เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชา 407 102 ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิต

Manufacturing Processes Laboratory

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

27 พฤษภาคม 2540

แก้ไขครั้งที่ 3 : พฤษภาคม 2540

คำนำ

เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตชุดนี้ จัดทำขึ้นมาเพื่อให้นักศึกษาได้อ่านและทำความเข้าใจในวัตถุประสงค์ และวิธีการของการฝึกปฏิบัติในแต่ละหัวข้อ ก่อนที่จะเข้าปฏิบัติจริง ซึ่งผู้สอนคาดหวังไว้ว่าจะทำให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้รวดเร็วยิ่งขึ้นในชั่วโมงปฏิบัติการ อย่างไรก็ตามเอกสารชุดนี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่ และไม่สามารถทำให้นักศึกษาเข้าใจได้อย่างลึกซึ้งเท่ากับการได้เรียนรู้จากการเห็นและการปฏิบัติจริง ผู้สอนจึงได้พยายามจัดทำสื่อการเรียนการสอนรูปแบบอื่น เพื่อให้เกิดประโยชน์กับผู้เรียนให้มากยิ่งขึ้น และจะทำการแก้ไขข้อบกพร่องอีกต่อไป

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ มนัส สถิรจินดา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เนื้อหาส่วนของงานหล่อโลหะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพลิน ฤกษ์จิรสวัสดิ์ รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก และ อาจารย์ขนาด หัสศิริ ที่ได้ให้คำแนะนำด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณผู้ช่วยสอนปฏิบัติการทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
24 พฤษภาคม 2538

แก้ไขครั้งที่ 2: มิถุนายน 2539

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

		หน้า
ระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการ		3
การเวียนหัวข้อปฏิบัติการ		6
ตอนที่ 1 หล่อโลหะ (Foundry)		9
ปฏิบัติการที่ 1	เรื่องการทดสอบคุณสมบัติของทรายแบบ	10
ปฏิบัติการที่ 2	เรื่องการปั้นแบบทรายหล่อด้วยทรายสังเคราะห์	22
ปฏิบัติการที่ 3	เรื่องการหล่อโลหะอลูมิเนียมด้วยทรายแบบ	29
ตอนที่ 2 อบชุบโลหะ (Heat Treatment)		33
ปฏิบัติการที่ 4	เรื่องการอบชุบโลหะ	34
ตอนที่ 3 อุปกรณ์และเครื่องมือกล (Machine Shop)		39
ปฏิบัติการที่ 5	เรื่องการแปรรูปโลหะด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือกล	40
ตอนที่ 4 เชื่อมโลหะ (Welding)		55
ปฏิบัติการที่ 6	เรื่องการเดินแนวเชื่อมโดยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม	56
ปฏิบัติการที่ 7	เรื่องการเชื่อมรอยต่อของชิ้นงานโดยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม	65
บรรณานุกรม		70

สรุปหัวข้อปฏิบัติการ

Manufacturing Processes Laboratory

หัวข้อ	คะแนนชิ้นงาน	คะแนนรายงาน
1. Foundry (2 lab)		
1.1 ทดสอบทราย		10 (1 คน / ฉบับ)
1.2 ทำแบบทรายและเทอลูมิเนียม	20 (2 คน / ชิ้น)	10 (1 คน / ฉบับ)
2. Heat Treatment (1 lab)		
เหล็ก 1050 และ 4150 อย่างละ 5 ชิ้น	20 (5 คน / 10 ชิ้น)	20 (5 คน / ฉบับ)
เหล็กแต่ละประเภทผ่านกรรมวิธี		
Normalizing , Quenching , Annealing ,		
Quenching & Tempering ที่ 400°C และ 600°C		
3. Machine Shop (1 lab)		
ทำหัวม้อนและด้ามม้อน	20 (1 คน / ชิ้น)	20 (1 คน / ฉบับ)
4. Welding (2 lab)		
4.1 เดินแนวเชื่อม	10 (1 คน / ชิ้น)	10 (1 คน / ฉบับ)
4.2 เชื่อมรอยต่อ	10 (1 คน / ชิ้น)	10 (1 คน / ฉบับ)
รวม	80	80
คิดเป็นร้อยละ (ของคะแนนทั้งหมด)	35	15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการ
วิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิต

