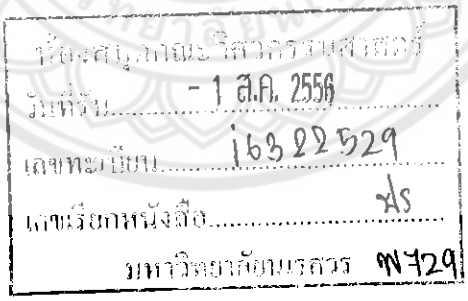
การจัดทำคู่มือและขั้นตอนการทดลองของชุดทดสอบทรายแบบ
MANUAL PREPARATION AND EXPERIMENTAL PROCEDURE OF MOLDING SAND TESTING

นายพิยะพงศ์ คำอ่อน รหัส 48365293



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การจัดทำคู่มือและขั้นตอนการทดลองของชุดทดสอบทรายแบบ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพิยะพงษ์ คำอ่อน รหัส 48365293
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ทศพล ตรีรุจิราภาพงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2555

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์ทศพล ตรีรุจิราภาพงศ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธณิกานต์ ธงชัย)

.....กรรมการ
(อาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การจัดทำคู่มือและขั้นตอนการทดลองของชุดทดสอบทรายแบบ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพิยะพงษ์ คำอ่อน รหัส 48365293
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ทศพล ตรีรุจิราภาพงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2555

.....

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ เพื่อจัดทำคู่มือวิธีการตรวจสอบและทดสอบสมบัติของทรายแบบก่อนนำไปใช้งานด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การตรวจสอบปริมาณความชื้นในทรายแบบ ความโปร่งอากาศ ความแข็งแรงอัดของทราย ปริมาณดินเหนียวในทรายและทดสอบความละเอียดของทราย เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เข้าใจถึงขั้นตอนและกรรมวิธีการทำแบบหล่อทรายขึ้น และเพื่อให้ผู้ศึกษาสามารถนำเอาความรู้ที่เรียนมาในภาคทฤษฎีมาใช้ให้เกิดผล ในทางปฏิบัติก่อให้เกิดทักษะ ความเข้าใจ และสามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้เพื่อประกอบอาชีพการงานในโอกาสต่อ ๆ ไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ทศพล ตรีรุจิราภาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในขั้นตอนการดำเนินโครงงาน การวิเคราะห์ผล และการเขียนปริญญานิพนธ์ ทำให้ผู้จัดทำสามารถทำโครงงานจนสำเร็จลุล่วงได้ในที่สุด ตลอดจนสละเวลาให้คำแนะนำทั้งทางด้านทฤษฎี ภาคปฏิบัติ ผู้จัดทำรู้ซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์ อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์ และอาจารย์ธณิ-กานต์ ธงชัย ที่กรุณาสละเวลาเป็นอาจารย์สอบโครงงานพร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขโครงงานนี้

ขอขอบคุณครูช่างธวัชชัย ชุลบุตร ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง ครูช่างประเทือง โมรารายและนักวิทยาศาสตร์อิสรีย์ วัตถุภาพ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้วิชาความรู้ ให้สบการณ์ และอบรมสั่งสอนให้เป็นคนดีของสังคม

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เบื้องหลังในหลังความสำเร็จที่กรุณาให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และให้กำลังใจตลอดมา

หากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ ขอมอบความดีให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายพิยะพงษ์ คำอ่อน
มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 1

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 1

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 2

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart) 3

บทที่ 2 หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น 3

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทรายทำแบบหล่อ 3

2.2 ชนิดของทรายหล่อ 3

2.3 สมบัติของทรายที่ใช้ทำแบบหล่อ 7

2.4 การผสม การเก็บและการนำกลับมาใช้ใหม่ 11

2.5 การทดสอบทรายที่ใช้ทำแบบ 14

2.6 ตัวประสาน 16

2.7 การทำแบบหล่อทรายชื้น (Green sand molding) 18

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	วิธีดำเนินโครงงาน	28
	3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของชุดทดสอบทราย	29
	3.2 วิธีการทดลอง การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์	29
บทที่ 4	ผลการทดลอง และการวิเคราะห์	41
	4.1 ผลการความโปร่งอากาศ (Permeability Test)	41
	4.2 ผลการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)	43
	4.3 การทดสอบปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay content test)	44
	4.4 ผลการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)	46
บทที่ 5	บทสรุป และข้อเสนอแนะ	47
	5.1 สรุปผลการทดลอง	47
	5.2 ข้อเสนอแนะ และการพัฒนา	48
เอกสารอ้างอิง		49
ภาคผนวก ก		51
ภาคผนวก ข		54
ภาคผนวก ค		60
ภาคผนวก ง		64
ภาคผนวก จ		71
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ		75

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)..... 3

2.1 ชนิดของทรายหล่อธรรมชาติแบ่งตามปริมาณดินเหนียว (เปอร์เซนต์)..... 4

2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของทรายโครไมด์ (เปอร์เซนต์)..... 5

2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของทรายเซอร์คอน (เปอร์เซนต์)..... 5

2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของทรายโอวิลิน (เปอร์เซนต์)..... 5

2.5 อุณหภูมิเทสำหรับการหล่อโลหะต่าง ๆ..... 9

2.6 ลักษณะของทรายทำแบบ..... 12

2.7 ขนาดของรูตะแกรง..... 17

3.1 แสดงขนาดรูเปิดของตะแกรงตาม Mesh number..... 38

4.1 ผลการความโปร่งอากาศ (Permeability Test)..... 40

4.2 ผลการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)..... 41

4.3 ผลการทดสอบปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay content test)..... 42

4.4 ผลการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)..... 44

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การขยายตัวเพราะความร้อนของทราย ณ อุณหภูมิต่างๆกัน	9
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรง และปริมาณความร้อนที่เพิ่มมากขึ้น	9
2.3	ผลของความชื้นและส่วนผสมของดินเหนียวที่มีผลต่อทราย	10
2.4	แผนภูมิต่อเนื่องของการปรับคุณภาพทราย	14
2.5	ขนาดของเม็ดทราย	15
2.6	การทำแบบหล่อทรายด้วยเครื่องจักร	20
2.7	อุปกรณ์การทำแบบทรายหล่อด้วยมือ	21
2.8	การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ	22
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	28
3.2	ชุดอุปกรณ์ทดสอบความโปร่งอากาศ	29
3.3	การเตรียมตัวอย่างชิ้นงานทดสอบความโปร่งอากาศ	30
3.4	เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ	32
3.5	ลักษณะการทำงานเครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ	32
3.6	ดินเบนโตไนท์	33
3.7	ทรายแก้ว	33
3.8	Methylene blue 0.1 %	33
3.9	Sodium Pyrophosphate	34
3.10	ผงซิลิคอนคาร์ไบด์	34
3.11	เครื่องมือตรวจสอบปริมาณ Active clay; Methylene blue testing	35
3.12	ปริมาณ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo	36
3.13	Calibration curve	37
3.14	เครื่องมือทดสอบขนาดอนุภาคของทราย	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ก.1	แสดงปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo โดยเบนโทไนท์ที่ 5 %	52
ก.2	แสดงปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo โดยเบนโทไนท์ที่ 8 %	54
ก.3	แสดงปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo โดยเบนโทไนท์ที่ 10 %	56
ก.4	แสดงปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo ในทรายแบบตัวอย่าง	58

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

แบบหล่อนับว่าเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมหล่อโลหะ ซึ่งแบบหล่อสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายประเภทเช่น แบบหล่อทราย แบบหล่อเซรามิกส์และหล่อแบบฉีดหรือไดคาสท์ แบบหล่อทรายเป็นแบบหล่อหนึ่งที่นิยมใช้แบบหนึ่งตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากใช้ต้นทุนการผลิตทรายหล่อต่ำและง่ายต่อการบำรุงรักษา โดยทั่วไปแล้วทรายที่นำมาใช้ทำแบบหล่อเป็นทรายซิลิก้า (SiO_2) ผสมกับตัวประสานที่เหมาะสมเพื่อให้ทรายสามารถยึดเกาะกันได้ดี ทำให้ได้แบบหล่อที่แข็งแรง ซึ่งการผลิตชิ้นงานหล่อที่ดีนั้นควรเริ่มต้นตั้งแต่แบบหล่อที่ดี ในกรณีของแบบหล่อทราย ทรายที่นำมาใช้ทำแบบหล่อควรเป็นทรายที่มีสมบัติเหมาะสมกับการทำเป็นแบบหล่อ

ดังนั้นในการจัดทำคู่มือและขั้นตอนการทดลองของชุดทดสอบทรายสำหรับเป็นแนวทางในการปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จำเป็นต้องศึกษาตั้งแต่ต้น คือ ต้องศึกษาสมบัติของทรายหล่อ กรรมวิธีทำทรายหล่อ และการทดสอบของชุดทดสอบทรายก่อนเป็นอันดับแรก เนื่องจากกระบวนการเหล่านี้มีการใช้ในงานอุตสาหกรรมมาก ดังนั้นการจัดทำคู่มือและขั้นตอนการทดลองของชุดสอบทรายนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาวิธีการขั้นตอนการทดสอบสมบัติของทรายแบบก่อนนำไปใช้งานและจัดทำคู่มือของวิธีการความโปร่งอากาศ ความแข็งแรงอัดของทราย ปริมาณดินเหนียวในทรายและทดสอบความละเอียดของทราย เป็นต้น

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

การจัดเตรียมคู่มือที่ใช้ในการทดสอบสมบัติของทรายแบบกการทดสอบความโปร่งอากาศ ความแข็งแรงอัดของทราย ปริมาณดินเหนียวในทรายและทดสอบความละเอียดของทราย

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

คู่มือปฏิบัติการชุดทดสอบทรายและผลการทดสอบสมบัติของทรายแบบโดยการตรวจสอบความโปร่งอากาศ ความแข็งแรงอัดของทราย ปริมาณดินเหนียวในทรายและทดสอบความละเอียดของทราย

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์สำหรับทำทรายแบบ

1.5.2 จัดทำคู่มือและการทดสอบความโปร่งอากาศ (Permeability Test)

1.5.3 จัดทำคู่มือและการทดสอบความแข็งแรงอัดของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

1.5.4 จัดทำคู่มือและการทดสอบหาปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay Content Test)

1.5.5 จัดทำคู่มือและการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

กรกฎาคม 2555 – กุมภาพันธ์ 2556

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงการ

ลำดับ	การดำเนินงาน	ก.ค. 2555	ส.ค. 2555	ก.ย. 2555	ต.ค. 2555	พ.ย. 2555	ธ.ค. 2555	ม.ค. 2556	ก.พ. 2556
1.8.1	ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับชุดทดสอบทรายและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง	←	→						
1.8.2	จัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	←	—	—	→				
1.8.3	ทำการทดสอบทรายด้วยชุดทดสอบทรายแบบต่าง ๆ					←	—	→	
1.8.4	ทำการวิเคราะห์ข้อมูล และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมบัติของทรายแบบ						←	—	→
1.8.5	สรุปผลการดำเนินงาน							←	— →
1.8.6	จัดทำรูปเล่นโครงงาน								← →

บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทรายทำแบบหล่อ

แบบหล่อทรายนับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญ ในการหล่อโลหะซึ่งส่วนใหญ่แล้วแบบหล่อมักทำมาจากทราย การทำให้ได้งานหล่อที่ดีนั้นจะต้องมีการใช้ทรายที่ดีและมีคุณภาพมาทำเป็นแบบหล่อ โดยทั่วไปแล้วใช้ทรายซิลิก้าเป็นส่วนใหญ่และใช้ดินเหนียวมาผสมเพื่อ ทำให้เกิดความแข็งแรง และความเหนียวของดินเหนียวจากธรรมชาติจะทำให้แบบหล่อ จับตัวกันดี ทรายและดินเหนียวจากธรรมชาติเกิดจากการสลายตัวทางเคมีและทางฟิสิกส์ จากลมและจากลำธารที่มากระทำกับหินชนิดต่าง ๆ โดยดินเหนียวในทรายเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหิน เนื่องจากกระแสน้ำใต้ดินกัดเสาะเพื่อให้ทรายจับตัวเป็นแบบหล่อ โดยทรายเช่นนี้เรียกว่า ทรายใช้ประสานธรรมชาติ แต่เมื่อผู้ผลิตต้องการแบบหล่อที่มีคุณภาพและมีสมบัติที่ดีเพื่อผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพดีจึงมีการนำทรายมาปรับปรุงส่วนผสมใหม่โดยใช้ดินหรือสารอื่นเติม (เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่1, 2534) ด้วยเหตุนี้เองทรายซิลิก้าที่ปราศจากดินจะนำมาใช้เป็นวัสดุหลักทดแทนทรายจากธรรมชาติ ส่วนประกอบของทรายหล่อที่สำคัญแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ทรายกับตัวประสาน (Binder) ทั้งทรายและตัวประสานที่ใช้กันอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมหล่อโลหะมีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่จะหล่อนั้น

2.2 ชนิดของทรายหล่อ

ทรายหล่อโดยทั่วไปมีส่วนผสมดังนี้

ทราย + ตัวประสาน + น้ำ + สารเติมพิเศษ

(Sand + Binder + Water + Additives)

ทรายหล่อที่มีตัวประสานผสมอยู่แล้วในธรรมชาติได้แก่ ทรายธรรมชาติ (Natural moulding sand) ที่ขุดมาแล้วแยกเอารากไม้ ใบไม้ออกแล้วเติมน้ำลงไปก็สามารถนำไปทำเป็นแบบหล่อได้ แต่ถ้าทรายมีตัวประสานอยู่น้อยหรือไม่มีเลย เวลานำมาใช้ต้องเติมตัวประสานลงไปผสม ตัวประสานที่เติมลงไปมีหลายชนิดแล้วแต่ความเหมาะสม บางทีอาจเติมสารพิเศษลงไปเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการ เช่น เติมผงขี้เลื่อยลงไปเพื่อให้ร่วนตัวดีเมื่อชิ้นงานแข็งตัวแล้ว เป็นต้น ทรายหล่อที่เกิดจากการนำเอาทรายผสมกับตัวประสาน น้ำและสารเติมพิเศษลงไปนี้เรียกว่า ทรายสังเคราะห์หรือทรายวิทยาศาสตร์ (Synthetic moulding sand)

2.2.1 ทรายหล่อธรรมชาติ (Natural moulding sand)

ทรายหล่อธรรมชาติมีอยู่ตามธรรมชาติ ประกอบด้วยทรายซิลิก้าและดินเหนียว ซึ่งดินเหนียวนี้เป็นพวกอะลูมิเนียมซิลิเกต (Aluminium silicate) การเกิดทรายซิลิก้าและดินเหนียวเป็นไปโดยกระบวนการทางธรรมชาติเรียกว่า Weathering ทรายซิลิก้าที่มีอยู่ในทรายหล่อธรรมชาตินั้น มีฤทธิ์เป็นกรด มีสัญลักษณ์ทางเคมีคือ SiO_2 โดยทรายหล่อธรรมชาติมักมีความบริสุทธิ์น้อย แต่ถ้ามีความบริสุทธิ์มากทรายจะมีสีขาวมาก ซึ่งจะมีจุดหลอมเหลว 1,710 องศาเซลเซียส

ทรายหล่อธรรมชาติโดยทั่วไปแล้วมักจะนำมาใช้ได้เลย โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือเติมสารอื่นลงไปอีก แต่เมื่อใช้นานเข้าอาจเติมดินเหนียวลงไปชดเชยส่วนที่สูญหายไป ทรายหล่อธรรมชาติสามารถแบ่งได้ตามปริมาณดินเหนียวได้ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของทรายหล่อธรรมชาติแบ่งตามปริมาณดินเหนียว (%)

ชนิด	ปริมาณดินเหนียว (%)
ทรายควอร์ช	0.5
ทรายที่มีดินเหนียวน้อย	8
ทรายที่มีดินเหนียวปานกลาง	8 – 18
ทรายที่มีดินเหนียวมาก	>18

ที่มา : เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่1 (2534)

2.2.2 ทรายหล่อวิทยาศาสตร์ (Synthetic moulding sand)

ทรายวิทยาศาสตร์เป็นทรายพวกซิลิก้า, ทรายเซอร์คอน, ทรายโอลีวีน และทรายโครไมค์ ผสมกับตัวประสาน (Binder), น้ำ และสารเติมพิเศษ แบ่งได้ตามชนิดของตัวประสาน ที่นิยมใช้คือ เบนโทไนท์ (Bentonite) ซึ่งมีดังต่อไปนี้ (เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่1, 2534)

2.2.2.1 ทรายแก้ว (Silica Sand)

เป็นทรายที่พบตามแหล่งต่าง ๆ ตามธรรมชาติมีส่วนผสมที่สำคัญคือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ลักษณะของทรายจะมีสีขาว มีความละเอียดประมาณ 50–100 เมช ทรายแก้วมีสมบัติที่ไม่ดี คือ จะมีการขยายตัวมากในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 500–600 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่ทรายแก้วจะเปลี่ยนสถานะในช่วงอุณหภูมินั้นและจะมีอัตราการขยายตัวสูง ซึ่งเป็นอันตรายต่อแบบหล่อถ้าไม่ลดการขยายตัวของทรายอาจจะทำให้แบบหล่อพังบริเวณผิวแบบส่วนที่ได้รับความร้อน ทรายซิลิก้ามักใช้เป็นส่วนผสมสำหรับทรายสังเคราะห์, เชลล์โมลด์, ซีเมนต์โมลด์, ทรายซีโอทู และแบบหล่อทรายที่ไม่ต้องการอบ

2.2.2.2 ทรายโครไมต์ (Chromite sand)

เป็นทรายที่มีสีดำ มีความถ่วงจำเพาะ 4.3-4.6 ความแข็งแรง 5.5-7 มอร์สเกล อัตราการขยายตัว 0.005 (นิ้ว/นิ้ว) อัตราถ่ายเทความร้อนค่อนข้างสูง จุดหลอมเหลวต่ำ ส่วนผสมทางเคมีของทรายโครไมต์ แสดงในตารางที่ 2.2 ทรายโครไมต์มีทั้งที่พบตามธรรมชาติและที่ได้มาจากแสลกของการถลุง เฟอร์โรโครเมียม พวกที่พบตามแหล่งธรรมชาติส่วนมากมักจะมีเหล็กปะปนอยู่มาก ทำให้จุดหลอมเหลวต่ำ และมักอยู่ในลักษณะที่เป็นสายแร่ไม่ใช่ที่เป็นเม็ดทราย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมาย่อย ล้างทำความสะอาด และคัดขนาดด้วยตะแกรง เพื่อให้ได้ขนาดเม็ดทรายที่พอเหมาะสำหรับใช้ในงานหล่อ (เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่1, 2534)

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของทรายโครไมต์ (%)

Cr_2O_3	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	MgO	CaO	MnO	V_2O_5	TiO_2
45.3	25.1	24.7	1.6	10.1	0.13	0.26	0.37	0.61

ที่มา : เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 1 (2534)

2.2.2.3 ทรายเซอร์คอน (Zircon sand)

เป็นทรายที่มีสีขาวจนถึงสีน้ำตาล มีสภาพเป็นกรด และมีความถ่วงจำเพาะ 4.4 – 4.7 ความแข็งแรง 7-7.5 มอร์สเกล อัตราการขยายตัวของเม็ดทรายเท่ากับ 0.003 ทรายเซอร์คอน อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงและจุดหลอมเหลวสูงอยู่ในช่วง 2,030-2,200 องศาเซลเซียล มักพบตามแหล่งธรรมชาติปะปนอยู่กับแร่ต่าง ๆ โดยเฉพาะแร่ดีบุก ในประเทศไทยจะมีเซอร์คอนในสภาพที่มาจากแร่ดีบุกจึงมีขนาดเม็ดเล็กละเอียดและ มีราคาค่อนข้างแพงจึงทำให้ไม่เป็นที่นิยมใช้ทรายเซอร์คอนกันมากนัก ซึ่งทรายเซอร์คอนที่พบตามแหล่งต่าง ๆ จะมีส่วนประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของเคมีของทรายเซอร์คอน (%)

Z_2O_3	Tio_2	Sio_2	Fe_2O_2	Al_2O_3	P_2O_3	Cr_2O_3
65.8	0.26	33.6	0.05	0.25	0.01	0.001

ที่มา : เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 1 (2534)

2.2.2.4 ทรายโอลิวิน (Olivine Sand)

