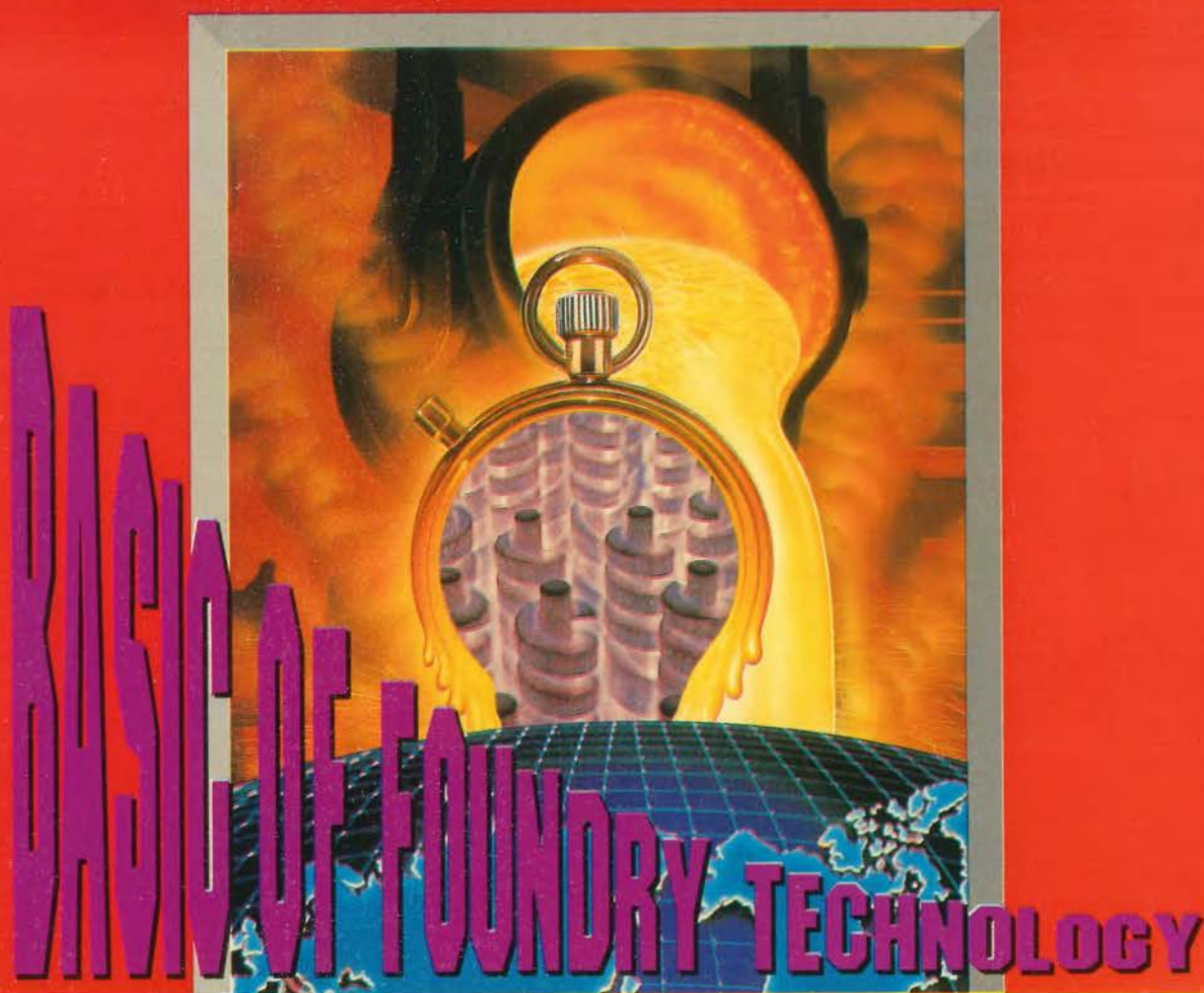


ชื่อหนังสือ หล่อโลหะเบื้องต้น
รหัสสินค้า 9789748321912

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
RAJAMANGALA INSTITUTE OF TECHNOLOGY
วิทยาเขตนนทบุรี

หล่อโลหะเบื้องต้น

BASIC OF FOUNDRY TECHNOLOGY



เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์ กอ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

CERT. (METAL FOUNDRY & PATTERN MAKING)

วุฒิไกร บุรณเจริญ กอ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

เทคโนโลยีพื้นฐาน BASIC OF FOUNDRY TECHNOLOGY



SKYBOOK COMPANY LIMITED

บริษัท สกายบุ๊คส์ จำกัด

515/276-8 ถ.รัชฎาธิศ-ปทุมธานี ต.ปทุมธานี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์: 5675105, 5675119, 9581125-7 โทรสาร: 5675105

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2538

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ห้ามคัดลอกถ่ายเอกสารหรือพิมพ์

หรือวิธีหนึ่งวิธีใดของหนังสือเล่มนี้ก่อนได้รับอนุญาต

จากบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

ราคา 130 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

เทพนรินทร์ ประพันธ์พัฒน์

หล่อโลหะเบื้องต้น

1. โลหะ - - การหล่อ I. ชื่อเรื่อง

671 . 2

ISBN 974-8321-91-6

S7901-30-0795

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

SKY BOOK COMPANY LIMITED

515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

โทรศัพท์: 5675105, 5675119, 9581125-7

โทรสาร: 5675105

พิมพ์ที่ บริษัทสยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด

1776-1784 ถนนพระราม 4 แขวงเกษมราษฎร์ คลองเตย พระโขนง กรุงเทพฯ 10110

โทรศัพท์: 2490250, 2490447, 2490295, 2490299



คำนำ

หนังสือหล่อโลหะเบื้องต้น (Basic of Foundry Technology) จัดทำขึ้นมาเพื่อให้นักศึกษาสายช่างอุตสาหกรรม สาขาช่างกลโรงงาน ช่างกลโลหะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม เทคนิคอุตสาหกรรม สาขางานรองหล่อโลหะ สาขางานรองเครื่องจักรอัตโนมัติ ผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ระดับชั้น ปวส. 2 (หลักสูตร 4 ปี) และปวช. 3 ซึ่งผู้เรียบเรียงได้เขียนเนื้อหาครอบคลุมหลักสูตรสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และกรมอาชีวศึกษาของทั้ง 2 สถาบัน ในหนังสือเล่มนี้จะประกอบไปด้วยเนื้อหาในภาคทฤษฎีเป็นหลัก และจะอ้างอิงในภาคปฏิบัติในบางช่วงของเนื้อหาในบทเรียนในแต่ละบท

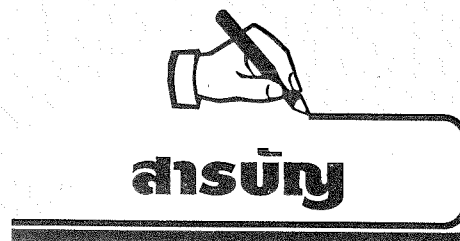
อนึ่งหนังสือเล่มนี้สำเร็จได้ตามความตั้งใจ ก็ต้องขอขอบพระคุณคุณสิทธิพงษ์ คุณา-กรเกษม แห่งบริษัทพีซีซีเอ็นอีคิวเมนต์ จำกัด คุณริ้วแห่งบริษัททรัพย์ เอ็ม ไอ จำกัด และท่านอาจารย์พงษ์วุฒิ สิทธิพล ที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านมาโดยตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการจัดทำ จนกระทั่งสำเร็จออกมาเป็นรูปเล่มเพื่อเป็นประโยชน์แก่นักศึกษา และประชาชนที่สนใจต่อไป

(นายเทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์)