1. เข้าทำปฏิบัติการตรงตามเวลา และตามกลุ่มที่กำหนด ถ้ามาช้าเกิน 15 นาที จะไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าทำปฏิบัติการในวันนั้น
2. นักศึกษาต้องแต่งกายชุดปฏิบัติงานในโรงฝึกงานวิศวกรรมพื้นฐานตามระเบียบว่าด้วยการแต่งกายของนักศึกษา และนักศึกษาที่ไว้ผมยาวต้องรวบผมให้เรียบร้อย ถ้าแต่งกายไม่เรียบร้อยจะไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าทำปฏิบัติการในวันนั้น
3. ต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน
4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทำงาน รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตราย เมื่อเบิกไปใช้งานแล้วจะต้องนำมาคืนเมื่อทำปฏิบัติการเสร็จ
5. **อ่านเอกสารประกอบการเรียนวิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตมาล่วงหน้าทุกครั้ง**
6. ขณะทำปฏิบัติการ ห้ามหยอกล้อหรือทำกระการใด ๆ อันอาจก่อให้เกิดอันตรายและต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ควบคุมงานอย่างเคร่งครัด
7. เซ็นชื่อในแบบฟอร์มที่จัดไว้ให้ทุกครั้ง **ที่เข้า** ทำปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิต
Manufacturing Processes Laboratory
ภาคการศึกษาที่ 3/2538

การรวมคะแนน

รายงาน	15%
ชิ้นงาน	35%
การเข้าปฏิบัติ	20%
สอบปลายภาค	30%
รวม	100%

การเข้าปฏิบัติ

1. ให้นักศึกษาเข้าปฏิบัติการตามกลุ่ม (Section) ที่ได้ลงทะเบียนและอยู่ในกลุ่มย่อย ตามที่ผู้สอนได้จัดไว้ให้เท่านั้น

2. นักศึกษาที่ขาดปฏิบัติการโดยไม่มีเหตุผลอันสมควร จะถูกตัดคะแนนในส่วนของรายงาน ชิ้นงานและการเข้าปฏิบัติสำหรับหัวข้อนั้น ๆ

3. ในกรณีที่นักศึกษามีความจำเป็นต้องลาปฏิบัติการ ให้ติดต่อกับผู้รับผิดชอบรายวิชานี้โดยตรง

การส่งรายงาน

ให้นักศึกษาเขียนรายงานให้ครบทุกหัวข้อ (ดูจากเอกสารแนบของ ผศ. ไพลิน ฤกษ์จิรสวัสดิ์) รวมทั้งตอบคำถามท้ายปฏิบัติการ(เฉพาะปฏิบัติการเชื่อมโลหะและปฏิบัติการแปรรูปโลหะด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือกล)และส่งรายงานไปยังอาจารย์ผู้คุมปฏิบัติการภายในเวลา 1 อาทิตย์ หลังจากเข้าปฏิบัติการ หากส่งเกินกำหนดจะถูกตัดคะแนน

การเขียนรายงาน ให้ใช้กระดาษขนาด A4 เท่านั้น และใช้ปกรายงานตามที่ได้แจก(หน้าถัดไป)

- **ห้ามพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รายงานปฏิบัติการวิชา _____

ภาคการศึกษาที่ _____ ปีการศึกษา _____

ปฏิบัติการที่ _____

เรื่อง _____

วันที่ _____ เวลา _____

อาจารย์ผู้ควบคุม _____

ผู้ปฏิบัติชื่อ _____ เลขประจำตัว _____ กลุ่ม _____

ชื่อ _____ เลขประจำตัว _____ กลุ่ม _____

ชื่อ _____ เลขประจำตัว _____ กลุ่ม _____

ชื่อ _____ เลขประจำตัว _____ กลุ่ม _____

ชื่อ _____ เลขประจำตัว _____ กลุ่ม _____

ชื่อ _____ เลขประจำตัว _____ กลุ่ม _____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กำหนดส่งรายงานปฏิบัติการวันที่ _____

ส่งรายงานปฏิบัติการวันที่ _____

การเวียนหัวข้อปฏิบัติการ

ในคาบปฏิบัติการแต่ละ 1 Section จะแบ่งนักศึกษาออกเป็น 4 กลุ่มย่อย กลุ่มย่อยละประมาณ 15 คน คือกลุ่มย่อย F, H, M และ W นักศึกษาแต่ละกลุ่มย่อยจะใช้เวลาในการปฏิบัติแต่ละหัวข้อ 2 สัปดาห์ แล้วจึงเวียนไปปฏิบัติหัวข้ออื่น ๆ จนครบ 4 หัวข้อ คือ Foundry, Heat Treatment, Machine Shop และ Welding ดังนี้