เป็นทรายที่มีสีเขียวปนเทา มีสภาพเป็นด่าง มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.2-3.6 ความแข็งแรง 6.5-7 มอร์สเกล อัตราการขยายตัวของเม็ดทรายเท่ากับ 0.83 และอัตราการถ่ายเทความร้อนค่อนข้างต่ำ โดยอุณหภูมิหลอมเหลวอยู่ในช่วง 1,538-1,760 องศาเซลเซียส ทรายโอลิวินเป็นทรายตามแหล่งธรรมชาติที่พบมากในประเทศนอร์เวย์ โดยทรายโอลิวินที่พบนั้นจะมี

ส่วนประกอบส่วนทางเคมี ดังแสดงในตาราง 2.4 ซึ่งในประเทศไทยไม่พบว่าโรงงานใดใช้ทรายชนิดนี้ เพราะมีราคาแพงนั่นเอง (เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่1, 2534)

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของทรายโอวิลิน (%)

MgO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
46.00	43.08	8.93	1.02

ที่มา : เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น,พิมพ์ครั้งที่1 (2534)

2.2.2.5 ทรายอะลูมิเนียมซิลิเกต (Aluminum silicate) หรือที่เรียกกันว่า ซิลิมาไนท์ (Silimanite)

เป็นทรายที่มีสีน้ำตาลอ่อน มีความถ่วงจำเพาะ 3.5 และอัตราการขยายตัวของเม็ดทรายเท่ากับ 0.007 โดยสูงกว่าทรายโครไมด์ อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงอุณหภูมิจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 1,849 องศาเซลเซียส เป็นทรายที่พบตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอเมริกา แต่ในประเทศไทยไม่พบทรายชนิดนี้ลักษณะของเม็ดทรายทุกชนิดที่พบมีทั้งชนิดเม็ดกลมและชนิดที่มีมุมแหลม (Angular) ส่วนมากที่พบตามแหล่งธรรมชาติจะเป็นชนิดที่ปนทั้งส่วนที่กลมและส่วนที่มีมุมแหลม โดยทรายที่ดีนั้นจะต้องมีแรงยึดที่ดีและมีอัตราลมผ่านที่ดี แต่ถ้านำมาผสมกับตัวประสานที่เป็นดิน จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าทรายที่เป็นเหลี่ยม ทรายชนิดนี้จะมีความแข็งแรงเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน ส่วนทรายเหลี่ยมที่ใช้ทำเป็นแบบจะกระทุ้งแบบได้ยาก ถ้านำมาเปรียบเทียบกับทรายชนิดกลมแต่ความแข็งแรงของแบบหล่อน้อยกว่าเนื่องจากความแข็งแรงน้อยกว่า ถ้าได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน

ลักษณะขนาดของเม็ดทรายจะมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงต่อสมบัติความพรุนหรือความโปร่งอากาศ (Permeability) ของทรายที่ใช้ทำแบบหล่อ ที่จะยอมให้อากาศหรือก๊าซผ่านเม็ดทรายออกไปได้อย่างสะดวก โดยทั่วไปถ้าทรายมีขนาดเม็ดโตและสม่ำเสมอจะมีคุณสมบัติความโปร่งอากาศสูง และคุณสมบัตินี้จะลดลงตามลำดับ เมื่อเม็ดทรายมีขนาดที่ปนกันทั้งเล็กและใหญ่ สมบัติความโปร่งจะลดลงอีก

2.2.2.6 ทรายซีโอทู (CO_2 sand)

ทรายชนิดนี้เมื่อนำมาทำแบบหล่อจะใช้โซเดียมซิลิเกตหรือน้ำแก้วประมาณ 4-6% ผสมกับทรายซิลิก้า ซึ่งจะทำให้แข็งตัวทันทีเมื่อผ่านแก๊ส CO_2 ลงไปซึ่งอัตราส่วนของน้ำแก้ว (Na_2SiO_3) ปกติแล้วจะเท่ากับ 2:3 และจะต้องรักษาให้มีอัตราส่วนเป็น 2:5 ในฤดูหนาว และ 2:1 ในฤดูร้อน ข้อดี ของการทำแบบทรายหล่อจากทรายซีโอทูนี้ก็คือ แข็งตัวเองโดยไม่ต้องใช้เตาอบ สามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย ราคาถูก ดูดความชื้นได้ง่าย การทำลายแบบไม่ดีนัก (Collapsibility) ซึ่งสามารถแก้ไขได้ โดยลดปริมาณการใช้น้ำแก้วหรืออาจใช้น้ำแก้วที่มี mold ratio สูงหรือการเติมสารเพื่อช่วย collapsibility ซึ่งได้แก่ ผงถ่าน 1-2 % ผงขี้เลื่อย MgO หรือเซลลูโลสลงไป

การผสมนำส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นโซเดียมซิลิเกต ใส่ลงในเครื่องผสมใช้เวลาผสม 1 นาที แล้วค่อยเติมโซเดียมซิลิเกต ลงไปแล้วผสมต่ออีก 1-2 นาที เมื่อทำการผสมเสร็จแล้วจึงค่อยนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส จะทำให้ทรายที่ผสมแล้วแห้งสนิทและมีความแข็งแรงสูงมาก เป็นวิธีป้องกันทรายที่ผสมแล้วสัมผัสกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศโดยตรง เวลาที่ทำแบบแล้วจึงใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พ่นเข้าไปในรูที่ทำไว้แล้ว โดยเว้นไว้ 3-5 นิ้ว เวลาที่ใช้ในการฉีดพ่นประมาณ 3-5 นาที ทรายซีโอทูนี้เมื่อทำเสร็จแล้วควรนำไปใช้งานทันที เพราะถ้าปล่อยไว้นาน ๆ แบบทรายที่ทำไว้จะดูดความชื้นเอาไว้ ทำให้เมื่อทำการเทน้ำโลหะจะเกิดก๊าซขึ้นเป็นจำนวนมาก เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในชิ้นงาน ทรายซีโอทูมีข้อเสียอีกประการหนึ่งคือไม่สามารถนำทรายที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง (เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่1, 2534)

2.3 สมบัติของทรายที่ใช้ทำแบบหล่อ

2.3.1 ความชื้นของทรายทำแบบ

สมบัติของทรายต่าง ๆ ที่มีดินเหนียวหรือเบนโทไนท์เป็นตัวประสานเปลี่ยนไปตามปริมาณความชื้นในทราย ดังนั้นการควบคุมปริมาณความชื้นจึงเป็นเรื่องสำคัญในการควบคุมสมบัติของทรายทำแบบหล่อ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและสมบัติต่าง ๆ ของทรายผสมดินเหนียว ถ้าเพิ่มปริมาณความชื้น ความแข็งแรงก็จะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนถึงจุดสูงสุดเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นความแข็งแรงจะลดลงถ้าไม่เปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นแต่เพิ่มดินเหนียวจะพบว่าสมบัติเช่นนี้สภาพที่แข็งแรงและการปล่อยซึมสูงสุด (บรรเลง และประเสิรฐ์, 2544)

คือสภาพที่มีเม็ดทรายผสมดินเหนียวผสมน้ำหุ้มอยู่ด้วยความหนาระดับหนึ่ง ถ้ามีความชื้นมากเกินไป ความแข็งแรงและการปล่อยซึมจะน้อยลง เพราะว่าดินเหนียวมีความชื้นมากเกินไปจะขยายเข้าไปอยู่ในเม็ดทราย ทำให้การปล่อยซึมลดลงปริมาณความชื้นทำให้เกิดความแข็งแรงสูงสุดและที่ทำให้เกิดการปล่อยซึมสูงสุดโดยทั่วไปมักไม่ตรงกัน

2.3.2 สมบัติที่เปลี่ยนเฉพาะอากาศ (Air-Set Properties)

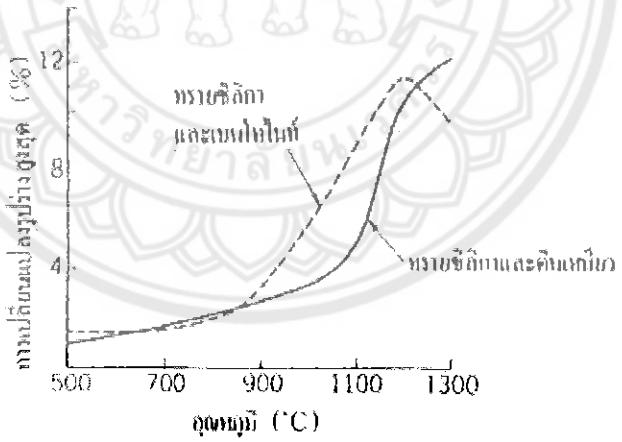
สมบัติของแบบหล่อที่เปลี่ยนไประหว่างหลังจากที่ทำแบบหล่อเสร็จเมื่อเทน้ำโลหะเรียกว่าคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปเฉพาะอากาศ โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงเกิดเพราะการเคลื่อนที่ของความชื้นในแบบหล่อและการระเหยของความชื้นจากผิวแบบหล่อ การระเหยทำให้งานหล่อมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งความแข็งแรงจะมากเพียงใดจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของทรายและการกระทุ้ง และสภาพรอบๆ แบบหล่อ (อุณหภูมิของอากาศความชื้น) การที่ความชื้นระเหยออกไปทำให้ผิวงานหล่อทรายที่มีเบนโทไนท์เป็นตัวประสานที่มีอากาศปะปนอาจทำให้ชิ้นงานเกิดรูพรุนได้ ดังนั้นจะต้องควบคุมอัตราการระเหยความชื้น (บรรเลง และประเสิรฐ์, 2544)

2.3.3 สมบัติเมื่อแห้ง (Dry Properties)

ทรายที่มีดินเหนียวเป็นตัวประสานที่แห้งแล้ว จะมีการปล่อยซึมและความแข็งแรงสูงกว่าเมื่อยังเปียกเพราะความชื้นที่เกิด เกินระดับที่ทำให้ความแข็งแรงเมื่อเปียกสูงสุด และความชื้นที่ติดกับผิวของดินเหนียวจะหมดไป ปริมาณความชื้นในแบบหล่อที่ทำให้เกิดผลต่อคุณสมบัติเมื่อแห้งเป็นอย่างมาก ความแข็งแรงของการอัดเมื่อแห้งของทรายที่มีดินเหนียวเป็นตัวประสานที่มีส่วนผสมที่เกี่ยวกับการเกิดจุดเสียประมาณรอยแหว่งในขณะที่เทความแข็งแรงที่อัดต่ำจะเกิดรอยแหว่ง แต่ถ้าความแข็งแรงทางการอัดมากเกินไปก็จะทำให้แกะแบบยาก

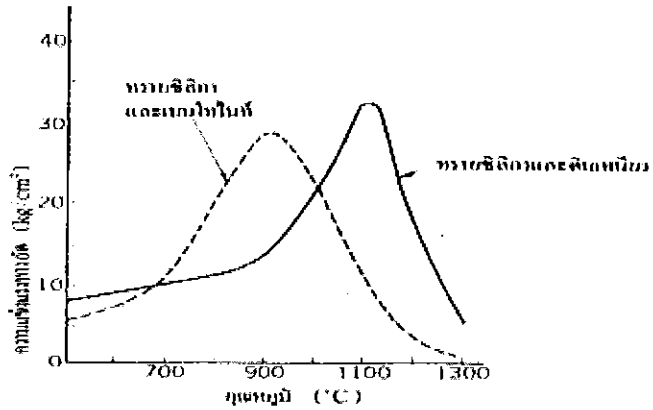
2.3.4 สมบัติที่อุณหภูมิสูง (Hot Properties)

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถ้าเป็นทรายที่เม็ดละเอียดจะกินเวลาในการขึ้นถึงปริมาณสูงสุดมากกว่าทรายเม็ดหยาบการขยายตัวเนื่องจากความร้อนจะเปลี่ยนไปตามชนิดของทรายหล่อว่าเป็นแบบใดโดยทรายทะเลและทรายแบบหล่อที่การขยายตัวอย่างรวดเร็วเป็นขั้นตอนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนแรก และการขยายช้าในขั้นตอนต่อไปจนถึงจุดสูงสุดเมื่อทรายได้รับปริมาณความร้อนเกินความจำเป็นปริมาตรสูงสุดนี้จะใหญ่ขึ้นภูเขามีการขยายตัวน้อยกว่าทรายซิลิก้า และทรายไวโอวินและทรายเซอร์คอนขยายตัวเนื่องจากความร้อนน้อยลงมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2



รูปที่ 2.1 การขยายตัวเพราะความร้อนของทราย ณ อุณหภูมิต่างๆกันการขยายตัวเนื่องจากความร้อนเพิ่มขึ้น

ที่มา : บรรเลง และประเสริฐ์ (2544)



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรง และปริมาณความร้อนที่เพิ่มมากขึ้น

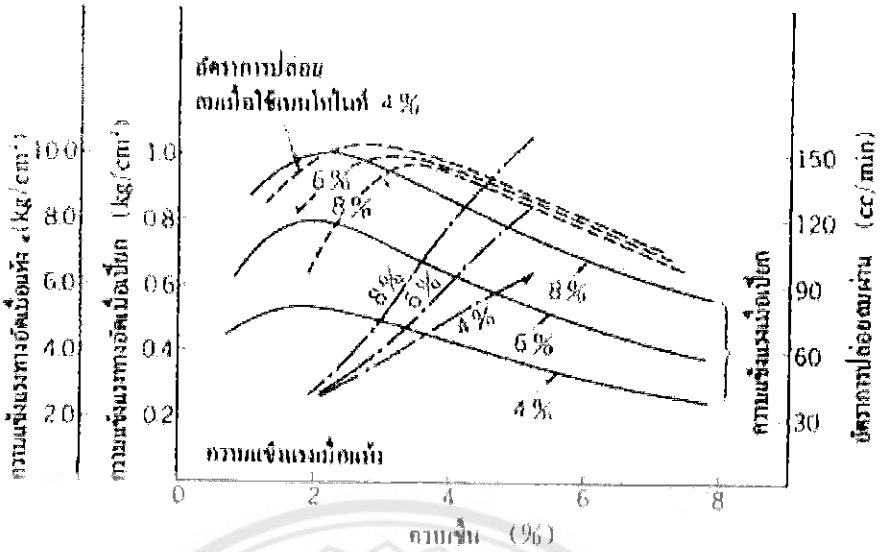
ที่มา : บรรเลง และประเสิรฐ์ (2544)

ตารางที่ 2.5 อุณหภูมิเทสำหรับการหล่อโลหะต่างๆ

ชนิดของโละที่หล่อ	อุณหภูมิเท (°c)
โลหะผสมเบา	650 ~ 750
บรอนซ์	1100 ~ 1250
ทองเหลือง	950 ~ 1100
เหล็กหล่อ	1250 ~ 1450
เหล็กเหนียวหล่อ	1500 ~ 1550

ที่มา : หริส (2533)

ความแข็งแรงและการปล่อยซึมของทรายที่มีเบนโทไนท์เป็นตัวประสานเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้นความแข็งแรงของการปล่อยซึมจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดและถ้าเพิ่มต่อไปอีกคุณสมบัติดังกล่าวจะกลับลดลง สำหรับทรายที่มีเบนโทไนท์เป็นตัวประสานปริมาณความชื้นที่ทำให้แข็งแรงขณะเปียกสูงสุดและทำให้การปล่อยซึมสูงสุดจะใกล้กันมาก



รูปที่ 2.3 ผลของความชื้นและส่วนผสมดินเหนียวที่มีต่อทรายที่ใช้ดินเหนียวเป็นตัวยึด

ที่มา : บรรเลง และประเสริฐ์ (2544)

แบบหล่อที่จะทนความดันที่เกิดจากการไหลของน้ำโลหะได้ ความแข็งแรงของแบบหล่อต้องขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่จะทำและมีค่าเปลี่ยนแปลงประมาณ 30 kg/cm^2 เป็นอย่างสูงสำหรับเหล็กหล่อและเหล็กหล่อเหนียวควรจะมีค่าสูงกว่านี้เล็กน้อย ถ้าเป็นชิ้นงานหล่อขนาดใหญ่หรือเป็นแบบหล่อที่ทำด้วยทรายแห้งความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูงขึ้นกับชนิดของทรายหล่อและขึ้นอยู่กับปริมาณดินเหนียว ลักษณะการกระจายของเม็ดทรายและความหนาแน่นตามปรากฏ (Apparent Density) ดังแสดงในรูป 2.3 ถ้าปริมาณดินเหนียวไม่เปลี่ยนความแข็งแรงในการประสานระหว่างทรายและดินเหนียวจะเพิ่มขึ้นถ้าขนาดของเม็ดทรายลดลง และความแข็งแรงของทรายที่มีขนาดเม็ดทรายอยู่ในลักษณะการกระจายจะสูงกว่าทรายที่มีขนาดเท่ากันทรายที่มีขนาดเม็ดที่เท่ากันลักษณะการอัดตัวจะมีความหนาแน่นสูง มีเนื้อที่สัมผัสระหว่างเม็ดทรายสูงและมีความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง

2.3.5 สมบัติการคงรูป (Retained Properties)

สมบัติงานหล่อที่ต้องมีเมื่อแกะชิ้นงานออกจากแบบหล่อ หลังจากเทเรียกว่าสมบัติการคงรูปเพื่อความสะดวกสบายทรายที่ใช้ทำแบบหล่อต้องสลายตัวได้ง่าย หมายความว่าแบบหล่อส่วนใหญ่จะนำกลับมาใช้หลายหน ดังนั้นการเก็บรวบรวมทรายหลังจากการเก็บแบบต้องทำได้ง่ายและจะต้องมีการควบคุมความชื้นและส่วนผสมของตัวประสานอย่างเคร่งครัด จึงจะได้ทรายทำแบบหล่อที่มีคุณภาพและคุณสมบัติการคงรูปที่ดี (บรรเลง และประเสริฐ์, 2544) ถ้าทรายละลายตัวยากต้องแก้ไขด้วยการเติมผงถ่านหิน หรือแป้ง

2.3.6 สมบัติพิเศษอื่น ๆ ของทรายที่จะใช้ทำแบบหล่อ

แบบหล่อโดยทั่วไปได้จากทรายทำแบบ เพื่อใช้ในการผลิตชิ้นงานหล่อ ดังนั้นแบบหล่อจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก ชิ้นงานหล่อที่ดีทำจากแบบหล่อที่ดี โดยทรายที่ใช้ทำแบบหล่อที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

2.3.6.1 ทนต่ออุณหภูมิสูง

2.3.6.2 ก๊าซทุกชนิดที่เกิดขึ้นในขณะเทน้ำโลหะลงแบบ จะต้องมีอัตราการผ่านลมสูง

2.3.6.3 มีความแข็งแรงไม่แตกในขณะที่เทน้ำเหล็กลงไป

2.3.6.4 ขึ้นรูปได้ง่าย

2.3.6.5 ตักใส่แบบง่าย

2.3.6.6 นำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

2.3.6.7 ทุบแตกได้ง่าย หลังจากหล่อเสร็จแล้ว

2.3.6.8 ไม่ทำให้เกิดปัญหามลพิษ

2.4 การผสม การเก็บและการนำทรายกลับมาใช้ใหม่

การผสม หมายถึงการผสมทรายให้เข้ากับตัวประทรายหรือสารที่เติมลงไปอื่น ๆ จุดมุ่งหมายคือทำให้ทรายมีคุณสมบัติเป็นทรายทำแบบหล่อ โดยเคลื่อนทรายด้วยตัวประสานและทำให้สารที่เติมลงไปอื่น ๆ กระจายอยู่ทั่วไปในทรายเป็นการดีกว่า ถ้าผสมด้วยเครื่อง เป็นสิ่งที่สำคัญมากในการผสมทราย จนกระทั่งเวลาที่จะใช้และนำกลับมาใช้ใหม่อีก เพราะทรายเป็นทรัพยากรที่มีค่า

2.4.1 การผสมทรายทำแบบ

มีเครื่องผสมหลายประเภทในการผสมทราย เมื่อเลือกประเภทของเครื่องผสมทรายได้แล้ว ต้องทำการผสมทรายตามมาตรฐานของการผสมทราย (บรรเลง และประเสิรฐ์, 2544) ดังแสดงในตาราง 2.6

