับอโลหะ ธาตุซิลิคอน มีจุดเดือดสูง นำไฟฟ้าได้เหมือนโลหะ แต่แข็งและเปราะ เหมือนอโลหะ เป็นต้น สารประกอบ (Compound) เป็นสารบริสุทธิ์เนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบเดียวคือ โมเลกุลของสาร ซึ่งโมเลกุลของสารประกอบจะประกอบด้วยอะตอมของธาตุต่างมารวมตัวกันด้วยวิธีทางเคมีในอัตราส่วนของมวลและจำนวนอะตอมที่คงที่ เช่น น้ำ ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม และ ธาตุออกซิเจน 1 อะตอม คาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน 1 อะตอม และ ธาตุออกซิเจน 2 อะตอม เป็นต้น

เมื่ออะตอมของธาตุมารวมตัวกันด้วยวิธีทางเคมี จะเกิดสารประกอบที่มีสมบัติต่างไปจากสารเดิม ธาตุไฮโดรเจน ธาตุออกซิเจน น้ำ

1. มีสถานะเป็นก๊าซ 1. มีสถานะเป็นก๊าซ 1. เป็นของเหลว
 2. ติดไฟได้ 2. ไม่ติดไฟ แต่ช่วยให้ไฟติด 2. ใช้สำหรับดับไฟ
 3. จุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ 3. จุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ 3. จุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง
- อินเทอร์เนต เป็นต้น

สัญลักษณ์ทางเคมีของธาตุและสารประกอบ

สัญลักษณ์ทางเคมีของธาตุ คือ ตัวอักษรในภาษาอังกฤษที่ใช้เขียนแทนชื่อและอะตอมของธาตุนั้น มีหลักในการเขียนดังนี้

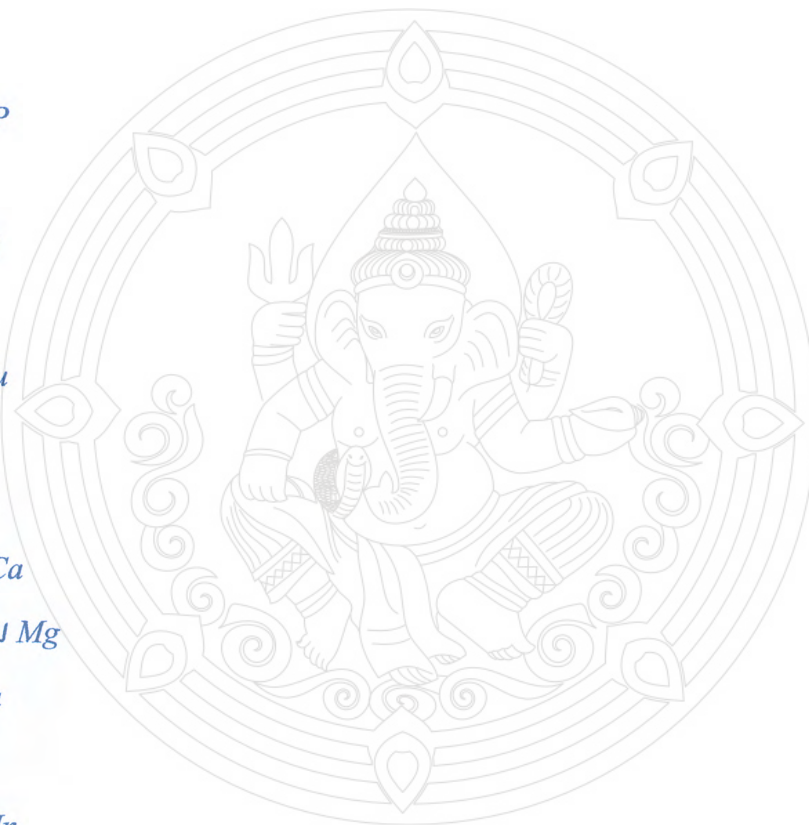
1. ใช้อักษรตัวแรกของชื่อธาตุ โดยเขียนเป็นตัวพิมพ์ใหญ่
2. ถ้าอักษรตัวหน้าซ้ำกันให้เขียนตามด้วยอักษรตัวถัดไป โดยใช้ตัวพิมพ์เล็ก
3. สัญลักษณ์ของธาตุบางชนิดเป็นคำในภาษาละติน จึงไม่ตรงกับคำในภาษาอังกฤษ

ตัวอย่างเช่น Hydrogen ใช้สัญลักษณ์ H, Helium ใช้สัญลักษณ์ He, เงิน (Silver) ใช้สัญลักษณ์ Ag มาจาก Argentum เป็นต้น

สัญลักษณ์ของธาตุที่ควรรู้จัก

ชื่อธาตุ สัญลักษณ์ของธาตุ

1. ไฮโดรเจน H
2. ออกซิเจน O
3. ไนโตรเจน N
4. ฟลูออรีน F
5. คลอรีน Cl
6. โบรมีน Br
7. ไอโอดีน I
8. ฟอสฟอรัส P
9. กำมะถัน S
10. คาร์บอน C
11. ทองคำ Au
12. ทองแดง Cu
13. ตะกั่ว Pb
- 14.ปรอท Hg
15. แคลเซียม Ca
16. แมกนีเซียม Mg
17. โซเดียม Na
18. เหล็ก Fe
19. มังกานีส Mn
20. ฮีเลียม He



สัญลักษณ์ของสารประกอบหรือสูตรทางเคมีของสารประกอบ คือ หมู่สัญลักษณ์ของธาตุที่เขียน เพื่อแสดงให้เห็นว่าสารประกอบนั้น ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง พร้อมทั้งระบุจำนวนอะตอมของ ธาตุที่เป็นองค์ประกอบเป็นตัวเลขห้อยไว้ที่ท้ายสัญลักษณ์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบนั้น เช่น H_2O เป็นสูตรทางเคมีของน้ำ ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม และ ธาตุออกซิเจน 1 อะตอม

สูตรเคมีของธาตุและสารประกอบบางชนิด

ชื่อสารประกอบ สูตรเคมี

น้ำ H_2O ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 ก๊าซไฮโดรเจน H_2 ก๊าซออกซิเจน O_2 ก๊าซไนโตรเจน N_2
โซเดียมคลอไรด์ $NaCl$ แคลเซียมคาร์บอเนต $CaCO_3$ โซเดียมคาร์บอเนต $NaCO_3$ แคลเซียมคลอไรด์ $CaCl_2$ กรดไฮโดรคลอริก HCl กรดซัลฟิวริก H_2SO_4 กรดอะซิติก CH_3COOH (ตัวเลขต้องห้อยอยู่หลังตัวอักษรหน้าตัวเลข)

2.5 สารละลาย (Solution)

สารละลาย เป็นของผสมเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน มีสัดส่วนขององค์ประกอบเหมือนกันตลอดทั้งสารละลายนั้น สารละลายจะมีสมบัติ บางประการเหมือนสมบัติของสารบริสุทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบ เราสามารถแบ่งองค์ประกอบของสารละลาย

ได้เป็น 2 ชนิด คือ ตัวทำละลาย (Solvent) ตัวถูกละลาย (Solute) โดยมีเกณฑ์ในการกำหนด ดังนี้

1. สารละลายมีสถานะเหมือนสารใด ให้สารนั้นเป็นตัวทำละลาย เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ประกอบด้วย น้ำ กับ โซเดียมคลอไรด์ สารละลายมีสถานะเป็นของเหลวเหมือนน้ำ ดังนั้น คคน้ำเป็นตัวทำละลาย โซเดียมคลอไรด์ เป็นตัวถูกละลาย
2. ในกรณีที่สารละลาย และสารบริสุทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบ มีสถานะเดียวกัน สารใดมีปริมาณมากที่สุด สารนั้นเป็นตัวทำละลาย เช่น นาก เป็นสารละลายที่มีสถานะเป็นของแข็งเกิดจาก ทองคำผสมกับทองแดง โดย นาก 40 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ทองคำ ร้อยละ 40 ทองแดงร้อยละ 60 ดังนั้น ทองคำเป็นตัวถูกละลาย ทองแดงเป็นตัวทำละลาย ถ้านาก 60 เปอร์เซ็นต์ จะประกอบด้วย ทองคำ ร้อยละ 60 ทองแดงร้อยละ 40 ดังนั้น ทองคำเป็นตัวทำละลายเปรียบเทียบสมบัติของสารละลายกับสมบัติขององค์ประกอบตัวทำละลาย ตัวถูกละลาย สารละลาย น้ำ เป็นของเหลว ไม่มีรส กลิ่นแฉก เป็นของแข็ง มีรสเค็ม สารละลายเกลือ เป็นของเหลว มีรสเค็ม น้ำ เป็นของเหลว ไม่มีรสและกลิ่น แอลกอฮอล์ เป็นของเหลว มีกลิ่น สารละลายแอลกอฮอล์เป็นของเหลวมีกลิ่นแอลกอฮอล์ การบูร เป็นของแข็งสีขาว มีกลิ่นเฉพาะตัว พิมเสน เป็นของแข็งสีขาว มีกลิ่นเฉพาะตัว สารละลายเป็นของแข็งสีขาวมีกลิ่นของพิมเสนและการบูรจะเห็นว่าสารละลายมีสมบัติของทั้งตัวทำละลายและตัวถูกละลายอยู่ด้วยกัน

องค์ประกอบ

สารใดเป็นตัวทำละลายและสารใดเป็นตัวถูกละลาย

สารเนื้อผสมสารเนื้อผสมเป็นของผสมที่ได้จากการนำสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมารวมกันแล้วสารเหล่านั้น

ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน หรือแยกชั้นจากกัน สามารถมองเห็นและระบุชนิดขององค์ประกอบได้ เช่น พริกกับเกลือ สามารถบอกได้ว่าส่วนไหนคือพริก ส่วนไหนคือเกลือ องค์ประกอบแต่ละส่วน ยังคงสมบัติเดิม ทุกประการ

เปรียบเทียบขนาดของอนุภาคในสารละลายกับสารเนื้อผสม

ชนิดของสาร เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค(cm)

1. สารละลาย น้อยกว่า 10-7
2. คอลลอยด์ 10-7- 10-4
3. สารแขวนลอย มากกว่า 10-4

คอลลอยด์ (Colloid) เป็นสารเนื้อผสมที่มีขนาดอนุภาคของตัวถูกละลายใหญ่กว่าอนุภาคในสารละลายมีลักษณะขุ่นคล้ายขาว เช่น นมสด วัณ เกล็ด ฟองน้ำ สบู่ น้ำสลัด น้ำแป้ง เป็นต้น องค์ประกอบของคอลลอยด์จะไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน จะแยกชั้นออกจากกัน จึงต้องมีตัวประสาน (Emulsifier) เช่น น้ำสบู่เป็นตัวประสานให้น้ำกับน้ำมันไม่แยกชั้นจากกัน โดยน้ำมันจะแตกเป็นเม็ดเล็กๆ แทรกอยู่ในน้ำ สมบัติอีกอย่างหนึ่งของคอลลอยด์ คือ เมื่อแสงเดินทางผ่านคอลลอยด์ จะมองเห็นเป็น ลำแสง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์ทินคอลล (Tyndall effect) สารแขวนลอย (Suspension) เป็นสารเนื้อผสมที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าอนุภาคในคอลลอยด์ สามารถมองเห็นส่วผสมได้ชัดเจน เช่น น้ำโคลน คอนกรีต น้ำพริก ดินปืน เป็นต้น

ลักษณะทางกายภาพของเนื้อดิน (Soil Texture)

คุณสมบัติที่เรียกว่าเนื้อดินนั้น ได้แก่ ความเหนียว ความหยาบ หรือละเอียดของดิน ที่เรารู้สึกเมื่อเราหยิบเอาดินที่เปียกพอหมาดๆ ขึ้นมาบีบด้วยนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ ความรู้สึกที่เกิดขึ้นว่าดินบางก้อนเหนียว บางก้อนหยาบและสากมือนั้น เนื่องจาก อนุภาคของแร่หรืออินทรียสารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในดินนั้นมีขนาดต่างกัน อยู่ร่วมกันทั้งหยาบ และละเอียดเป็นปริมาณสัดส่วนแตกต่างกันออกไปในแต่ละเนื้อดิน เนื้อดินมีอยู่ทั้งหมด ๑๒ ชนิด แต่ก็สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มเนื้อดินได้ ๔ กลุ่ม ดังแสดงอยู่ในตารางข้างล่างนี้

ตารางแสดงเนื้อดินชนิดต่างๆ ในแต่ละกลุ่มเนื้อดิน

ชนิดเนื้อดิน	กลุ่มเนื้อดิน
๑. ดินเหนียว	กลุ่มดินเหนียวที่มีอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ ๔๐% ขึ้นไป

๒. ดินเหนียวปนทราย	
๓. ดินเหนียวปนตะกอน	
๔. ดินร่วนปนดินเหนียว	กลุ่มดินค่อนข้างเหนียว หรือดินร่วนเหนียวมีอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ ๒๐-๔๐% ขึ้นไป
๕. ดินร่วนเหนียวปนตะกอน	
๖. ดินร่วนเหนียวปนทราย	
๗. ดินร่วน	กลุ่มดินร่วนที่มีอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่า ๓๐%
๘. ดินร่วนปนตะกอน	
๙. ดินตะกอน	
๑๐. ดินร่วนปนทราย	กลุ่มดินทราย มีอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่า ๒๐% มีอนุภาคดินทรายมากกว่า ๔๐% ขึ้นไป
๑๑. ดินทรายปนดินร่วน	
๑๒. ดินทราย	

ความสำคัญของเนื้อดินที่มีต่อความเหมาะสมในการเพาะปลูก

๑. ด้านการเตรียมดิน กลุ่มดินเหนียวและกลุ่มดินค่อนข้างเหนียวจะไถพรวนลำบาก กล่าวคือ เมื่อเปียกจะเหนียวจัด ถ้าแห้งก็จะแข็งจัดการเตรียมดินเพื่อการปลูกพืชทำได้ลำบากกว่า กลุ่มดินร่วน และกลุ่มดินทราย ซึ่งจะไถพรวนง่ายกว่า

๒. ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน กลุ่มดินเหนียวและค่อนข้างเหนียวจะมีความสามารถอุ้มน้ำ หรือธาตุอาหารพืชและน้ำไว้ในดินได้มากกว่ากลุ่มดินร่วนและดินทราย ดังนั้นถ้าเราสามารถทำให้ดินเหนียวและดินค่อนข้างเหนียวมีสภาพไม่แน่นทึบ ดินมีความโปร่งพอสมควร ดินพวกนี้จะปลูกพืชได้ดี ไม่ต้องการปุ๋ยมากนัก ตรงข้ามกับกลุ่มดินร่วนและดินทรายซึ่งจะอุ้มน้ำและปุ๋ยได้น้อย ถ้าดินไม่ได้รับปุ๋ย หรืออินทรีย์วัตถุในดินมีอยู่น้อย พืชที่ปลูกมักจะไม่ค่อยงาม ต้องรดน้ำบ่อยๆ ใส่ปุ๋ยบ่อยๆ พืชจึงจะงอกงามดี

๓. ความโปร่งและร่วนซุย ดินในกลุ่มดินเหนียวมักจะแน่นทึบ ต้องพรวนบ่อยๆ หรือต้องจัดการเรื่องการระบายน้ำให้ดี เพราะจะขังน้ำได้ง่าย ทำให้รากพืชเน่าและไม่สามารถดูดน้ำและปุ๋ยได้อย่างปกติ จึงต้องหาวิธีทำให้ดินพวกนี้โปร่ง เช่น ใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักผสมดินตอนเตรียมดินให้มากๆ ส่วนดินร่วนและดินทรายจะมีคุณสมบัติโปร่ง การระบายน้ำดี อากาศถ่ายเทดี เหมาะกับการเจริญเติบโต และการดึงดูดปุ๋ยและน้ำในดินของราก แต่บางครั้งดินที่มีทรายปนอยู่มากจะโปร่งจนเกินไป พืชขาดน้ำง่ายเพราะดินแห้งเร็ว ต้องรดน้ำบ่อยๆ ทำให้การดูแลลำบาก เรา

สามารถเพิ่มความชุ่มน้ำของดินร่วนและดินทรายได้ โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรืออินทรีย์วัตถุต่างๆ ผสมกับดินให้มากขึ้น

ตะกั่ว (อังกฤษ: Lead) เป็นธาตุที่มีหมายเลขอะตอม 82 และสัญลักษณ์คือ **Pb** (ละติน: *Plumbum*) ตะกั่วเป็นธาตุโลหะ เนื้ออ่อนนุ่มสามารถยืดได้ เมื่อตัดใหม่ๆ จะมีสีขาวอมน้ำเงิน แต่เมื่อถูกกับอากาศจะเปลี่ยนเป็นสีเทา ตะกั่วเป็นโลหะหนักที่มีพิษ ใช้ทำวัสดุก่อสร้าง แบตเตอรี่ กระสุนปืน โลหะผสม