หัวข้อปฏิบัติการ

สัปดาห์ที่ / กลุ่มย่อย	2 - 3	4 - 5	6 - 7	9 - 10
F	หล่อ	อบชุบ	กลึง	เชื่อม
H	อบชุบ	หล่อ	เชื่อม	กลึง
M	กลึง	เชื่อม	หล่อ	อบชุบ
W	เชื่อม	กลึง	อบชุบ	หล่อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารประกอบการสอน

วิชา Manufacturing Processes (407101)

การเขียนรายงานการทดลอง

(Laboratory Report Writing) อ.ไพลิน ฤกษ์จิรสวัสดิ์

เพื่อให้นักศึกษาสามารถที่จะสื่อโดยการเขียนได้อย่างชัดเจน นักศึกษาจะต้องฝึกฝนการเขียนรายงาน ซึ่งมีแบบฟอร์มมาตรฐานเฉพาะ ต้องไม่ใช้ภาษาพูด แต่ต้องอธิบายความเห็นในรูปแบบง่าย ๆ ใช้ประโยคที่สั้นและชัดเจน พยายามเข้าประเด็นตรง ๆ หลีกเลี่ยงการใช้สำนวนที่ไม่จำเป็นและการใช้ "ผม, คุณ" ให้ใช้สรรพนามบุรุษที่ 3

รายงานควรประกอบด้วย

1) Title page ระบุชื่อมหาวิทยาลัย สาขาวิชาที่รับผิดชอบวิชานี้ ชื่อและหมายเลขของการทดลอง ชื่อผู้ทดลอง ชื่อ Instructor ที่ตรวจให้คะแนน วันที่ส่งรายงาน

2) Objective บรรยายสั้น ๆ ถึงวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการทดลอง ไม่ควรเกิน 2 ย่อหน้าสั้น ๆ

3) Theory บรรยายทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อปฏิบัติการนั้น ๆ โดยมีความยาวไม่เกิน 1 หน้า A4

4) Equipment ระบุรายชื่อเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และคุณลักษณะเฉพาะอย่างสั้น ๆ (เช่นความจุ ความละเอียดในการอ่านค่า เป็นต้น)

5) Experimental procedure เขียนด้วยคำพูดของนักศึกษาเองถึงวิธีการทดลองจริง ซึ่งควรจะสะท้อนถึงสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการที่ทำการทดลอง ซึ่งอาจแตกต่างเล็กน้อยไปจากวิธีการทดลองมาตรฐานหรือใน Lab Manual ที่แจกให้

6) Experimental results ควรนำเสนอข้อมูลดิบ (Raw data) ที่อ่านหรือวัดได้ระหว่างการทดลองในรูปแบบที่เหมาะสม เช่น ตาราง กราฟ รูปภาพ รูปถ่าย ต้องมีหมายเลขกำกับและบรรยายสั้น ๆ ประกอบว่ารูปนั้นเกี่ยวกับอะไร ถ้าใช้กราฟ ควรใช้สเกลอย่างระมัดระวังเพื่อให้เส้น Curve มีความหมาย บอกนัยสำคัญของผลการทดลองที่ชัดเจน ไม่ควรย่อหรือขยายกราฟ จำไว้เสมอว่าต้อง Plot ตัวแปรชนิด Independent (เช่นเวลา อุณหภูมิที่ใช้ในการอบตัวอย่าง) ไปบนแกน Abscissa ตัวแปรชนิด Dependent (เช่น ความแข็งของตัวอย่างหลังการอบชุบด้วยความร้อน) ไปบน Ordinate

7) Discussion of results เป็นการอภิปรายข้อมูลที่ได้รับรวมทั้งสาเหตุของความผิดพลาดในการทดลอง ว่ามีผลต่อการทดลองอย่างไร สามารถแสดงความสัมพันธ์และหรือเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลที่สามารถทำนายจากทฤษฎีหรือใช้การวิเคราะห์ทางทฤษฎี และพยายามอธิบายความแตกต่างดังกล่าวนี้

8) Conclusion สรุปผลการทดลองและการวิเคราะห์ในบทอภิปราย อาจจะเพิ่มเติมความเห็นส่วนตัวว่าการทดลองบรรลุเป้าหมายของการเสริมสร้างความรู้ที่ได้รับจากภาคบรรยายหรือไม่