ตารางที่ 2.6 ลักษณะของทรายทำแบบ

หมายเลข	ทรายทำแบบ	การใช้งาน	น้ำ (%)	อัตราผ่านในขณะชื้น	ความแข็งแรงทางอัดขณะชื้น กก./ตร.ซม.	ความแข็งแรงทางอัดขณะแห้ง กก./ตร.ซม.
1	กรีนแซนด์	ชิ้นงานเล็กทำแบบหล่อด้วยมือ	6 - 7	75 - 85	0.7-1.2 (10-15 psi)	
2	กรีนแซนด์	ชิ้นงานเล็กทำแบบหล่อด้วยเครื่อง	4 - 5	70 - 80	0.7 – 1.2 (10-15 psi)	
3	กรีนแซนด์อบแห้งที่-อุณหภูมิต่ำ	ชิ้นงานขนาดกลางทำแบบหล่อด้วยมือ	4.5-6.0	80-120	0.7-1.2 (10-15 psi)	
4	แบบแห้งอบที่อุณหภูมิสูง	ชิ้นงานหล่อขนาดใหญ่	8-10	90-130	0.8-1.4 (10-15 psi)	
5	แบบแห้งอบที่อุณหภูมิต่ำ	ไส้แบบ	6-7	90-100		10-14

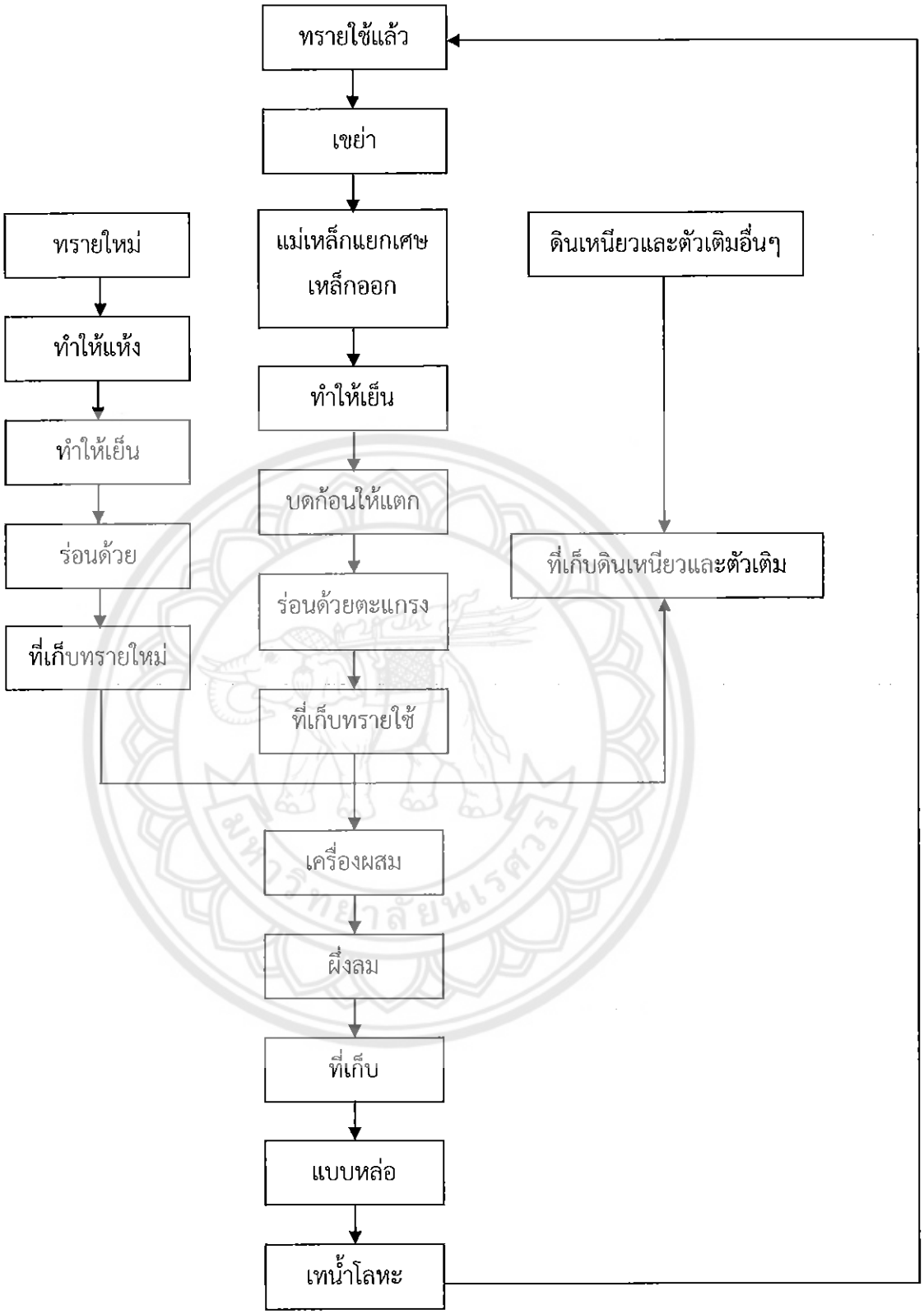
ที่มา : บรรเลง และประเสิรฐ์ (2544)

2.4.2 การเก็บทรายทำแบบ

ทรายทำแบบควรเก็บไว้โดยไม่ทำให้คุณภาพหลังจากการผสมสูญเสียไป ไม่ควรใช้ทรายที่เสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างเช่น ถ้าทรายผสมทำแบบผสมด้วยน้ำ ก็ควรเก็บมันไว้ในแหล่งที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำระเหยหรือใช้ทันทีหลังจากผสมเสร็จ สำหรับทรายที่เป็นเรซิน ของสารอินทรีย์ ควรใช้ทันทีหลังจากผสมเสร็จเพราะว่าจะเริ่มแข็งตัวทันทีหลังจากผสมเสร็จ เครื่องผสมทรายแบบต่อเนื่องเหมาะสมที่สุดสำหรับการผสมแบบนี้ เพราะว่าทางออกของทรายที่ผสมเสร็จแล้วอยู่บนแบบไม้และปล่อยทรายลงไปเพื่อทำแบบ (บรรเลง และประเสิรฐ์, 2544)

2.4.3 การปรับปรุงและการนำทรายกลับมาใช้ใหม่อีก

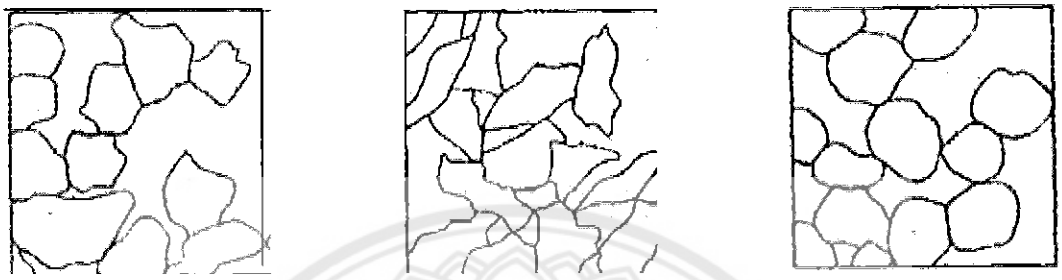
ทรายทำแบบหล่อจะสูญเสียสมบัติไป ถ้านำกลับมาใช้หลายๆ ครั้ง กรณีนี้ หมายถึงเม็ดทรายแตก การใช้ทรายเก่าเป็นจุดเสียในชิ้นงานหล่อ เช่น รูพรุนทรายยุบ หรือผิวหน้าทรายหลุดเพราะอัตราการผ่านลมและความแข็งแรงกดเสื่อมสภาพ ดังนั้นทรายนี้จึงควรจะปรับปรุงคุณภาพใหม่หลังจากที่กำจัดทรายเม็ดเล็กๆและสิ่งเจือปนออกไปแล้วก็เติมทรายใหม่และตัวประสาน ทรายผสมถูกทำแบบจะถูกปรับปรุงเงื่อนไขใหม่ซึ่งงานเหล่านี้จะทำโดยใช้เครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (บรรเลง และประเสิรฐ์, 2544)



รูปที่ 2.4 แผนภูมิต่อเนื่องของการปรับคุณภาพทราย
ที่มา : บรรเลง และประเสิรฐ์ (2544)

2.4.4 รูปร่างของเม็ดทราย

รูปร่างของเม็ดทรายเกิดขึ้นจากหินที่ถูกลมกัดกร่อนแตกออกมาและถูกลบคมจนมนโดยกระแสน้ำในน้ำ ส่วนใหญ่แล้วเม็ดทรายจะมีรูปร่างกลม แต่เนื่องจากมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันในการทำให้เกิดทราย ดังนั้นทรายจึงมีรูปร่างหลายอย่างในรูปที่ 2.5 แสดงถึงรูปร่างของทราย 3 ชนิดได้แก่ กลม กึ่งกลม และเป็นมุม (บรรเลง และประเสิรฐ์, 2544)



ก) กึ่งกลม ข) เหลี่ยม ค) กลม

รูปที่ 2.5 ขนาดของเม็ดทราย

ก) กึ่งกลม

ข) เหลี่ยม

ค) กลม

ที่มา : บรรเลง และประเสิรฐ์ (2544)

ทรายชนิดเม็ดกลมใช้เป็นทรายหล่อได้ดี เพราะใช้ตัวประสานน้อยก็ทำให้มีความแข็งแรงพอ นอกจากนั้นยังปล่อยอากาศให้ซึมผ่าน (Permeability) ได้ดีมากและทำให้น้ำโลหะไหลได้สะดวกด้วย ทรายเหลี่ยมไม่เหมาะที่จะใช้ทำทรายหล่อเพราะในการผสมทรายจะเกิดการหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำให้ความทนทานต่อความร้อนต่ำ อากาศซึมออกได้ยากและยังต้องใช้ตัวประสานมากอีกด้วย

ทรายหล่อมักประกอบไปด้วยเม็ดทรายหลายขนาด แต่ในบางกรณีก็ร่อนทรายจนได้เม็ดขนาดเท่า ๆ กันเสียจึงใช้ทำแบบหล่อ โดยทั่วไป 2/3 ของเม็ดทรายสำหรับทรายหล่อควรมีขนาดอยู่ในช่องตามขนาดของรูตะแกรงร่อน 3 ขนาดติด ๆ กัน ส่วนอีก 1/3 นั้นควรมีขนาดตามรูตะแกรงร่อนขนาดถัดไปจากขนาดทั้ง 3 แทนที่จะมีขนาดเม็ดเท่า ๆ กัน

2.5 การทดสอบทรายที่ใช้ทำแบบ

2.5.1 การวัดความชื้น

มักใช้วิธีต่อไปนี้ในการวัดความชื้นของทรายที่ใช้ทำแบบหล่อชั่ง น้ำหนักทรายให้ได้ 50 กรัม และนำเข้าไปทำให้แห้งในเตาโดยใช้อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหนึ่งหรือสองชั่วโมงปล่อยให้ทรายเย็นตัวลงถึงอุณหภูมิห้องในเครื่องทำอากาศแห้งแล้วชั่งอีกครั้งหนึ่งเพื่อหาว่าน้ำหนักลดลงเท่าใดแล้วคิดน้ำหนักที่ลดลงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเดิม เปอร์เซ็นต์ที่ได้หมายถึงปริมาณความชื้นอิสระ วิธีหนึ่งใช้เวลานานมากแต่ได้ผลที่เที่ยงตรงและต้องการผลที่เร็วก็มีวิธีทำให้โดยการเป่าด้วยลมร้อน ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที ก็จะหาปริมาณความชื้นได้

2.5.2 การวัดความปล่อยซึม (Permeability test)

จะต้องมีความช่องว่างระหว่างเม็ดทรายของแบบหล่อ เพื่อให้แก๊สจากแบบหล่อหรือจากน้ำโลหะซึมออกได้ในขณะทำการเท การวัดการปล่อยซึมเป็นการตรวจวัดว่าแกะออกได้สะดวกเพียงใด วิธีการวัดความปล่อยซึมที่นิยมใช้กันมากที่สุด เตรียมชิ้นงานทดสอบมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm โดยการกระทุ้งทรายโดยในภาชนะทรงกระบอกมาตรฐานสามครั้ง ใช้เครื่องกระทุ้งเสร็จแล้วใส่ชิ้นตรวจสอบในเครื่องวัดการปล่อยในการตรวจสอบจะต้องวัดความดันที่ต้องการใช้ในการที่อากาศ 2000 cm^3 จะไหลผ่านชิ้นงานการตรวจสอบ (บรรเลง และประเสิรฐ์, 2544)

2.5.3 การวัดหาค่าความแข็งแรง

เป็นการทดลองความแข็งแรงของผิวหน้าทรายปั้นแบบ โดยใช้เครื่องมือ Green Hardness tester กดลงบนผิวหน้าของชิ้นทดสอบอ่านค่า HARDNESS จากตัวเลขในหน้าปัดเครื่องมือนี้อ่านค่าได้หลายสเกลขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของที่ใช้กดลงบนผิวหน้าของชิ้นทดสอบ เช่น scale “B” scale “C” นอกจากนี้ยังมีสมบัติอื่น ๆ ที่สำคัญในการทำแบบหล่อทรายได้แก่ Green Strength, Wet Tensile, Hot compression strength โดยค่าต่าง ๆ เหล่านี้สามารถที่จะนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการแก้ปัญหาต่างๆ ความแข็งของแบบหล่อขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของตัวประสานและความชื้น ถ้าความแข็งแรงไม่เพียงพอ จะทำให้แบบหล่อแตกหักง่าย แต่ถ้าความแข็งแรงมากเกินไปชิ้นงานจะหดตัวไปได้อาจทำให้งานร้าวนอกจากนี้ยังทำให้แกะแบบง่าย

2.5.4 การวัดปริมาณดินเหนียว

ดินเหนียว หมายถึงดินก้อนเล็กๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่าซึ่งในทรายหล่อ วิธีการวัดปริมาณดินเหนียวมีดังนี้นำทรายหล่อเกิน เข้าเตาอบแห้งที่อุณหภูมิ ห้องตักส่วนหนึ่งของทรายนี้ชั่งให้ได้พอดีแล้วใส่ลงไปในสารละลายโซดาไฟที่มีความเข้มข้น นำทั้งหมดนี้เข้าไปใส่ในเครื่องแยกน้ำออกชนิดหมุน ดินเหนียวจะถูกแยกออกโดยการหมุนและการสั่น ตากเม็ดทรายที่เหลือให้แห้งแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงแล้วชั่ง ทรายที่เหลือนี้ในการหาลักษณะการกระจายของขนาดเม็ดทรายการผสมเป็น

ขั้นตอนสุดท้ายที่เห็นขั้นตอนในการกวนผสมเข้าด้วยกันถ้าทำการผสมไม่ดีทรายหล่อจะมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ ถ้าปริมาณดินเหนียวน้อยลง และขนาดการเกาะเป็นก้อนของเม็ดทรายจะลดน้อยลง นอกจากนี้ความแข็งแรงหลังจากที่ใช้ทำการหล่อแล้ว จะสูงและจะแกะแบบยาก

2.5.5 การหาความละเอียดของทราย

วิธีการหาความละเอียดของเม็ดทรายมีดังนี้ ใช้ทรายที่แห้งแล้วจากการวัดปริมาณดินเหนียว โดยกระจายทรายลงในตระแกรงอันบนจะมีตระแกรงซ้อนกันอยู่จากขนาดรูใหญ่มาถึงรูเล็กปิดตระแกรงไม่ให้ทรายหกแล้วสั่น 3-5 นาที โดยใช้เครื่องสั่นเสร็จแล้วชั่งทรายที่มีอยู่ในตะแกรงแต่ละอันแล้วหาเปอร์เซ็นต์ของทรายทั้งหมดนี้หมายถึง น้ำหนักเอนเหนียวบวกน้ำหนักทรายและมักใช้น้ำหนักทรายทั้งหมด (ณรงค์ศักดิ์, 2553)

การเขย่าตะแกรงแต่ละชั้นเราคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ตะแกรงที่มีเมช (mesh) น้อยรูจะโต-กว่า ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงขนาดของรูตะแกรง (Sn : ตัวคูณสำหรับคำนวณหาความละเอียดของเม็ดทราย)

ขนาดของรูตะแกรง	297	210	149	105	74	53	Tan
Sn	63	89	126	178	253	357	620
ขนาดของรูตะแกรง	3360	2380	1680	1199	840	590	420
Sn	5	8	11	16	22	32	45

ที่มา : ณรงค์ศักดิ์ (2553)

2.6 ตัวประสาน

ตัวประสานที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของทรายหล่อเพราะทรายเพียงอย่างเดียวไม่สามารถจะปั้นแบบหล่อได้ เนื่องจากขาดความแข็งแรง ตัวประสานที่ใช้กับทรายแบบ ส่วนตัวประสานที่ไปกับไส้แบบ จะกล่าวถึงเป็นอันดับต่อไป ตัวประสานที่ใช้กับทรายมีหลายชนิด (ณรงค์ศักดิ์, 2553) ดังนี้คือ

2.6.1 ดินเหนียว

ทรายแบบหล่อที่ใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสานทำให้เกิดความแข็งแรง จะใช้ดินเหนียวตั้งแต่ 2 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของแบบหล่อและชนิดของดินเหนียว โดยธรรมชาติดินเหนียวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยไฮเดรทซิลิเกตอลูมินาที่สำคัญแยกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

2.6.1.1 ดินเหนียว Koalinite หรือ ไซน่าเคลย์

เป็นดินสีขาวมีสูตรทางเคมีเป็นดินเหนียวที่มีคุณสมบัติทางด้านทนความร้อนสูง แต่ดินเหนียวจะมีน้อยในงานปั้มแบบหล่อใช้ดินเหนียวประเภทนี้น้อยมาก

2.6.1.2 ดินเหนียว Ball clay

มีลักษณะคล้ายไซน่าเคลย์แต่จะมีความละเอียดมากกว่าดินเหนียวประเภทแรก ใช้ผสมทรายแบบเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงในสภาพแห้ง และความแข็งแรงในสภาพพร้อม (ณรงค์ศักดิ์, 2553)

2.6.1.3 ดินเหนียว Bentonite clay

เป็นดินเหนียวที่ได้จากการสลายตัวของเถ้าถ่านภูเขาไฟ มีสูตรทางเคมีเป็นดินเหนียวที่ดูดซึมน้ำและขยายตัว (Swelling) ได้มากทำให้มีความเหนียวสูงมาก เหมาะสำหรับทรายผสมปั้นแบบ ดินเหนียวเบนโตไนท์มีสองประเภทคือ ประเภทที่มีโซเดียมเป็นส่วนประกอบ (Sodium base) และประเภทที่มีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ (Calcium base) ประเภทโซเดียมเบนโตไนท์เป็นประเภทที่มีความเหนียวมากกว่าประเภทหลัง เพราะให้สมบัติขยายตัวเมื่อผสมน้ำได้สูงกว่าประเภทแคลเซียม แหล่งที่พบดินเหนียวเบนโตไนท์ประเภทโซเดียมมีอยู่เพียงแห่งเดียว คือที่สหรัฐอเมริกา ซึ่งจะเรียกชื่อว่า Western หรือ Wyoming Bentoninte ส่วนประกอบแคลเซียมเบนโตไนท์มีแหล่งที่พบมากทั้งในยุโรปและอัฟริกา ในประเทศไทยก็ปรากฏพบแคลเซียมเบโตไนท์ที่ลพบุรี ทรายแบบหล่อที่ใช้ดินเหนียวโดยเฉพาะดินเหนียวประเภทเบนโตไนท์ จะมีชื่อเรียกว่า Green sand ซึ่งมีความหมายถึงทรายแบบที่มีน้ำหรือความชื้นอยู่ในทราย ดังนั้นทรายชนิด Green sand จึงหมายถึงทรายผสมดินเหนียวและผสมน้ำ น้ำเป็นส่วนช่วยให้ดินเหนียวเกิดแรงดึงดูดระหว่างดินเหนียวและเม็ดทราย Sand particle แต่ปริมาณของน้ำต้องอยู่ในขอบเขตที่พอเหมาะ คืออยู่ระหว่าง 4-8% จะเป็นปริมารที่ทำให้ดินเหนียวยึดเหนี่ยวกับทราย ทำให้เกิดความแข็งแรงดี ถ้าน้ำน้อยกว่า 4% จะทำให้ดินเหนียวผสมกับน้ำไม่ทั่วถึง แต่ถ้าผสมน้ำมากเกินกว่า 8% จะทำให้ทรายอ่อนตัวมากเกินไป สูญเสียความแข็งแรงและยังมีส่วนทำให้ทรายแบบมีความแน่นมากแก๊สและไอน้ำที่เกิดขึ้นในขณะสัมผัสกับโลหะหลอมตัวหนีออกภายนอกโดยผ่านเม็ดทรายได้ยากเป็นเหตุให้เสียคุณสมบัติทางด้านโปร่งอากาศแรงยึดเหนี่ยว Bonding action ของดินเหนียว แรงยึดเหนี่ยวของดินเหนียวที่เกิดขึ้นในการผสมกับทรายแบบหล่อทางทฤษฎี แรงเกาะดันโดยอาศัยอำนาจไฟฟ้าสถิต (Electrostatic bonding) เราพบว่าผงดินเหนียวกับเม็ดทราย เมื่อไม่มีน้ำผสมจะไม่มีแรงยึดเหนียวซึ่งกันและกัน แต่เมื่อผสมน้ำลงไปด้วยจะมีผลทำให้เกิดแรงเกาะกัน ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของน้ำ ซึ่งจะแตกตัวออกเป็นไอออนของไฮโดรเจน H^+ กับไฮดรอกซ์ซีลไอออน OH^+ ตามปฏิกิริยา