1 มี.ค. 2538

ลักษณะรายวิชา

รหัสและชื่อวิชา	หล่อโลหะเบื้องต้น Basic of Foundry Technology
สภาพรายวิชา	วิชาชีพเฉพาะในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างกลโรงงาน
ระดับวิชา	ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2
พื้นฐาน	พื้นฐานงานหล่อโลหะ
เวลาเรียน	144 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ เทอมนัฏี 2 คาบ/สัปดาห์ ปฏิบัติ 6 คาบ/สัปดาห์ และนักศึกษามีเวลาศึกษานอกเวลา อีก 2 ชั่วโมง/สัปดาห์
หน่วยกิต	4 หน่วยกิต
จุดมุ่งหมายรายวิชา	1. รู้ชนิดของทรายทำแบบหล่อ และวิธีการทำแบบหล่อด้วยทราย ชนิดต่าง ๆ 2. รู้ชนิดของกระสวนอย่างง่าย ไล่แบบและกล่่งไล่แบบ 3. รู้ชนิดของเตาเบ้า เบ้าหลอม และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหลอม 4. มีทักษะในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ การทำแบบหล่อ และการ หลอมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก 5. เห็นคุณค่าความปลอดภัยในโรงงานหล่อโลหะ
คำอธิบายรายวิชา	ศึกษาเกี่ยวกับชนิดของทราย กรรมวิธีการทำแบบหล่อด้วยทราย ชนิดของกระสวนและวัสดุที่ใช้ทำสัญลักษณ์ทั่ว ๆ ไป ไล่แบบชนิด ต่าง ๆ กล่่งไล่แบบทักษะพื้นฐานในการสร้างโพรงแบบ ปฏิบัติการ ทำแบบหล่อชั้นเดียวและแบบหล่อ 2 ชั้น ขั้นตอนการหลอมโลหะ นอกกลุ่มเหล็กด้วยเตาเบ้า การบำรุงรักษาเตาและเบ้าหลอม ความ ปลอดภัยในโรงงานหล่อโลหะ



บทที่ 1	กรรทำแบบหล่อ และวิธีการทำแบบหล่อด้วยทรายชนิดต่าง ๆ	7
1.1	ทรายทำแบบหล่อ	8
1.2	วิธีการทำแบบหล่อด้วยทรายชนิดต่าง ๆ	21
1.3	การทำแบบหล่อกับพื้นโรงงาน	48
1.4	การทำแบบหล่อหีบ 2 ชั้น	49
1.5	การทำแบบหล่อหีบ 3 ชั้น	60
1.6	การทำแบบหล่อใบพัดเรือ 3 ใบ	61
1.7	การทำแบบหล่อด้วยเครื่อง	65
1.8	การทดสอบทรายหล่อ	73
	แบบฝึกหัดบทที่ 1	90
บทที่ 2	กระสวนอย่างง่าย, ไล่แบบ และกล่องไล่แบบ	93
2.1	กระสวนอย่างง่าย	94
2.2	คุณสมบัติของกระสวน	94
2.3	วัสดุที่ใช้ทำกระสวน	99
2.4	ชนิดของกระสวน	99
2.5	การเผื่อของกระสวน	113
2.6	การกำหนดสัญลักษณ์สีของกระสวน	113
2.7	ไล่แบบ	114
2.8	ป่าไล่แบบ	117
2.9	กล่องไล่แบบ	123
2.10	หมุดยึดไล่แบบ	123
2.11	การกระทุ้งไล่แบบ	131
2.12	การอบไล่แบบ	137
	แบบฝึกหัดบทที่ 2	143

บทที่ 3 เตาเผา, เตาหลอม และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหลอม 145

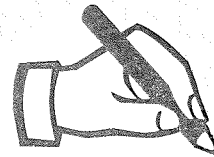
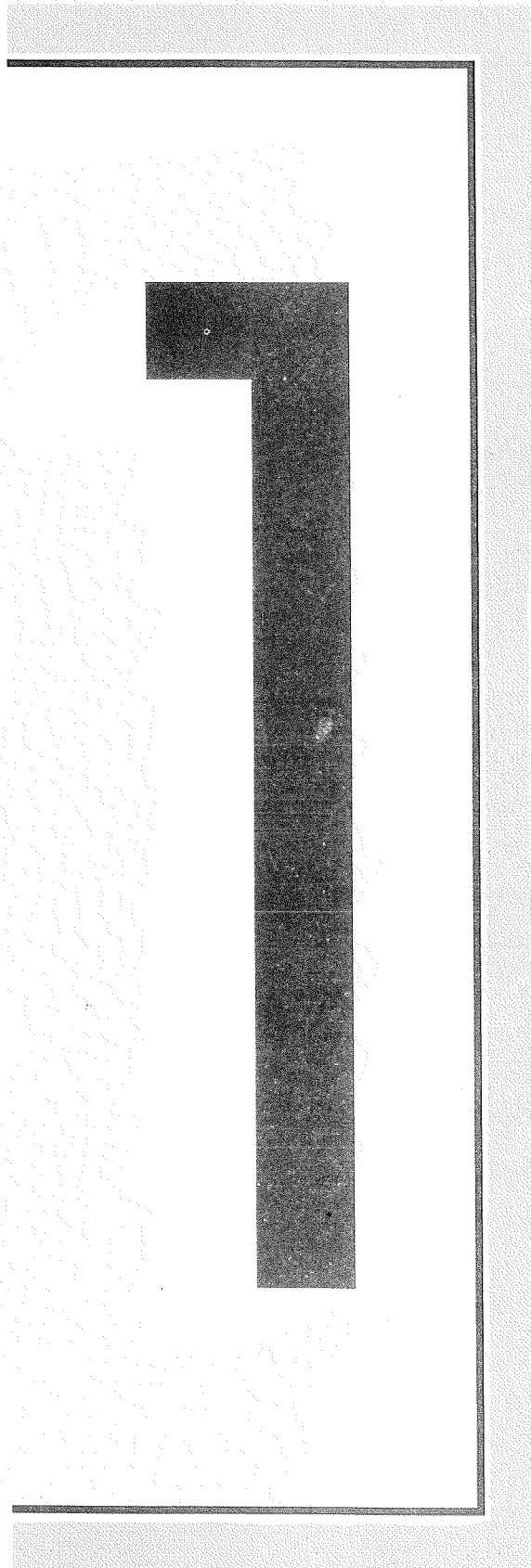
3.1 เตาเผา, เตาหลอม และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหลอม	146
3.2 เตา Open Hearth	165
3.3 เตา Side Blow	172
3.4 เตา Reverberatory	175
3.5 เตา BOF	179
3.6 เตาคิวโปลา, เตาอาร์ค และเตาเหนียวไฟฟ้า	183
แบบฝึกหัดบทที่ 3	197

บทที่ 4 เครื่องมือ, อุปกรณ์ในการทำแบบหล่อ และ การหลอมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก 199

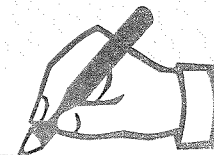
4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำแบบหล่อ	200
4.2 Gating System	208
4.3 การใช้เทคนิคสร้างระดับความแตกต่างของอุณหภูมิ ให้สูงขึ้นในโพรงแบบหล่อ	225
4.4 การหลอมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก	228
แบบฝึกหัดบทที่ 4	246

บทที่ 5 ความปลอดภัยในโรงงานหล่อโลหะ 249

5.1 ความปลอดภัยในโรงงานหล่อโลหะ	250
5.2 การทำความสะอาดชิ้นงานหล่อโลหะ	265
5.3 การตรวจสอบชิ้นงานหล่อโลหะ	269
แบบฝึกหัดบทที่ 5	285
ภาคผนวก ก. ระบบป้องกันกับชิ้นงานหล่อ	287
ภาคผนวก ข. แนวข้อสอบวิชาหล่อโลหะเบื้องต้น	303
ภาคผนวก ค. ตารางโลหะผสมในงานหล่อ	315
บรรณานุกรม	333



ทรายทำแบบหล่อ
และวิธีการทำแบบหล่อ
ด้วยทรายชนิดต่าง ๆ



1.1 ทราขายทำแบบหล่อ

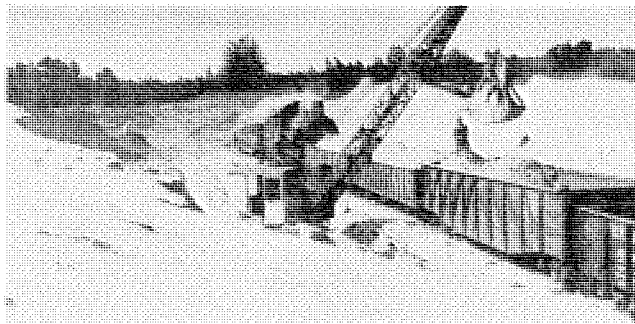
ในการทำแบบหล่อเป็นขบวนการนำทรายมาทำตามขั้นตอนต่าง ๆ จนได้เป็นแบบหล่อ (Molds) ออกมา เพื่อเตรียมไว้รอการเทน้ำโลหะลงแบบต่อไป