9) Reference เรียงรายชื่อและหมายเลขของตำราหรือบทความที่อ้างถึงในรายงานเฉพาะที่อ้างจริง ใส่หมายเลขให้ตรงกัน และเรียงตามลำดับ อาจจะใส่บรรณานุกรม (Bibliography) ของตำราที่ใช้สนับสนุนการเขียนรายงาน ซึ่งไม่ได้อ้างถึงในรายงานด้วยก็ได้

ตัวอย่างการเขียนบรรณานุกรม

1. Budinski, K.G., Engineering Materials:Properites and Selection, 4th ed., Prentice Hall, 1992.

2. W.H. Sutton, Ceramic Bulletin, 68(2), 376-386, (1989)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 1
Foundry

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปฏิบัติงานทดลองที่ 1
วิธีทดสอบคุณสมบัติของทรายแบบ

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษาทราบวิธีการทดสอบคุณสมบัติของทรายแบบหล่อ เพราะเป็นขั้นตอนแรกของการปฏิบัติงานในเรื่องการหล่อหลอมโลหะ

อุปกรณ์และวัสดุ

1) อุปกรณ์วัดปริมาณความชื้นของทรายแบบ (Moisture teller)
2) อุปกรณ์วัดความโปร่งอากาศของทรายแบบ (Permeability tester หรือ Permmeter)
3) อุปกรณ์วัดความแข็งแรงของทราย (Sand Strength test machine)
4) อุปกรณ์วัดปริมาณดินเหนียวหรือตัวประสาน (Sand Washer)
5) อุปกรณ์วัดความละเอียดของทราย (Sieve Analyser)
6) อุปกรณ์เตรียมทรายมาตรฐาน (Standard Rammer)
7) ตาชั่ง
8) ทรายแบบตัวอย่าง

หลักการและวิธีทดสอบ

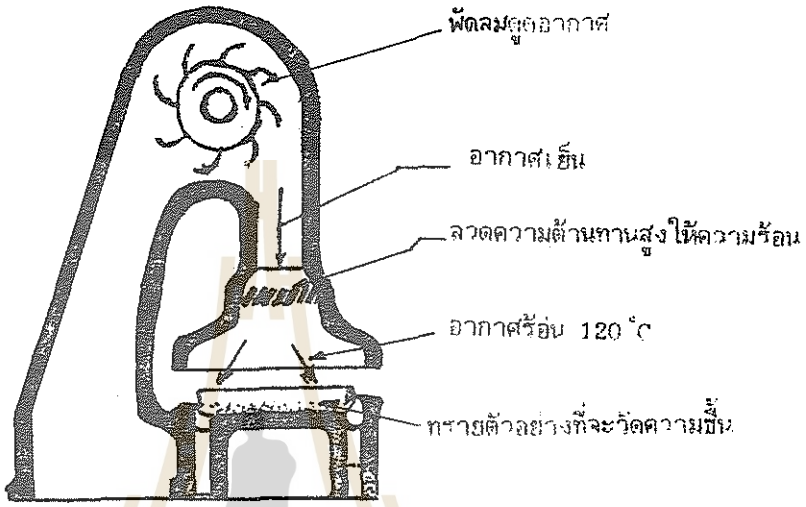
วิธีทดสอบคุณสมบัติของทรายแบบ
การทดสอบคุณสมบัติของทรายแบบ (Moulding Sand Testing)

การทดสอบคุณสมบัติของทรายแบ่งวิธีการทดสอบออกเป็นหลายวิธี เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆของทรายแบบตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อคุณสมบัติของทรายแบบ การทดสอบที่จะอธิบายต่อไปนี้จะอาศัยการทดสอบตามมาตรฐานของสมาคม A.F.A. (American Foundry's men Association) หรือ A.F.S. ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและแพร่หลายมาก

การเตรียมตัวอย่างทรายแบบ (Sample preparation) ทรายแบบก่อนที่จะนำไปเข้าเครื่องทดสอบต้องมีการเตรียมตัวอย่างก่อน เพื่อผลดีที่ได้จากการทดสอบจะได้สม่ำเสมอและสามารถใช้เป็นตัวแทนที่ดีของทรายแบบทั้งหมดได้ การผสมทรายแบบจะผสมด้วยเครื่องผสม (Sand Mixer) จนเข้ากันดีแล้วจึงนำมาเก็บไว้ในภาชนะปิดเพื่อการทดสอบ