1. แหล่งแร่ปฐมภูมิซึ่งให้สินแร่ที่เป็นสารประกอบซัลไฟด์

เช่น แร่ตะกั่ว-กาลีนนา แหล่งแร่ปฐมภูมิ ได้แก่

1. แหล่งแร่สะสมตัวในชั้นหินอุ้มน้ำ (stratabound-massive sulfide deposit) เช่น แหล่งแร่ตะกั่ว-สังกะสี บ้านสองห้อง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
2. แหล่งแร่แบบสการ์น (skarn deposit) ซึ่งเกิดจากกระบวนการแปรสภาพโดยการแทนที่ ระหว่างหินอัคนีแทรกซอน เช่น หินไดออไรต์พอฟีร์ กับหินคาร์บอเนต เช่น หินปูน ตัวอย่างแหล่งแร่แบบนี้ คือ ที่แหล่งตะกั่ว-สังกะสีซัลไฟด์ ภูม บ้าน โคมม่น อำเภอเมือง จังหวัดเลย ที่บ้านเมืองกุด อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และที่เขาลำทะลุ อำเภอบ้านนั้งสตาร์ จังหวัดยะลา
3. แหล่งแร่แบบสายแร่ (vein-type deposit) ส่วนใหญ่เป็นแร่ตะกั่ว-สังกะสีซัลไฟด์ ซึ่งเกิดในสายแร่ที่น้ำแร่แยกตัวออกจากหินอัคนี เช่น ที่ภูช้าง บ้านโคกใหญ่ อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย ที่บ้านแม่กะโน บ้านคงหลวง อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

2. แหล่งแร่ทุติยภูมิ

เป็นแหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพของแร่ปฐมภูมิซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ซัลไฟด์ เป็นแร่ที่เป็นสารประกอบของออกไซด์ คาร์บอเนต และซัลไฟด์ เช่นแหล่งแร่ตะกั่วคาร์บอเนต-เซอร์สไซด์ ที่บ้านบ่องาม อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งแร่สังกะสีซัลไฟด์-ฮีโมไรต์ สังกะสีออกไซด์-ซิงค์ไคต์ และสังกะสีคาร์บอเนต-สมิทซอไนต์ ที่ดอยผาแดง อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก สินแร่ตะกั่วถลุงได้โลหะตะกั่วใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ภายในประเทศ ดังนี้

โลหะตะกั่ว

เป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ อุตสาหกรรมโลหะบัดกรี ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่าง ดีบุกกับตะกั่วในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน โลหะบัดกรีใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้า หม้อน้ำรถยนต์ ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์และแผงวงจรไฟฟ้า นอกจากนี้ยังใช้ โลหะตะกั่วในโรงชุบเคลือบเหล็กด้วยสังกะสี ลูกเหล็กอวนที่ใช้ในอุตสาหกรรมประมง ใช้ในการทำกระดาดตะกั่ว ท่อน้ำ แผ่นตะกั่ว ตัวพิมพ์ กระสุนปืน สะพานไฟฟ้า ทำผนังกันรังสีในเครื่อง หรือห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับปฏิกิริยาปรมาณู ใช้ตะกั่วในการทำสี และทำผงตะกั่วแดงตะกั่วเหลือง สำหรับเคลือบภาชนะต่าง ๆ

โลหะและโลหะผสมสังกะสี

ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กชุบ โดยการใช้โลหะสังกะสีเป็นตัวเคลือบชุบเหล็กกล้า เช่น อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กชุบสังกะสี ข้อต่อท่อเหล็กชุบสังกะสี ลวดเหล็กชุบสังกะสี เป็นต้น ใช้ในอุตสาหกรรมทองเหลืองซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงกับสังกะสี เป็นโลหะที่มีความแข็งแรงทนต่อการผุกร่อน ใช้ขึ้นรูปหรือหล่อผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำ อุปกรณ์ตกแต่งบ้าน ภาชนะและเครื่องประดับต่าง ๆ ใช้ในอุตสาหกรรมโลหะสังกะสีผสม เช่น ผสมอะลูมิเนียมและแมกนีเซียม ทำให้มีความแข็งแรงและทนต่อการผุกร่อนได้ดี นำมาหล่อเป็นรูปต่างๆ ได้ง่าย และคงขนาดแม่นยำ จึงใช้มากในอุตสาหกรรมหล่อผลิตภัณฑ์ เช่น คาร์บูเรเตอร์ มือจับประตูปานพับประตูป้องกันเด็กเล่น เป็นต้น ใช้ในอุตสาหกรรมสังกะสีออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบของสังกะสีที่มีสภาพเป็นแป้งหรือผง ใช้ในอุตสาหกรรมยาง สี เซรามิก ยา เครื่องสำอาง และอาหารสัตว์ และใช้ในอุตสาหกรรมถ่านไฟฉาย

จังหวัดที่เคยมีการผลิตแร่ตะกั่ว ได้แก่ จังหวัดพิจิตร ชะลา ลำพูน และแพร่ จังหวัดกาญจนบุรีเป็น จังหวัดเดียวในปัจจุบันที่ยังคงมีการผลิตแร่ตะกั่วคาร์บอนเนต และตะกั่วซัลไฟด์ที่มีแร่สังกะสีปนอยู่ ด้วย โดยแหล่งผลิตที่สำคัญคือที่แหล่งสองท่อ บ่องาม บ่อใหญ่ และบ่อน้อย อำเภอทองผาภูมิ สิ้นแร่ตะกั่วคาร์บอนเนตจะส่งไปถลุงยังบริษัทโลหะตะกั่วไทย ที่อำเภอลาดหญ้า จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นผู้ผลิตโลหะตะกั่วจากสินแร่ตะกั่วคาร์บอนเนตเพียงรายเดียวของประเทศ

สินแร่ตะกั่วของประเทศในปี 2539 – 2541 ผลิตได้ 49,243; 12,438 และ 15,146 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 346.4; 79.9; และ 108.1 ล้านบาท ตามลำดับ

จากทองแดง คือธาตุที่มีเลขอะตอม 29 และสัญลักษณ์คือ **Cu** นิกเกิลอยู่ในตารางธาตุหมู่ 29 เป็นที่ทราบกันว่ามนุษย์ใช้ประโยชน์จากทองแดงมาไม่น้อยกว่า 10,000 ปี พบหลักฐานว่ามนุษย์สามารถหลอมสกัดทองแดงให้บริสุทธิ์ได้เมื่อประมาณ 5000 ปีก่อนคริสตกาล ซึ่งก่อนที่มนุษย์จะรู้จักกับ ทองคำคือมนุษย์รู้จักทองคำ เมื่อประมาณ 4000 ปีก่อนคริสตกาล

การถลุงทองแดง

การถลุงทองแดงจากแร่ ขั้นแรกคือการแยกแร่ที่ต้องการออกจากสิ่งเจือปนหรือ กากแร่ อาจใช้วิธีการ ลอยตัว โดยนำแร่ที่บดละเอียดแล้วผสมเข้ากับน้ำ น้ำมันและสารชักล้างในถังผสม จากนั้นกวนและผ่านอากาศเข้าไปในช่องเหลวที่อยู่ในถังผสมตลอดเวลา เพื่อให้มีฟองเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ฟองอากาศ และน้ำมัน ไปเกาะอยู่กับอนุภาคของแร่และลอยตัวอยู่ด้านบน ส่วนกากแร่จะจมลงอยู่ด้านล่าง เมื่อตักฟองที่ลอยอยู่ด้านบนออกและทำให้แห้ง จะได้ผลแร่ที่มีปริมาณทองแดงเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15 โดยมวล ขั้นต่อไปนำแร่มาเผาในอากาศ เรียกกระบวนการนี้ว่า การย่างแร่ ไอร์ออน(II)ซัลเฟตบางส่วนจะถูกออกซิไดส์เป็นไอร์ออน(II)ออกไซด์ ดังสมการ



กำจัดไอร์ออน(II)ออกไซด์ออกไป โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปเผาพร้อมกับออกไซด์ของซิลิกอนในเตาถลุงอุณหภูมิประมาณ 1100°C ไอร์ออน(II)ออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของซิลิกอนได้ กากตะกอนเหลวซึ่งแยกออกมาได้ ดังสมการ

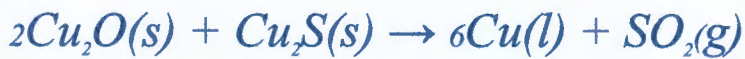


ส่วนคอปเปอร์(II)ซัลไฟด์เมื่ออยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงจะสลายตัวได้เป็นคอปเปอร์(I)ซัลไฟด์ในสถานะของเหลวซึ่งสามารถแยกออกได้

ในขั้นตอนสุดท้ายเมื่อแยกคอปเปอร์(I)ซัลไฟด์ในอากาศ บางส่วนจะเปลี่ยนเป็นคอปเปอร์(I)ออกไซด์ดังสมการ



และคอปเปอร์(I)ออกไซด์กับคอปเปอร์(I)ซัลไฟด์จะทำปฏิกิริยากัน โดยมีซัลไฟด์ไอออนทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ ได้โลหะทองแดงและแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังสมการ



ทองแดงที่ถลุงได้ในขั้นนี้ยังมีสิ่งเจือปนจึงต้องนำไปทำให้บริสุทธิ์ก่อน การทำทองแดงให้บริสุทธิ์โดยทั่วไปจะใช้วิธีแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า

ทองแดงสามารถตัดได้ง่าย จึงใช้แพร่หลายในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น

- สายลวดทองแดง
- ท่อน้ำทองแดง
- ลูกบิด และของอื่น ๆ ที่ติดตั้งในบ้าน
- รูปปั้น เช่นเทพีเสรีภาพ (Statue of Liberty) ซึ่งมีทองแดงถึง 81.3 ตัน
- หลัγκα รางน้ำ และท่อระบายน้ำฝน
- แม่เหล็กไฟฟ้า
- เครื่องจักรไฟฟ้า โดยเฉพาะมอเตอร์แม่เหล็กไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- เครื่องยนต์ไอน้ำ ของ เจมส์ วัตต์
- รีเลย์ไฟฟ้า และสวิตช์ไฟฟ้า
- รางน้ำบนหลังคาและท่อระบายน้ำ
- หลอดสุญญากาศ หลอดรังสีคาโทด (cathode ray tube) และแมกนีตรอนในเตาอบไมโครเวฟ
- หลอดนำคลื่นไฟฟ้า (Waveguide) สำหรับรังสีไมโครเวฟ
- มีการใช้ทองแดงเพิ่มขึ้นในวงจรไอซีแทนอะลูมิเนียมเนื่องจากนำไฟฟ้าได้ดีกว่า
- ผสมกับนิกเกิล เช่นคิวโปรนิกเกิล (cupronickel) and โมเนล (Monel) ใช้เป็นวัสดุที่ไม่กร่อนสำหรับสร้างเรือ
- เป็นเหรียญกษาปณ์ ในรูปของโลหะคิวโปรนิกเกิลส่วนใหญ่
- ในอุปกรณ์ทำครัว เช่นกระทะ
- อุปกรณ์ที่ใช้บนโต๊ะอาหารส่วนใหญ่ (มีด ส้อม ช้อน) มีทองแดงบางส่วน (นิกเกิล ซิลเวอร์)
- เงินสเตอร์ลิงจะต้องผสมทองแดงเล็กน้อย ถ้าทำเป็นภาชนะสำหรับอาหาร
- เป็นส่วนประกอบของสารเคลือบเงาสำหรับเครื่องเซรามิก และเป็นสีสำหรับกระจก

- เครื่องดนตรี โดยเฉพาะเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า
- เป็นพื้นผิวไบโอสแตติก (*biostatic*) ในโรงพยาบาล และใช้ขึ้นส่วนเรือเพื่อป้องกัน เพรียงและหอยมาเกาะ เดิมใช้บริสุทธิ ปัจจุบันใช้โลหะมันดส์ (*Muntz Metal*: ทองแดง 60% + สังกะสี 40%) แทน แบคทีเรียจะไม่เจริญเติบโตบนพื้นผิวทองแดง เนื่องจากคุณสมบัติไบโอสแตติก ถูกบดทองแดงใช้ในโรงพยาบาล เพื่อลดการแพร่กระจายของโรค และโรคลีเจียนแนร์ (*Legionnaire's Disease*) สามารถหยุดได้ด้วยท่อทองแดงในระบบเครื่องปรับอากาศ
- สารประกอบ เช่น สารละลายเฟห์ลิง (*Fehling's solution*) มีประโยชน์ใช้ในด้านเคมี
- คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ใช้เป็นสารพิษและสารทำให้น้ำบริสุทธิ์ และใช้ในผลและสเปรย์ฆ่าโรคราน้ำค้าง (*mildew*)
- เป็นวัสดุในการผลิตฮีตซิงก์สำหรับคอมพิวเตอร์ เนื่องจากระบายความร้อนได้ดีกว่า [อะลูมิเนียม]
- ชาวอินูอิต (Inuit) ใช้ทองแดงเพื่อทำใบมีดสำหรับมีดอูลู (*ulu*) เป็นครั้งแรก

บทที่ ๕ เทคนิคและวิธีการในการสร้างระฆังแบบโบราณ

ขั้นตอนในการออกแบบ

- 1 ศึกษากำหนดรูปร่างของระฆัง
- 2 เขียนแบบรูปร่างของระฆัง
- 3 ขึ้นรูปด้วยดินเหนียว
- 4 หมุนกลิ้งและขึ้นรูปตามแบบ
- 5 ตกแต่งผิวให้เรียบสะอาด
- 6 ทาน้ำมูลโค
- 7 การทาสีผิว
- 8 การเข้าสีผิว
- 9 การติดดินชนวน
- 10 การทาสีผิว
- 11 การเข้าดินอ่อน
12. การเข้าดินแก่
13. การเข้าเหล็ก
14. การเข้าดินทับเหล็ก
15. การขึ้นทน
16. การก่อเตาพิมพ์
17. การเผาพิมพ์
18. การสำรวจสีผิว
19. การสุ่มหุ่น
20. การเทน้ำโลหะ
- 21 การแต่งผิวโลหะ.

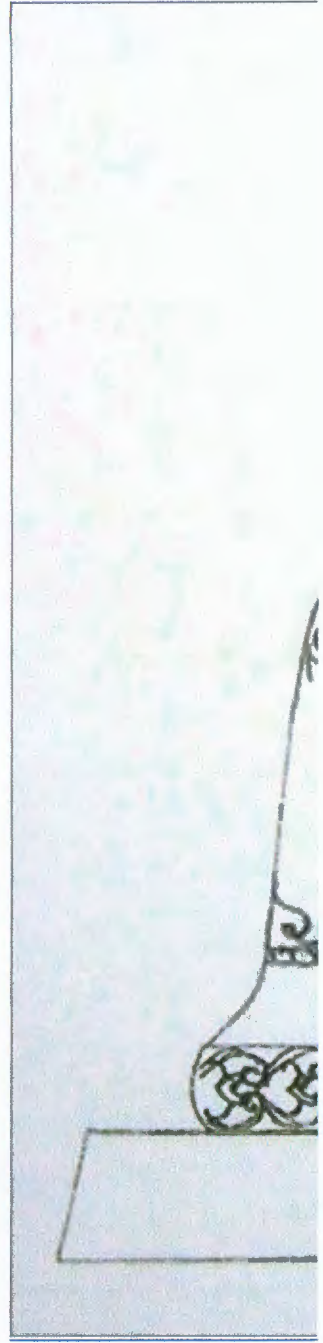
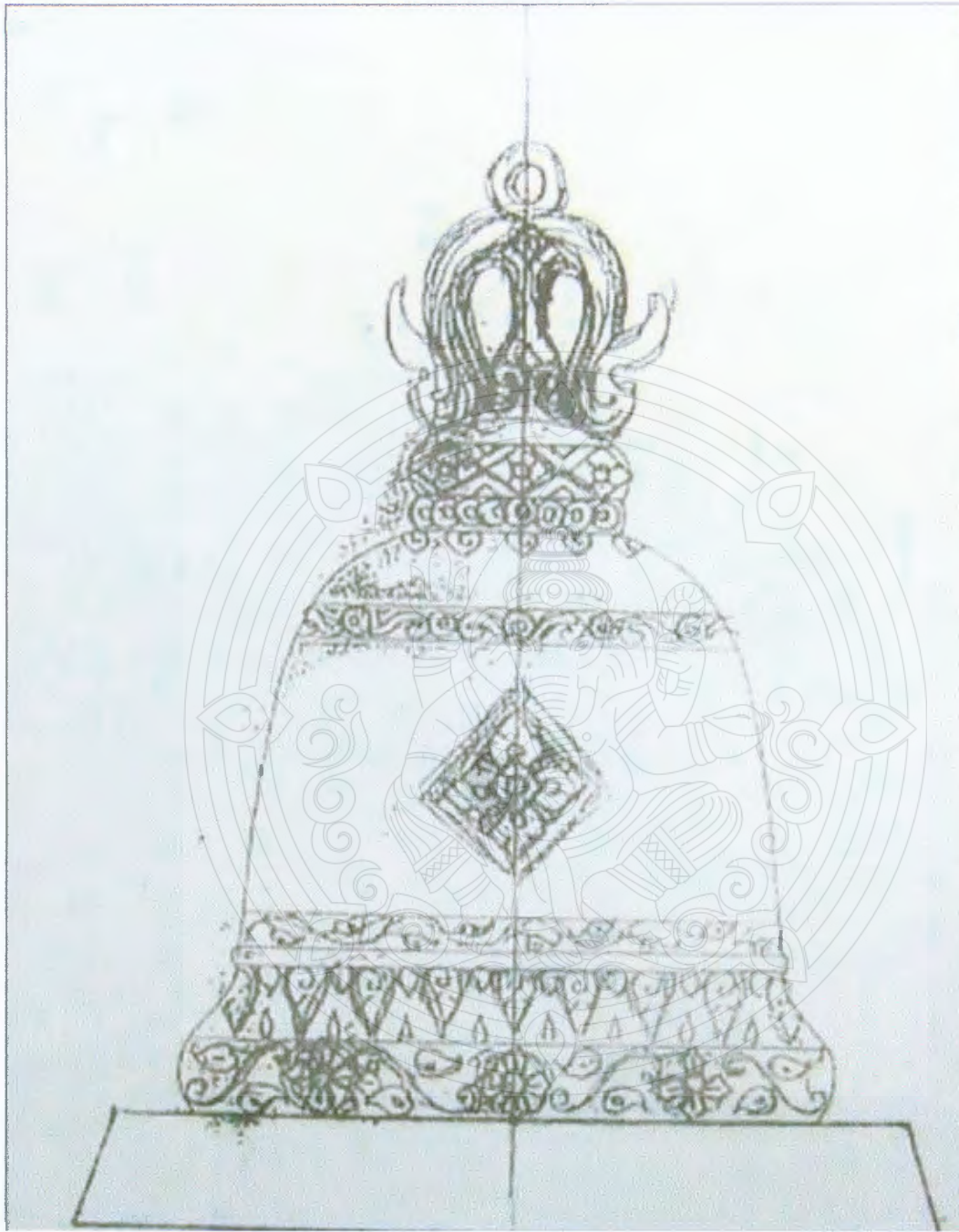