เนื่องจากอะตอมของดินเหนียวประกอบด้วยวาเลนซ์บอนที่ไม่สมบูรณ์ ที่บริเวณผิวของผลึกของดินเหนียว ส่วนไอออน OH จะอยู่ภายนอกรอบ ๆ ทำให้เกิดลักษณะที่เป็นขั้นซ้อนกันของไอออน Double diffuse layer particle ดินเหนียวแบบนี้ เรียกว่า มิเซลล์ (Micelles) สำหรับอนุภาคของเม็ดทรายเช่นเดียวกันจะมีลักษณะเป็น มิเซลล์ เกิดขึ้นรอบ ๆ ของเม็ดทราย และเมื่อมิเซลล์ของดินเหนียวมาอยู่ใกล้มิเซลล์ ของทรายทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างกันนี้ระหว่างมิเซลล์ของดินเหนียวด้วยกัน

2.6.1.4 ซีเมนต์ (Cement)

การใช้ซีเมนต์เป็นตัวประสานโดยการที่ใช้ให้ทรายเป็นแบบหล่อแข็งตัวขึ้นโดยการเกิด hydration ของซีเมนต์ที่ใช้ผสม แบบทรายที่ใช้ดินเป็นตัวประสานจะมีดินผสมอยู่ 15-20% ซึ่งจะใช้เวลาในการอบแห้งระหว่าง 350-400% หลายชั่วโมงในขณะที่ซีเมนต์มีการแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องจึงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าโดยปกติแล้วปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ผสมประมาณ 7% (ณรงค์ศักดิ์, 2553)

2.6.1.5 โซเดียมซิลิเกต หรือน้ำแก้ว (sodium silicate or glass)

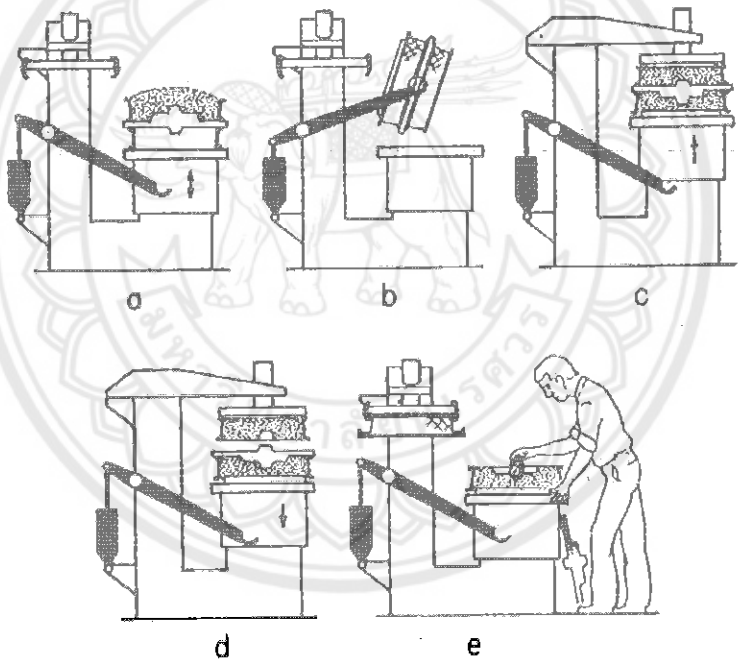
โซเดียมซิลิเกตผลิตขึ้นมาโดยการให้ความร้อนทรายวิลิก้าจนเป็นของเหลวแล้วผสมกับโซเดียมคาร์บอเนต ($Na_3 CO_2$) ที่อุณหภูมิประมาณ 1000 องศาเซลเซียล โซเดียมซิลิเกตในท้องตลาดมีข้อกำหนดไว้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS) ประกอบด้วยน้ำประมาณ 45-75% ทรายที่ผสมกับโซเดียมซิลิเกตซึ่งใช้เป็นตัวประสานนี้จะแข็งแรงโดยปฏิกิริยาเคมี เมื่อผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงไป ขบวนการนี้เรียกว่าขบวนการซีโอทู เป็นวิธีหนึ่งในการทำแบบหล่อ เพื่อให้มีความแข็งแรงแก่แบบหล่อ

2.6.2 การทดสอบหาปริมาณของตัวประสาน (Clay content)

ทรายหล่อที่นำกลับมาใช้อีกจะต้องเติมตัวประสานใส่ลงไปเพื่อทดแทนของเดิมที่เสื่อมสภาพ เมื่อทรายหล่อที่นำกลับมาใช้อีกหลายๆ ครั้ง ปริมาณของตัวประสานที่เติมลงไปก็จะมีมากขึ้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้อีก ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องตรวจสอบหาปริมาณตัวประสานของทรายหล่อทุกๆ ครั้งเพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพทรายขั้นตอนนำทรายที่ต้องการตรวจสอบหาปริมาณทรายของตัวประสานไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (น้ำหนักทรายที่จะอบจะเท่ากับ 100-50) กรัม แล้วปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง

2.7 การทำแบบหล่อทรายชื้น (Green sand molding)

การทำแบบหล่อทรายชื้น เป็นวิธีที่ทำสืบต่อกันมานานแล้ว กรรมวิธีทำแบบโดย อาศัยความชื้นเป็นตัวช่วยให้แบบแข็งแรง “green” ในที่นี้หมายถึง ความชื้นที่มีอยู่ในทรายหล่อ รวมไปถึงความหมายถึง แบบหล่อที่ยังไม่แข็ง หรือ ไม่แห้ง วัสดุทำแบบ ประกอบด้วย ทราย ซิลิกา ผสมกับ ดินเหนียว ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน และ ความชื้น การทำแบบจะอาศัยหีบหล่อช่วยเป็นกรอบเพื่อให้แบบทรายสามารถคงรูปอยู่ได้ ซึ่ง หีบหล่ออาจทำมาจาก โลหะ หรือ ไม้ หีบจะประกอบด้วยหีบบนและหีบล่าง สำหรับงานทำแบบหล่อหนึ่งชุด การทำแบบโดยวิธีนี้ มีทั้งการทำโดยใช้เครื่องจักร และการตำแบบโดยใช้มือ วิธีการใช้เครื่อง อาศัยการออกแบบให้เครื่องจักรมีแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนเพื่อช่วยให้ทรายอัดแน่น โดยกระสวน และไส้แบบ จะสร้างให้ติดกับแผ่นกระดาน ทรายที่ผสมแล้วจะเทลงมาโดยใช้ชุดอุปกรณ์ลำเลียงช่วย หรือใช้มือตักใส่ขึ้นกับการออกแบบวิธีการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.6 (หริส, 2533)

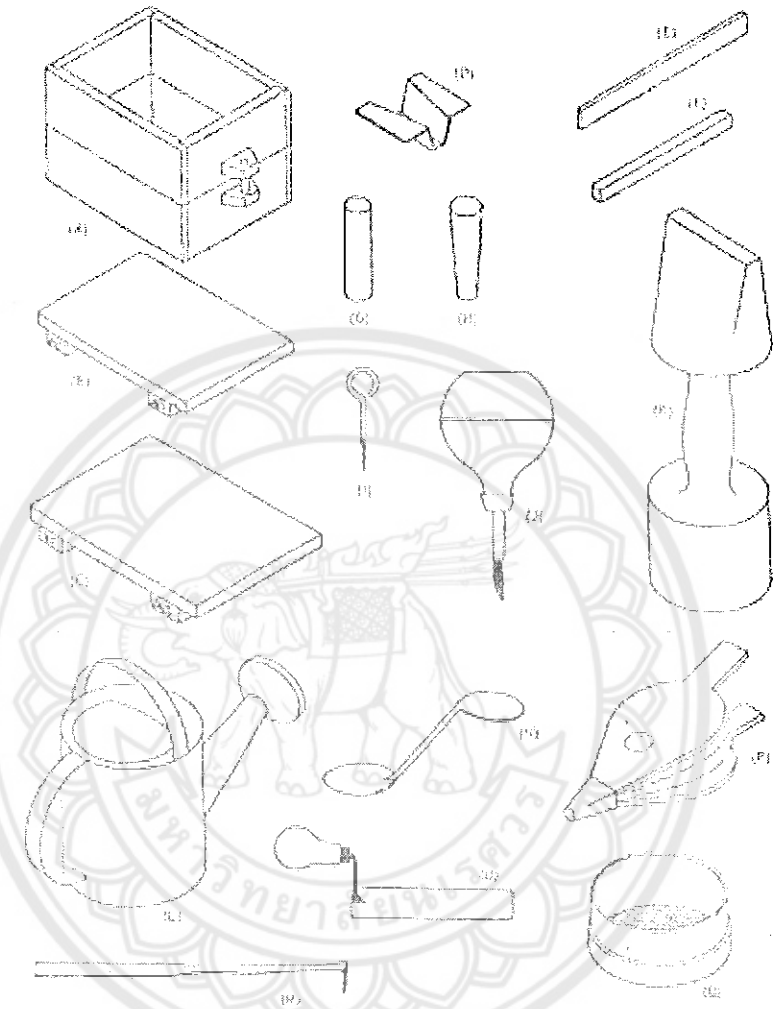


รูปที่ 2.6 การทำแบบทรายหล่อด้วยเครื่องจักร
ที่มา : หริส (2533)

การทำแบบหล่อทรายชื้นโดย วิธีการตำด้วยมือ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไปทั้งในประเทศและต่างประเทศ แต่ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะนำเครื่องจักรมาใช้แทนคนมากขึ้น มีขั้นตอนการทำดังต่อไปนี้

2.7.1 แบบทรายชื้น (Green sand molds)

หมายถึง แบบหล่อทรายที่สามารถเทหล่อได้เลยในขณะที่แบบยังมีความชื้นเหลืออยู่ โดยไม่ต้องเผาแบบให้แห้ง



รูปที่ 2.7 อุปกรณ์การทำแบบทรายหล่อด้วยมือ
ที่มา : หริส (2533)

2.7.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

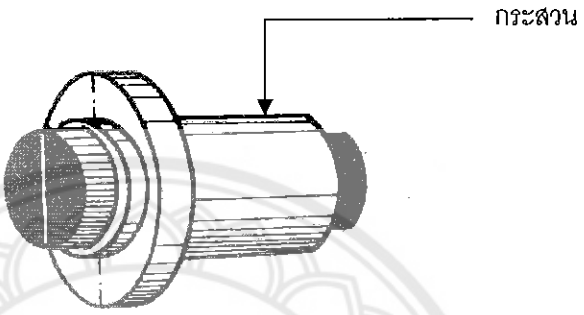
ก. กระดานรองหีบ
ข. ใบตัดทางเข้า
ค. สลักกระสวนรูล้นและรูเท
ง. ตระแกรงร่อนทราย
จ. เกียงแต่งผิวและช้อนแต่งแบบ
ฉ. ไม้ปาดหลังหีบ
ช. สากกระทุ้งทราย

ซ. บัวลดน้ำ

ฌ. หีบลมเปล่าผงฝุ่น

ญ. สกรูดึงถอนกระสวนออกจากแบบ

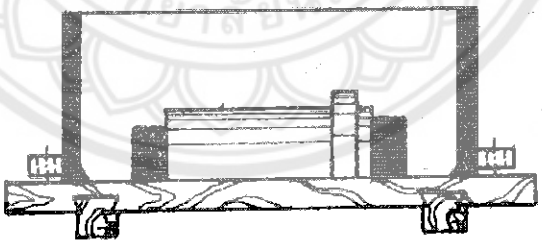
2.7.1.2 ตัวอย่างชิ้นงานหล่อ ที่ต้องการผลิตโดยวิธีการหล่อ



รูปที่ 2.8 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

ที่มา : หริส (2533)

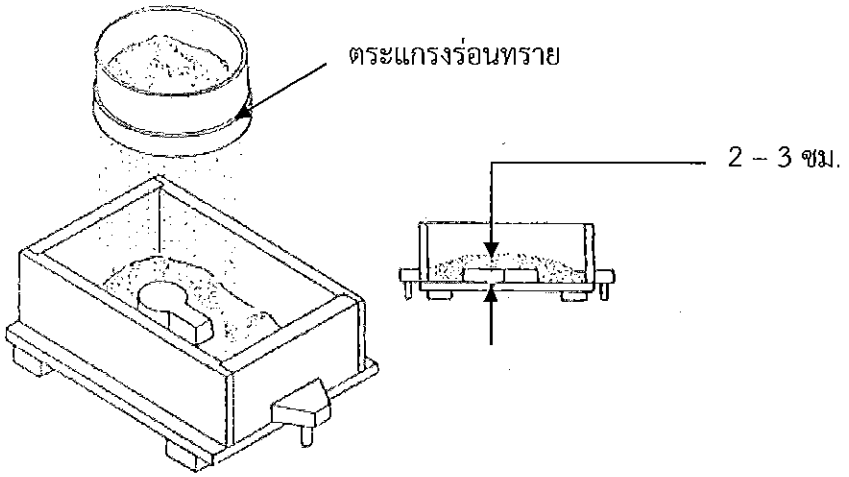
ก. การเตรียมกระสวน เป็นกระสวนชนิดแยกชิ้น มีบ่าไส้แบบ เนื่องจากงานที่ต้องการลักษณะเป็นรูทะลุตลอดทั้งแท่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.9 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

ที่มา : หริส (2533)

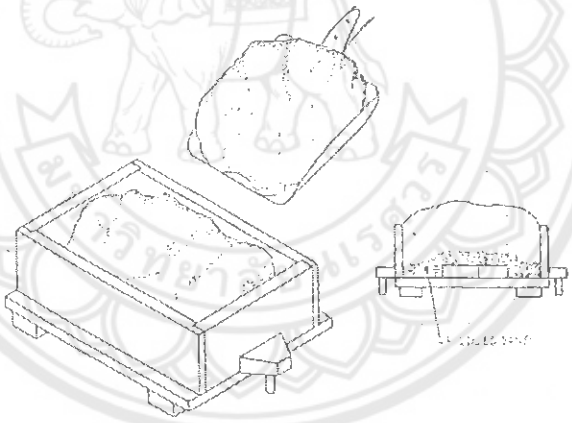
ข. นำหีบข้างหนึ่งมาวางคว่ำลงบนแผ่นกระดาน และนำกระสวนครึ่งซีกมาวางคว่ำลงดังแสดงในรูปที่ 2.9 จากนั้นนำทรายละเอียดแห้ง มาโปรยลงหลังกระสวนเพื่อป้องกันไม่ให้ทรายติดกระสวน



รูปที่ 2.10 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

ที่มา : หริส (2533)

ค. นำตระแกรงมาร่อนทรายชื้นที่ผสมเตรียมไว้แล้วเพื่อสร้างทรายผิวหน้าปกคุมทั่งผิวหนาประมาณ 2-3 ซ.ม.แล้วใช้มือกดให้ทรายแนบชิดผิวกระสวนมากที่สุด ขั้นตอนนี้จะมีผลต่อความเรียบของผิวงานหล่อ

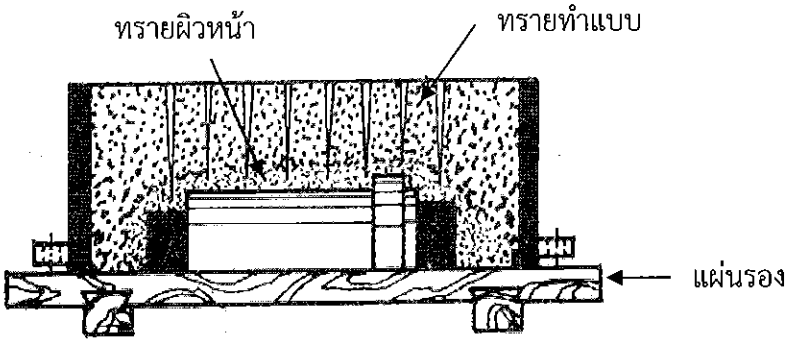


รูปที่ 2.11 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

ที่มา : หริส (2533)

ง. ตักทรายถมใส่ลงไปหลังหีบให้เต็มซึ่งเรียกว่าทรายหลังหีบ และใช้นิ้วมือช่วยกดให้ทรายไหลลงไปในซอกมุมต่างๆรอบกระสวนและตามแนวขอบของหีบอย่างทั่วถึง ขั้นตอนนี้ระวังกระสวนจะเคลื่อนตัวมีผลทำให้แบบทรายบริเวณผิวเคลื่อนตัวไปด้วย

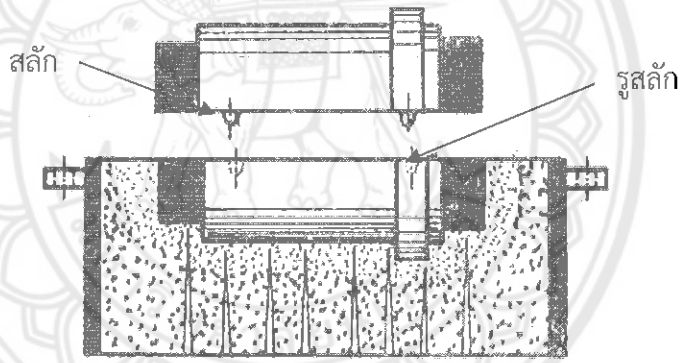
จ. ถมทรายเพิ่มเข้าไปจนเต็มหลังหีบกระทุ้งทรายด้วยสากโดยใช้ปลายด้านเรียว โดยวิธีการกระทุ้งวนจากด้านนอกตามแนวขอบหีบวนเข้าสู่ด้านใน ขั้นตอนนี้ระวังปลายสากจะกระทุ้งโดยกระสวนแรงจนเกินไป อาจทำกระสวนชำรุดได้ ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้ได้งานหล่อที่มีจุดเสียได้



รูปที่ 2.12 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

ที่มา : หริส (2533)

ฉ. เมื่ออัดทรายเต็มหลังหีบแล้ว โดยเผื่อให้สูงเกินมาเล็กน้อย จากนั้นปาดทรายที่เกินมาด้วยไม่ปาดให้เรียบเสมอขอบหีบ ก่อนที่จะแทงรูไอ เพื่อระบายแก๊ส โดยกะระยะความลึกพอดีอย่าให้ปลายเหล็กแทงกระแทกโดนผิวของกระสวน อาจทำให้ผิวของกระสวนเสียหายได้ ระยะห่างระหว่างรูประมาณ 2-3 ซ.ม.