การทดสอบหาปริมาณน้ำ (Moisture content)

ชั่งทรายตัวอย่าง น้ำหนัก 50 กรัม เอาไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 °ซ. ในเวลา 15 นาที แล้วนำทรายไปชั่ง น้ำหนักที่หายไปจะเป็นปริมาณของน้ำที่อยู่ในทราย 50 กรัม เมื่อต้องการทรายเป็นเปอร์เซ็นต์ก็คูณด้วย 2 เครื่องมือที่นิยมใช้เรียก Moisture teller ซึ่งจะประกอบด้วยพัดลมดูดลมและเป่าผ่านขดลวดไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ , ลมที่ผ่านขดลวดไฟฟ้า (Electric heating) จะร้อนจนถึงอุณหภูมิ 120° ซ. และจะเป่าผ่านตัวอย่างทรายซึ่งจะใส่ไว้ในตะแกรงละเอียดทางตอนล่าง



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของ Moisture Teller

การทดสอบความโปร่งอากาศ (Permeability Test)

ความโปร่งอากาศของทรายแบบนี้ขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์จำนวนมาก ซึ่งรวมถึงรูปร่างและขนาดของเม็ดทราย ความละเอียด ปริมาณน้ำ ปริมาณสารผสม (additives) ที่มีอยู่ในทราย แบบและความหนาแน่นของทรายแบบ ดังนั้นการวัดความโปร่งอากาศจึงจำเป็นต้องทำให้ตัวแปรค่าต่างๆนี้หมดไป โดยการทำตัวอย่างทรายที่จะทดสอบความโปร่งอากาศให้เป็นตัวอย่างมาตรฐานโดยอาศัยหลักการของสมาคม A.F.A. ซึ่งมีลักษณะดังนี้ ทรายตัวอย่างจะถูกบรรจุลงในกระบอกมาตรฐานเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว (5.08 ซม.) ใช้น้ำหนักกระแทก (Ramming devices) ซึ่งหนัก 14 lbs ยกให้สูงจากระดับผิวด้านบนของทรายแบบตัวอย่างในกระบอกเป็นระยะ 2 นิ้ว ปล่อยน้ำหนัก 14 lbs นี้ ตกกระแทกบนทรายจำนวน 3 ครั้ง ทรายแบบตัวอย่างในกระบอกจะต้องอัดตัวกันแน่นและมีความสูง 2 " + 1/32 " หลักการวัดความโปร่งอากาศของทรายแบบตัวอย่างนี้อาศัยหลักการของสมาคม A.F.A.เช่นเดียวกัน เป็นการวัดอัตราการไหลของอากาศผ่านทรายแบบมาตรฐานใช้อากาศจำนวน 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ความดันคงที่ 10 g/cm^2