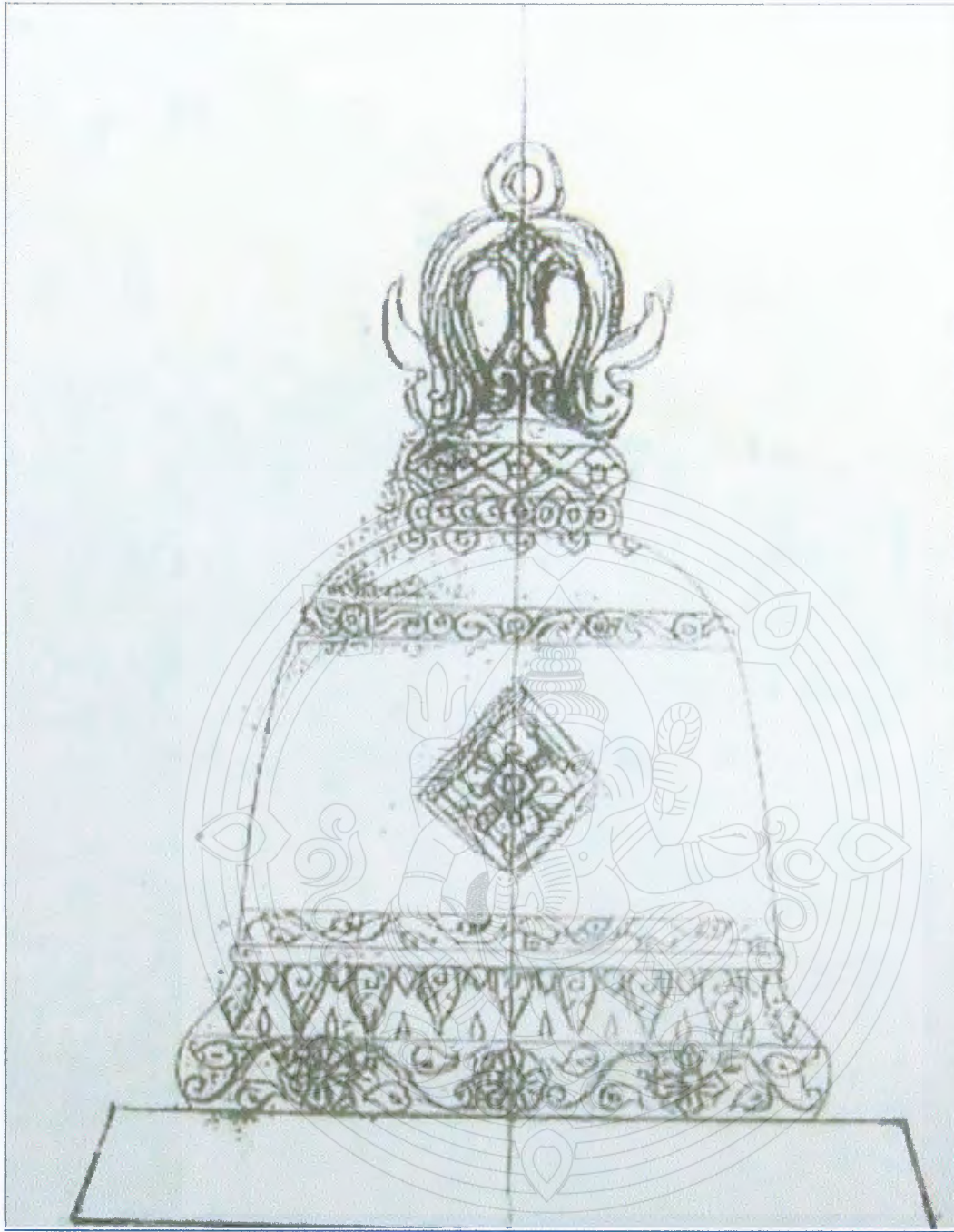


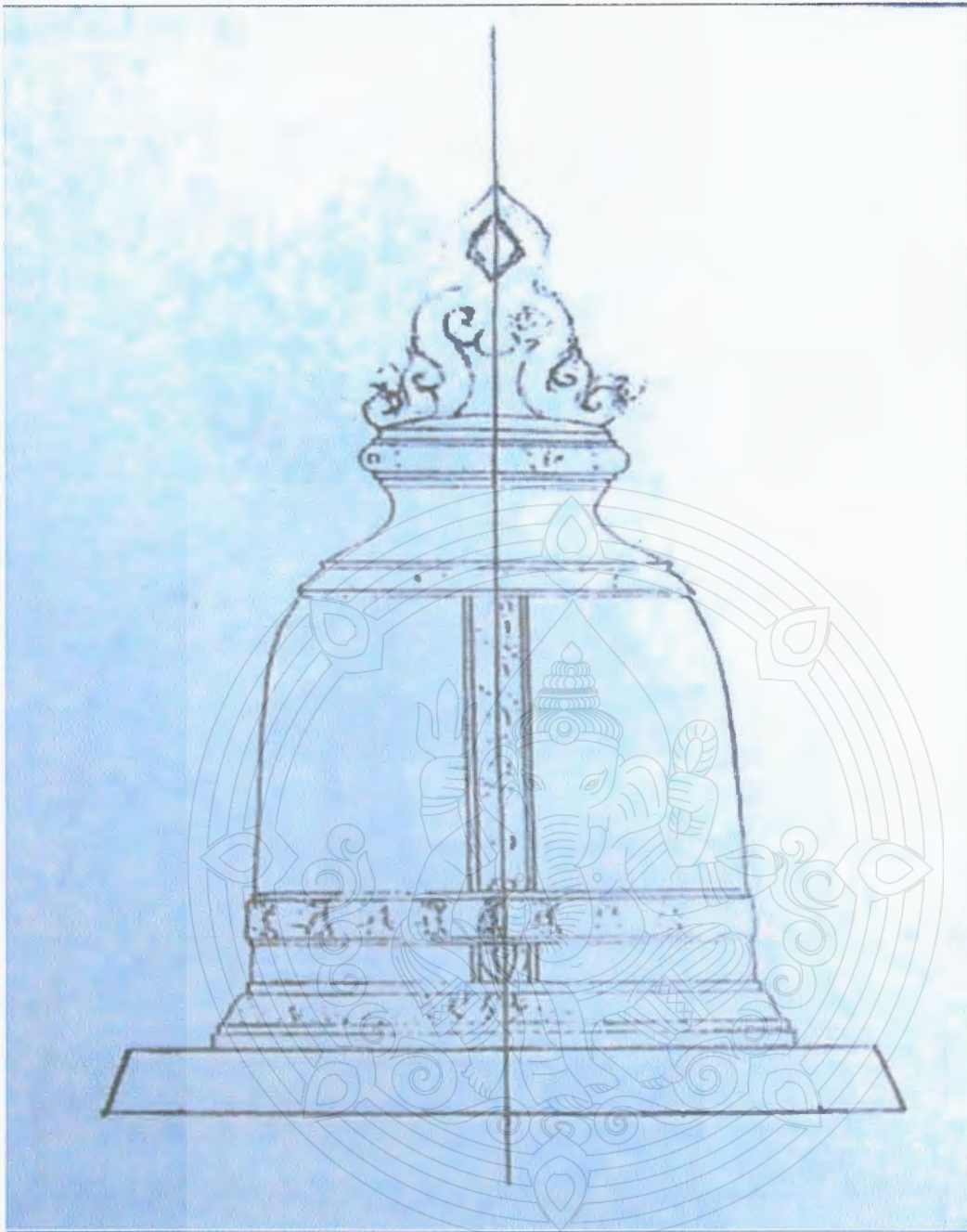


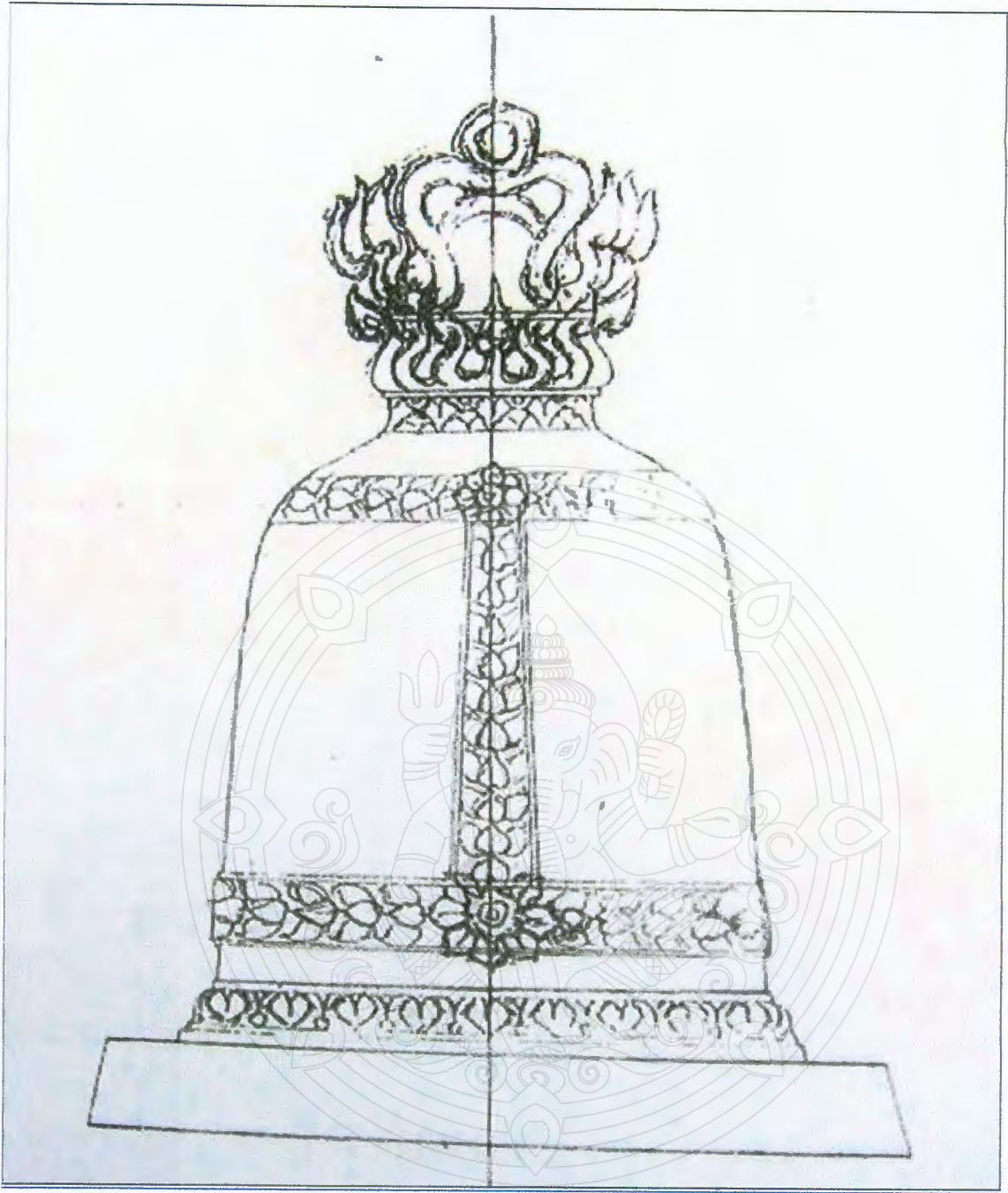


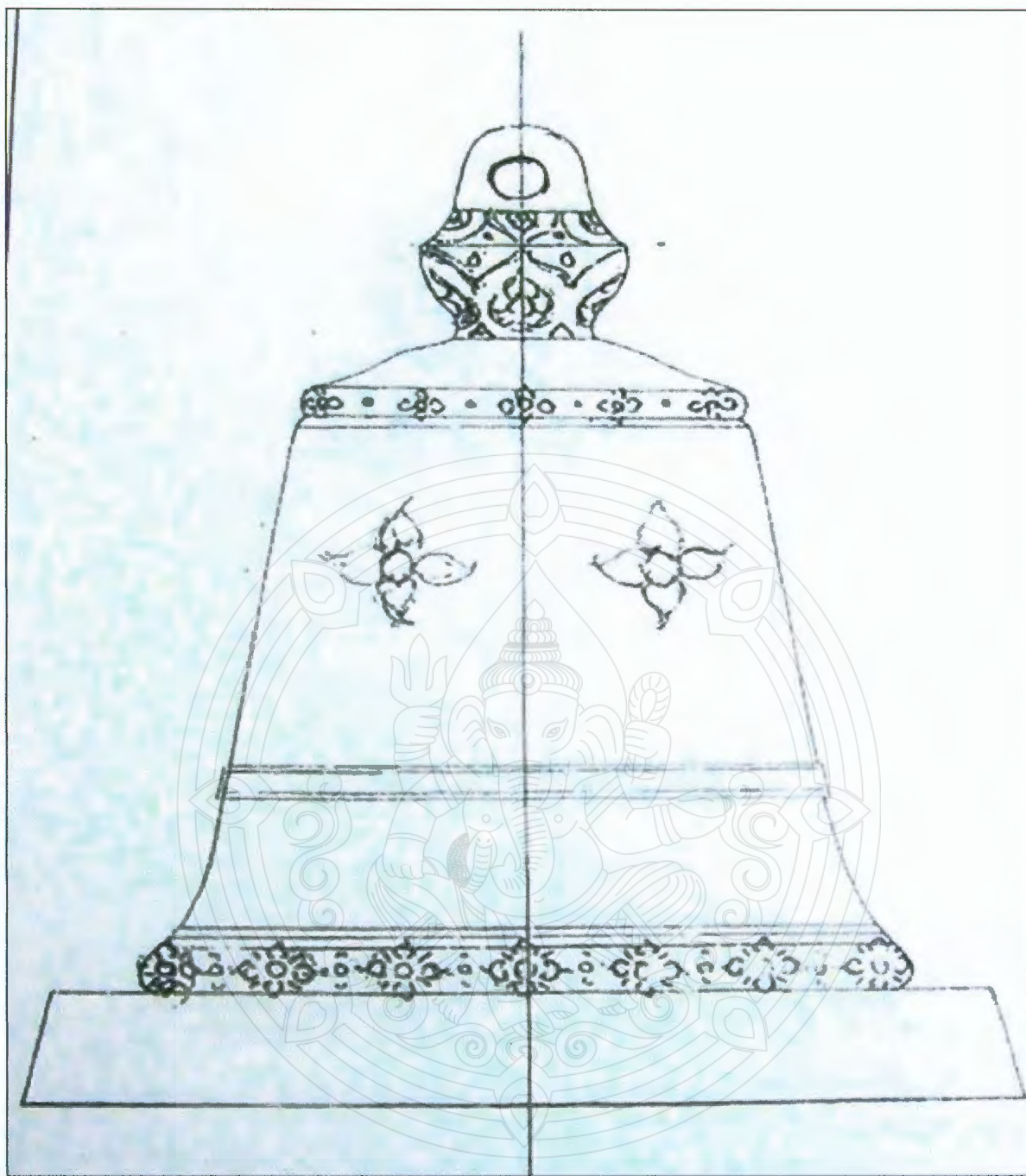
การเขียนแบบ



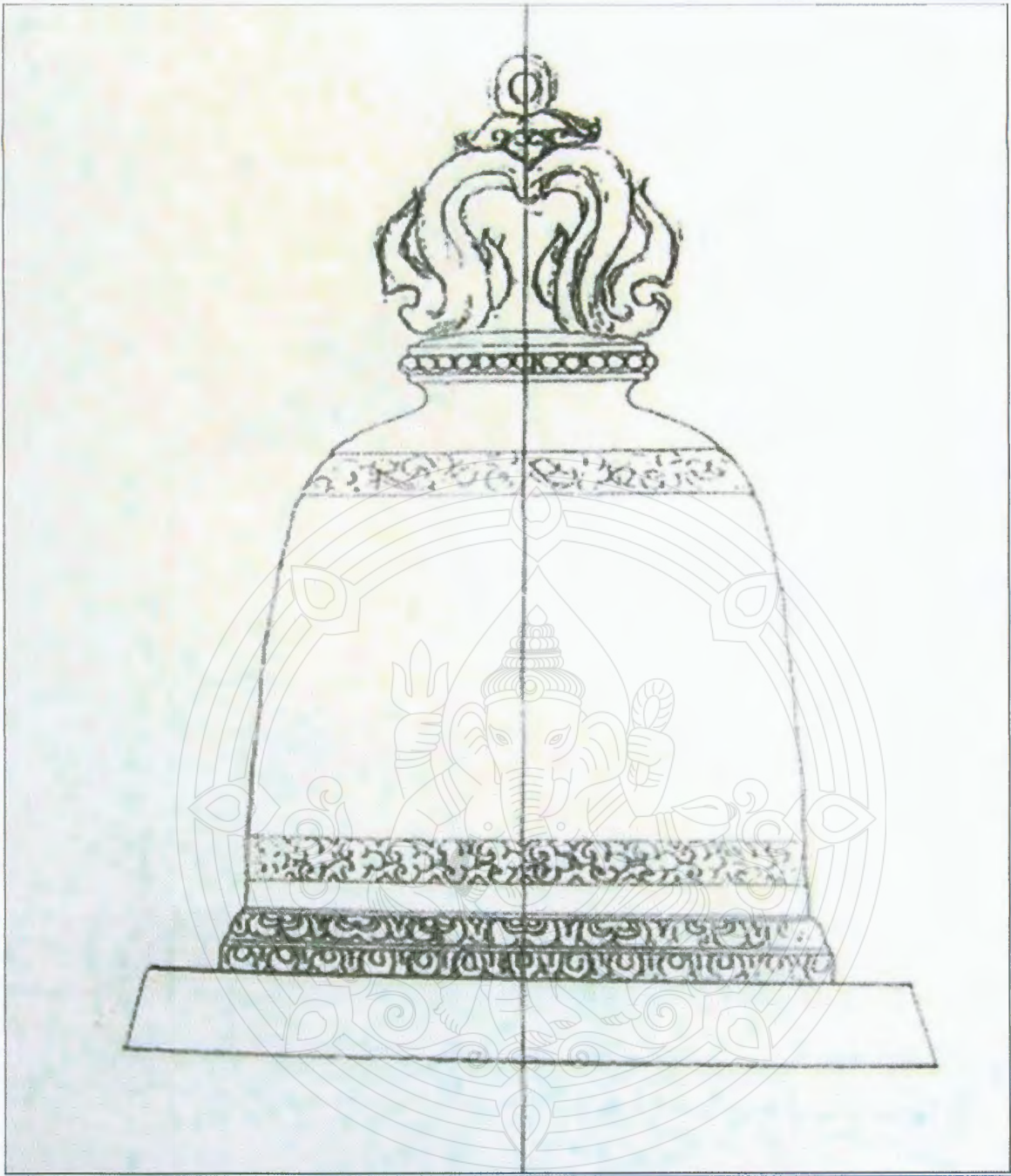






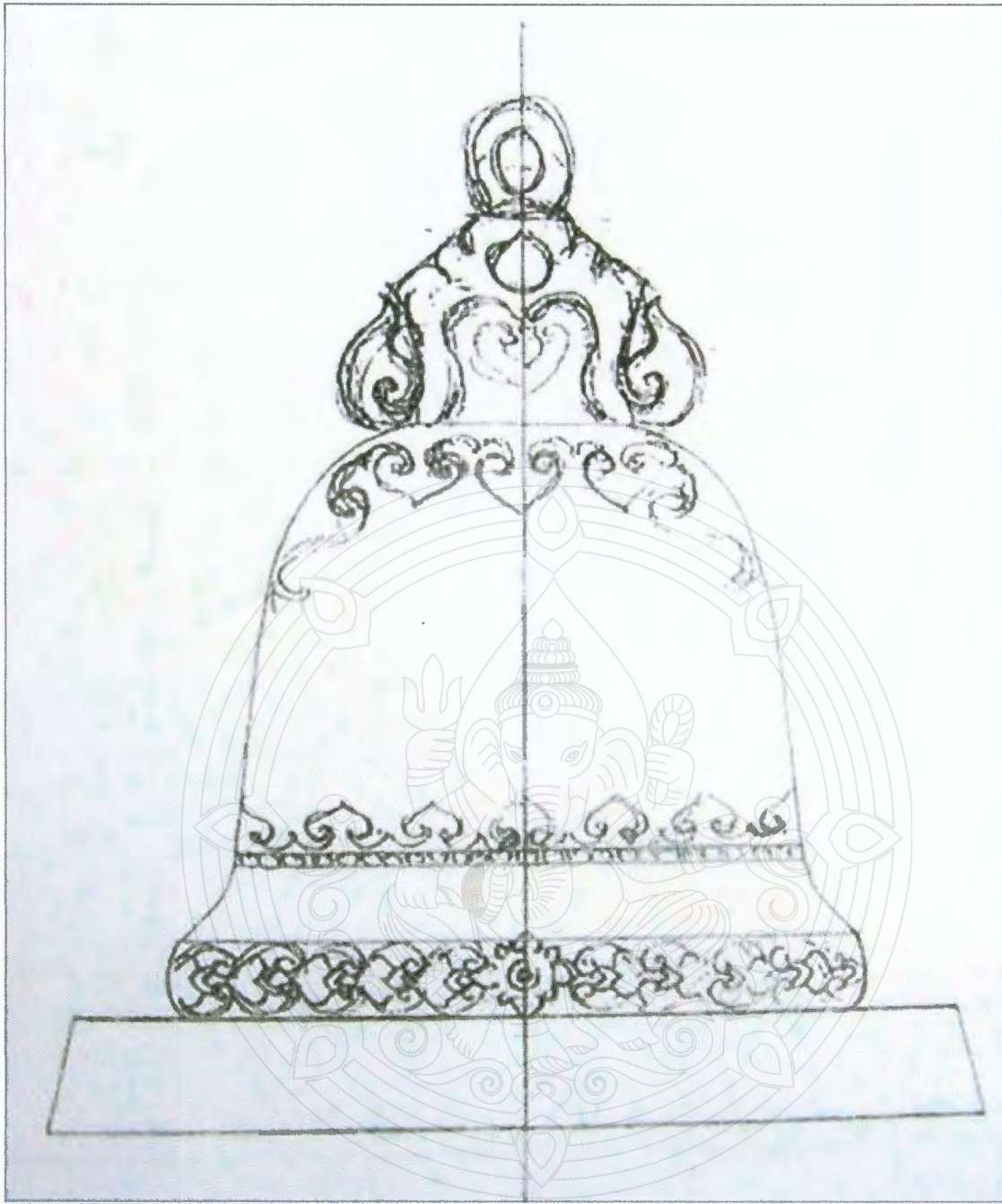




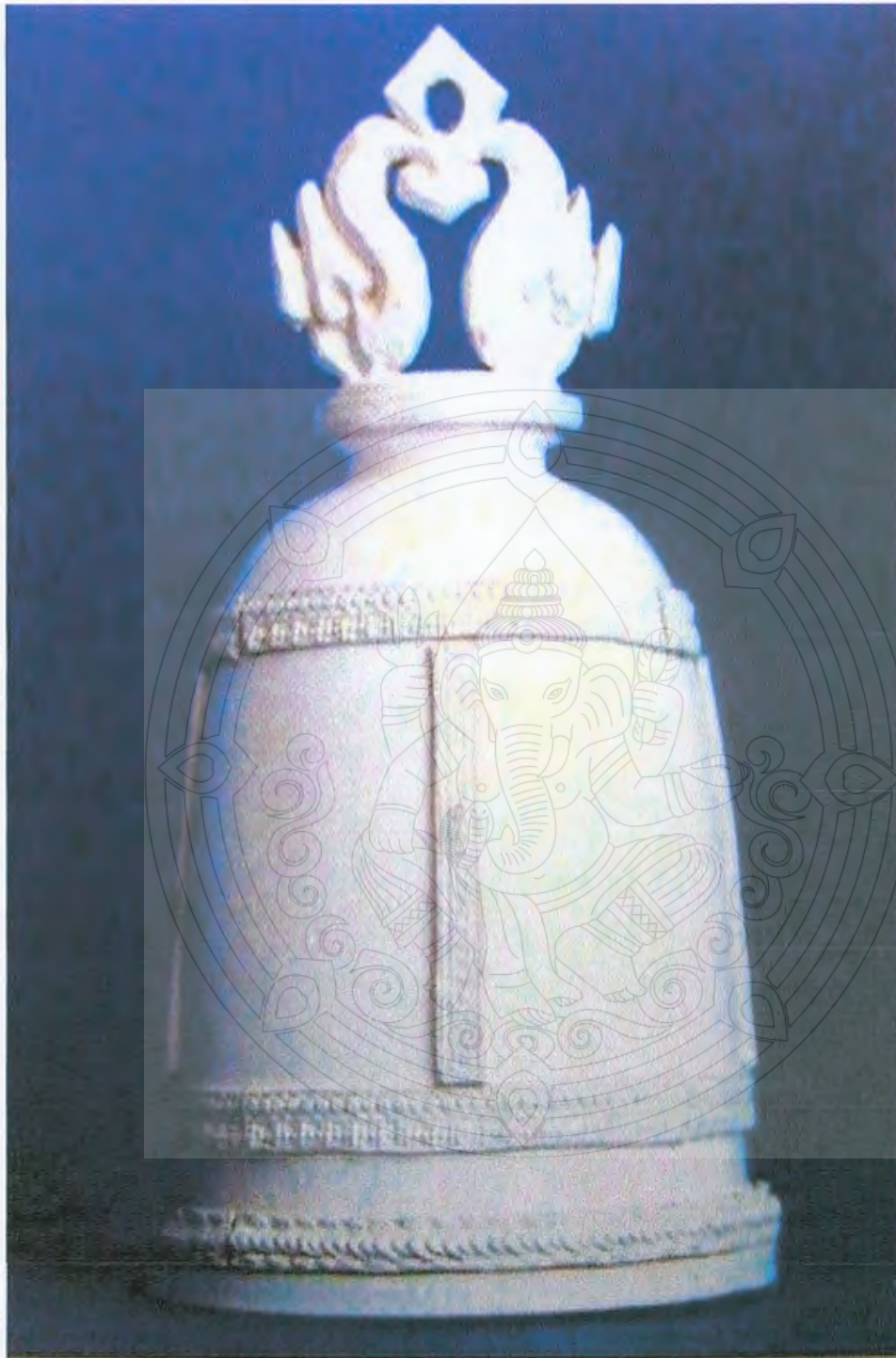




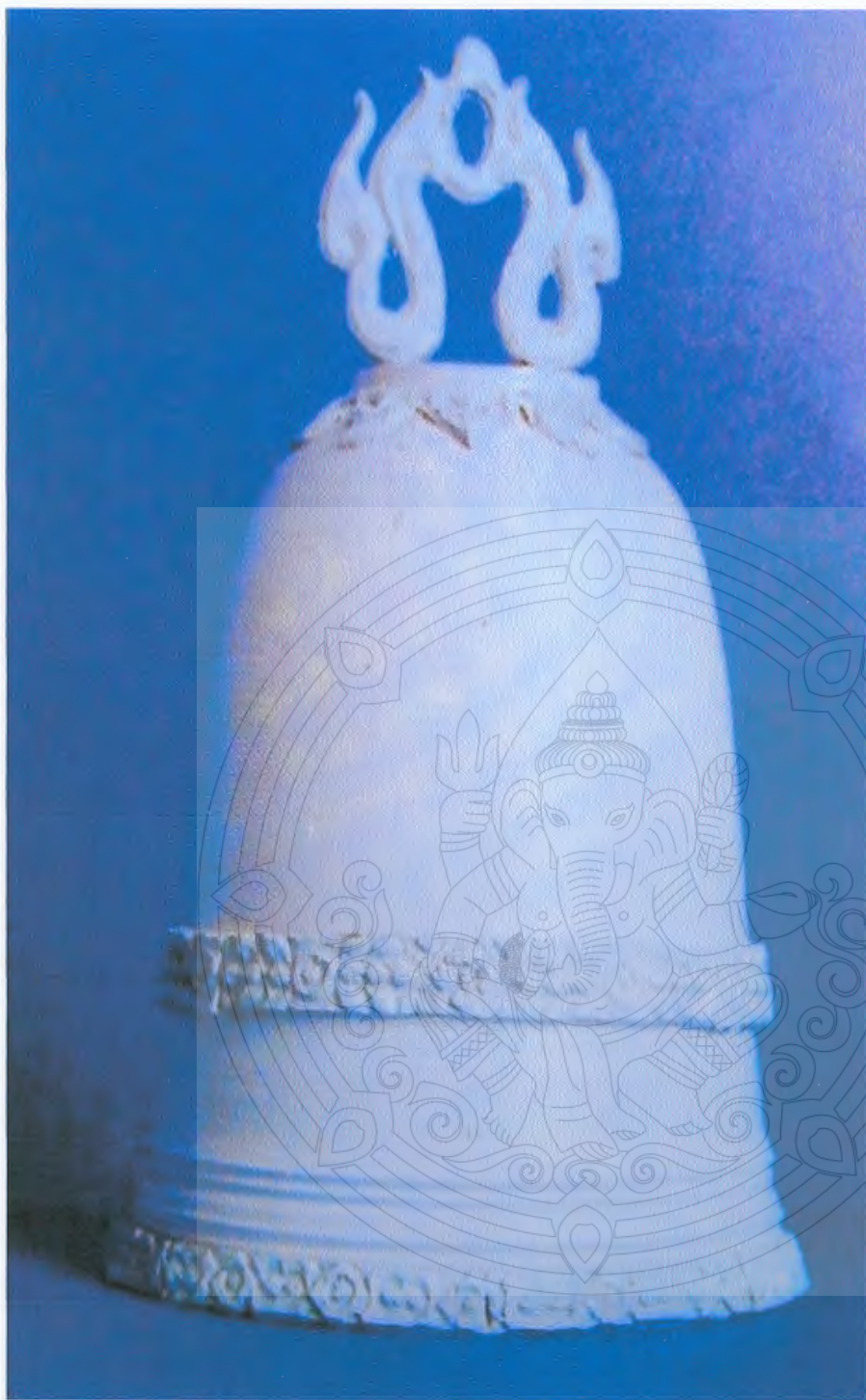


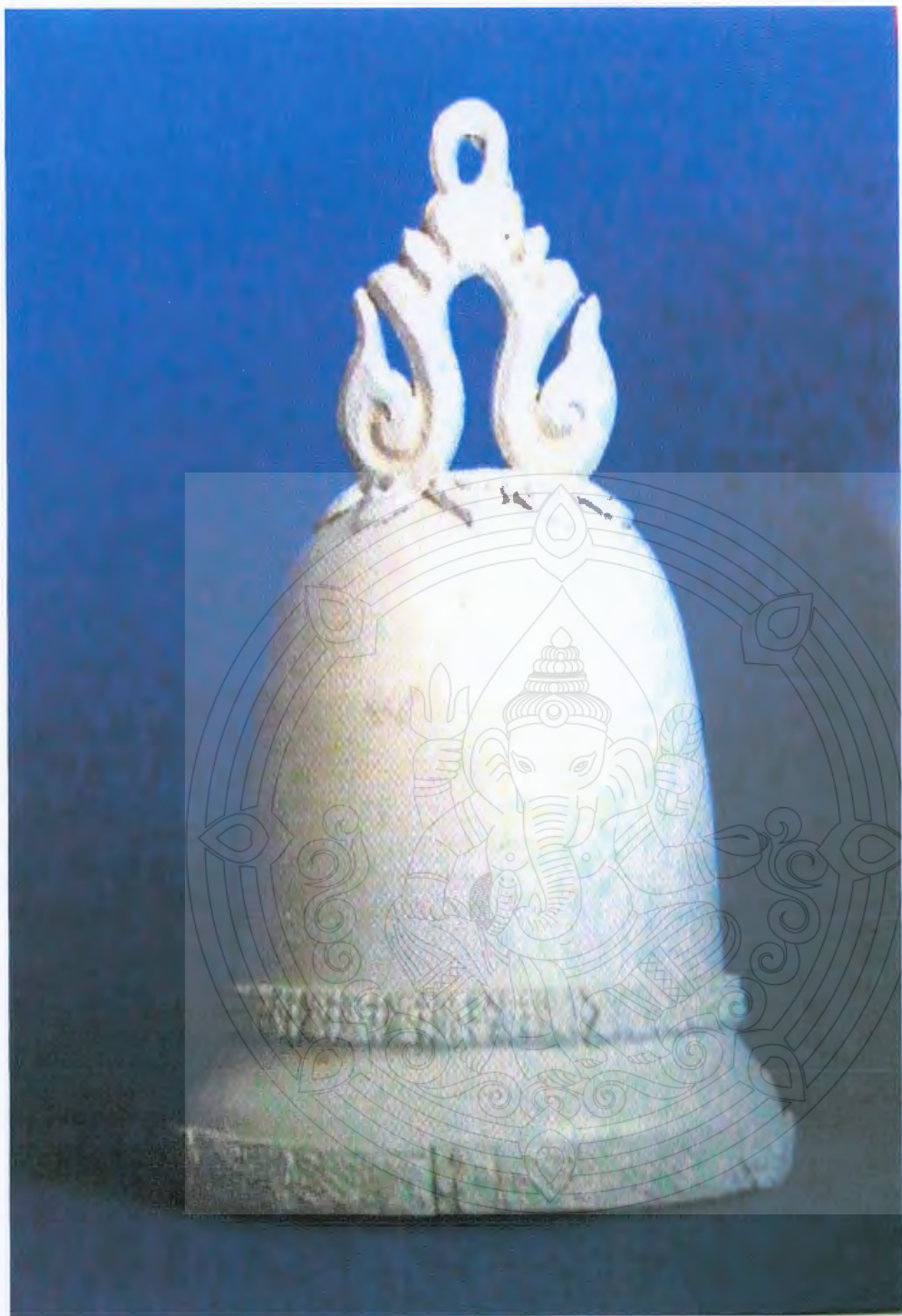


การสร้างแบบจำลอง



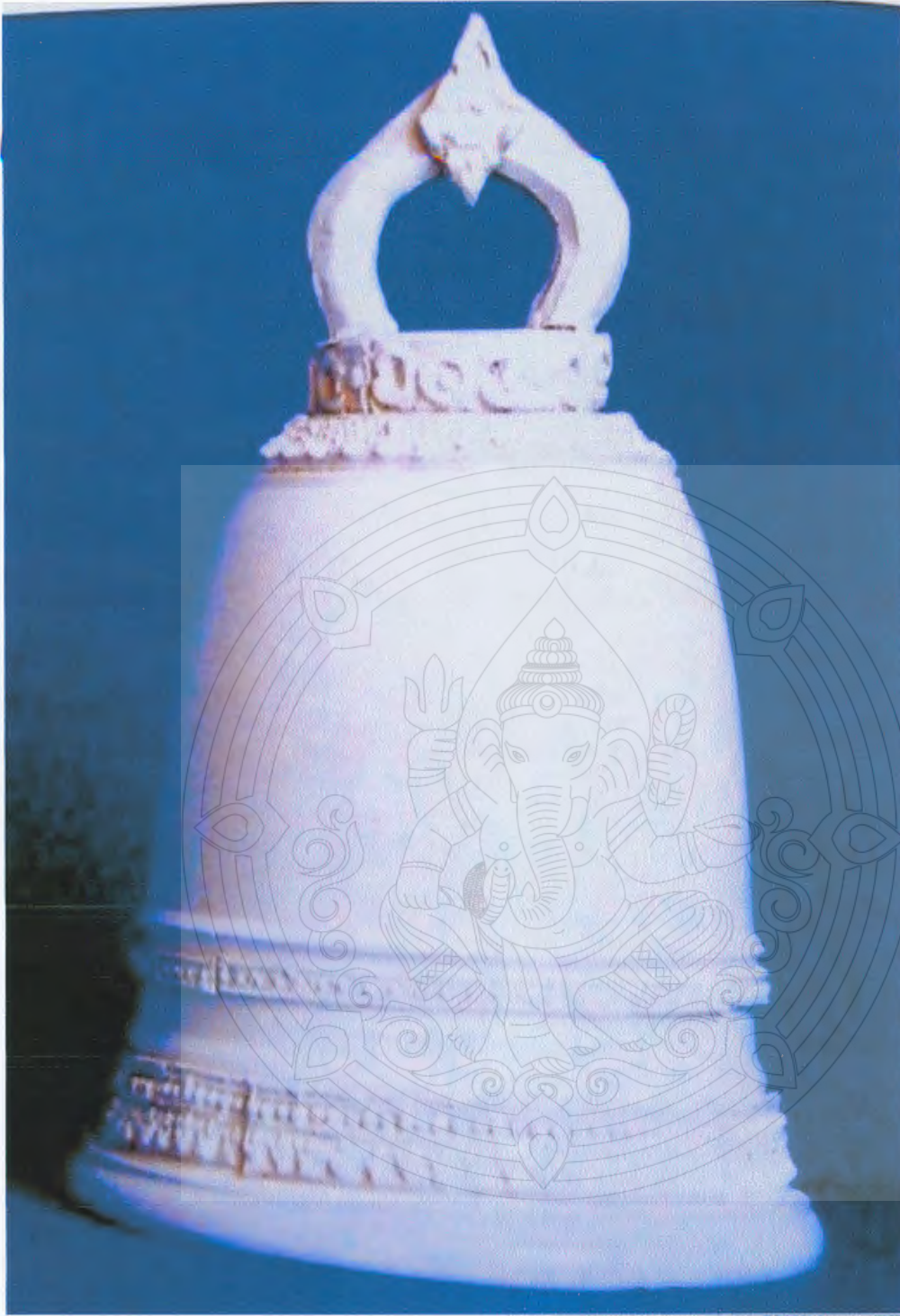


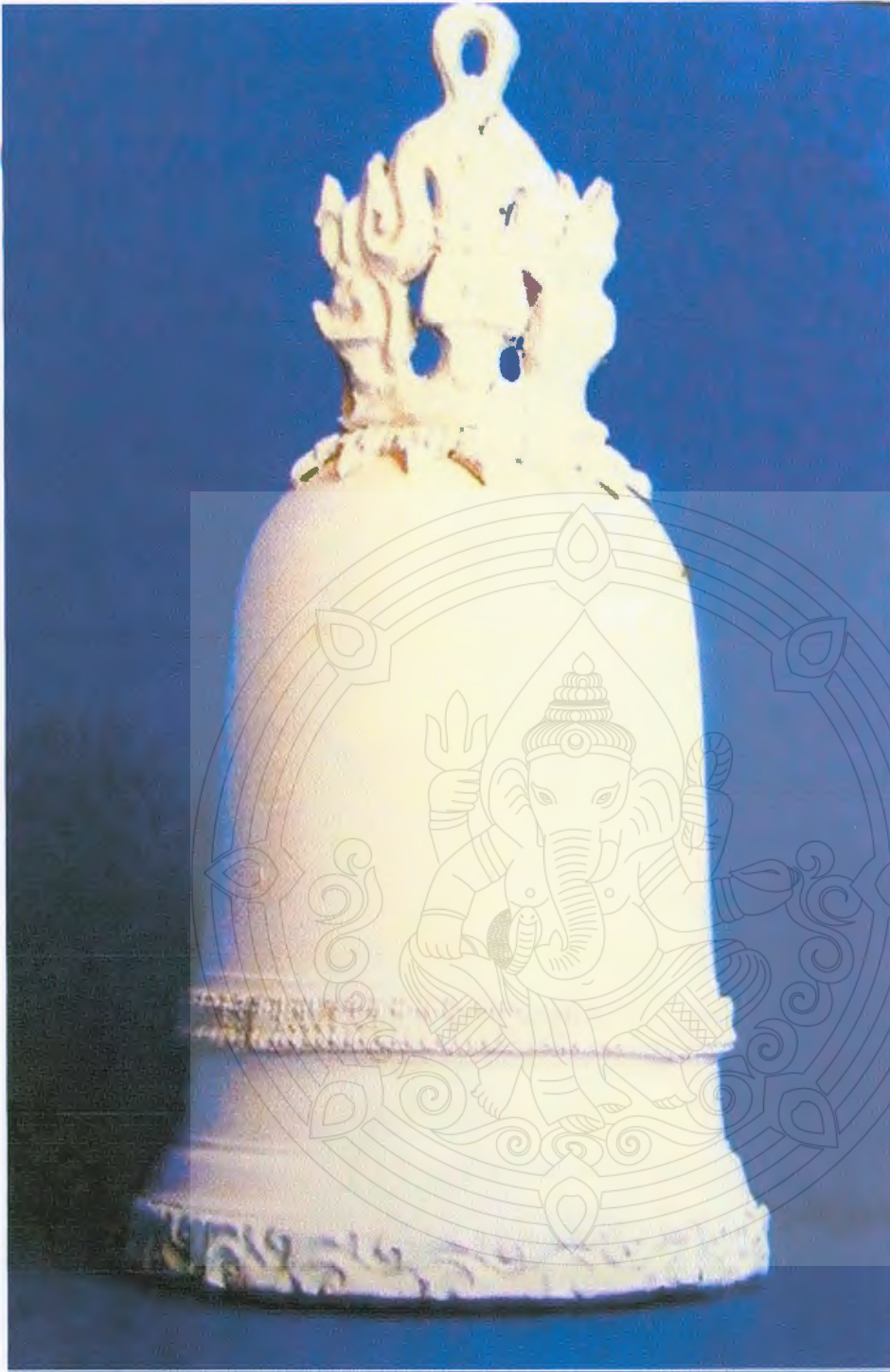