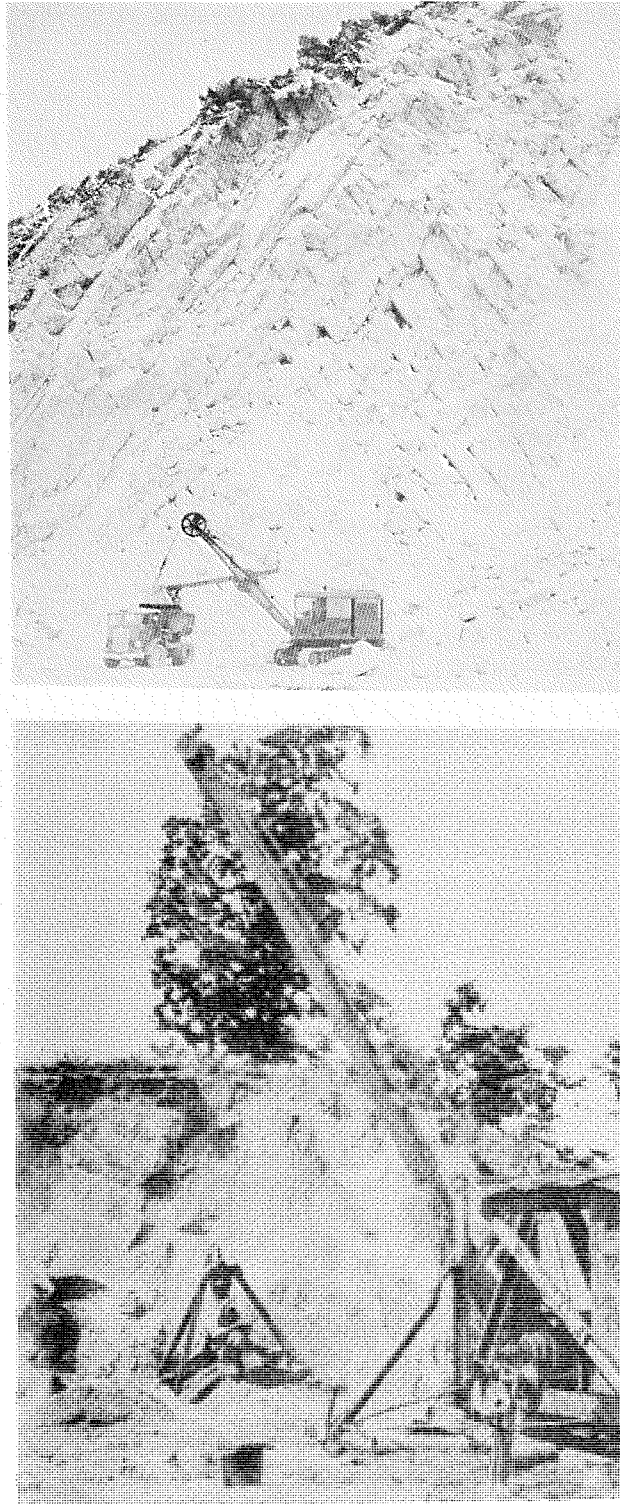
ทรายหล่อ หมายถึง ทรายที่สามารถทนความร้อนได้สูง ๆ มีต้นทุนต่ำ ทำให้เปียก หรือหมาดได้โดยง่าย มีการอัดตัวแน่นพอดี ไม่เกิดการร่วนตัวง่าย บั่นเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้โดยง่าย มีอายุยืนยาว ต้นทุนถูก ส่วนประกอบไปด้วยทราย (Silica) ผสมกับดินเหนียว (Clay) ซึ่งดินเหนียว นั้นที่นิยมใช้กันจะมีอยู่ 3 ชนิดคือ

- Keolinite
- Illite
- Bentonite

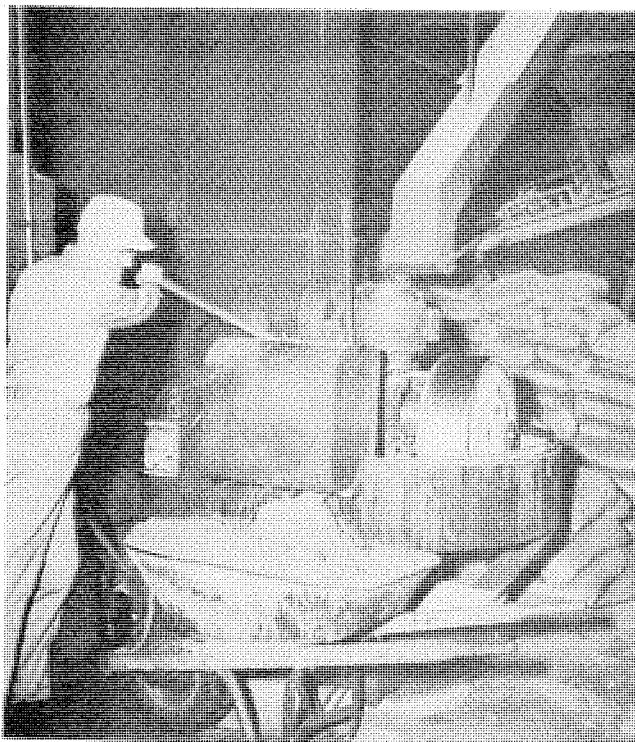
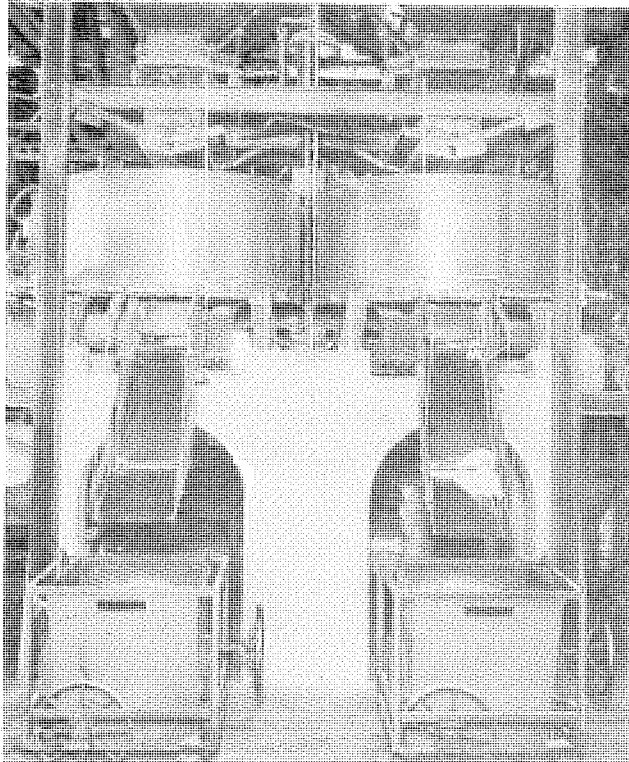
ซึ่งทั้งทรายและดินเหนียว เมื่อเติมน้ำลงไปในปริมาณที่พอดีก็จะได้ทรายหล่อที่มีดินเกาะอยู่ตามผิวเม็ดทรายนั้น ๆ เพื่อทำการยึดให้เม็ดเกาะติดกันพองได้ง่าย เมื่อตำหรือกระทุ้งในการทำแบบหล่อ นอกจากทรายซิลิกาแล้วยังมีทราย