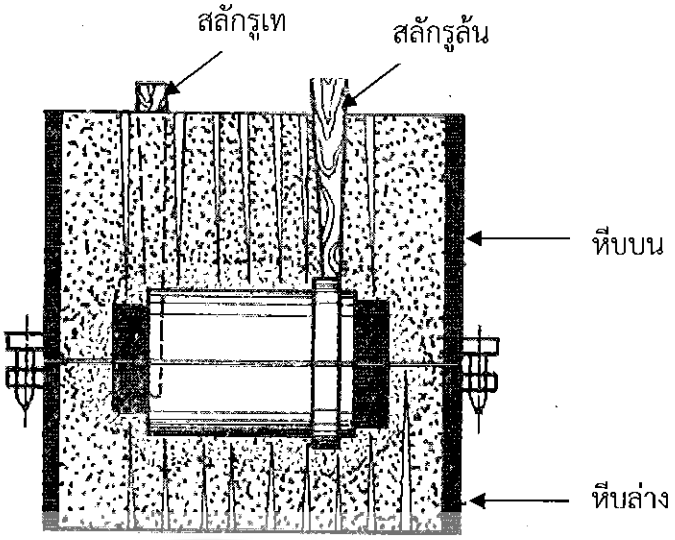


รูปที่ 2.13 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

ที่มา : หริส (2533)

ช. พลิกหีบหงายขึ้น โดยการนำกระดานอีกแผ่นมาปะกบที่หลังหีบ เพื่อใช้เป็นที่รองรับหีบรอการทำงานในขั้นตอนต่อไป จากนั้นนำกระสวนอีกซีกหนึ่งซึ่งจะมีเดือยสลักและรูช่วยให้กระสวนประกอบเข้าด้วยกันโดยไม่เอียง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

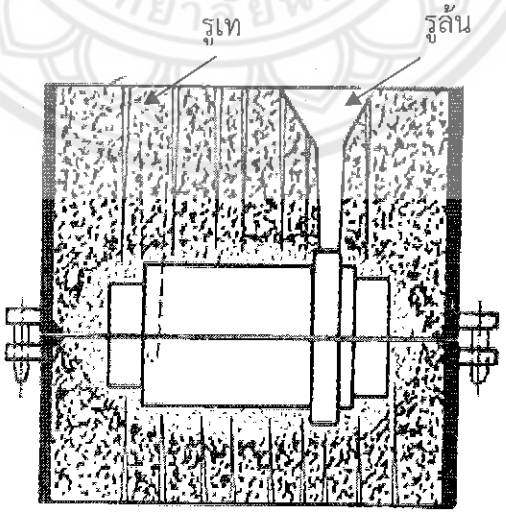


รูปที่ 2.14 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

ที่มา : หริส (2533)

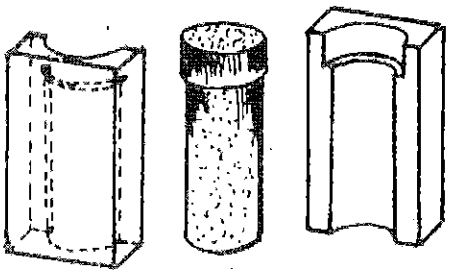
ช. ขั้นตอนนี้จะต้องสร้างรูเทและรูล้น ดังนั้นจึงต้องประกอบสลักหรือกระสวนที่เป็นรูเทและรูล้นเข้าไปในตำแหน่งที่กำหนดไว้เสียก่อน ดังแสดงในภาพที่ 2.14 ก่อนที่จะถมทรายลงไปและเริ่มทำเหมือนขั้นตอนที่ 7. ถึง 8.

ฌ. การถอดกระสวนออกจากแบบก่อนยกหีบบนและล่างออกจากกัน ต้องสร้างแอ่งเทก่อน ซึ่งตำแหน่งจะอยู่ส่วนปลายสุดของรูเท วิธีการทำอย่างง่าย ๆ โดยการตัดแต่งทรายโดยรอบของของปลายสลักรูเทให้เป็นรูปทรงกรวย ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ

ที่มา : หริส (2533)



รูปที่ 2.16 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ
ที่มา : หริส (2533)

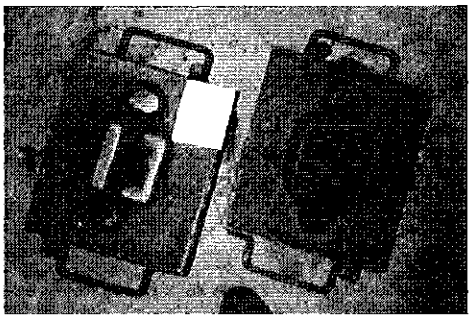
ญ. การทำไส้แบบ โดยการนำทรายผสมตัวประสานที่ให้ความแข็งแรงสูงมาอัดเข้าในกล่องไส้แบบให้แน่น และเต็ม และจะต้องเสริมความแข็งแรงด้วยลวด ก่อนที่จะแกะออกจากกล่อง ดังแสดงในภาพ จากนั้นนำไปตากแดดหรือทำให้แห้ง ถ้าเป็นทรายตัวประสานสารเคมีต้องรอให้เกิดปฏิกิริยากันสมบูรณ์เสียก่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.16

ฎ. แบบหล่อที่เสร็จแล้วรอการนำไปเทหล่อ จะต้องนำมาประกอบหีบบนและหีบล่างเข้าด้วยกัน ถ้ามีไส้แบบ จะต้องประกอบไส้แบบให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน ดังแสดงในภาพตัดตามแนวยาวและแนวขวางแสดงให้เห็นตำแหน่งของไส้แบบ โพรงว่าง และชั้นของทรายผิวหน้าและทรายหลังหีบ

ฏ. แบบหล่อที่พร้อมเพื่อการเทหล่อ ดังแสดงในรูป 2.17

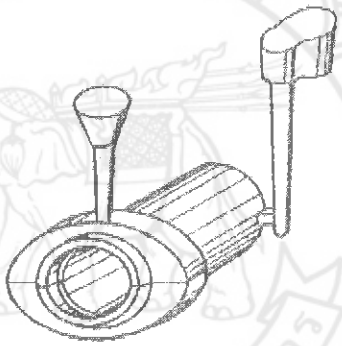
รูปที่ 2.17 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ
ที่มา : หริส (2533)

ฐ. การเทหล่อและการลื้อแบบหล่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ
ที่มา : หริส (2533)

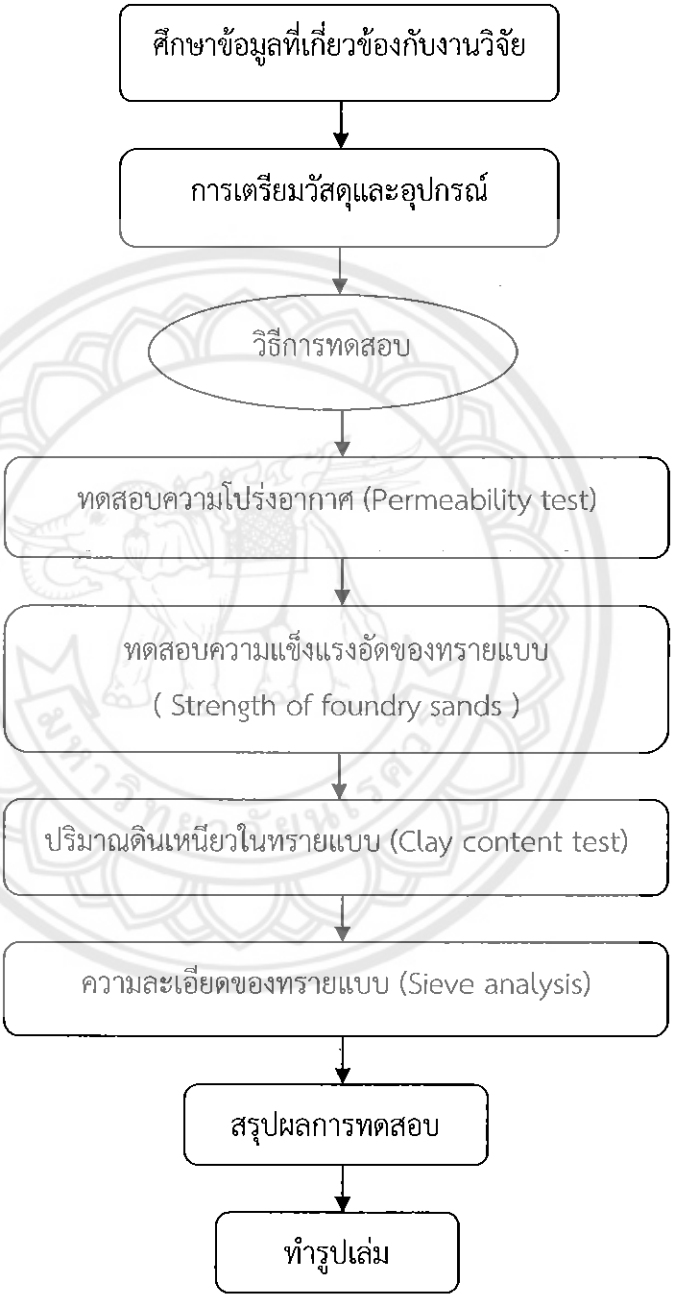
ฑ. รูปร่างของงานหล่อที่สำเร็จแล้ว



รูปที่ 2.19 การเตรียมกระสวนหรือตัวอย่างชิ้นงานหล่อ
ที่มา : หริส (2533)

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

โดยบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของ การจัดทำคู่มือและขั้นตอนการทดลองของชุดทดสอบทรายแบบ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินโครงงาน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของชุดทดสอบทรายดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาข้อมูลของการหล่อทรายแบบ

3.1.2 ศึกษาข้อมูลสมบัติของทรายหล่อ

3.1.3 การทดสอบความโปร่งอากาศ (Permeability Test)

3.1.4 การทดสอบความแข็งแรงอัดของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

3.1.5 การทดสอบหาปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay Content Test)

3.1.6 การทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

3.2 วิธีการทดสอบ

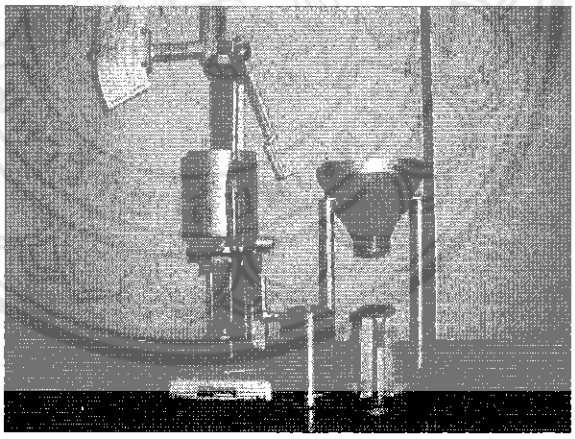
3.2.1 การทดสอบความโปร่งอากาศ (Permeability test)

3.2.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

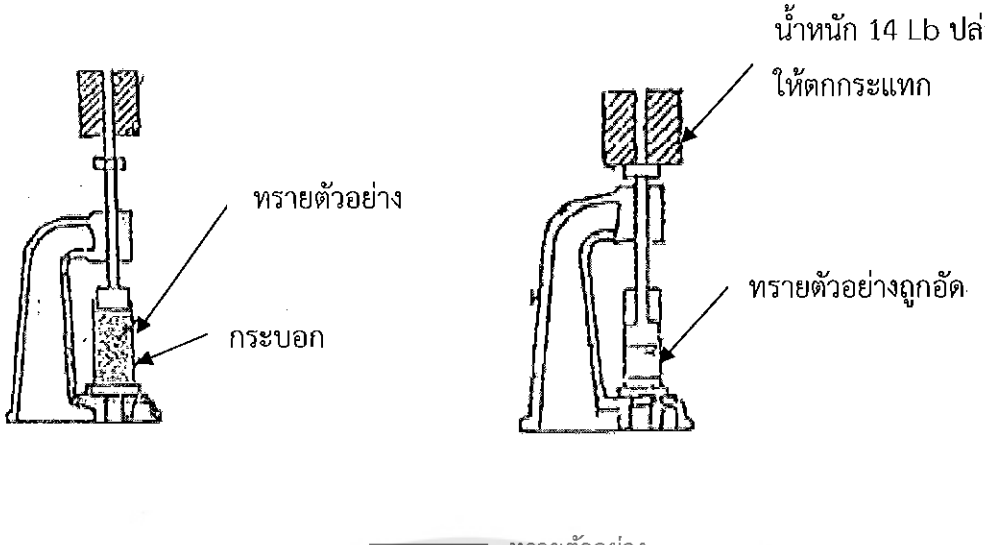
ก. ทรายแบบ

ข. เครื่องชั่งน้ำหนัก

ค. ชุดเครื่องมือวัดความโปร่งอากาศ (Permeability test kits) ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องวัดความโปร่งอากาศ ชุดเครื่องอัดทรายแบบ



รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ทดสอบความโปร่งอากาศ



รูปที่ 3.3 แสดงการเตรียมตัวอย่างชิ้นงานทดสอบความโปร่งอากาศ

3.2.2.2 วิธีการทดลอง

ก. ชั่งน้ำหนักทรายแบบประมาณ 140 – 175 กรัมบันทึกค่า แล้วทำการบรรจุ ทรายแบบลงในกระบอกขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว (50.8 มิลลิเมตร)

ข. ทำการเตรียมชิ้นงานโดยอัดทรายแบบในกระบอกมาตรฐานด้วยเครื่องมือ (Ramming devices) โดยยกลูกกลิ้งที่มีน้ำหนัก 14 ปอนด์สูงจากระดับ 2 นิ้ว แล้วปล่อยให้ตกกระแทกบนทรายตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง ทรายแบบตัวอย่างในกระบอกจะถูกอัดกันแน่น และมีความสูงประมาณ 2 นิ้ว ± 1/32" โดยหากตัวอย่างทรายแบบอัดแล้วมีขนาดไม่ถึงที่กำหนดจะต้องทำการเตรียมตัวอย่างทรายแบบใหม่โดย เริ่มตั้งแต่การชั่งน้ำหนักทรายแบบใหม่โดยเพิ่มน้ำหนักทรายแบบมากกว่าเดิมเพียงเล็กน้อย และไม่ใช้ทรายแบบจากตัวอย่างเดิม

ค. ทำการวัดความโปร่งอากาศโดยเริ่มจากเปิดลิ้น (บิดสวิทช์มาทางขวาสุด) แล้วแล้วยกกระบอกบรรจุอากาศที่มีความจุ 2,000 cc. ขึ้นในตำแหน่งบนสุด แล้วปิดลิ้น (บิดสวิทช์มาทางซ้ายสุด) แล้วใส่ชิ้นงานตัวอย่างทรายแบบลงในท่อทดสอบบิดสวิทช์มาอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางเพื่อทดสอบความโปร่งอากาศ โดยลมในกระบองบรรจุอากาศจะไหลผ่านชิ้นงานทดสอบ บันทึกเวลาที่ใช้ในการทดสอบ นำค่าความดันอากาศ (P) ที่ได้ ×2 มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเซนติเมตร (g/cm^2) แล้วคำนวณค่าความโปร่งอากาศจากสมการที่ 3.1

$$\text{Permeability} = \frac{(V \times H)}{P \times A \times T} \qquad (3.1)$$

โดยที่ P คือ ค่าความดันอากาศที่วัดได้ หน่วย g/cm^2

V คือ ปริมาตรอากาศ 2000 c.c.

H คือ ความสูงของชิ้นงานตัวอย่าง

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่าง (cm^2)

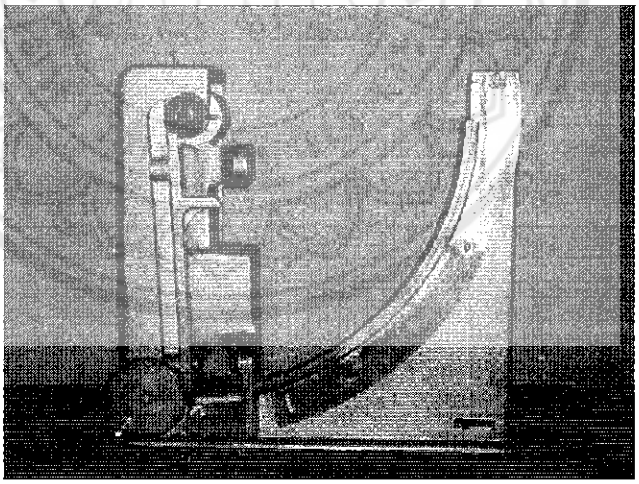
T คือ ระยะเวลาที่อากาศไหลผ่านชิ้นงาน (วินาที)

3.2.2 การทดสอบความแข็งแรงอัดของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

3.2.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

ก. ชิ้นงานตัวอย่างทรายแบบลักษณะเดียวกันกับชิ้นงานทดสอบความโปร่งอากาศโดยเตรียมชิ้นงานทั้งหมด 10 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ชิ้นงานทดสอบทรายแบบชื้น (Green sand) จำนวน 10 ตัวอย่าง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จำนวน 5 ตัวอย่าง

ข. เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Universal sand testing machine)



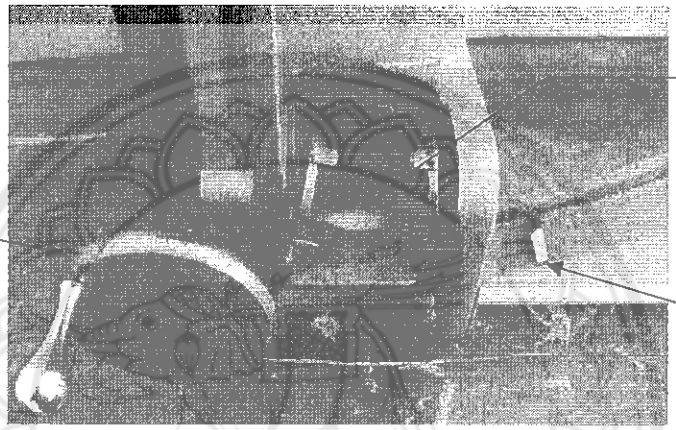
รูปที่ 3.4 เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

3.2.3.2 วิธีการทดลอง

ก. นำชิ้นงานตัวอย่างทรายแบบวางลงบนตำแหน่งที่จัดยึดตัวอย่างทดสอบโดยชิ้นงานทดสอบจะอยู่ระหว่างแท่นวางและตุ้มน้ำหนักเพนดูลัม (Pendulum) ที่ติดกับแขนที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

ข. ติดแม่เหล็กไว้ที่ตำแหน่งสำหรับอ่านค่าการทดสอบความแข็งแรงของทราย แม่เหล็กจะเคลื่อนที่ตามน้ำหนักของเพนดูลัม

ค. หมุนคันโยกให้แขนตัวขับเคลื่อน เคลื่อนที่ไปตามส่วนโค้ง ปล่อยให้น้ำหนักเพนดูลัมอัดชิ้นงานทรายตัวอย่างจนชิ้นงานแตก ดังแสดงในรูปที่ 3.5



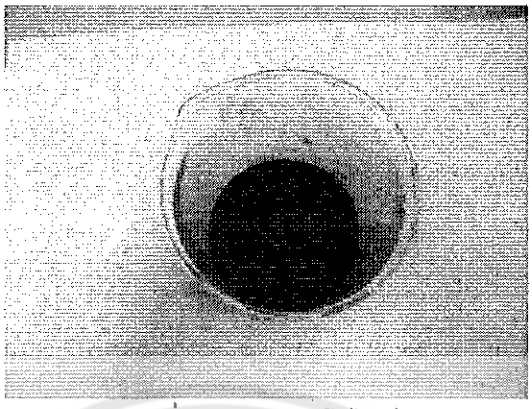
รูปที่ 3.5 ลักษณะการทำงานเครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

ง. อ่านค่า ณ ตำแหน่งที่แม่เหล็กเคลื่อนที่ตามน้ำหนักเพนดูลัมค้างอยู่ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2)

3.2.4 การทดสอบปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay content test)