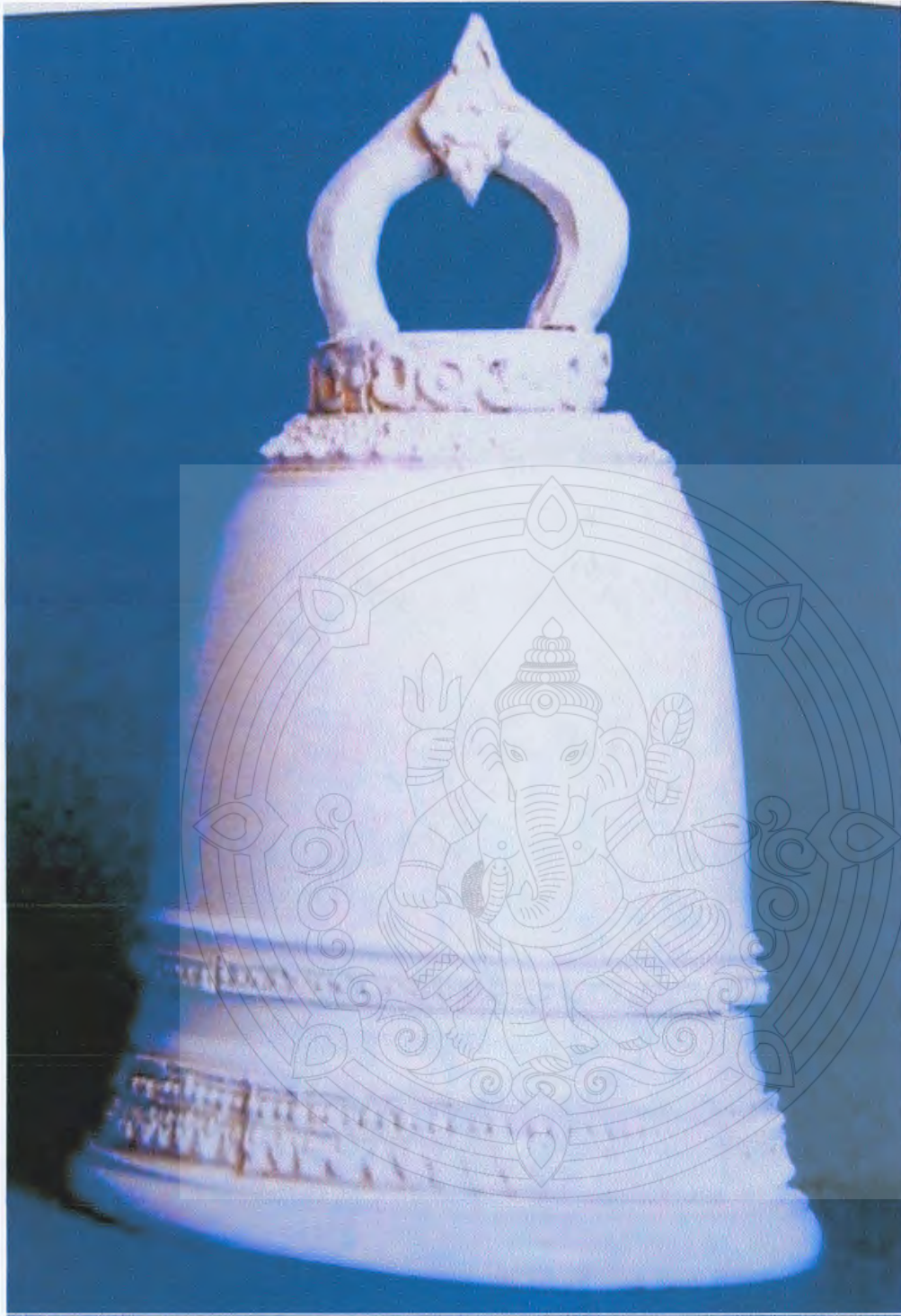






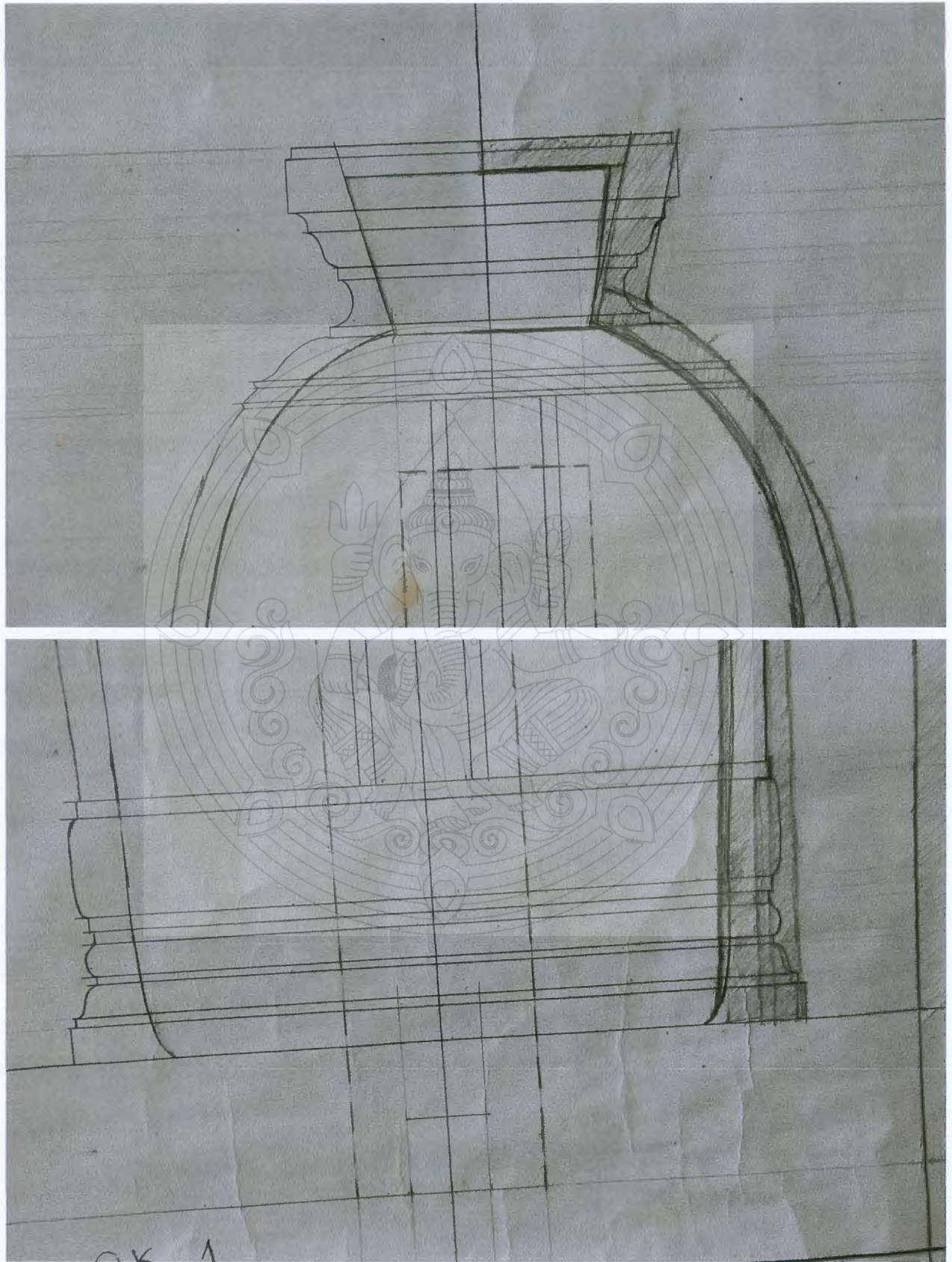








การกำหนดแบบที่จะสร้างระฆัง



การขึ้นหุ่นแกนทราย













การเตรียมวัสดุหลัก

การเตรียมเม็ดทราย

กระบวนการของงานหล่อระฆัง เม็ดทรายที่ใช้ในการปฏิบัติงานมี 2 แบบ คือ

1. เม็ดทรายละเอียด ทรายที่ใช้จะต้องเป็นทรายเม็ดละเอียดที่ได้มาจากแม่น้ำ นำมาตากแดดให้แห้งสนิทเสียก่อนแล้วนำไปร่อนด้วยร่อน (ร่อนสำหรับร่อนแป้ง) เพื่อให้ได้เม็ดทรายที่มีขนาดเท่า ๆ กัน โดยเฉลี่ย