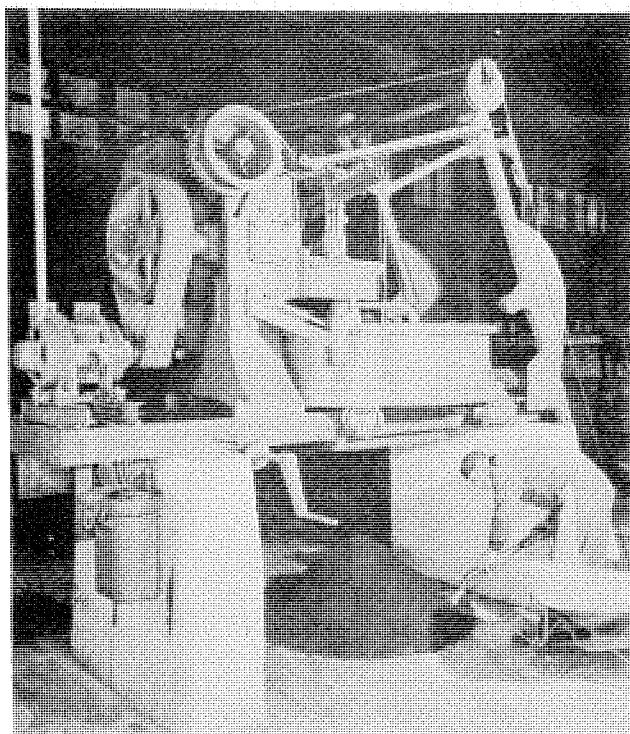
- ทราย Zircon
- ทราย Olivine
- ทราย Chromite





รูปที่ 1.1 แหล่งวัตถุดิบทรายหล่อของอเมริกา





รูปที่ 1.2 แสดงการเตรียมทรายหล่อ

เม็ดทรายหล่อ จะมีขนาดตั้งแต่ 1/500-1/12 นิ้ว ทรายหล่อส่วนใหญ่จะประกอบด้วย

- ทราย (Sand) (SiO_2 หรือ ซิลิกา)
- ดั้วประสาน (Binder)
- น้ำ (Water)
- สารเติมพิเศษ (Additives)

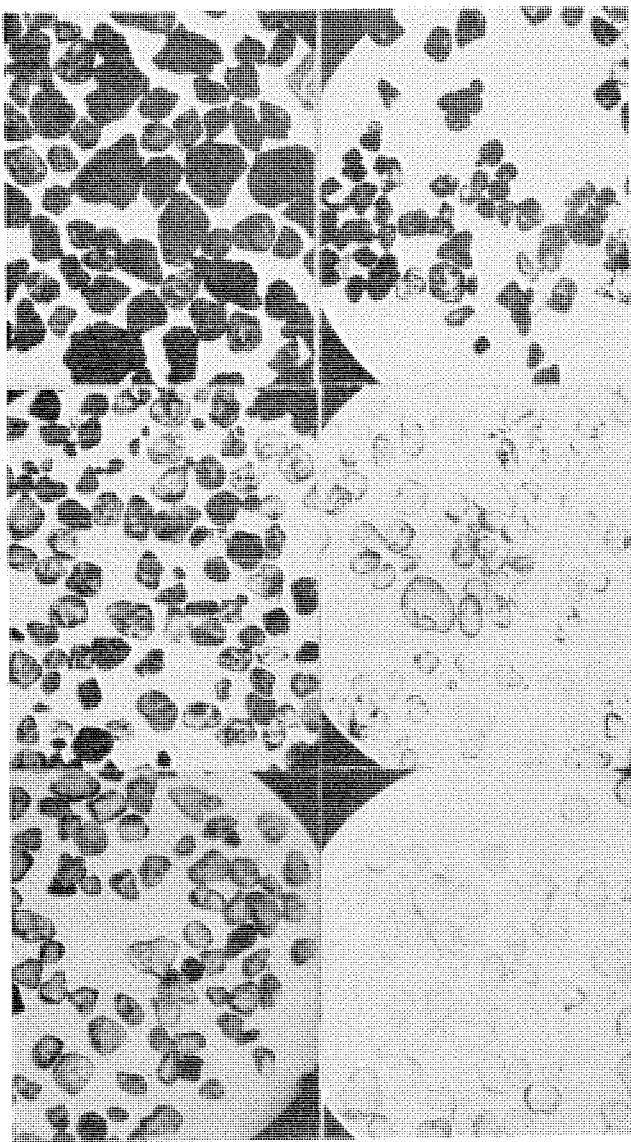
ลักษณะของทรายหล่อ จะแบ่งออกตามลักษณะรูปร่างดังต่อไปนี้

- ชนิดเม็ดมุมแหลม (Angular)
- ชนิดเม็ดมุมมน (Sub-Angular)
- ชนิดเม็ดผสม (Compound)
- ชนิดเม็ดกลม (Round)

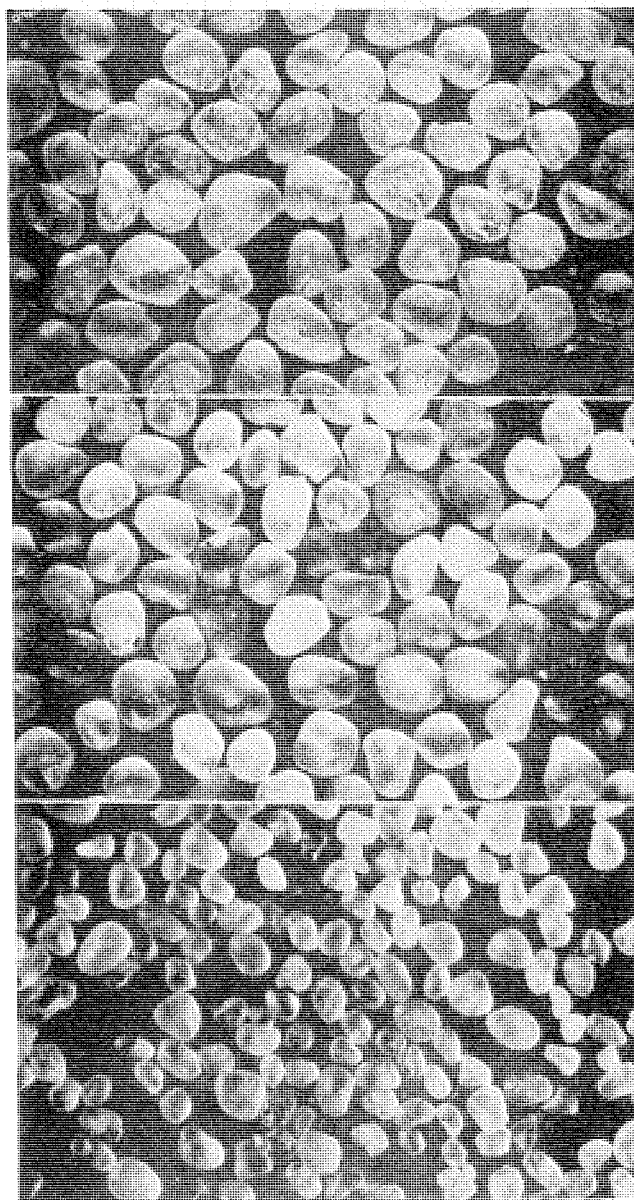
ชนิดที่ต้องการนำมาทำแบบหล่อได้ดีที่สุดคือชนิดเม็ดกลม แต่หาค่อนข้างจะยากมาก จึงนิยมใช้ชนิดเม็ดมุมมนแทนไปพลาง ๆ ก่อน

คุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อ

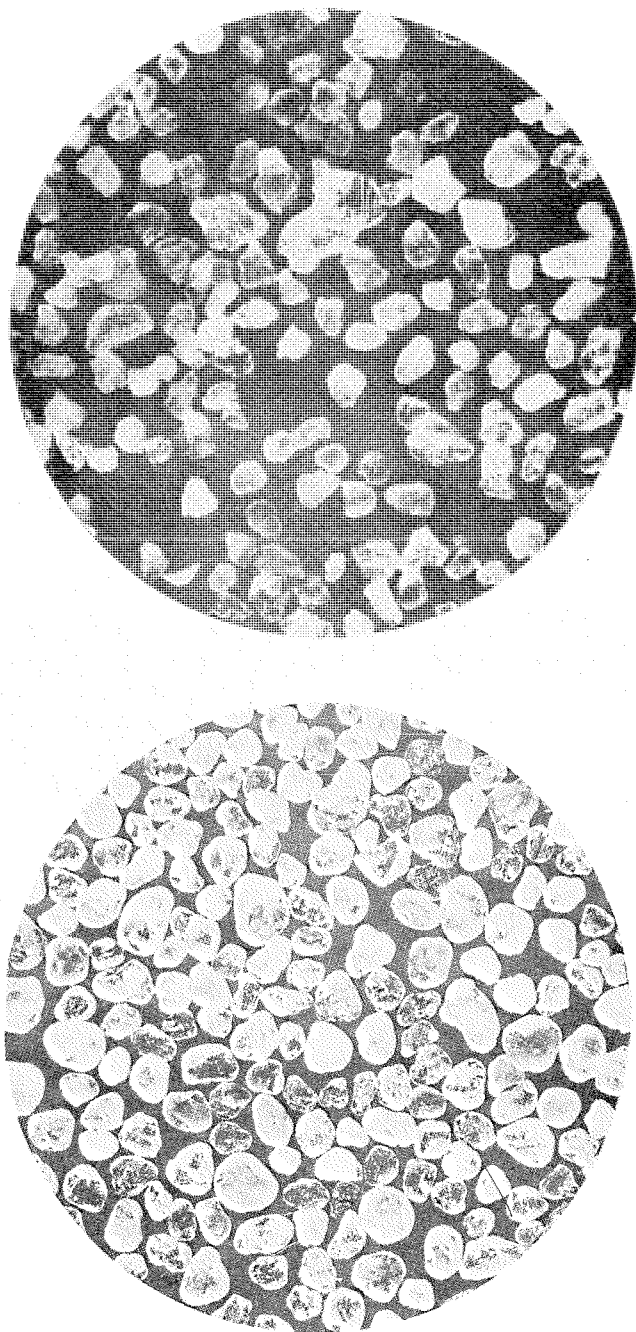
- จะต้องสามารถระบายแก๊สได้ดี
- ทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ได้ดี
- แน่นและรักษารูปทรงการจับก้อนกันได้ดี
- ทนต่อแรงดันจากน้ำโลหะที่มีอุณหภูมิสูง ๆ ได้



รูปที่ 1.3 แสดงขนาดรูปร่างของทรายหล่อ



รูปที่ 1.4 ขนาดของเม็ดทราย



รูปที่ 1.5 แสดงทรายเม็ดกลม (หาได้ยาก)

ทรายที่ใช้ในขบวนการทำแบบหล่อ (Sand Molds) ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ทรายหล่อธรรมชาติ (Natural Mold Sand) ประกอบด้วยทรายซิลิกา (SiO_2) ผสมกับดินเหนียว (Clay ชนิด Aluminium Silicate โดยเป็นไปตามธรรมชาติ (Weathering)) จึงเหมาะแก่การทำแบบหล่อเหล็กหล่อ และโลหะที่ไม่ใช่เหล็กบางชนิดในทรายธรรมชาตินี้เราจะพบสารอินทรีย์บางชนิดอยู่เป็นจำนวนมาก

ทรายธรรมชาติ หาได้จากการขุดมาแล้วทำการแยก ชากพีช รากไม้ ใบไม้ออกให้หมด แล้วทำการเติมน้ำผสมลงไปได้ทันที

ข้อดีของทรายหล่อธรรมชาติ

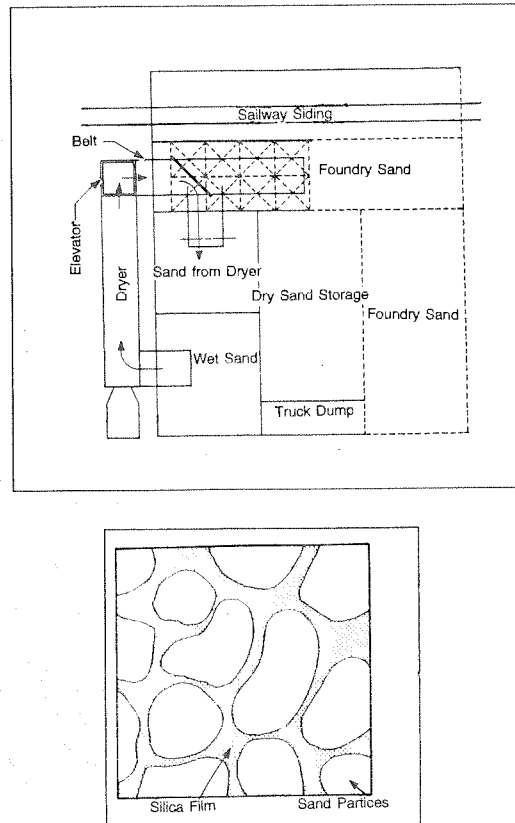
1. เม็ดทรายมีขนาดสม่ำเสมอ
2. อัดตัวได้ดีในแบบหล่อ
3. ไม่แยกตัวในขณะขนย้ายหีบหล่อ
4. ทำงานในช่วงความชื้นปกติ (4.8%) ได้ดี
5. ไม่แห้งเร็วเหมือนทรายวิทยาศาสตร์ (ทรายสังเคราะห์)
6. ไม่ต้องควบคุมคุณภาพมากนัก เพราะหาได้ง่ายและราคายังถูกอีกด้วย

ข้อเสียของทรายหล่อธรรมชาติ

1. ปริมาณความชื้นจะขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศ
2. มักจะมีรากไม้ ชากพีช ชากสัตว์ ใบไม้ปะปนอยู่
3. มีปริมาณดินเหนียวมากจนเกินไป
4. ควบคุมส่วนผสมได้ลำบาก
5. ต้องนำไปผสมกับทรายเก่า ๆ ก่อนจึงค่อยนำไปใช้งานได้
6. เมื่อใช้ไปนาน ๆ แล้วจะเป็นสีดำ

2. ทรายหล่อวิทยาศาสตร์ (Synthetic Mold Sand) เป็นทรายที่ได้จากการรวมของทรายที่มีรูปร่างมุมแหลมคมและถูกชะล้างให้สะอาด แล้วนำมาผสมกับดินเหนียวเข้ากันในอัตราส่วน 4% และควรให้มีความชื้น (Moisture) ในปริมาณที่น้อยกว่า 4% ซึ่งจะช่วยให้ทรายมีการเกาะยึดตัวแข็งแรงพอดี

ทรายวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะเป็นทรายซิลิกา (SiO_2) ทราย Zircon ทราย Olivine และทราย Chromite แล้วนำมาผสมกับตัวประสาน (Binder), น้ำและสารเติมพิเศษต่าง ๆ ตัวประสานสำหรับทรายวิทยาศาสตร์แล้วจะนิยมใช้เบนโทไนท์ (Bentonite) กันมาก



รูปที่ 1.6 แสดง Flow Diagram ของโรงงานทำแบบหล่อทราย และทรายจากขบวนการ CQ

ตารางที่ 1.1 Effect of Different Sands on Strength and Working Properties

Sand Type	AFS GFN	Working Time (min)	Stripping Time	Cured Tensile Strength, psi (approx.)			
				4 hr	20 hr	24 hr	Rel. Hum. @100%
Lake	50-60	35	75 min	192	230	235	190
Lake 67%							
Bank 33%	80-100	60	5 hr 10 min	40	125	135	110
Lake 85%							
Bank 15%	70-100	60	3 hr 50 min	70	170	155	120
Silica	60-75	15	30 min	180	250	255	185