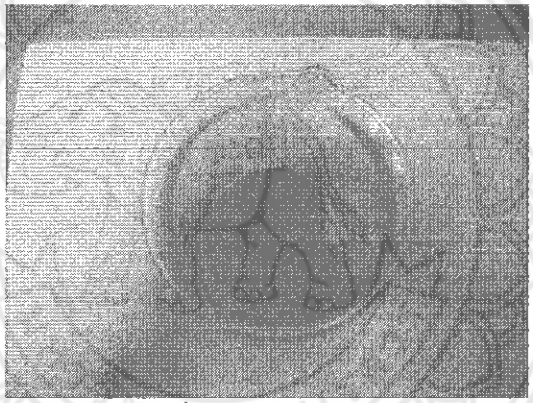
3.2.4.1 วัสดุและอุปกรณ์

ก. ดินเบนโทไนท์ ประเภทโซเดียม เบนโทไนท์



รูปที่ 3.6 ดินเบนโตไนท์

ข. ทรายแก้ว

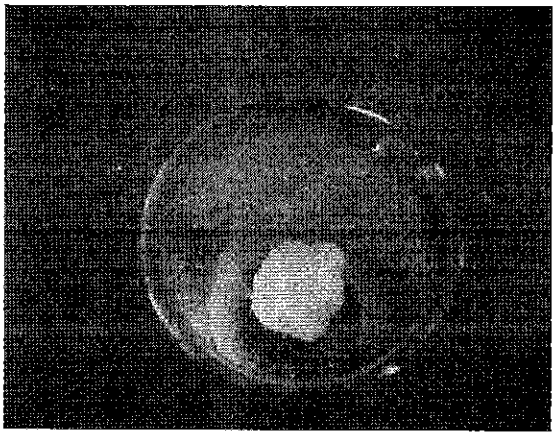


รูปที่ 3.7 ทรายแก้ว

ค. Methylene blue ที่ความเข้มข้น 0.1%

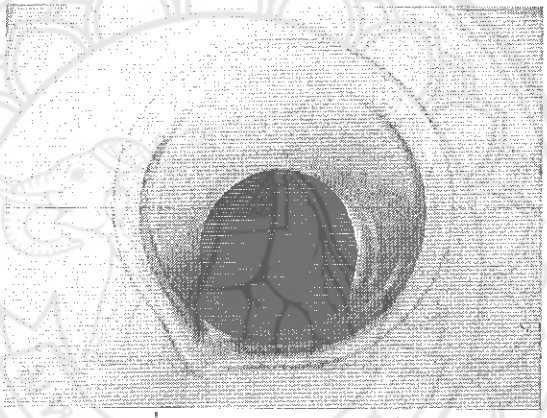
รูปที่ 3.8 Methylene blue 0.1 %

ง. Sodium Pyrophosphate 2 %



รูปที่ 3.9 Sodium Pyrophosphate

จ. ผงซิลิคอนคาร์ไบด์ ขนาด 200 เมช



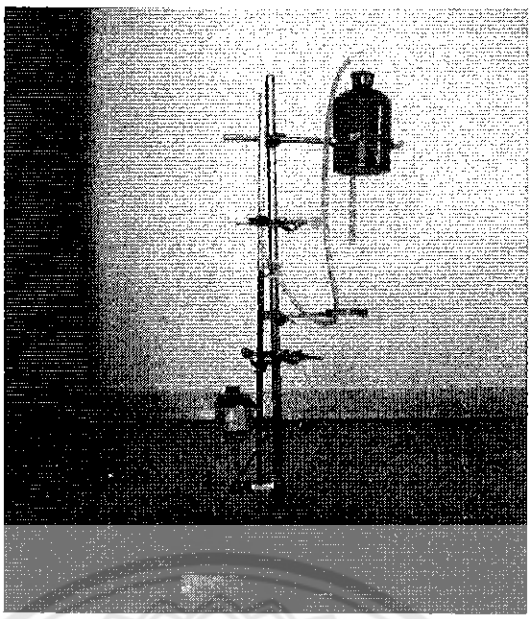
รูปที่ 3.10 ผงซิลิคอนคาร์ไบด์

ช. ชุดเครื่องมือทดสอบ Methylene blue clay tester

ซ. กระดาษกรอง Hardened 50

ฌ. ทรายแบบ

ญ. เครื่องชั่ง ความละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.11 เครื่องมือตรวจสอบปริมาณ Active clay; Methylene blue testing

3.2.4.2 วิธีการทดลอง

การทดสอบจะกระทำ 2 ขั้นตอน เริ่มต้นด้วยขั้นตอนที่ 1 คือ การสร้าง Calibration curve ตามด้วย ขั้นตอนที่ 2 คือ การหาปริมาณ Active clay ในทรายแบบหล่อ

ขั้นตอนที่ 1 การสร้าง Calibration curve

ก. ทำการเตรียมส่วนผสมที่มีเบนโตไนท์จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและทรายแก้วจำนวน 90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทำการชั่งเบนโตไนท์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสแล้ว จำนวน 0.5 กรัม และชั่งทรายแก้วที่มี Fineness number 60-90 จำนวน 4.5 กรัม ทำการผสมทรายแก้วกับเบนโตไนท์ในบีกเกอร์สเตนเลส

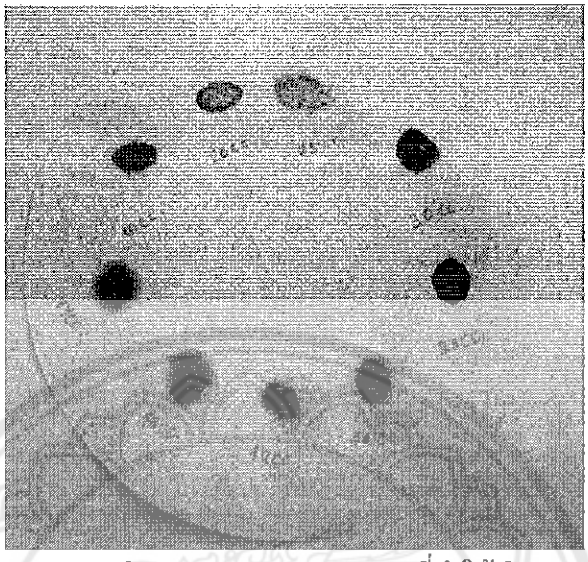
ข. เติมผงซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide) ขนาดความละเอียด #220 mesh จำนวน 5 กรัม ลงไปผสมกับทรายและเบนโตไนท์

ค. เติม Sodium Pyrophosphate ($Na_4 P_2 O_7$) 2 เปอร์เซ็นต์ลงในส่วนผสม 50 c.c.

ง. เติมสารละลาย Methylene blue โดยใช้ Buret โดยเติมประมาณ 80 - 90 % ที่คาดว่าจะต้องใช้ จากนั้น ทำการกวนผสมส่วนผสมในบีกเกอร์โดยใช้ใบพัดกวนเป็นระยะเวลา ในเวลา 2 นาที โดยพยายามอย่าให้ส่วนผสมของเบนโตไนท์ติดใบพัดมากเกินไป

จ. นำแท่งแก้วจุ่มในส่วนผสม แล้วหยดลงบนกระดาษกรอง (hardened 50) ที่วางบนบีกเกอร์ ให้เขียนกำกับปริมาณ Methylene blue ที่ใช้ ณ แต่ละจุดการทดลอง สังเกตดูรัศมีเปนวงสีฟ้า (Blue halo) ดังแสดงในรูปที่ 3.12 หากไม่ปรากฏรัศมีของ Blue halo แสดงว่าปริมาณ Methylene blue น้อยเกินไป หรือเรียกว่า Weak halo ให้ทำซ้ำอีกโดยเพิ่ม Methylene blue อีก 1 c.c. และใช้เวลากวน 2 นาที และถ้ายังไม่ปรากฏ Blue halo ชัดเจน ให้ทำต่อไปอีกจนปรากฏ

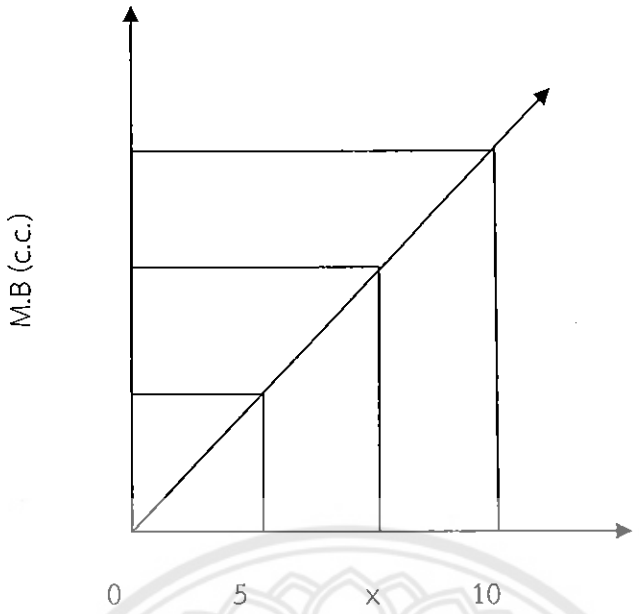
blue halo ชัดเจนเรียกว่า Good halo แต่หากเห็นเป็นวงกว้างมากขึ้น จนอยู่ในลักษณะที่เรียกว่า Qver halo จึงหยุดเติมและบันทึกค่าปริมาตรของ Methylene blue (หน่วย c.c.) ที่ทำให้เกิดลักษณะGood blue halo ที่ชัดเจนที่สุดไว



รูปที่ 3.12 แสดงปริมาณ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo

ฉ. ทำการทดลองในลักษณะเดิมโดยเปลี่ยนปริมาณเปอร์เซนต์ของเบนโตไนท์เป็น 5 % (เบนโตไนท์จำนวน 0.25 กรัม : ทรายแก้ว 4.75 กรัม) บันทึกปริมาตรของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo ชัดเจน

ช. สร้างการฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo ในการทดลองส่วนผสมที่มีเบนโตไนท์ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับดังแสดง ในรูปที่ 3.13 จะได้ Calibration Curve ซึ่งเป็นเส้นตรงผ่านจุด Origin



รูปที่ 3.13 Calibration curve

ขั้นตอนที่ 2 การหา Active clay ในทรายแบบ

ก. ชั่งทรายแบบที่อบแห้งแล้วจำนวน 5 กรัม ในบีกเกอร์ แล้วผสม Sodium Pyrophosphate ความเข้มข้น 2 % จำนวน 50 c.c. แล้วนำไปวางในเครื่อง Ultrasonic vibration แล้วเปิดเครื่องให้ทำงานเป็นเวลา 5 นาที

ข. เติมสารละลาย Methylene blue จำนวน 80-90% ของที่คาดคะเนไว้ แล้วนำไปกวน 2 นาที ลักษณะเดียวกับที่ทำในขั้นตอนการสร้าง Calibration Curve

ค. ทำการทดสอบ Blue halo บนกระดาษกรอง ถ้าไม่ปรากฏ Blue halo ในครั้งแรก ให้ทำการทดลองต่อไป โดยเพิ่มสารละลาย Methylene blue ครั้งละ 1 c.c. จนปรากฏ Blue halo ชัดเจน

ง. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เบนโตไนท์จาก Calibration Curve

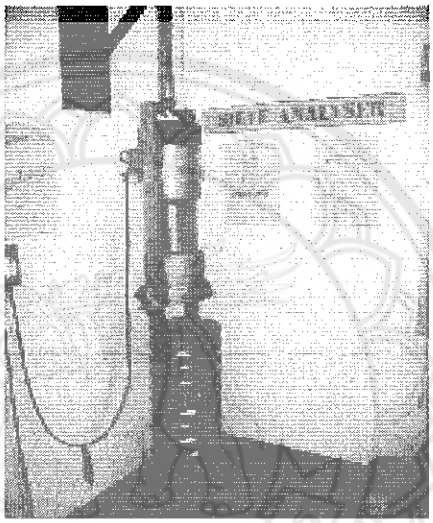
3.2.4 การทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

3.2.4.1 วัสดุและอุปกรณ์

ก. ทรายที่ได้จากการทดสอบหาปริมาณดินเหนียว (แยกดินเหนียว-ออก)

ข. ชุดเครื่องทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve set) จำนวน 11 ชั้น โดยมี Mesh number 6, 12, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200 และ 270 ตามลำดับ โดยตะแกรงที่มี Mesh number ที่ต่ำสุดจะอยู่ด้านบนสุด แต่ละ Mesh number จะมีขนาดช่องเปิด (Opening) ขนาดต่างๆ กันดังแสดงในตารางที่ 3.1

ค. เครื่องชั่งละเอียด 3 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.14 เครื่องมือทดสอบขนาดอนุภาคของทราย

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดรูเปิดของตะแกรงตาม Mesh number

Mesh Number	Opening (mm)
6	3.327
12	1.651
20	0.833
30	0.589
40	0.414
50	0.295
70	0.208
100	0.147
140	0.104
200	0.074
270	0.053

3.2.5.2 วิธีการทดลอง

ก. ตักทรายใส่ลงในตะแกรงชั้นบนสุด (Mesh number ต่ำที่สุด) แล้วปิดให้สนิท

ข. เปิดเครื่องทำการเขย่าตะแกรงทั้ง 11 ชั้น โดยใช้เวลาสั่นเขย่า 15 นาที เพื่อให้ทรายผ่านตะแกรงไปตามลำดับ ทรายละเอียดจะผ่านตะแกรงไปได้เรื่อยๆ ส่วนทรายหยาบจะตกค้างอยู่ตามตะแกรงในชั้นต่างๆ ตามขนาดของเม็ดทราย

ค. เมื่อสิ้นสุดการเขย่า ให้แยกตะแกรงแต่ละชั้นออกมา นำทรายที่ติดอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นรวมทั้งทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 270 ที่ตกลงไปอยู่ในถาดข้างล่าง ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 3 ตำแหน่ง นำค่าที่ได้ไปคำนวณในสมการที่ 3.2

$$\text{ความละเอียดของทราย} = \frac{\text{ผลรวมทั้งหมดของผลคูณ}}{\text{ผลรวมของทรายที่ค้างตะแกรง}} \qquad (3.2)$$

3.3 วิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดลองนี้ เราสามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ ASTM C136

3.4 สรุปผลการทดสอบ

ทำการสรุปผลการทดสอบที่ได้จากชุดทดสอบทราย เพื่อนำไปทำแบบหล่อทราย

3.5 ทำรูปเล่ม

จัดทำรูปเล่มเพื่อรายงานผลการทดลองและสิ่งที่ได้จากการทดลอง

บทที่ 4
ผลการทดลอง และการวิเคราะห์

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงผลการทดลอง และการวิเคราะห์สมบัติของทรายแบบที่ใช้ในการทำแบบหล่อทรายโดยวิธีการทดสอบดังนี้

4.1 ผลการทดสอบความโปร่งอากาศ (Permeability Test)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความโปร่งอากาศ (Permeability Test)

ตัวอย่างการทดลองที่	เวลา (sec.)	ความโปร่งอากาศ (Permeability)
1	40	75.18
2	30	100.24
3	55	54.67
4	60	50.12
5	50	60.14
6	78	38.55
7	60	50.12
8	90	33.41
9	120	25.06
10	138	21.79

4.1.1 วิเคราะห์ผลจากการทดลองความโปร่งอากาศ (Permeability Test)

จากสมการ $$\text{Permeability} = \frac{(V \times H)}{P \times A \times T} \quad (3.1)$$

จะได้ P = 2000 x 5.08 / 10 x 20.268 x t , หรือ P = 3007.2 / t(sec)

สำหรับการทดลองที่ใช้เครื่องทดสอบรุ่นเก่า ซึ่งให้ v = 2000 ml ของน้ำ, H = 5.08 cm, A =20.268 cm^2 และ P = 10 g/cm^2 การกำหนดค่าความสามารถในการซึมผ่านสมบูรณ์ ทำได้โดยการวัดเวลาที่ได้ จากการซึมผ่านของอากาศที่กำหนดให้มีปริมาตรคงที่ ภายใต้ความดันคงที่ ไหลผ่านแท่งกระบอกทรายทดสอบจนหมด จะทำให้ทราบถึงค่าความโปร่งอากาศของทรายแบบตัวอย่างทดสอบ

4.2 ผลการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

ตัวอย่างการทดลองที่ (ใช้น้ำหนัก 160 g)	ค่าที่ได้จากเครื่องทดสอบความแข็งแรงกด (kN/m^2)	ความแข็งแรงของทรายแบบชื้น (kg/cm^2)
1	50	0.510
2	47	0.480
3	55	0.561
4	48	0.494
5	52	0.531
6	58	0.597
7	60	0.615
8	62	0.632
9	64	0.652
10	61	0.625

4.2.1 วิเคราะห์ผลจากการทดลองความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วย kN/m^2 ดังนั้นต้องแปลงหน่วยให้อยู่ในช่วงมาตรฐานเป็น kg/cm^2 ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณ

ทรายก้อนที่ 1 : $50 \times 10^3\ N/m^2 \times \left(\frac{1}{9.81}\right) kg/N \times \left(\frac{1}{10^4}\right) m^2/cm^2$

$= 0.510\ kg/cm^2$

ทรายก้อนที่ 2 : $47 \times 10^3\ N/m^2 \times \left(\frac{1}{9.81}\right) kg/N \times \left(\frac{1}{10^4}\right) m^2/cm^2$

$= 0.480\ kg/cm^2$

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ ทรายส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.4 – 0.6 kg/cm^2จึงสามารถบอกได้ว่าเม็ดทรายมีความแข็งแรง ซึ่งค่าที่คำนวณได้อยู่ในค่ามาตรฐาน ช่วง 0.4 – 0.8 kg/cm^2 ดังนั้นทรายสามารถนำไปใช้งานได้

4.3 การทดสอบปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay content test)

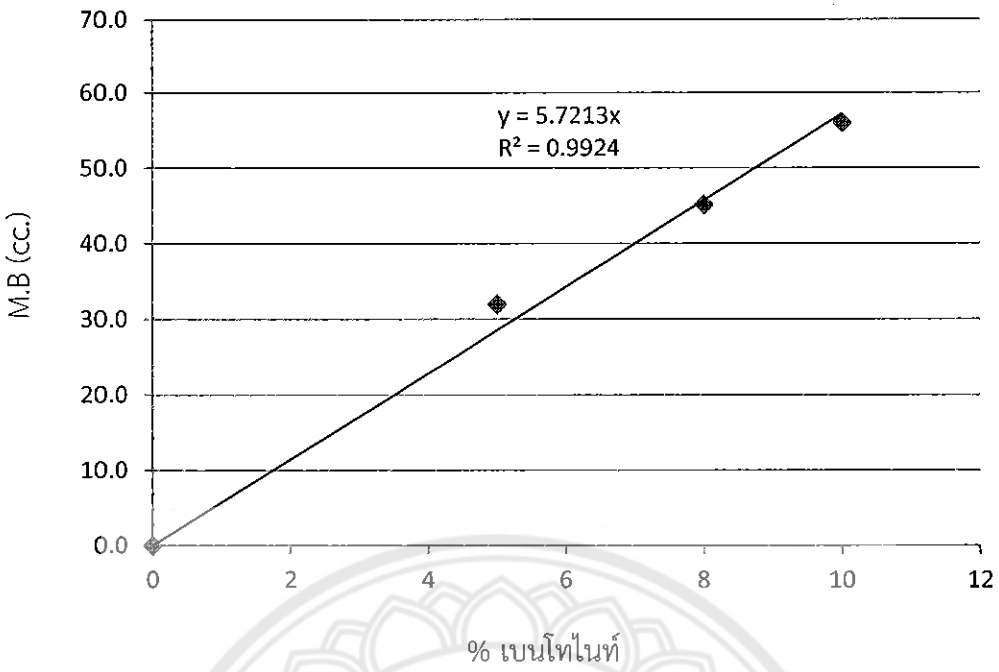
จากการทดลองหาปริมาณดินเหนียวด้วยวิธีการ Methylene Blue Clay Tester โดยทำการทดลองหาปริมาณเบนโทไนท์ 5% , 8% และ 10 % โดยเพิ่มปริมาณปริมาณ Methylene Blue ทีละ 0.5 c.c. , 1 c.c. และ 2 c.c. ตามลำดับ ดังรูปแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay content test)

c.c.	ปริมาณการเติม Methylene Blue (c.c.)			
	5 % เบนโทไนท์	8 % เบนโทไนท์	10 % เบนโทไนท์	ทรายแบบตัวอย่าง
	ช่วงที่ทำให้เกิด Blue halo	ช่วงที่ทำให้เกิด Blue halo	ช่วงที่ทำให้เกิด Blue halo	ช่วงที่ทำให้เกิด Blue halo
0.5	31.5	44.5	56	45
1	32	45	56	47
2	32	45	56	47
ค่าเฉลี่ย	32	45	56	46

4.3.1 วิเคราะห์ผลจากการทดลองปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay content test)

จากตารางที่ 4.3 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ Methylene Blue ที่ทำให้เกิด blue halo ในการทดสอบส่วนผสมที่มีเบนโตไนท์ 5 , 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ Methylene Blue และเบนโทไนท์

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ Methylene Blue และเบนโทไนท์ เมื่อทำการทดลองกับทรายแบบที่มีอยู่ โดยนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เบนโทไนท์ จากสมการเส้นตรง $y = 5.7213x$ ได้เท่ากับ 7.865 เปอร์เซ็นต์

4.4 ผลการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

นัมเบอร์ตะแกรง (Mesh number)	ปริมาณทรายที่ค้างตามตะแกรง (g)	ค่าคงที่ (Multiplier)	ผลคูณ (Product)
6	0	3	0
12	0	5	0
20	0.8	10	8
30	1.3	20	26
40	3.0	30	90
50	9.8	40	392
70	23.5	50	1175
100	37.5	70	2625
140	19.2	100	1920
200	4.0	140	560
270	0.5	200	100
ถาดรองรับ(Pan)	0.3	300	90
ผลรวม	99.9		6986

4.4.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

จากสมการ $$\text{ความละเอียดของทราย} = \frac{\text{ผลรวมทั้งหมดของผลคูณ}}{\text{ผลรวมของทรายที่ค้างตามตะแกรง}} \quad (3.2)$$

$$= \frac{6986}{99.9}$$

$$= 69.93$$

จากผลการทดลองทรายส่วนใหญ่อยู่ที่ตะแกรงเบอร์ 70 – 140 จึงสามารถบอกได้ว่าเม็ดทรายค่อนข้างละเอียด ซึ่งค่าที่คำนวณได้อยู่ในค่ามาตรฐาน ช่วง 60 – 90 ของขนาดเม็ดทราย (A.F.S) ดังนั้นทรายสามารถนำไปใช้งานได้

บทที่ 5
บทสรุป และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปผลโครงงานวิจัย ข้อเสนอแนะ และการพัฒนาโครงงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการทดสอบหาความโปร่งอากาศ (Permeability Test) โดยทำการสุ่มตัวอย่างทรายแบบ ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ทำให้ทราบว่าทรายแบบตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 7 มีอัตราการซึมของอากาศเท่ากับ 75.18, 100.24, 54.67, 50.12, 60.14 และ 50.12 ซึ่งค่าการซึมของอากาศที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50 – 150 ถ้ามีค่าต่ำกว่านี้ เมื่อเวลาเทน้ำโลหะ อัตราการถ่ายเทของอากาศจะเป็นไปได้ยาก มีผลอาจทำให้เกิดจุดเสียในชิ้นงานเนื่องจากการตกค้างของแก๊สได้

5.1.2 ผลการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands) ซึ่งค่าที่คำนวณได้อยู่ในค่ามาตรฐาน ช่วง 0.4 – 0.8 kg/cm^2 ดังนั้นทรายทำแบบหล่อจึงมีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของน้ำโลหะได้

5.1.3 การทดสอบหาปริมาณดินเหนียวด้วยวิธี Methylene Blue เมื่อทำการทดลองกับทรายแบบ โดยนำผลของปริมาณการหยด Methylene Blue ของทรายแบบ มาเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ Methylene Blue และเบนโทไนท์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ดังนั้นทำให้ทราบถึงเปอร์เซนต์ Active clay ในทรายแบบตัวอย่างเท่ากับ 7.865 เปอร์เซนต์

5.1.4 ผลการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis) ดังนั้นขนาดความละเอียดของเม็ดทรายที่อยู่ในช่วง 60 – 90 ของขนาดของเม็ดทราย จึงมีประสิทธิ์ภาพที่จะได้นำมาใช้เป็นแบบหล่อทรายได้

5.2 ข้อเสนอแนะ และการพัฒนา

5.2.1 เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เข้าใจถึงขั้นตอนและกรรมวิธีการทำแบบหล่อทรายชื้น

5.2.2 เพื่อให้ผู้ศึกษาสามารถนำเอาความรู้ที่เรียนมาในภาคทฤษฎีมาใช้ให้เกิดผลในทางปฏิบัติ ก่อให้เกิดทักษะและความเข้าใจและ

5.2.3 สามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้เพื่อประกอบอาชีพการงานในโอกาสต่อ ๆ ไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

จงกล รัตสุข. (2525). **โลหะวิทยาเบื้องต้น และวัสดุวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชวลิต เชียงกูล. (2542). **โลหะวิทยา.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. (2553). **กรรมวิธีการผลิตโลหะ.** สืบค้นเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2555, จาก http://www.mme.rmuti.ac.th/index.php?option=com...view...3&id...

ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. (2553). **วัสดุวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์. (2545). **พื้นฐานงานหล่อ.** สืบค้นเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2555, จาก http://www.lib.tl.ac.th/ulib/duclin.php?ID=13399107860

นภัทร วัจนเทพินทร์,(2542) **เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม** 1, พิมพ์ครั้งที่ 2 , ที่ กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์ ,340 หน้า

บรรเจิด แสงจันทร์. (2541). **การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.

บรรเลง ศรนิล และ ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์. (2544). **ตารางโลหะ,** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-พระนครเหนือ

แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. (2552). **วัสดุวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล.

วิหาร ดีปัญญา. (2548). **วิศวกรรมการหล่อโลหะ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

หริส สูตะบุตร และเคนยิ จิยิอิวา. (2533). **หล่อโลหะ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ดวงกมล.

สถาบันพัฒนาอุตสาหกรมเครื่องจักรและโลหะการ. (2534). **" เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น (Basic Foundry Technology)"**กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ,พิมพ์ครั้งที่ 1 ที่ หจก. ภาพพิมพ์

ฮอลล์, เอสอัลเลน. (2539). **ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์ การออกแบบเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล ,526 หน้า

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

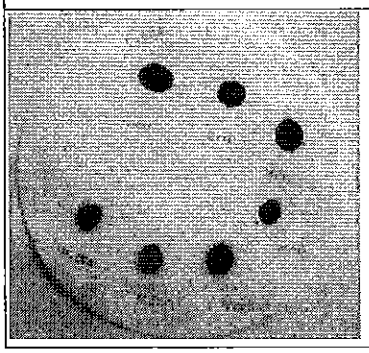
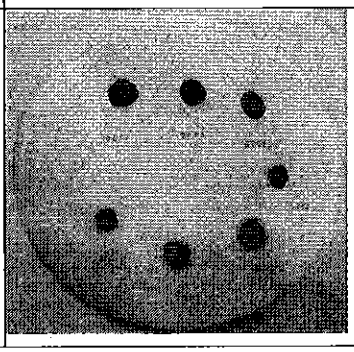
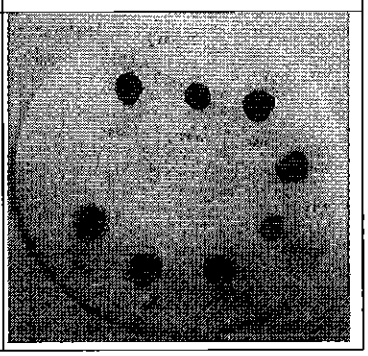
Thimas, C. H., 1995, **"Optimizing Greensand Testing to Suit Modern Molding Practice,"** Cast Metal, Development Ltd – International Conference, Singapore

Stefanesc, D.M., 2002. **Science and Engineering of Casting Solidification.** University of Albama, U.S.A.

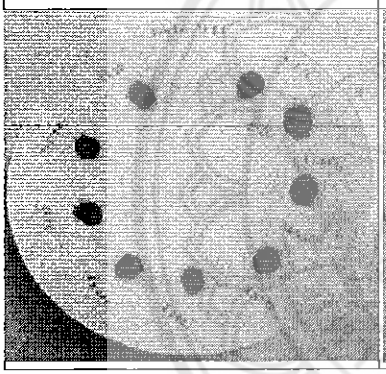
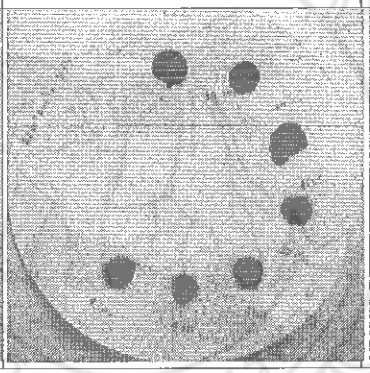
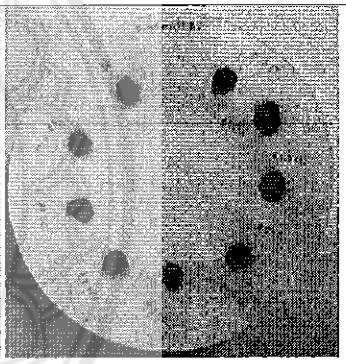
Tsai, H.L., Chiang, K.C. and Chen, T.S., 1988. **Movement of Moisture Front and Alloy Solidification in Green Sand Casting.** AFS Transaction, Vol.96

ภาคผนวก ก
รูปปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo โดยมีเบนโทไนท์ที่ 5, 8, และ 10 %

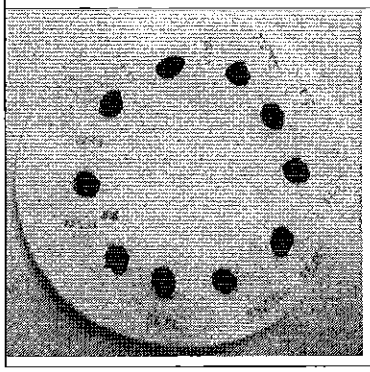
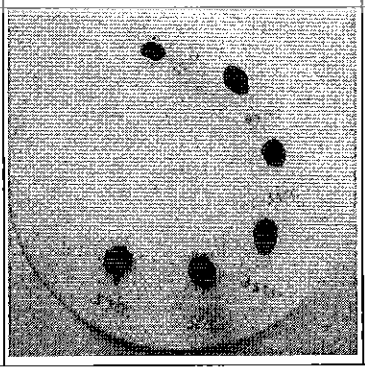
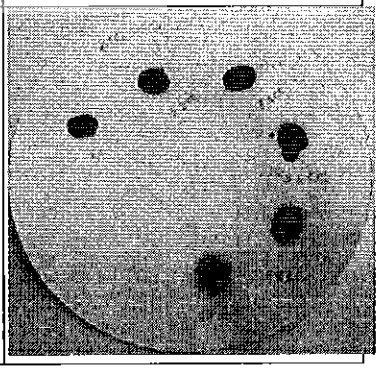
รูปที่ ก.1 แสดงปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo โดยเบนโทไนท์ที่ 5 %

เบนโทไนท์ ที่ 5%		
หยด Methylene ที่ 0.5 c.c.	หยด Methylene ที่ 1 c.c.	หยด Methylene ที่ 2 c.c.
		

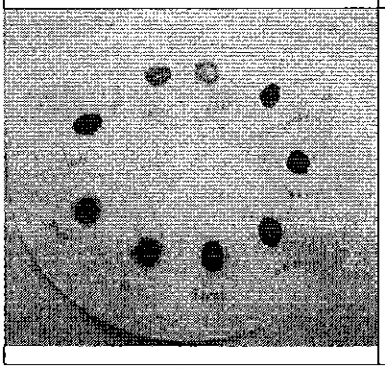
รูปที่ ก.2 แสดงปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo โดยเบนโทไนท์ที่ 8 %

เบนโทไนท์ ที่ 8%		
หยด Methylene ที่ 0.5 c.c.	หยด Methylene ที่ 1 c.c.	หยด Methylene ที่ 2 c.c.
		

รูปที่ ก.3 แสดงปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo โดยเบนโทไนท์ที่ 10 %

เบนโทไนท์ ที่ 10%		
หยด Methylene ที่ 0.5 c.c.	หยด Methylene ที่ 1 c.c.	หยด Methylene ที่ 2 c.c.
		

รูปที่ ก.4 แสดงปริมาณของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo ในทรายแบบตัวอย่าง

เบนโทไนท์ ในทรายแบบ		
หยด Methylene ที่ 2 c.c.		
		

ภาคผนวก ข
คู่มือชุดปฏิบัติการทดสอบความโปรงอากาศ (Permeability test)

การปฏิบัติการที่ 1
การทดสอบความโปรงอากาศ (Permeability test)

1.1 ความสำคัญ

ความโปร่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับแบบหล่อเนื่องจากในงานหลอมหล่อมักจะมีความชื้นและไอน้ำหรือแก๊ส เกิดขึ้นในกระบวนการเสมอ ถ้าหากแก๊สที่เกิดขึ้นในโพรงแบบหล่อไม่สามารถระบายออกมาภายนอกได้ก็จะดันย้อนกลับไปกดบนผิวงานหล่อ ซึ่งถ้าผิวงานยังไม่แข็งตัวดีพอแล้วจะทำให้เกิดการยุบตัวทำให้ผิวงานเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นแบบหล่อจะต้องมีความโปร่งที่เหมาะสมเพื่อให้แก๊สสามารถระบายออกได้ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชิ้นงานหล่อ พารามิเตอร์ที่มีผลต่อความโปร่งที่สำคัญ คือ แรงกระทุ้งแบบขนาดและรูปร่างของเม็ดทราย ปริมาณดินเหนียว และความชื้น ทุกอย่างที่กล่าวมาจะต้องมีปริมาณที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1.2.1 เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจถึงกรรมวิธีการตรวจสอบหาอัตราการซึมผ่าน ตามมาตรฐาน A.F.S. หรือ Metric

1.2.2 เพื่อให้นักศึกษามีทักษะและประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

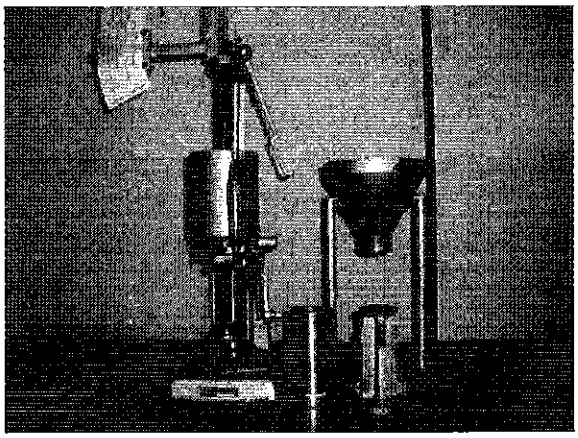
1.2.3 ทำให้ทราบถึงผลของส่วนผสมของทราย ต่อ คุณสมบัติต่างๆ และ มองเห็นความสำคัญของการควบคุมคุณภาพของทรายหล่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตงานหล่อโลหะ

1.3 วัสดุและอุปกรณ์

1.3.1 ทรายแบบ

1.3.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก

1.3.3 ชุดเครื่องมือวัดความโปร่งอากาศ (Permeability test kits) ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องวัดความโปร่งอากาศ ชุดเครื่องอัดทรายแบบ

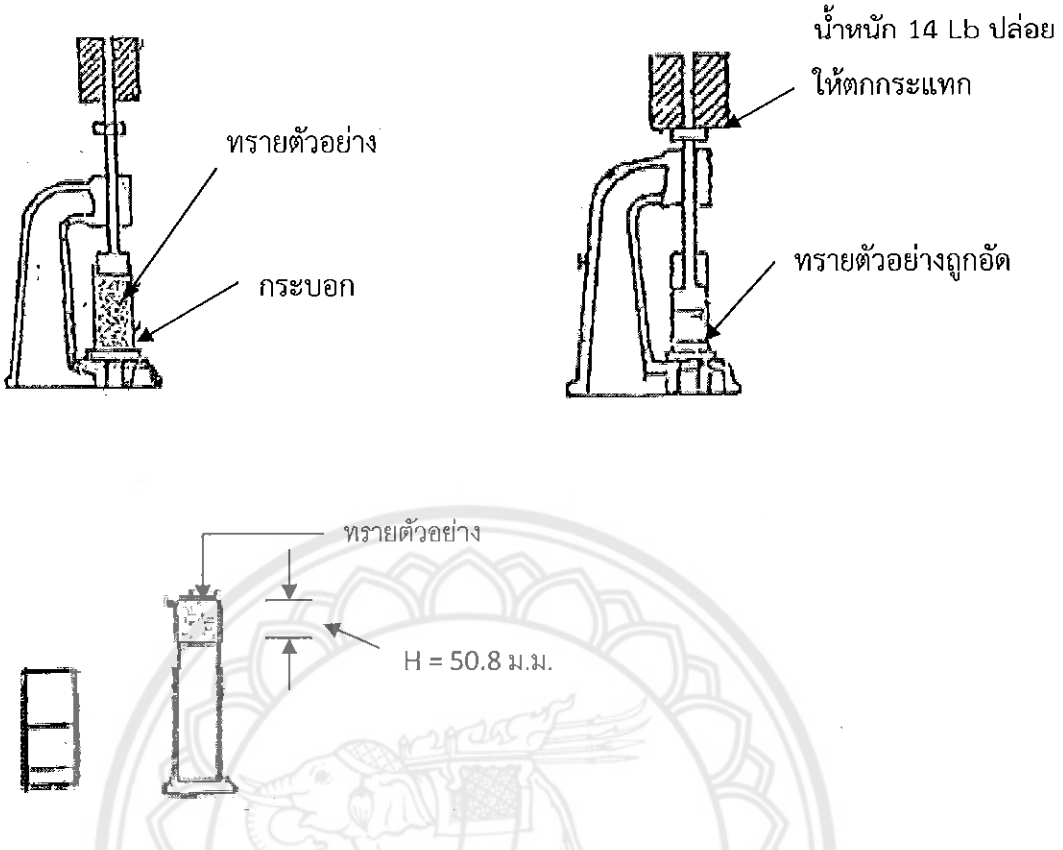


รูปที่ 1.1 ชุดอุปกรณ์ทดสอบความโปร่งอากาศ

1.4 วิธีการทดลอง

1.4.1 ชั่งน้ำหนักทรายแบบประมาณ 140 – 175 กรัมบันทึกค่า แล้วทำการบรรจุ ทรายแบบลงในกระบอกขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว (50.8 มิลลิเมตร)

1.4.2 ทำการเตรียมชิ้นงานโดยอัดทรายแบบในกระบอกมาตรฐานด้วยเครื่องมือ (Ramming devices) โดยยกลูกกลิ้งที่มีน้ำหนัก 14 ปอนด์สูงจากระดับ 2 นิ้ว แล้วปล่อยให้ตกกระแทกบนทรายตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง ทรายแบบตัวอย่างในกระบอกจะถูกอัดกันแน่น และมีความสูงประมาณ 2 นิ้ว ± 1/32" โดยหากตัวอย่างทรายแบบอัดแล้วมีขนาดไม่ถึงที่กำหนดจะต้องทำการเตรียมตัวอย่างทรายแบบใหม่โดย ดังแสดงในรูปที่ 1.2 เริ่มตั้งแต่การชั่งน้ำหนักทรายแบบใหม่โดยเพิ่มน้ำหนักทรายแบบมากกว่าเดิมเพียงเล็กน้อย และไม่ใช้ทรายแบบจากตัวอย่างเดิม



รูปที่ 1.2 แสดงการเตรียมตัวอย่างชิ้นงานทดสอบความโปร่งอากาศ

1.4.3 ทำการวัดความโปร่งอากาศโดยเริ่มจากเปิดลิ้น (บิดสวิทซ์มาทางขวาสุด) แล้วแล้วยกกระบอกบรรจุอากาศที่มีความจุ 2,000 cc. ขึ้นในตำแหน่งบนสุด แล้วปิดลิ้น (บิดสวิทซ์มาทางซ้ายสุด) แล้วใส่ชิ้นงานตัวอย่างทรายแบบลงในท่อทดสอบบิดสวิทซ์มาอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางเพื่อทดสอบความโปร่งอากาศ โดยลมในกระบองบรรจุอากาศจะไหลผ่านชิ้นงานทดสอบ บันทึกเวลาที่ใช้ในการทดสอบ นำค่าความดันอากาศ (P) ที่ได้ ×2 มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเซนติเมตร (g/cm^2) แล้วคำนวณค่าความโปร่งอากาศจากสมการ

$$\text{Permeability} = \frac{(V \times H)}{P \times A \times T}$$

โดยที่ P คือ ค่าความดันอากาศที่วัดได้ หน่วย g/cm^2

V คือ ปริมาตรอากาศ 2000 c.c.