2. เม็ดทรายขนาดกลาง ทรายที่ใช้จะต้องเป็นทรายเม็ดขนาดกลาง ที่มาจากแม่น้ำ นำมาตากแดดให้แห้งสนิทเสียก่อน แล้วนำไปร่อนด้วยร่อนที่มีขนาดห่างเท่ากับมุ้งลวด เพื่อให้ได้เม็ดทรายที่มีขนาดเท่า ๆ กัน โดยเฉลี่ย

ดินนวล

ดินนวล คือ ดินที่มีลักษณะเนื้อละเอียดมีสีเทาขาวนวล นำดินนวลไปตากแดดให้แห้งสนิทแล้วนำมาทุบย่อยให้มีขนาดเล็กแล้วนำไปแช่ในน้ำ การแช่จะต้องนำภาชนะที่จะแช่ใส่น้ำเสียก่อน แล้วจึงเทดินลงไปไม่ให้ดินสูงกว่าน้ำ ทิ้งไว้จนดินละลายหมด

วิธีการกรองดินนวล

การกรองดินนวล ทำโดยการใช้มือกวาดดินนวล ที่ละลายแล้วให้ผสมกับน้ำ แล้วนำมาเทกรองลงบนร่อน (ร่อนสำหรับร่อนแป้ง) ใสไว้ในภาชนะแล้วทิ้งให้ตกตะกอน