ตารางที่ 1.2 Synthetic Sand Properties Versus Section Size and Weight

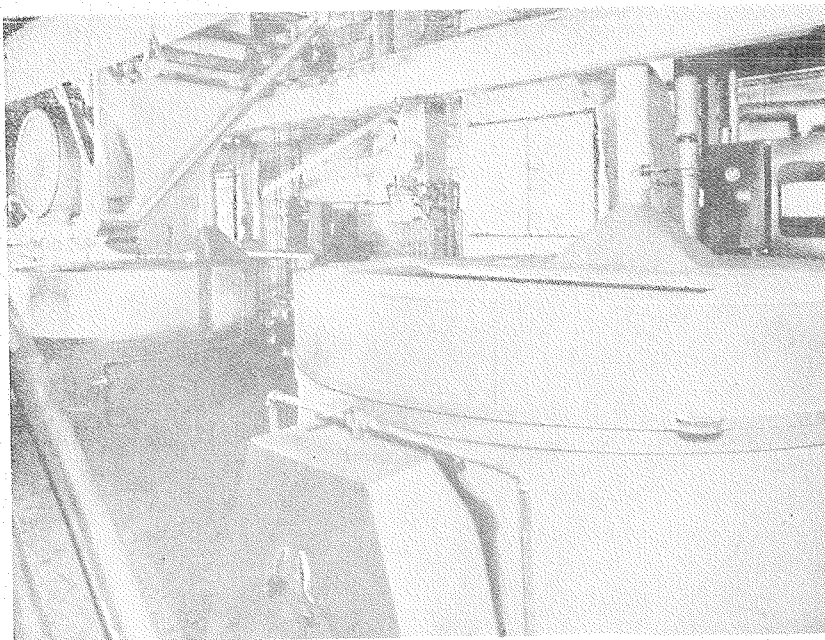
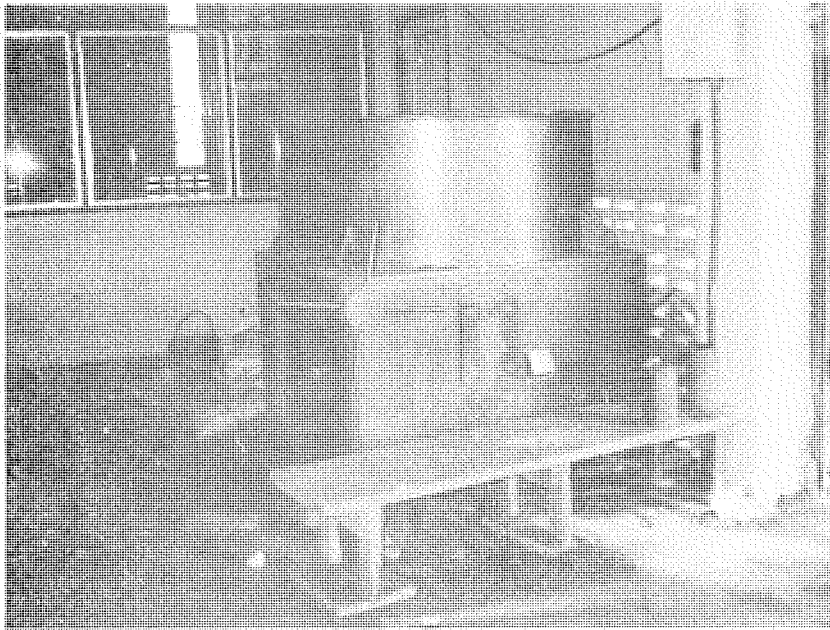
Weight lb	Section Thickness, in.	AFS Permeability	Green Compressive Strength, psi	Moisture, per cent
up to 1	1/8	20	10-	3.6
1 - 10	1/4-1/2	30	12-	3.6
10 - 50	1-2	40	12	3.5
50 -100	3	50	14	3.5
100 -200	4	60	14	3.4
200 -250	5	80	16	3.3
1000- up	6	100	16	3.2

ตารางที่ 1.3 Olivine Sand Mixtures

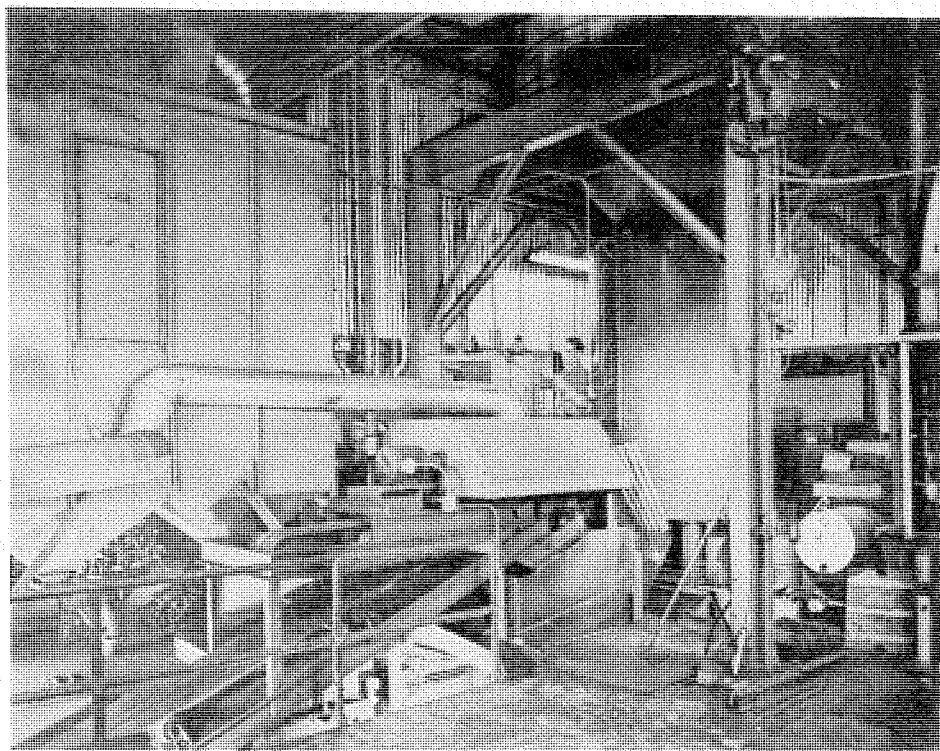
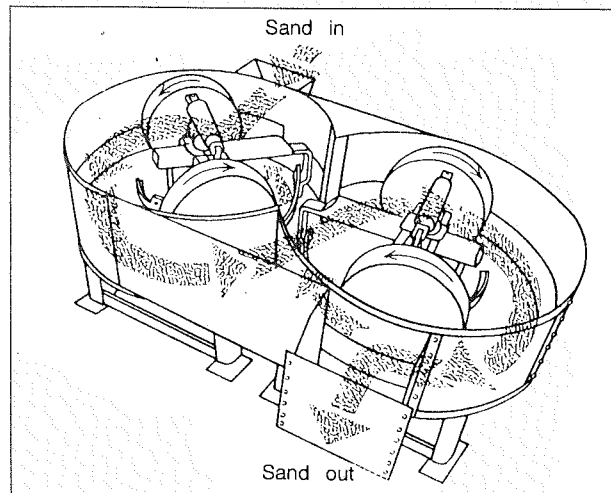
	Mixture			
	1	2	3	4
Olivine sand, AFS,GFN,				
60-90	96 lb	96 lb	95 lb	90 lb
Olivine flour	-	-	-	10 lb
Western bentonite	4 lb	2 lb	5 lb	3 lb
Southern bentonite	-	3 lb	-	-
Cereal (corn flour)	-	-	3/4 lb	1/4 lb
Water	2.2 lb	2.3 lb	2.2 lb	2.2 lb