H คือ ความสูงของชิ้นงานตัวอย่าง

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่าง (cm^2)

T คือ ระยะเวลาที่อากาศไหลผ่านชิ้นงาน (วินาที)

ซึ่ง สำหรับการทดลองที่ใช้เครื่องทดสอบรุ่นเก่า ซึ่งให้ v = 2000 ml ของน้ำ, H = 5.08 cm, A =20.268 cm^2 และ P = 10 g/cm^2 การกำหนดค่าความสามารถในการซึมผ่านสมบูรณ์ ทำได้โดยการวัดเวลาที่ได้ จากการซึมผ่านของอากาศที่กำหนดให้มีปริมาตรคงที่ ภายใต้ความดันคงที่

1.5 ตารางผลการทดสอบความโปร่งอากาศ (Permeability Test)

ตัวอย่างการทดลองที่	เวลา (sec.)	ความโปร่งอากาศ (Permeability)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

1.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ภาคผนวก ค
คู่มือชุดปฏิบัติการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ
(Strength of foundry sands)

การปฏิบัติการที่ 2
การทดสอบความแข็งแรงอัดของทรายแบบ
(Strength of foundry sands)

2.1 ความสำคัญของการทดสอบ

ความแข็งแรงเป็นสมบัติอย่างหนึ่งที่สำคัญสำหรับแบบหล่อ เพราะถ้าหากความแข็งแรงของแบบไม่เพียงพอต่อการแบกรับน้ำหนักของน้ำโลหะก่อนที่โลหะเหลวจะแข็งตัวสมบูรณ์ อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่องานหล่อได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของทรายทำแบบอยู่เสมอเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดตามมาดังกล่าว

2.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

2.1.1 เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจถึงกรรมวิธีการตรวจสอบหาความแข็งแรง ตามมาตรฐาน A.F.S.หรือ metric

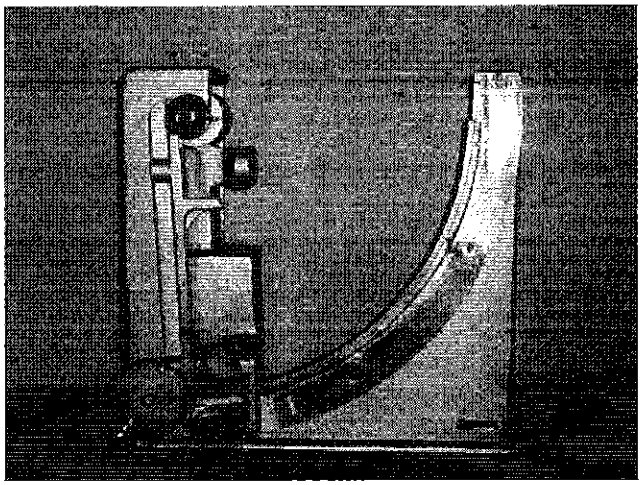
2.2.2 เพื่อให้นักศึกษามีทักษะและประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

2.3.3 ทำให้ทราบถึงผลของส่วนผสมของทราย ต่อ คุณสมบัติต่างๆ และ มองเห็นความสำคัญของการควบคุมคุณภาพของทรายหล่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตงานหล่อโลหะ

2.3 วัสดุและอุปกรณ์

2.3.1 ชิ้นงานตัวอย่างทรายแบบลักษณะเดียวกันกับชิ้นงานทดสอบความโปร่งอากาศโดยเตรียมชิ้นงานทั้งหมด 10 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ชิ้นงานทดสอบทรายแบบชื้น (Green sand) จำนวน 10 ตัวอย่าง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จำนวน 5 ตัวอย่าง

2.3.2 เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Universal sand testing machine) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



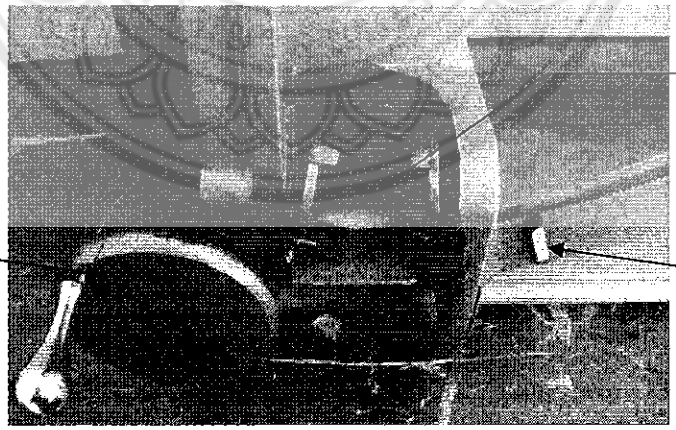
รูปที่ 2.1 เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

2.4 วิธีการทดลอง

2.4.1 นำชิ้นงานตัวอย่างทรายแบบวางลงบนตำแหน่งที่จัดยึดตัวอย่างทดสอบโดยชิ้นงานทดสอบจะอยู่ระหว่างแท่นวางและตุ้มน้ำหนักเพนดูลัม (Pendulum) ที่ติดกับแขนที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

2.4.2 ติดแม่เหล็กไว้ที่ตำแหน่งสำหรับอ่านค่าการทดสอบความแข็งแรงของทราย แม่เหล็กจะเคลื่อนที่ตามน้ำหนักของเพนดูลัม

2.4.3 หมุนคันโยกให้แขนตัวขับเคลื่อน เคลื่อนที่ไปตามส่วนโค้ง ปล่อยให้น้ำหนักเพนดูลัมอัดชิ้นงานทรายตัวอย่างจนชิ้นงานแตก ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะการทำงานเครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

2.4.4 อ่านค่า ณ ตำแหน่งที่แม่เหล็กเคลื่อนที่ตามน้ำหนักเพนดูลัมค้างอยู่ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2)

1.5 ตารางผลการทดสอบความแข็งแรงของทรายแบบ (Strength of foundry sands)

ตัวอย่างการทดลองที่ (ใช้น้ำหนัก 160 g)	ค่าที่ได้จากเครื่องทดสอบความแข็งแรงกด (kN/m^2)	ความแข็งแรงของทรายแบบชื้น (kg/cm^2)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

1.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ภาคผนวก ง

คู่มือชุดปฏิบัติการทดสอบการทดสอบปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay content test)

การปฏิบัติการที่ 3
การทดสอบปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ
(Clay content test)

3.1 ความสำคัญของการทดสอบ

ดินเหนียว (Clay) เป็นตัวประสานชนิดหนึ่ง ที่ใช้เป็นส่วนผสมที่สำคัญของทรายแบบหล่อ เพราะทรายเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะปั้นแบบหล่อได้เนื่องจากขาดความแข็งแรง ดังนั้นในการทำแบบหล่อทราย จึงใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสานเพื่อทำให้เกิดความแข็งแรงของทรายทำแบบ โดยจะใช้ดินเหนียวตั้งแต่ 2 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของแบบหล่อ และชนิดของดินเหนียว ดังนั้น การตรวจสอบปริมาณดินเหนียวที่ยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างโดยสามารถห่อหุ้มเม็ดทรายดูดซึมน้ำแล้วขยายตัวทำให้มีความเหนียว ทำให้ทรายแบบมีความแข็งแรงทั้งในสภาพชื้นและสภาพร้อน

3.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

3.1.1 เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจถึงกรรมวิธีการตรวจสอบปริมาณเปอร์เซ็นต์ดินเหนียว ตามมาตรฐาน A.F.S.

3.2.2 เพื่อให้นักศึกษามีทักษะและประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

3.2.3 ทำให้ทราบถึงผลของส่วนผสมของทราย ต่อ คุณสมบัติต่างๆ และ มองเห็นความสำคัญของการควบคุมคุณภาพของทรายหล่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตงานหล่อโลหะ

3.3 วัสดุและอุปกรณ์

3.3.1 ดินเบนโทไนท์ ประเภทโซเดียม

3.3.2 ทรายแก้ว

3.3.3 ทรายแบบ

3.3.4 Methylene blue ที่ความเข้มข้น 0.1 %

3.3.5 Sodium Pyrophosphate ปริมาณ 2 % ของน้ำ 50 c.c.

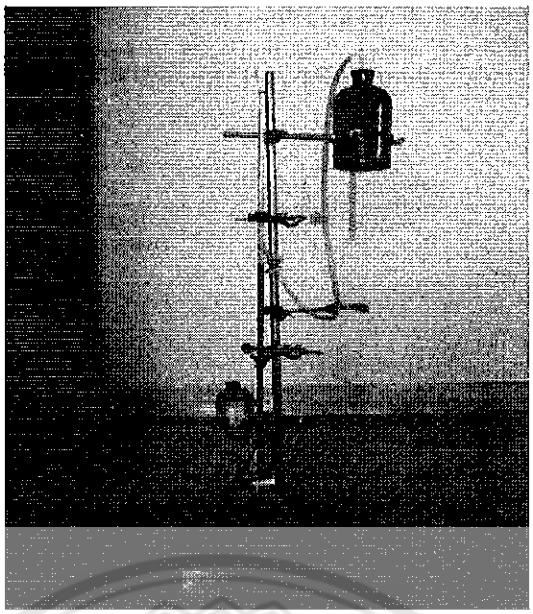
3.3.6 ผงซิลิคอนคาร์ไบด์ ขนาด 220 เมช

3.3.7 ชุดเครื่องทดสอบ Methylene blue clay tester ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.3.8 Buret

3.3.9 กระดาษกรอง

3.3.10 เครื่องชั่ง ความละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.1 เครื่องมือตรวจสอบปริมาณ Active clay; Methylene blue testing

3.4 วิธีการทดลอง

การทดสอบจะกระทำ 2 ขั้นตอน เริ่มต้นด้วยขั้นตอนที่ 1 คือ การสร้าง Calibration curve ตามด้วย ขั้นตอนที่ 2 คือ การหาปริมาณ Active clay ในทรายแบบหล่อ

ขั้นตอนที่ 1 การสร้าง Calibration curve

1. ทำการเตรียมส่วนผสมที่มีเบนโตไนท์จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและทรายแก้วจำนวน 90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทำการชั่งเบนโตไนท์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสแล้ว จำนวน 0.5 กรัม และชั่งทรายแก้วที่มี Fineness number 60-90 จำนวน 4.5 กรัม ทำการผสมทรายแก้วกับเบนโตไนท์ในบีกเกอร์สเตนเลส

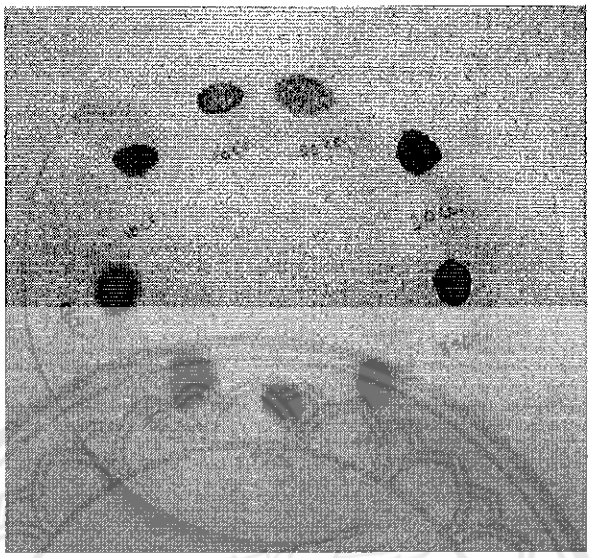
2. เติมผงซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide) ขนาดความละเอียด #220 mesh จำนวน 5 กรัม ลงไปผสมกับทรายและเบนโตไนท์

3. เติม Sodium Pyrophosphate ($Na_4P_2O_7$) 2 เปอร์เซ็นต์ลงในส่วนผสม 50 c.c.

4. เติมสารละลาย Methylene blue โดยใช้ Buret โดยเติมประมาณ 80 - 90 % ที่คาดว่าจะต้องใช้ จากนั้น ทำการกวนผสมส่วนผสมในบีกเกอร์โดยใช้ใบพัดกวนเป็นระยะเวลา ในเวลา 2 นาที โดยพยายามอย่าให้ส่วนผสมของเบนโตไนท์ติดใบพัดมากเกินไป

5. นำแท่งแก้วจุ่มในส่วนผสม แล้วหยดลงบนกระดาษกรอง (hardened 50) ที่วางบนบีกเกอร์ ให้เขียนกำกับปริมาณ Methylene blue ที่ใช้ ณ แต่ละจุดการทดลอง สังเกตดูรัศมีเปนวงสีฟ้า (Blue halo) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 หากไม่ปรากฏรัศมีของ Blue halo แสดงว่าปริมาณ Methylene blue น้อยเกินไป หรือเรียกว่า Weak halo ให้ทำซ้ำอีกโดยเพิ่ม Methylene blue อีก 1 c.c. และใช้เวลากวน 2 นาที และถ้ายังไม่ปรากฏ Blue halo ชัดเจน ให้ทำต่อไปอีกจนปรากฏ

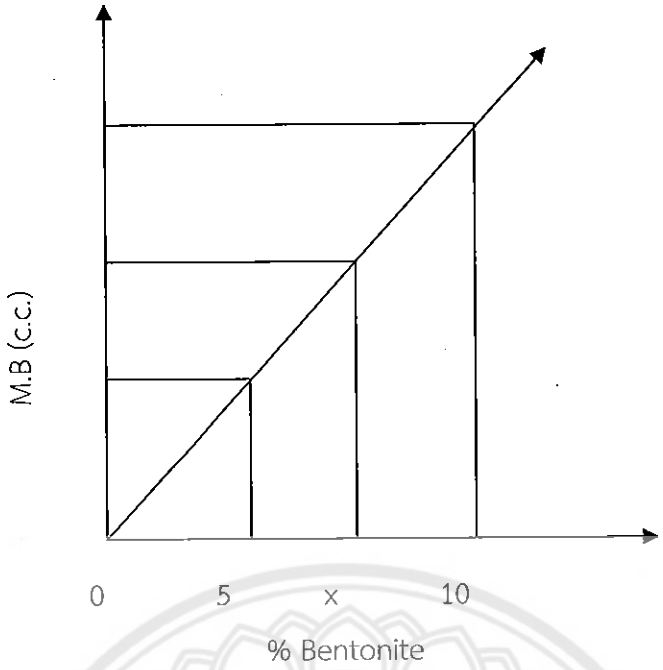
blue halo ชัดเจนเรียกว่า Good halo แต่หากเห็นเป็นวงกว้างมากขึ้น จนอยู่ในลักษณะที่เรียกว่า Qver halo จึงหยุดเติมและบันทึกค่าปริมาตรของ Methylene blue (หน่วย c.c.) ที่ทำให้เกิดลักษณะGood blue halo ที่ชัดเจนที่สุดไว



รูปที่ 3.2 แสดงปริมาณ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo

6. ทำการทดลองในลักษณะเดิมโดยเปลี่ยนปริมาณเปอร์เซนต์ของเบนโตไนท์เป็น 5 % (เบนโตไนท์จำนวน 0.25 กรัม : ทรายแก้ว 4.75 กรัม) บันทึกปริมาตรของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo ชัดเจน

7. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ Methylene blue ที่ทำให้เกิด Blue halo ในการทดลองส่วนผสมที่มีเบนโตไนท์ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับดังแสดง ในรูปที่ 3.3 จะได้ Calibration Curve ซึ่งเป็นเส้นตรงผ่านจุด Origin



รูปที่ 3.3 Calibration curve

ขั้นตอนที่ 2 การหา Active clay ในทรายแบบ

1. ชั่งทรายแบบที่อบแห้งแล้วจำนวน 5 กรัม ในบีกเกอร์ แล้วผสม Sodium Pyrophosphate ความเข้มข้น 2 % จำนวน 50 c.c. แล้วนำไปวางในเครื่อง Ultrasonic vibration แล้วเปิดเครื่องให้ทำงานเป็นเวลา 5 นาที

2. เติมสารละลาย Methylene blue จำนวน 80-90% ของที่คาดคะเนไว้ แล้วนำไปกวน 2 นาที ลักษณะเดียวกับที่ทำในขั้นตอนการสร้าง Calibration Curve

3. ทำการทดสอบ Blue halo บนกระดาษกรอง ถ้าไม่ปรากฏ Blue halo ในครั้งแรก ให้ทำการทดลองต่อไป โดยเพิ่มสารละลาย Methylene blue ครั้งละ 1 c.c. จนปรากฏ Blue halo ชัดเจน

4. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เบนโตไนท์จาก Calibration Curve

3.5 ตารางบันทึกผลการทดสอบปริมาณดินเหนียวในทรายแบบ (Clay content test)

จากการทดลองหาปริมาณดินเหนียวด้วยวิธีการ Methylene Blue Clay Tester โดยทำการทดลองหาปริมาณเบนโทไนท์ 5% , 10% และทรายแบบ โดยเพิ่มปริมาณปริมาณ Methylene Blue ทีละ 0.5 c.c. , 1 c.c. และ 2 c.c. ตามลำดับ

c.c.	ปริมาณการเติม Methylene Blue (c.c.)		
	5 % เบนโทไนท์	10 % เบนโทไนท์	ทรายแบบตัวอย่าง
	ช่วงที่ทำให้เกิด Blue halo	ช่วงที่ทำให้เกิด Blue halo	ช่วงที่ทำให้เกิด Blue halo
0.5			
1			
2			
ค่าเฉลี่ย			

3.5.1 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ Methylene Blue ที่ทำให้เกิด blue halo ในการทดสอบส่วนผสมที่มีเบนโตไนท์ 5 , 10 เปอร์เซ็นต์

3.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ภาคผนวก จ

คู่มือชุดปฏิบัติการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

การปฏิบัติการที่ 4
การทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

4.1 ความสำคัญของการทดสอบ

ส่วนผสมของทรายหล่อโดยทั่วไป ประกอบด้วย ทราย ตัวประสาน น้ำ และ สารเพิ่มพิเศษสำหรับแบบหล่อทรายชื้น ส่วนมากจะใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสาน ขนาดของเม็ดทรายจะเป็นข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดปริมาณส่วนผสมของตัวประสาน และน้ำสำหรับแบบหล่อทรายชื้น และจะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติต่างๆของแบบหล่อ เช่น ความโปร่ง ความแข็งแรง เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทดสอบหาขนาดของทรายที่จะนำมาทำแบบหล่อ

4.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

4.2.1 เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจถึงกรรมวิธีการตรวจสอบหาขนาดความละเอียดตามมาตรฐาน A.F.S.

4.2.2 เพื่อให้นักศึกษามีทักษะและประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

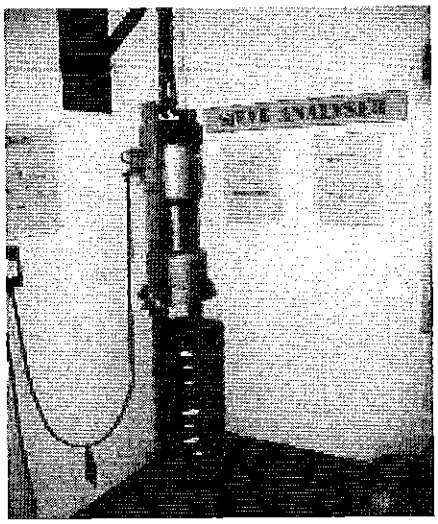
4.2.3 ทำให้ทราบถึงผลของขนาดของทรายทำแบบ ต่อ ส่วนผสมของทราย ต่อ คุณสมบัติต่างๆ และมองเห็นความสำคัญของการควบคุมคุณภาพของทรายหล่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตงานหล่อโลหะ

4.3 วัสดุและอุปกรณ์

4.3.1 ทรายที่ได้จากการทดสอบหาปริมาณดินเหนียว (แยกดินเหนียว-ออก)

4.3.2 ชุดเครื่องทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve set) จำนวน 11 ชั้น โดยมี Mesh number 6, 12, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200 และ 270 ตามลำดับ โดยตะแกรงที่มี Mesh number ที่ต่ำสุดจะอยู่ด้านบนสุด แต่ละ Mesh number จะมีขนาดช่องเปิด (Opening) ขนาดต่างๆ กัน

4.3.3 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง



รูปที่ 4.1 เครื่องมือทดสอบขนาดอนุภาคของทราย

4.4 วิธีการทดลอง

4.4.1 ตักทรายใส่ลงในตะแกรงชั้นบนสุด (Mesh number ต่ำที่สุด) แล้วปิดให้สนิท

4.4.2 เปิดเครื่องทำการเขย่าตะแกรงทั้ง 11 ชั้น โดยใช้เวลาสั่นเขย่า 15 นาที เพื่อให้ทรายผ่านตะแกรงไปตามลำดับ ทรายละเอียดจะผ่านตะแกรงไปได้เรื่อยๆ ส่วนทรายหยาบจะตกค้างอยู่ตามตะแกรงในชั้นต่างๆ ตามขนาดของเม็ดทราย

4.4.3 เมื่อสิ้นสุดการเขย่า ให้แยกตะแกรงแต่ละชั้นออกมา นำทรายที่ติดอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นรวมทั้งทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 270 ที่ตกลงไปอยู่ในถาดข้างล่าง ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 3 ตำแหน่ง นำค่าที่ได้ไปคำนวณ

$$\text{ความละเอียดของทราย} = \frac{\text{ผลรวมทั้งหมดของผลคูณ}}{\text{ผลรวมของทรายที่ค้างตะแกรง}}$$

4.5 ตารางผลการทดสอบความละเอียดของทราย (Sieve analysis)

นัมเบอร์ตะแกรง (Mesh number)	ปริมาณทรายที่ค้างตามตะแกรง (g)	ค่าคงที่ (Multiplier)	ผลคูณ (Product)
6		3	
12		5	
20		10	
30		20	
40		30	
50		40	
70		50	
100		70	
140		100	
200		140	
270		200	
ถาดรองรับ(Pan)		300	
ผลรวม			

4.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายพิยะพงษ์ คำอ่อน

ภูมิลำเนา 185 หมู่ 5 ถ.สิงหวัฒน์ ต.บ้านคลอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลก-พิทยาคม จ.พิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 8 สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: niknek_s@hotmail.com