ดินเหนียว

ดินเหนียว คือ ดินที่มีเนื้อดินแน่นและเหนียว เป็นดินชนิดเดียวกับดินที่ใช้ปั้นรูปนำมาตากแดดให้แห้งสนิทเสียก่อน แล้วทุบย่อยให้มีขนาดเล็กก่อน จึงนำไปเทลงในภาชนะที่ใส่น้ำไว้ และต้องระวังไม่ให้ดินสูงเกินน้ำขึ้นมาแช่ทิ้งไว้จนกว่าดินจะละลายหมด แต่ถ้าดินไม่แห้งสนิท หรือถ้าดินไม่แห้งสนิทหรือใส่ดินก่อนแล้วเทน้ำลงไป จะทำให้ดินละลายไม่หมดอาจจะจับตัวเป็นก้อนบ้างดินลักษณะเช่นนี้เรียกว่าดินเป็นไต หากนำมาใช้จะทำให้เกิดความยุ่งยาก เมื่อนำมาผสมนวดกับทรายจะไม่เข้ากันหรือเข้ากันยากมาก

ดินแกล่

ดินแกล่ที่ใช้ในการปฏิบัติงานตามลำดับขั้นตอนจะมีส่วนผสมต่างกัันดังนี้

1. ดินแกล่ ประกอบด้วย ทรายเม็ดขนาดกลาง 4 ส่วน + ดินเหนียว 1 ส่วน ใช้สำหรับขั้นตอนพอกทับดินอ่อนและทำเป็นไส้แบบ (ดินใน)

2. ดินแก่ ประกอบด้วย ทรายเม็ดยขนาดกลาง 3 ส่วน + ดินเหนียว 1 ส่วน ใช้สำหรับชั้นตอนพอกทับเหล็ก (3:1)
3. ดินแก่ ประกอบด้วย ทรายเม็ดยขนาดกลาง 2 ส่วน + ดินเหนียว 1 ส่วน ใช้สำหรับชั้นตอนปั้นปากจอกบูรเท ปั้นปากจอกรูฉัน ปั้นรูอากาศ ปั้นรูกระบอก สำหรับจีฟั้งไหลออก ใช้ยาแนวที่แตกร้าของหุ่น ใช้อุดรูฉัน รูอากาศ รูระบายน้ำสำหรับจับเอ็น ทำตะกั่วเตาหลอม (2:1)
4. สอดิน ประกอบด้วย ทรายเม็ดยละเอียดจำนวน 2 ส่วน + ดินเหนียว 1 ส่วน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันในลักษณะเหลว

วิธีการผสมดินแก่

นำทรายเม็ดยขนาดกลาง ตามสัดส่วนที่ต้องการจะใช้ตามชั้นตอน มาผสมกับดินเหนียว ด้วยการคลุกเคล้าให้เข้ากันมี 3 แบบ คือ

1. ใช้มือนวด โดยการใช้ฝ่ามือ และนิ้วมือบีบนวดส่วนผสม ของดินเหนียวกับทราย ให้คลุกเคล้าจนเข้ากัน วิธีนี้เหมาะสำหรับงานที่ใช้ปริมาณดินน้อย
2. ใช้เท้าเหยียบดิน โดยการนำดิน + ทราย มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันด้วยมือก่อน ในอัตราส่วนที่กำหนด แล้วก็ทำกองดินให้เป็นกองรวมกัน ให้มีลักษณะคล้ายเจดีย์ทราย คือ ตรงฐานล่าง มีความโดและเรียวเล็กไปเรื่อย ๆ จนถึงปลายตบด้วยมือให้แน่น ใช้ฝ่าเท้ากดเหยียบลงไปบนกองดิน + ทราย ในลักษณะเหยียบลงไปบนดิน+ทรายให้หมุนปลายเท้าด้วย จนรอบและทั่วทั้งกอง ทำไปเรื่อย ๆ จนดิน+ทรายผสมเข้ากันเป็นอย่างดี การทำแบบนี้ช่างหล่อจะเรียกการเหยียบดิน เหยียบดิน และดิน+ทราย จำนวนนี้จะเรียก 1 กระเบื่อง
3. ใช้เครื่องนวด

วิธีการผสมดินอ่อน

ดินอ่อนประกอบด้วย ทรายเม็ดยละเอียด 3 ส่วน+ดินนวลกรองละเอียด 1 ส่วนนำทรายเม็ดยละเอียดที่ร่อนแล้วนำเนื้อดินนวลที่กรองแล้ว จำนวน 1 ส่วน มาเทส่วนผสมรวมกับทรายเม็ดยละเอียด ใช้มือนวดผสมคลุกเคล้าให้ทั่วจนดินนวล และทรายเม็ดยละเอียดเข้ากันอย่างดี ให้มีลักษณะจับตัวรวมเป็นก้อน ทดสอบโดยการใช้มือกำดินแล้วบีบให้แน่นอนโดยประมาณ ปล่อยมือออก ดินอ่อนจะมีลักษณะเป็นก้อน



การเตรียมมูลโค

มูลโคที่จะนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน จะต้องเป็นมูลโคสด และโคต้องกินหญ้าเป็นอาหารอย่างเดียว เพราะมูลโคที่กินหญ้า เมื่อนำมาคั้นจะมียางพิเศษบางอย่าง ที่จะช่วยทำให้เกาะยึดแน่นกับผิวชิ้นงาน เมื่อนำมาผสมกับดินจะสามารถทนความได้สูง ถ้าเป็นมูลโคที่กินอาหารสำเร็จรูป เมื่อนำมาใช้จะทำให้เกิดการแตกร้าว และจะเป็นผลเสียต่อผิวของชิ้นงาน และที่สำคัญอีกอย่างมูลโค ที่ใช้จะต้องได้จากการจับถ่ายออกมาแบบปกติ





วิธีการคั้นน้ำมูลโค

นำมูลโคที่ได้มาแล้ว ใส่ในกะละมัง แล้วเอาน้ำมาเทใส่ลงไป ในอัตราส่วนที่พอเหมาะ ผสม และคลุกเคล้าให้เข้ากัน ให้มีลักษณะที่ไม่เหลว หรือแห้งจนเกินไป นำมาบีบคั้นด้วยผ้าขาวบาง คั้นเอาแต่น้ำมูลโคสำหรับใช้งาน ส่วนกากทิ้งไป



การผสมน้ำมูลโค

นำน้ำมูลโคที่คั้นแล้ว มาผสมกับเนื้อดินนวลที่กรองแล้ว มาผสมกันในอัตราส่วนน้ำมูลโค 5 ส่วน + เนื้อดินนวล 1 ส่วน นำมาควนผสมให้เข้ากัน เมื่อเข้ากันอย่างดีแล้ว นำมากรองด้วยแรงอีกครั้ง ก็จะได้น้ำมูลโค สำหรับใช้ในการปฏิบัติงาน

กรรมวิธีการกลึงไส้แบบ (ดินใน) ของระฆัง ขนาด 3 ก้า

นำกระดานหุ่น มาขีดเส้น กำหนดขนาดเส้นรอบวงของไส้แบบ คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16.98 เซนติเมตร นำไม้ที่มีรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร มาตั้งลงบนกระดานหุ่นให้อยู่ตรงจุดศูนย์กลางของเส้นรอบวง ของไส้แบบที่กำหนดแล้วนำดินแก่ 4 : 1 มาวางกองพอกกดให้แน่นจนทั่วรอบ ๆ ไม้รูปทรงกระบอก ให้ได้ขนาดสัดส่วน ที่จะทำเป็นไส้แบบ แล้วปล่อยให้แห้งไว้ให้แห้ง ในขณะที่ไส้แบบเริ่มแห้ง ให้ดึงแกนไม้รูปทรงกระบอกออก ในขั้นตอนนี้เรียกว่าขึ้นรูปแบบหยาบ และเมื่อทิ้งไว้จนไส้แบบแห้งสนิทดีแล้ว นำไปวางสวมใส่ในกระสวยที่เตรียมไว้ ลักษณะของกระสวยนี้จะหมุนได้รอบตัว จากนั้นก็ทำการหมุนไส้แบบด้วย ใช้เครื่องมือที่



มีขนาดเล็กและรูปร่างต่าง ๆ กดจีกลงไปบนผิวของไส้แบบไปเรื่อย ๆ จนได้รูปร่างขนาดตามแบบอย่างประณีตและที่สำคัญผิวของไส้แบบจะต้องเรียบ ในขณะที่หมุนกลิ้งไส้แบบให้พรมน้ำด้วยนิคหน้อย เพื่อความสะดวกและง่ายสำหรับการกลิ้งแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

ทาน้ำมูลโคลงบนไส้แบบ (ดินใน)

ไส้แบบที่กลิ้งได้ขนาดส่วนที่แห้งดีแล้ว ผิวหน้าของไส้แบบยังเรียบไม่พอ จำเป็นที่จะต้องทำให้เรียบโดยใช้น้ำมูลโคแตะทาทับบลงไปประมาณ 5 – 6 ครั้ง โดยใช้แปร่งทาสีจุ่มน้ำมูลโค ที่ผสมตามอัตราส่วน แตะทาลงบนไส้แบบให้ทั่ว วิธีการแตะทาน้ำมูลโคให้ใช้แปร่งทาสีจุ่มน้ำมูล ให้จุ่มพอประมาณพอประมาณ แล้วใช้ด้านข้างของขนแปรงค่อย ๆ แตะลงบนผิวของไส้แบบ และทุกครั้งก่อนที่จะแตะทาซ้ำพื้นผิวเดิม จะต้องแห้งสนิททุกครั้ง

การทาสีผึ้ง

นำสีผึ้งชั้น ที่ตั้งไฟละลายได้ ที่แล้วใช้แปร่งทาสีจุ่มแล้ว ทาทับบลงไปบนผิวของน้ำมูลโค ให้ได้ความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร และที่สำคัญจะต้องทาให้ผิวเรียบ

เทคนิคการทาสีผึ้งให้เรียบ

1. สีผึ้งจะต้องร้อนพอเหมาะ
2. การทาจะต้องทาไปทางเดียว
3. จุ่มน้ำสีผึ้งพอประมาณ
4. ขนแปรงจะต้องไม่สั้นจนเกินไป

การเข้าสีผึ้ง

นำสีผึ้งชั้น ที่ละลายเป็นน้ำมาเทลงใส่ในกระป๋องที่ใส่น้ำไว้ แล้วใช้มือบีบนวดสีผึ้งจน มีความเหนียวนุ่มแล้ว ทำให้เป็นแผ่นเรียบให้มีขนาดความหนาข้างหนึ่ง 1.5 เซนติเมตร ค่อย ๆ ลดขนาดลงจนถึงอีกด้านหนึ่งให้ได้ขนาดความหนา 1 เซนติเมตร และแผ่นสีผึ้งจะมีความกว้าง 35 เซนติเมตร และมีความยาว 55 เซนติเมตร โดยการนำไม้กระดานแผ่นเรียบที่มีความกว้าง 80 เซนติเมตร และมีความยาว 100 เซนติเมตร ปลายไม้ข้างหนึ่งมีความหนา 2 เซนติเมตร และอีกข้างหนึ่งมีความหนา 1 เซนติเมตร วางลงตรงริมขอบของแผ่นบนไม้กระดาน แล้วใช้ท่อเหล็กกลมกลิ้งกดไปบนไม้แบบ ที่

วางไว้จนสุดปลายไม้แบบอีกข้างหนึ่ง ก็จะได้ขี้ผึ้งแผ่นที่มีขนาดตามความต้องการ นำเทือกมาทาลงบนแผ่นขี้ผึ้งนำปิดกดทับให้แน่นแนบ บนขี้ผึ้งที่ทาอยู่บนไม้แบบ (เทือก คือ น้ำยางเหนียวได้มาจากส่วนผสมของน้ำมันยาง กับชันผสมกันและนำไปตั้งไฟให้ร้อนจนให้เข้ากันจนมีความเหนียว) นำไม้แบบที่เข้าขี้ผึ้งมาวางใส่ในกระสวยอันเดียวกัน กับตอนกิ่งไม้แบบแล้วหมุนกลิ้งขึ้นผึ้ง ด้วยเครื่องมือเหล็กที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ จนกว่าผิวของขี้ผึ้งจะเรียบ และได้รูปร่างลักษณะของรูประฆังตามแบบ แล้วยกออกจากกระสวย นำโก่งของระฆังที่ออกแบบไว้ ปั้นเสร็จเป็นขี้ผึ้งมาติดประกอบ พร้อมลวดลายต่าง ๆ เสร็จจะได้รูปต้นแบบรูประฆังที่พร้อมที่จะดำเนินการตามขั้นตอนของงานหล่อโลหะ



การติดชนวน

นำขี้ผึ้งชั้น ที่ละลายเป็นน้ำมันมาเทลงในกระป๋องที่ใส่น้ำไว้ แล้วใช้มือบีบนวดขี้ผึ้งจนมีความเหนียว นุ่ม แล้วกลิ้งขี้ผึ้งให้เป็นเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.5 เซนติเมตร เพื่อทำเป็นก้านแยก ทางไหลของน้ำโลหะ กลิ้งขี้ผึ้งให้เป็นเส้นกลมเรียบ ให้ด้านเล็กมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และด้านใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สำหรับเป็น ชนวนเทน้ำโลหะ กลิ้งขี้ผึ้งให้เป็นเส้นกลมเรียบด้านเล็ก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร จะ ด้านใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร สำหรับทำเป็นทางไหลออกของ ขี้ผึ้งและรูล้นของเนื้อโลหะที่เป็นองค์ระฆัง นำชนวนสำหรับเทน้ำโลหะมาติด โดยให้ด้านเล็ก ติด ตรงด้านข้างขององค์ระฆัง แล้วให้ด้านใหญ่ด้านบนในลักษณะเป็นแนวเส้นตรง ให้สูงกวาหว่ง แขนงของระฆัง 10 เซนติเมตร ชนวนสำหรับเทน้ำโลหะจะมี 2 ด้าน คือด้านซ้าย และด้านขวาของ รูประฆัง และตรงหว่งแขนงติดด้านชนวนเป็นเส้นตรงให้มีความสูง 10 เซนติเมตร เท่ากับชนวน สำหรับเทน้ำโลหะ เพื่อทำเป็น รูล้นนำชนวนสำหรับติด ทำเป็นรูล้นของเนื้อองค์ระฆัง ติดด้านข้างให้ มีความสูงในระดับความสูงเท่ากับคอของระฆัง และนำชนวนสำหรับทำเป็นทางไหลออก ของขี้ผึ้ง ที่ด้านล่างตรงขอบของระฆัง 2 ด้าน ตรงข้ามกัน

วิธีการทาน้ำมูลโค

ก่อนที่จะทาน้ำมูลโค ลงบนพื้นผิวงานหุ่นรูปประฆัง ที่เป็นรูปขี้ผึ้งต้องทำความสะอาดก่อนด้วย น้ำ ผสมผงซักฟอกแล้ว ไม่ต้องล้างออกด้วยน้ำเปล่า ปลดปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งสนิท นำน้ำมูลโคที่ผสมดิน นวลแล้ว ตามอัตราส่วนใส่ภาชนะ ใช้แหงทาสีจุ่มน้ำมูลโคทาลงบนพื้นผิวงานให้ทั่ว แล้วปลดปล่อยทิ้ง ไว้ให้แห้งสนิท ในขณะที่จุ่มแปรงทาน้ำมูลโคให้ใช้แปรงกวบน้ำมูลด้วย เมื่อแห้งแล้ว ทาทับลงไป อีกให้ได้ความหนาประมาณหนาพอประมาณ หรือ 5-6 ครั้ง วิธีการทาให้ใช้ด้านข้างของขนแปรง แตะลงไปกับพื้นผิวงาน การทำเช่นนี้ก็เพื่อไม่ให้พื้นน้ำมูลโค ที่ทาไว้ก่อนแล้วล่อนหลุดออกมาตาม แปรง ขณะทาจึงใช้วิธีการแตะ ประโยชน์ของน้ำมูลโคที่ทา ก็เพื่อจะทำหน้าที่เก็บรายละเอียดความ คมชัดของพื้นผิวงาน



การเข้าดินอ่อน

การเข้าดินอ่อนทำโดยการนำน้ำมูลโค ทาลงบนพื้นผิวหุ่นรูปประฆัง ที่เป็นรูขึ้นผึ้งที่ทำน้ำมูลโค และมีความหนาพอแล้ว นำดินอ่อนที่ผสมแล้ว มาทำการพอกทับลงบนผิวงานด้วยมือ โดยการหยิบดินอ่อนมานวดให้เป็นก้อนพอประมาณ วางลงบนผิวงานแล้วกดด้วยปลายนิ้วมือ ให้ดินแผ่ไปตามผิวของงาน ให้ได้ความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร จนทั่วรูปหุ่นเว้นตรงชนวนที่ติดไว้สำหรับเป็นรูกลับของเนื้อระฆัง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งสนิทด้วยอากาศ การกดดินด้วยปลายนิ้ว ในแต่ละครั้ง ปลายนิ้วมือจะต้องหมั่นชุบน้ำให้มือสะอาดตลอดระยะเวลา ที่ใช้นิ้วมือกดลงบนดินอ่อน เพื่อมิให้ดินอ่อนติดตามนิ้วมือขึ้นมา และการกดต้องให้ได้น้ำหนักพอประมาณ และที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ

การวางดินบนผิวนานแต่ละครั้งพื้นผิวของน้ำมูลโคจะต้องเปียกตลอดเวลา ห้ามมิให้แห้งเด็ดขาด
เพราะจะทำให้ไม่ยึดติดชั้นดินอ่อน การเข้าดินอ่อนนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่จะต้องใช้เวลา
ละเอียดอ่อนเป็นอย่างมาก



การเข้าดินแก่

ดินแก่ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ประกอบด้วย ทรายเม็ดกลมขนาดกลาง 4 ส่วน + ดินเหนียว 1 ส่วน การเข้าดินแก่ ทำโดยการใช้แปรงทาสีหรือผ้าชุบน้ำ ทาลงบนผิวดินอ่อนที่แห้งให้เปียกชุ่ม พอประมาณ หยิบดินแก่มาพอประมาณ ขนาดเท่ากำปั้นแล้ววนวดอีกครั้ง นำมาพอกทับลงบนดินอ่อนให้ได้ความหนาประมาณ 5 เซนติเมตร จนทั่วรูปหุ่นวันตรงรูขนวนที่ติดไว้สำหรับเป็นรูลับของเนื้อระฆัง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งด้วยอากาศ ในการพอกดินแก่นั้นจะต้องใช้ปลายนิ้วตบกดดิน ให้แน่นแนบกับดินอ่อน และขณะตบกดมือจะต้องชุบน้ำให้สะอาดอยู่ตลอดเวลา เพื่อไม่ให้ดินแก่ติดมือขึ้นมา เมื่อแห้งสนิทแล้ว ก็ทำการเข้าดินแก่ทับอีกครั้ง ให้ได้ความหนาประมาณ 5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ให้แห้ง





การเข้าเหล็ก

การเข้าเหล็ก เป็นขั้นตอนการทำให้หุ่นมีความแข็งแรง การเลือกใช้เหล็กเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ถ้าเลือกใช้เหล็กที่มีขนาดไม่พอดีกับขนาดของหุ่น จะเกิดการแตกร้าวหักเสียหายได้ แต่สำหรับระฆังขนาด 3 ก้า เลือกใช้เหล็กเส้นขนาดผ่าศูนย์กลาง 3 หุน วิธีการเข้าเหล็กรัดรูปหุ่น จะทำโดยการใช้ประแจคัดเหล็กในแนวตั้ง ให้แนบไปตามรูปจากด้านล่างขึ้นไปด้านบน และคร่อมไปด้านหลังและเลื้อยทางเหล็กไว้ ให้พอที่จะคัดประสานกันได้ ให้มีระยะห่างระหว่างเส้นประมาณ 7 เซนติเมตร จนรอบหุ่นแล้วใช้เหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 หุน มาดัดรัดในแนวให้แนบไปกับเหล็กเส้นกลมขนาด 3 หุน ในแนวตั้งให้มีระยะห่างแต่ละเส้นประมาณ 7 เซนติเมตร และมัดด้วยลวดผูก

เหล็กให้แน่น ตรงเส้นเหล็กที่ตัดกันระหว่างแนวตั้งและแนวนอน

การขึ้นท่น



ในการปฏิบัติงานขึ้นท่น ก่อนอื่นต้องวัดรอบหุ่นด้านล่าง ซึ่งมีลักษณะรูปทรงกลม นำอิฐมอญมาวางเรียงให้ได้ขนาด และความกลมเท่ากับด้านล่างหุ่นที่วัดไว้ ใช้สอดินหรือปูนราดเทพื้นอิฐมอญให้ทั่ว แล้ววางอิฐมอญวางทับสอให้มีขนาดเท่าเดิม มีขนาดความสูง 40-50 เซนติเมตร ซึ่งช่างจะเรียกว่า "ตอหม้อรับหุ่น" จากนั้นยกหุ่นขึ้น ตั้งบนตอหม้อ รับหุ่น แล้วใช้ดินแกละ 3:1 ปอกทับระหว่างรอยต่อของตอหม้อหุ่นและหุ่นให้ติดเป็นเนื้อเดียวกัน เว้นช่องตรงที่ติดชวน เพื่อเป็นทาง

ไหลของจีพี้ นำจีพี้ที่ควั่นไว้สำหรับทำเป็นรูปเททอง ที่มีลักษณะเรียวยาวด้านบน มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร และด้านล่างมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร และมีความยาว 8 เซนติเมตร นำมาติดต่อกับรูปเท และรูอากาศแล้วนำดินแก่ 3:1 มาทำการพอกปั้นทับเป็นรูป สำหรับเททองและรูอากาศ ซึ่งช่างจะเรียกว่า “ปากจอก” ส่วนชนวนที่ติดไว้สำหรับเป็นรูลัดของเนื้อระฆัง ก็นำดินแก่ 3:1 มาพอกทำการปั้นให้เป็นปากสำหรับเป็นทางไหลช่างจะเรียกว่า “รูกระบวน”



การก่อเตาพิมพ์

ก่อนที่จะวางอิฐมอญ สำหรับทำเป็นฐานเตา ต้องปรับพื้นที่ให้ได้ระดับเรียบเสียก่อน เพื่อเวลาก่อเป็นเตาแล้ว จะไม่เอียงหรือล้ม เตาพิมพ์จะประกอบ 3 ส่วน คือ

1. ฐานเตาพิมพ์ ทำเป็นฐานล่างรองรับน้ำหนักของตัวเตาพิมพ์
2. ตัวเตาพิมพ์ ใช้กันเปลวไฟไม่ให้กระจายออกด้านนอก
3. ปากเตาพิมพ์ มีไว้สำหรับเป็นช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิง (ฟืน)



การก่อฐานเตาพิมพ์ และปากเตาพิมพ์

วางอิฐมอญ 2 ก้อน คู่กันให้เรียงต่อและซ้อนกัน ให้เป็นแนวตรงและขนานกัน 2 ข้าง ให้มีระยะห่างจากหุ่น 25 เซนติเมตร ด้านที่จะทำเป็นปากเตาให้มีความยาวและมีระยะห่างจากหุ่น 60 เซนติเมตร ให้ได้ความสูงเลยตอหม้อรับหุ่นหรือสูงกว่ากระดูกบวน



การก่อตัวเตาพิมพ์

เมื่อก่อฐานเตาแล้วนำเหล็กตัว C ที่มีขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร มาวางให้วางระหว่างฐานเตาให้มีระยะห่างจากหุ่น 25 เซนติเมตร แล้วใช้สอดินวางบนเหล็กตัว C นำอิฐมอญมาวางทับลงบนสอดิน โดยวางเรียงต่อซ้อนกัน ให้ล้อมรอบหุ่นและให้ได้ความสูงกว่าหุ่นเล็กน้อย แล้วนำอิฐมอญมาวางปิดปากจอรูเท และรูอากาศทุกรู แล้วใช้แผ่นเหล็กขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร มาวางปิดตรงส่วนบนของเตา ซึ่งช่างจะเรียกว่าแผ่น "กระบาล" ใช้สอดินทำการพอลาบัวเตาพิมพ์ภายนอก เพื่ออุดร่องห่างของรอยต่อ ของอิฐมอญและช่วย ทำให้ตัวเตาพิมพ์เกิดความแข็งแรง เมื่อขณะเผาพิมพ์สอ จะแห้งและแข็งตัวช่วยกันเปลวไฟมิให้ความร้อนกระจายออกนอกเตาพิมพ์





การสํารอกชีผึ้ง

การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการสํารอกชีผึ้ง จะใช้การเผาหุ้ที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส โดยการนำฟืนมากองที่ปากเตาพิมพ์แล้ว จุดไฟให้ติด ควบคุมความร้อนให้เพิ่มขึ้นทีละน้อย โดยค่อย ๆ เติมฟืนจนได้อุณหภูมิพอเหมาะหุ้จะร้อน ชีผึ้งที่อยู่ภายในหุ้จะเริ่มไหลออกมาตรงรูกระบวนที่ทำไว้ นำรางเหล็กมาวางรองชีผึ้งให้ไหลลงใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ ให้ชีผึ้งไหลออกจนหมดในการสํารอกชีผึ้ง ต้องระวังมิให้ไฟแรงจนเกินไป เพราะจะทำให้ชีผึ้งเค็ด ถ้าชีผึ้งเค็ด จะทำให้ผิวหน้าที่

เป็นน้ำมูลโคหลุดออกมาด้วย จะทำให้ผิวของงานเสียหาย วิธีสังเกตว่าขี้ผึ้งเดือด สามารถดูได้จาก การไหลของขี้ผึ้ง คือ จะมีลักษณะเป็นฟองเดือด



การเผาพิมพ์หรือสมหุ่น

เมื่อขี้ผึ้งไหลออกมาหมด ให้ค่อย ๆ เพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อย จนถึงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เพื่อให้ขี้ผึ้งที่เหลืตกค้างอยู่ภายใน ตามซอกเล็กไหลออกจนแห้ง สังเกตที่รูกระบวน ว่ามีขี้ผึ้งไหลออกมาอีกหรือไม่ ถ้าไม่มีแสดงว่าขี้ผึ้งไหลออกหมดแล้ว รักษาระดับความร้อนไว้ที่ อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วเริ่มต้นการเผาพิมพ์โดยการเติมเชื้อเพลิง (ฟืน) ให้ความร้อนเพิ่มขึ้นทีละน้อยในแต่ละครั้ง ทวนคุมให้อยู่ในระดับที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสแล้วปล่อยให้ อุณหภูมิลดลงเรื่อย ๆ จนถึงระดับความร้อนที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส แล้วค่อย ๆ เติม เชื้อเพลิง(ฟืน) อีกให้ได้ระดับความร้อนที่ 600 องศาเซลเซียส ทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนหุ่นได้รับความร้อน พอเหมาะ จะมีเปลวไฟลุกขึ้นที่ปากจอกูเทของหุ่น ช่างเรียกว่า “ลูกดวง” ให้ลดอุณหภูมิ ลง โดยไม่ต้องเติมเชื้อเพลิง (ฟืน) ให้อุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 150 องศาเซลเซียส สังเกตที่ปากจอกูเท

หรือรูอากาศก่อนว่า ถ้ามีไอหรือควันพุ่งออกมาแสดงว่าพิมพ์ยังไม่สุก ให้ใส่เชื้อเพลิง (ฟืน) เพิ่มความร้อนอีกให้ได้ระดับความร้อนให้ได้ระดับความร้อนที่ 600 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงที่ 150 องศาเซลเซียส จนกว่าจะไม่มีไอ หรือพุ่งออกมาจากปากกรูเท หรือรูอากาศ แล้วใช้คีมคีบอิฐมอญที่วางไว้บนปากจกรูเทมาดู ถ้ามีคราบเขม่าสีดำจับติดที่อิฐแสดงว่าพิมพ์ยังไม่สุก ต้องใส่เชื้อเพลิง (ฟืน) เพิ่มความร้อนอีกจนกว่าอิฐมอญที่วางอยู่บนปากจกรูเทและรูอากาศ จะไม่มีคราบเขม่าสีดำจับติดอยู่แสดงว่าหุ้่นสุกได้ที่แล้ว

การก่อเตาหลอมโลหะสำหรับ 2 เบ้า

การก่อเตาสำหรับหลอมโลหะ ส่วนใหญ่นิยมใช้อิฐมอญมาก่อให้ได้ลักษณะ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้ได้ขนาดภายในมีความกว้าง 35 เซนติเมตร และมีความยาว 70 เซนติเมตร และมีความสูง 54 เซนติเมตร เว้นช่องสำหรับเป็นทางเป่าลม ให้อยู่ตรงกลางของด้านกว้าง ให้เว้นเปิดตั้งแต่ชั้นที่ 2



และ 3 ให้เปิดช่องรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้มีความกว้าง 7 เซนติเมตร และมีความยาว 7 เซนติเมตร นำ
สวดินมาทาพอกทับอิฐมอญทั้งภายนอกและภายในด้วยมือ เพื่อให้เตาหลอมเกิดความแข็งแรง และ
ยังป้องกันมิให้ความร้อนแผ่กระจาย ออกนอกเตา ทำให้อุณหภูมิความร้อนภายในเตาหลอมสูงพอ ที่
จะทำให้โลหะทองแดงละลาย (จุดหลอมของทองแดง 1,083.5 องศาเซลเซียส และจุดเดือดของ
ทองแดง 2,567 องศาเซลเซียส) นำอิฐมอญมาวางพื้นเตา เพื่อทำเป็นตอหม้อรับน้ำหนักของเบ้า
หลอม และช่วยตัดจ่ายลมไปให้ทั่วเตาหลอม ให้มีลักษณะตะแคงอิฐแล้วนำดินจับเ็นที่เตรียมไว้มา
พอดกรอบ ๆ อิฐที่ทำเป็น ตอหม้อ ด้านล่างให้ยึดติดกับพื้นเตา และวางดินจับเ็นตรงด้านบนของอิฐ
มอญ ที่ทำเป็นตอหม้อให้มีความหนา 3 เซนติเมตร (ดินจับเ็น คือ ดินที่มีส่วนผสมระหว่างทราย
เม็ดขนาดกลาง 1 ส่วน ดินเหนียว 2 ส่วน ผสมนวดให้เข้ากันอย่างดี) นำแผ่นเหล็กชนิดเรียบที่มี
ความกว้าง 24 เซนติเมตร ยาว 61 เซนติเมตร และมีความหนา 4 มิลลิเมตร มาวางทับลงบนดินจับ
เ็นที่วางไว้บนอิฐมอญที่ทำเป็นตอหม้อ ให้มีระยะห่างจากผนังเตาเฉลี่ยเท่า ๆ กัน



นำอิฐมอญครึ่งก้อนวางลงบนแผ่นเหล็ก ให้ปลายข้างหนึ่งอยู่บนแผ่นเหล็ก และปลายอีกข้างหนึ่งอยู่ติดกับผนังเตาให้เอียงทำมุมประมาณ 45 องศา และให้มีระยะห่างกันระหว่างก้อนประมาณ 7 เซนติเมตร แล้วใช้ดินจับเอ็นพอกหุ้มอิฐ ให้ทั่วทุกก้อน และบนพื้นแผ่นเหล็กให้มีความหนา 3 เซนติเมตร เพื่อเป็นตะกั่วกับเตาป้องกันมิให้ถ่านลว่งหล่นลงใต้เตา จะทำให้ไปปิดขวางทางลมทุกครั้ง ก่อนจะทำการหลอมโลหะ ภายในเตาจะต้องแห้งสนิท นำผงปูนปลาสเตอร์ไปวางกองลงบนพื้นเตา หลอมที่แห้งสนิทแล้ว ให้มีความหนาประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันมิให้ขณะที่กำลังหลอมโลหะ พื้นเตาที่เป็นดินเหนียว + ทราย ละลายเกาะติดกับเบ้าหลอมจะทำให้การถอนเบ้าหลอมออกจากเตาไม่ได้ นำเบ้าสำหรับหลอมโลหะ ขนาด 60 กิโลกรัม จำนวน 2 ใบ มาวางใส่ลงในเตาหลอม และเกลี่ยความกว้างของปากเบ้าหลอมกับผนังเตาให้มีระยะห่างเท่า ๆ กันแล้วนำเชื้อเพลิง (ถ่าน) ใส่ลงในเตาหลอมรอบ ๆ ข้างเบ้าหลอมจนเต็มเตาและเสมอเท่ากับปากของเบ้าหลอม