ตารางที่ 1.4 Synthetic Sand

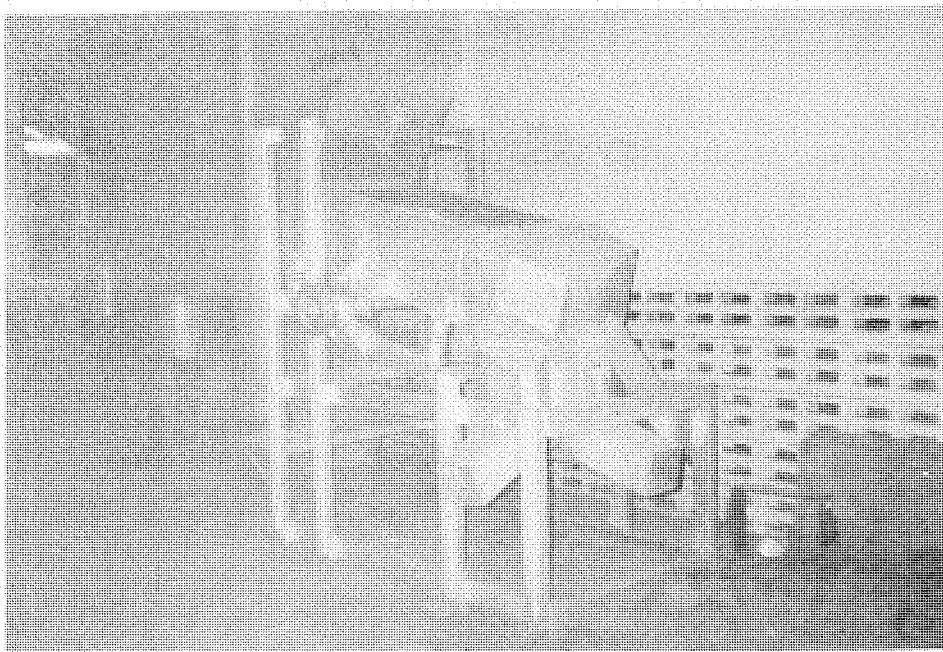
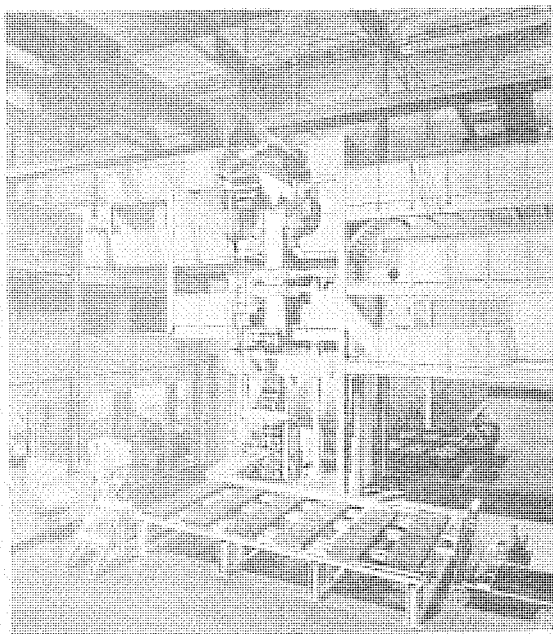
AFS grain size silica sand	140
Bentonite (blended if necessary)	6%
Permeability	35
Green compression strength, psi	12
Carbonized stabilizer	1 1/2%
Moisture	2-3 %



รูปที่ 1.7 ไม่ทรายวิทยาศาสตร์



รูปที่ 1.8 โมแบบ 2 ระบบ และขบวนการ Recycle ทรายหล่อ



รูปที่ 1.9 เครื่องร่อนทราย และการลำเลียงได้แบบ

ข้อดีของทรายหล่อวิทยาศาสตร์ (ทรายหล่อสังเคราะห์)

1. อายุการใช้งานนานกว่าทรายหล่อธรรมชาติ
2. อัตราลมผ่าน (PM) ดีกว่าทรายหล่อธรรมชาติ
3. มีแก๊สอยู่น้อย เนื่องจากใช้วัตถุนิรภัยทั้งสิ้น
4. ปริมาณน้ำพอดี (ทำแบบหล่อได้ดี)
5. สามารถตำหรือกระทุ้งแบบได้แน่นกว่าทรายหล่อธรรมชาติ โดยไม่มีปัญหาใด ๆ
6. มีอายุยืนยาวกว่าทรายหล่อธรรมชาติ
7. คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม
8. ควบคุมคุณภาพได้ง่ายกว่าทรายหล่อธรรมชาติ

ข้อเสียของทรายหล่อวิทยาศาสตร์ (ทรายหล่อสังเคราะห์)

1. แห้งเร็วเมื่อทิ้งแบบหล่อไว้นาน ๆ
2. ขอบเขตปริมาณน้ำพอดี
3. ต้องใช้น้ำสะอาดในการผสมเท่านั้น
4. ต้องให้มีอัตราส่วนในการผสมที่แน่นอนและคงตัว
5. ใช้เครื่องมือทำการผสมทรายให้เข้ากัน (Muller)
6. ต้องใช้ความรู้ และความชำนาญในการตรวจสอบเม็ดทรายที่ผ่านการผสมจากไม่

ทรายแล้ว

1.2 วิธีการทำแบบหล่อด้วยทรายชนิดต่าง ๆ

โดยจะคำนึงถึงวัสดุ (Materials) ที่จะใช้ทำให้สามารถแบ่งออกได้เป็น 8 อย่างด้วยกันคือ

1. แบบหล่อทรายขึ้น นิยมเรียกว่า Green Sand Mold เป็นแบบทรายขึ้นที่ทำสำเร็จเรียบร้อยแล้ว นำมาทำการเทน้ำโลหะลงไปได้ในทันที เป็นวิธีการหล่อที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำ ราคาถูก ประหยัดเวลาในการทำได้ดีอีกด้วย

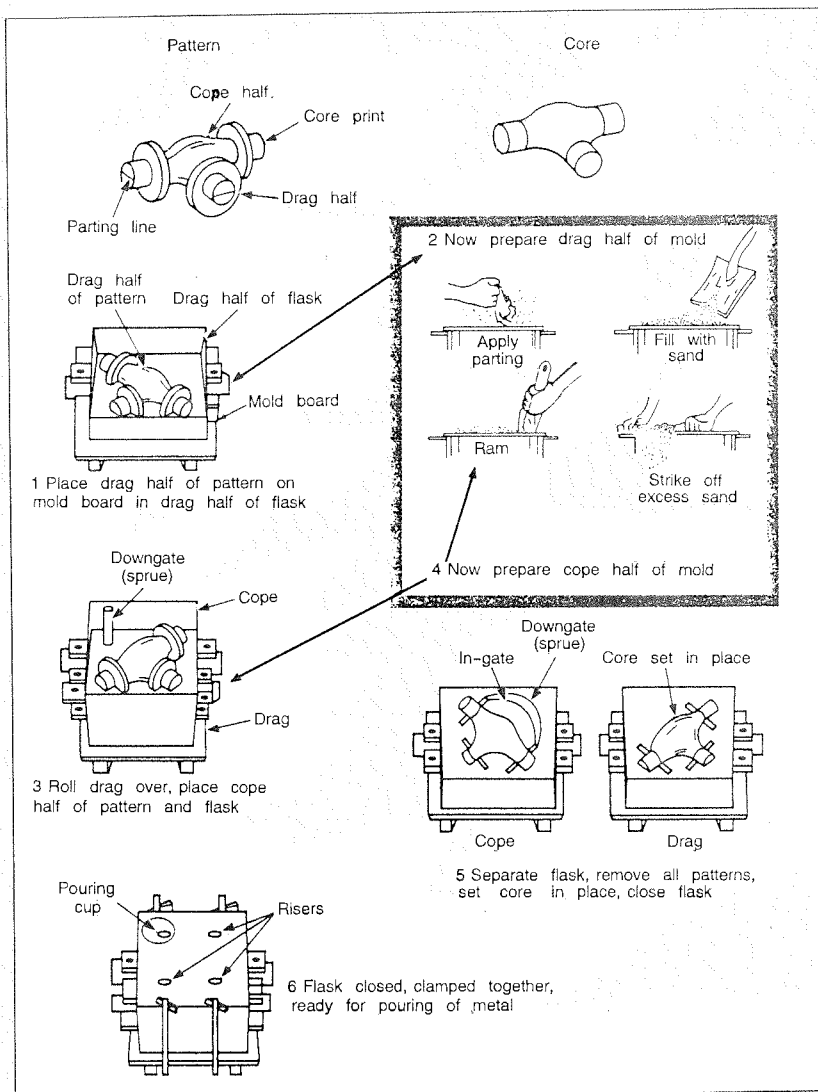
2. แบบหล่อทรายแห้งเฉพาะผิว นิยมเรียกว่า Skin Dry Mold มีหลักการทำดังนี้

2.1 เอาทรายมาโรยรอบ ๆ กระสวนให้มีความลึกประมาณ 0.5 "-1" แล้วเอาตัวประสานมาผสมให้เข้ากันเมื่อทรายแห้งแล้วก็จะเกิดการแข็งบน Molds ส่วนที่ตักค้างอยู่นั้นจะใช้ Green Sand ทำต่อไปอีกทีหนึ่ง