ส่วนผสมโลหะของรูปปั้น

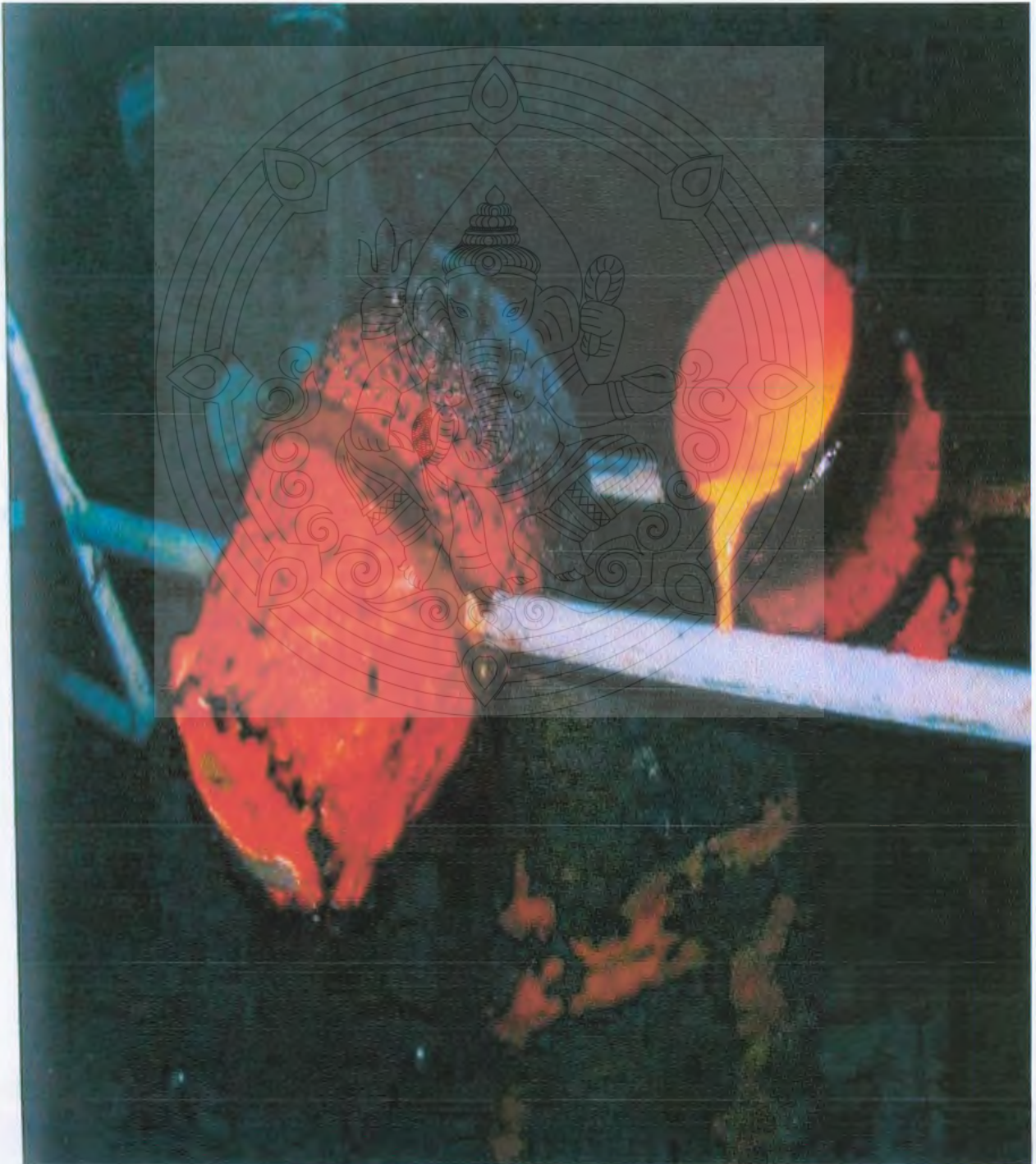
1. สำหรับหล่อเป็นโค้งของระฆังประกอบด้วย

1.1 ทองแดง 99 % จำนวน 85 % น้ำหนัก 51 กิโลกรัม

1.2 สังกะสี 99 % จำนวน 5 % น้ำหนัก 3 กิโลกรัม

1.3 ตะกั่ว 99 % จำนวน 5 % น้ำหนัก 3 กิโลกรัม

1.4 ดีบุก 99 % จำนวน 5 % น้ำหนัก 3 กิโลกรัม



2. สำหรับหล่อเป็นตัวองค์กรผนังประกอบด้วย

2.1 ทองแดง	99%	จำนวน 80.65%	น้ำหนัก 50 กิโลกรัม
2.2 ดีบุก	99%	จำนวน 16.13%	น้ำหนัก 10 กิโลกรัม
2.3 เงินเม็ดกลม	100%	จำนวน 3.3%	น้ำหนัก 2 กิโลกรัม

ในเตาหลอมจะมีเบ้าหล่อ 2 ใบ ใบที่ 1 จะใช้หลอมสำหรับหล่อเป็นโถ่งระฆัง ใบที่ 2 จะใช้หลอมสำหรับหล่อเป็นตัวองค์กรผนัง นำทองแดงใส่ในแต่ละเบ้าหลอมตามน้ำหนัก แล้วจุดไฟ ในเตาหลอมให้เชื้อเพลิง (ถ่าน) ติดไฟจนทั่วทั้งเตาไม่ต้องใช้ลมเป่า ช่วยสุ่มไฟไปเรื่อย ๆ ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ใช้แผ่นเหล็กขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ปิดปากเตาหลอม เมื่อได้ระยะเวลาจึงเปิดมอเตอร์เป่าลม เพื่อช่วยให้เชื้อเพลิง (ถ่าน) ลูกไหม้ความร้อนจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและต้องคอยสังเกต ดูเปลวไฟและเชื้อเพลิง (ถ่าน) ในเตาหลอมลดลงให้ปิดมอเตอร์หยุดเป่าลม แล้วใช้คีมคีบแผ่นเหล็กเพื่อเปิดเตาออกแล้วเติมเชื้อเพลิง (ถ่าน) ลงไปให้เต็มเตาเท่ากับปากของเบ้าหลอม แล้วใช้ถ่านค้ำค้ำเติมลงไปพอประมาณแล้วใช้เชื้อเพลิง (ถ่าน) เติมลงไปให้เต็มเท่ากับปากเตาหลอม แล้ว ใช้แผ่นเหล็กปิดปากเตาหลอมเปิดมอเตอร์ลม ทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ ในแต่ละครั้งก่อนจะเติมเชื้อเพลิง (ถ่าน) ประมาณ 45 นาที เมื่อหลอมไปได้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง ทองแดงจะหลอมละลายเป็นของเหลว นำดีบุกใส่ลงไปเบ้าที่จะใช้หล่อเป็นองค์กรผนังตามอัตราส่วน และอีกเบ้าที่จะใช้หล่อเป็นโถ่งระฆัง ใส่ตะกั่ว ดีบุก สังกะสี ตามอัตราส่วน เมื่อละลายให้กวนน้ำโลหะให้ผสมเข้าด้วยกันกระจำสำหรับตักน้ำ โลหะแล้วตักน้ำโลหะออกมาเล็กน้อย ทิ้งไว้ให้แข็งตัว แล้วใช้ฉ้อนทุบให้แตก แล้วตรวจสอบดูที่เนื้อว่าส่วนผสมเข้ากันดีหรือไม่ ถ้ายังไม่ผสมเข้ากันเป็นอย่างดีก็ทำการหลอมไปเรื่อย ๆ และกวนให้ผสมเข้ากัน ข้อสังเกตในการตรวจสอบดูเนื้อของโลหะจะเป็นเทาขาว เมื่อผสมเข้ากันดีแล้ว เบ้าที่ใช้หลอมทำเป็นตัวองค์กรผนังให้เติมเงินเม็ดใส่ลงไปตามอัตราส่วน และอีกเบ้าที่หลอมสำหรับทำเป็นโถ่งระฆัง ให้เติมสังกะสีตามอัตราส่วนกวนผสมให้เข้ากันอีกครั้ง ตักออกมาตรวจสอบอีกจนได้เนื้อโลหะ สำหรับที่จะนำไปหล่อเป็นองค์กรผนัง เนื้อที่จะได้มีสีเทาขาวนวล และมีความวาวเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับเนื้อโลหะ ที่จะนำไปหล่อเป็นโถ่งระฆัง จะมีสีเหลืองอ่อน ๆ ขณะที่หลอมโลหะ ก็จะทำการรื้ออิฐเก็บเตาออกให้เหลือแต่หุ่น แล้วใช้ดินพอกยาหุ่น ถ้ามีการแตกร้าวด้วยใช้ดินอุดรูกระบวนหรือไหลออกของซีเมนต์ให้แน่น เตรียมดินทำเป็นก้อนสำหรับอุดรูล้นรูอากาศ และสำหรับไว้รับร้าว (รับร้าว หมายถึง การใช้ดินอุดน้ำโลหะที่ร้าวไหลออกมาจากการรอยแตกร้าวของหุ่น ก่อนใช้ดินอุดให้หยุดเทน้ำโลหะ เมื่ออุดเสร็จจึงเทน้ำโลหะลงไปจนเต็มแบบ) จัดโต๊ะสำหรับยืนเทน้ำโลหะให้พร้อม

รายการ	จุดหลอมเหลว	จุดเดือด
ทองแดง	1,083.5 องศาเซลเซียส	2,567 องศาเซลเซียส
สังกะสี	419.6 องศาเซลเซียส	907 องศาเซลเซียส
ดีบุก	231.9 องศาเซลเซียส	2,270 องศาเซลเซียส
ตะกั่ว	327.5 องศาเซลเซียส	1,740 องศาเซลเซียส
เงิน	961.9 องศาเซลเซียส	2,212 องศาเซลเซียส

การเทน้ำโลหะ

การเทน้ำโลหะลงในหุ่นสำหรับหล่อ จะต้องคำนึงถึงความสะดวกปลอดภัยในการปฏิบัติงานอย่างมาก ก่อนลงมือปฏิบัติงาน จะต้องมีการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรงพร้อม ทั้งมีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานมี 2 ชนิด คือ

1. คีมเท (คีมสองหาง) คือ คีมที่ใช้สำหรับยกเบ้าหลอมที่มือน้ำโลหะหลอมละลายอยู่ไปเอียงเทลงในปากจอก (อ่างรูปเท) ที่มีลักษณะเป็นค้ำเหล็กข้างหนึ่ง มีค้ำเหล็กมีค้ำเดียวตรงกลางเป็นรูปกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร อีกด้านหนึ่งมีค้ำแยกออกเป็น 2 ค้ำ สำหรับจับยกความยาวของคีมเท 250 เซนติเมตร
2. คีมถอนเบ้า คือ คีมที่ใช้สำหรับคีบยกเบ้าหลอม ที่มือน้ำโลหะหลอมละลายอยู่ ออกจากเตาหลอมนำมาวางใส่ลงตรงรูตรงกลางของคีมเท มีลักษณะเป็นค้ำเหล็ก 2 ข้าง เจาะรูยึดติดกันและขยับยกขึ้นลงได้ที่ปลายของแต่ละข้าง มีเหล็กรูปตัว C เพื่อใช้เป็นที่คีบจับ ด้านข้างของเบ้าหลอมมีความยาวของคีมถอน 250 เซนติเมตร

เมื่อน้ำโลหะหลอมละลายได้ที่ พร้อมจะทำการเทน้ำโลหะลงในแบบ ให้นำคีมเทมาจัดวางให้เรียบร้อยที่ด้านหน้าเตาหลอม รื้ออิฐหน้าเตาหลอมออกจากปากเตาด้านบนลงมา 4-5 ชั้น ให้กว้างพอประมาณ ปิดสวิตช์มอเตอร์สำหรับเป่าลม ใช้คีมคีบยาวคีมแผ่นเหล็กที่ปิดเตาหลอมออก ใช้กระจาดักขี้เถ้าถ่านที่ลอยอยู่ในน้ำโลหะ ด้านบนออกให้หมดทั้งสองเบ้าใช้คีมถอนเบ้าหลอมออกจากเตา โดยการยกคีมถอนให้ปากคีมลงไป ในเตาหลอมคีมตรงกลางของข้างเบ้าหลอม แล้วยกคีมขึ้นพร้อมกับให้เบ้าหลอมที่จะใช้หล่อเป็นองค์ระฆัง ออกจากเตาหลอม นำมาวางลงในรูตรงกลางของคีมเท แล้วยกคีมถอนออกกระวังมิให้เบ้าล้มแล้วยกคีมเททองไปเทน้ำโลหะลงในปากจอกรูปเทให้

น้ำโลหะไหลลงอย่างสม่ำเสมอ จนน้ำโลหะล้น ขึ้นมาตรงรูล้นของเนืองกระฉัง ใช้ดินที่เตรียมไว้อุดรูให้แน่นและหยุดเท ในระหว่างที่กำลังเทน้ำโลหะ ที่เป็นเนืองกระฉัง ผู้ปฏิบัติการถอนเบ้าก็จะทำการถอนเบ้าที่มีน้ำโลหะ สำหรับเป็นโถงของระฆังออกจากเตาหลอม ใส่ในกิมเทแล้วยกขึ้นมาเทตรงอ่างรูเทอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่องจนเต็มปากจอกรูเทและรูล้นของหุ่น นำถ่านดิบก้อนพอประมาณเท่ากับอ่างรูเทและรูล้นมาวาง เพื่อช่วยให้น้ำโลหะที่ร้อนค่อย ๆ เย็นตัวลง โดยที่ถ่านเมื่อนำมาวางไปวางที่ถูกติดไฟมีความร้อน ก็จะลดลงขณะเดียวกันโลหะก็จะค่อย ๆ เย็นตัวลงเช่นกัน ถ้าไม่วางถ่านโลหะจะเย็นตัวอย่างรวดเร็ว จากอากาศ จะทำให้ผิวหน้าของโลหะที่ปากจอกรูเท และรูล้นจะยุบตัวลงด้านล่าง และถ้ายุบตัวลงมากจนถึงเนืองงานจริง จะทำให้เสียหายได้ (การนำถ่านไปวางเป็นความเชื่อของช่างที่มีการบอกเล่าต่อ ๆ กันมา)



การแต่งผิวโลหะ

เมื่อเททองเสร็จและทิ้งไว้ให้เย็นตัวลงประมาณ 3 วัน ให้ใช้ฆ้อน ๆ ทบดินที่ทับเหล็กออกให้หมด จากนั้นใช้คีมตัดลวดมัดจำออกแล้ว แกะเหล็กที่เข้าไว้ ออกให้หมด ในการทุบและแกะเหล็กออก ต้องระวังมิให้ไปถูกเนื้อของงาน จะทำให้ชิ้นงานบุบและเสียได้ ใช้เครื่องตัดชนวนที่ติดไว้ ออก ทำการขัดตกแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อยใช้ตะไบ กระดาษทรายขัดใช้สเก็ดตอกตัดส่วนเกินที่ไม่เกี่ยวข้อง กับงานออก การขัดตกแต่งต้องระมัดระวังให้ขัดกินผิวของงานลึกเกินไป จะทำให้เกิดผลเสียต่อ รูปทรงและเสียงของระฆังได้ เมื่อขัดแต่งเสร็จนำระฆังไปแช่น้ำ เพื่อให้ดินใน (ไส้แบบ) ชุ่มน้ำ เพื่อจะได้ง่ายต่อการนำเอาไส้แบบออก และขัดตกแต่งชิ้นงานอีกครั้ง ทั้งภายในและภายนอกให้ เรียบร้อย นำน้ำกรดดินประสิวมาทำการล้างกัดผิวของชิ้นงาน เพื่อล้างและทำความสะอาด (ล้างผิว ไฟ) นำมะขามเปียกแช่น้ำผสมกับทรายละเอียดมา ขัดล้างอีกครั้ง ล้างออกด้วยน้ำสะอาดแล้ว ล้าง ด้วยน้ำผสมผงซักฟอกอีกครั้ง และล้างออกด้วยน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วนำระฆังที่เสร็จสมบูรณ์ ไปแขวนให้แน่นแล้วใช้เหง้าไม้ไผ่ตีลงตรงปุ่ม ที่ทำไว้ตีฟังเสียงระฆัง ระฆังขนาด 3 กำ ใบนี้จะมี เสียงดังแหลมเล็ก และกังวานดีมาก



บทที่ ๖ ผลผลิตจากกระบวนการกลึงระฆังแบบโบราณ



ระฆังโลหะขนาด ๓ กำ
ขณะช่างกำลังทดสอบเสียง

คำสั่งสำนักช่างสิบหมู่

ที่ ๓๒ /๒๕๕๒

เรื่อง แต่งตั้งที่ปรึกษาและคณะทำงานจัดทำโครงการสร้างต้นแบบเพื่อจัดทำองค์ความรู้ด้านศิลปกรรม
ด้านการหล่อระฆังแบบโบราณ

เพื่อให้การดำเนินการโครงการสร้างต้นแบบเพื่อจัดทำองค์ความรู้ด้านศิลปกรรม ด้านการ
หล่อระฆังแบบโบราณ ของสำนักช่างสิบหมู่ เป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพ และบรรลุผลสำเร็จ
ตามเป้าหมาย จึงแต่งตั้งที่ปรึกษา และคณะทำงานโครงการสร้างต้นแบบเพื่อจัดทำองค์ความรู้ด้านศิลปกรรม
ประกอบด้วย

ที่ปรึกษา

๑. ผู้อำนวยการสำนักช่างสิบหมู่
๒. นายสัมพันธ์ อุทโยธา
๓. นายนิยม กลิ่นบุบผา
๔. นายธวัชชัย ปุณณลิมปกุล

คณะทำงาน

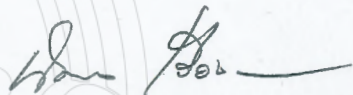
- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| ๑. นายนิกร คชพงศ์ | ประธานคณะทำงาน |
| ๒. นายมานะ สุขชี | คณะทำงาน |
| ๓. นายวิรัตน์ ศิริनुพงศ์ | คณะทำงาน |
| ๔. นางประภาพร ตราชูชาติ | คณะทำงาน |
| ๕. นายภูธิปนิธิ์ คงโกคานันท์ | คณะทำงาน |
| ๖. นางกชพรรณ เวโรจน์ | คณะทำงาน |
| ๗. นายเสกสรรค์ ญาณพิทักษ์ | คณะทำงาน |
| ๘. นายเฉลิมชัย สุตเคราะห์ | คณะทำงาน |
| ๙. นายณวิช คชเกรียง | คณะทำงาน |
| ๑๐. นายเลิศศักดิ์ เลิศไผ่สีสุก | คณะทำงาน |
| ๑๑. นายศิริชัย หลิมประพันธ์ | คณะทำงานและเลขานุการ |
| ๑๒. ว่าที่ พ.ต.สืบสกุล อ่อนสัมพันธ์ | คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ |

มีอำนาจหน้าที่ ดังนี้

๑. เพื่อจัดทำต้นแบบงานศิลปกรรม
 ๒. รวบรวมข้อมูล เพื่อจัดทำเอกสารทางวิชาการองค์ความรู้
 ๓. ดำเนินการบันทึกภาพ เก็บข้อมูลการปฏิบัติงาน
 ๔. การจัดซื้อ จัดจ้างทุกประเภท ตลอดจนจัดหาวัสดุ ควบคุม เบิกจ่ายและจัดทำใบสำคัญ
 ๕. ดำเนินการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือที่ได้รับมอบหมาย
- ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่

๕ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๒


(นางสาวนิรมล เรืองสม)
ผู้อำนวยการสำนักช่างสิบหมู่

.....หน.สบท.

มาลินี จันท.ผู้รับผิดชอบ