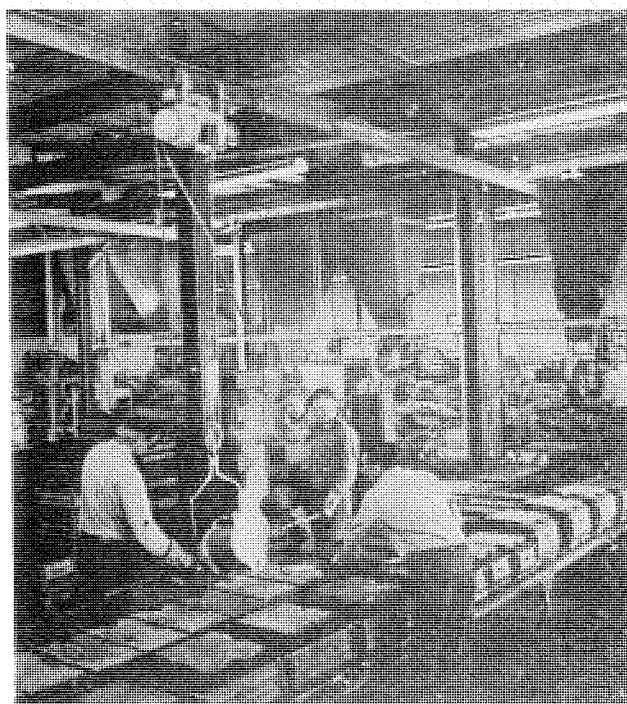
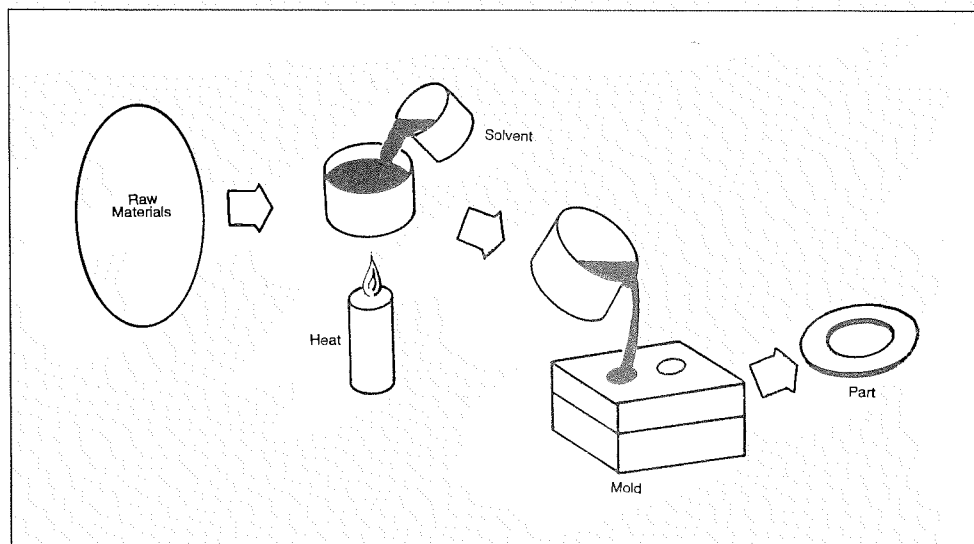
2.2 ใช้ Green Sand ทำเป็น Molds แล้วใช้น้ำยาแข็งตัวเมื่อถูกความร้อนเคลือบผิวแบบ เช่นพวกน้ำมันลินสีด หรือ Molasses เป็นต้น

3. แบบหล่อทรายแห้ง นิยมเรียกว่า Dry Sand Mold เป็นแบบหล่อที่ต้องทำการเผา Molds ก่อนทำการเทน้ำโลหะลงไป เป็นแบบที่ได้จากการผสมทรายกับตัวประสาน นิยมใช้กับงานหล่อเล็ก ๆ พวกเหล็กกล้า ส่วนผสมดังกล่าวเมื่อเกิดการแห้งหรือแข็งตัวแล้วจะให้ความแข็งแรงดียิ่ง ตัวประสานจะได้แก่น้ำมันชนิดพิเศษ (Special Oil) เป็นต้น

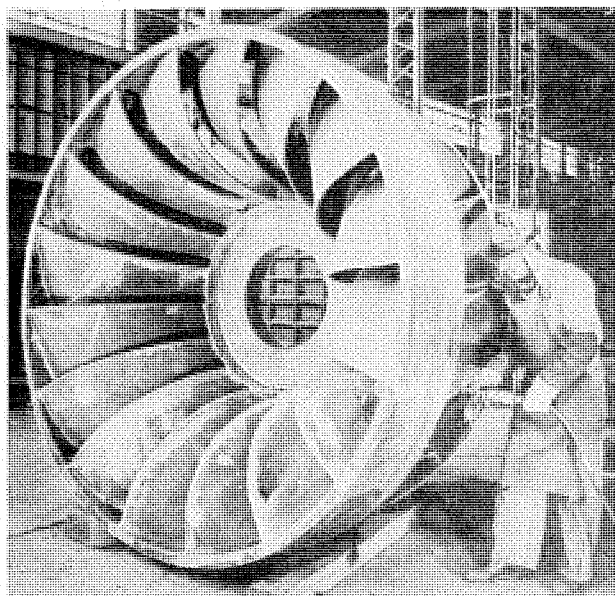
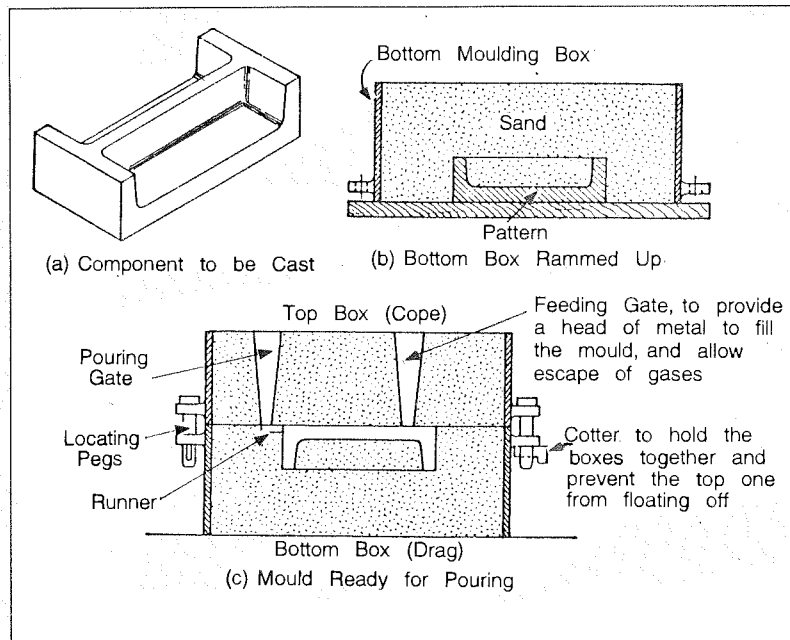
4. แบบหล่อ Loam นิยมเรียกว่า Loam Mold เป็นแบบหล่อขนาดใหญ่ ๆ สร้างโดยอิฐ หรือฉาบด้วยปูนซีเมนต์หรือปูนทนไฟอีกชั้นหนึ่ง แล้วใช้ทรายผสมกับดินเหนียวพร้อมด้วยน้ำเพื่อให้เหลวหรือเกือบ ๆ จะเหลว แล้วทำการเทลงไปในผิวหน้าของอิฐด้านบนแล้วใช้กระสวนแบบกวาด (Sweep) ทำการปาดผิวหน้าให้เป็นรูปร่างตามที่ต้องการ ก่อนเทน้ำโลหะควรเผาแบบให้ร้อนก่อนจะดีเยี่ยม



รูปที่ 1.10 แบบหล่อทรายขึ้น



รูปที่ 1.11 ขบวนการหล่อแบบพื้นฐาน และขบวนการหล่อแบบ Hi-Tech



รูปที่ 1.12 แสดง Molds ทราายและงานหล่อที่มีขนาดโต ๆ