จากสูตร ค่าความโปร่งอากาศ

$$P = \frac{V \times H}{\Phi P \times A \times T}$$

เมื่อ V = ปริมาณของอากาศ 2,000 cm^3

H = ความสูงของตัวอย่างทรายแบบมาตรฐาน = 2 " x 2.54

= 5.08 cm

ΦP = ความดันของอากาศ 10 g/cm^2

A = พื้นที่ภาคตัดขวางทรายแบบมาตรฐาน = $\pi/4 \times (2 \times 2.54)^2$

= 20.268 cm^2

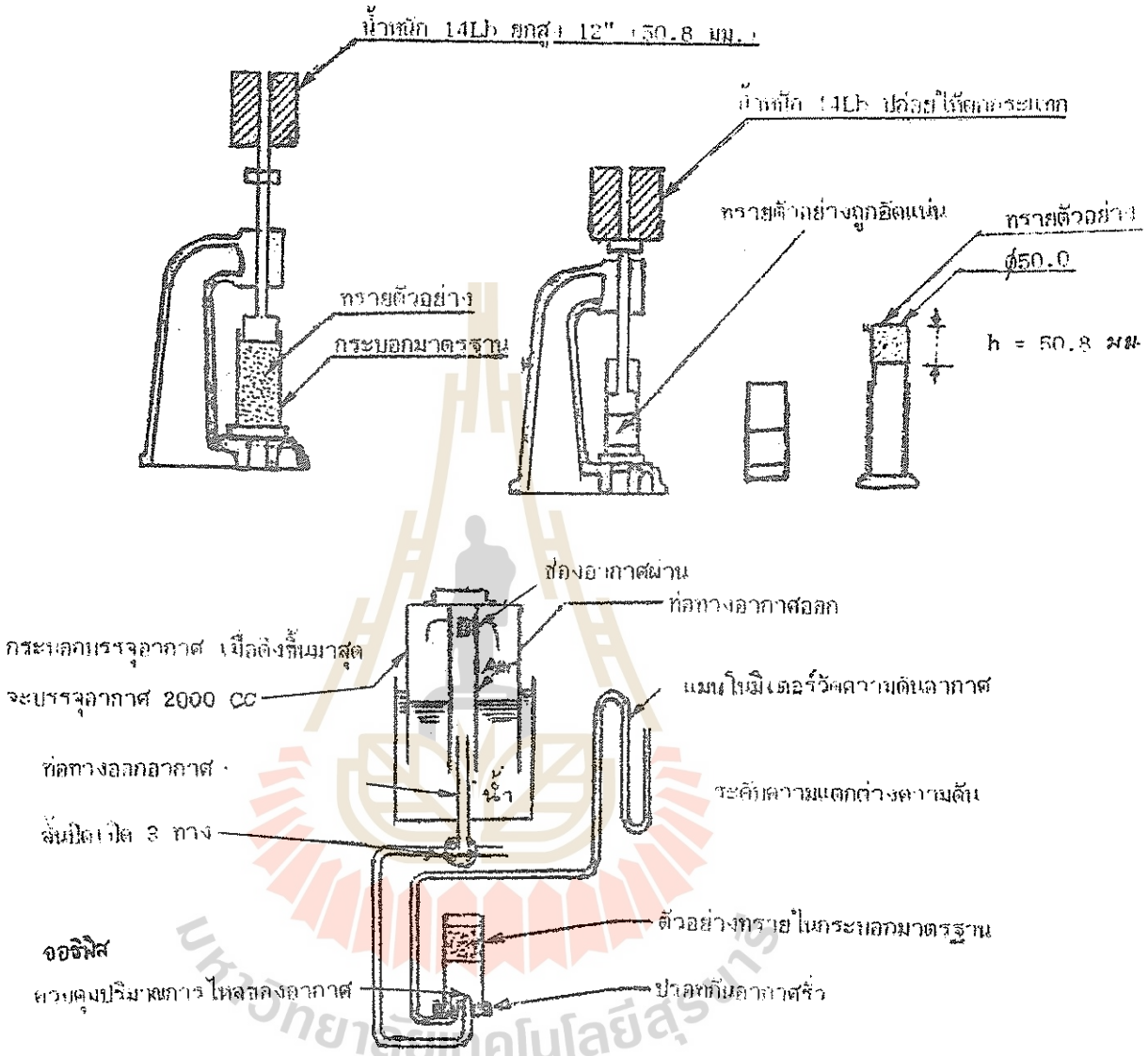
T = เวลาที่อากาศจำนวน 2,000 cm^3 เดินทางผ่านทรายแบบมาตรฐานเป็นวินาที

เมื่อแทนค่าต่างๆในสูตรความโปร่งอากาศ

$$P = \frac{2.000 \times 5.08}{10 \times 20.268 \times T} = \frac{3007.2}{T(sec)}$$

ลักษณะของเครื่องมือวัดความโปร่งอากาศเรียกว่า Permmeter จะต้องประกอบด้วย Air drum ครอบอยู่ในถังน้ำ Air drum จะต้องมีปริมาตร 2000 cc จากนั้นจะปิดลิ้นไม่ให้อากาศเข้า แต่เปิดลิ้นให้ลมผ่านไปยัง Orifice เพื่อให้ผ่านทรายแบบมาตรฐาน (ดังรูปแสดงที่ 2) ทางด้านใต้ของ Specimen tube จะมีท่อต่อไปยังเครื่องวัดความดันลม เมื่อปล่อยให้ Air drum ตกลงมาจนถึงระดับต่ำสุด แสดงว่าลม 2,000 cc ไหลผ่านทรายแบบตัวอย่างไปหมดแล้ว วัดเวลาที่ใช้ทั้งหมดเป็นวินาที เมื่อเอาค่าเวลาไปหาร 3007.2 ค่าที่ได้จะเป็นค่าความโปร่งอากาศของทรายตามแบบของ A.F.A.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของ Sand rammer และ Permmeter

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทดสอบความแข็งแรงของทราย (Sand strength test)

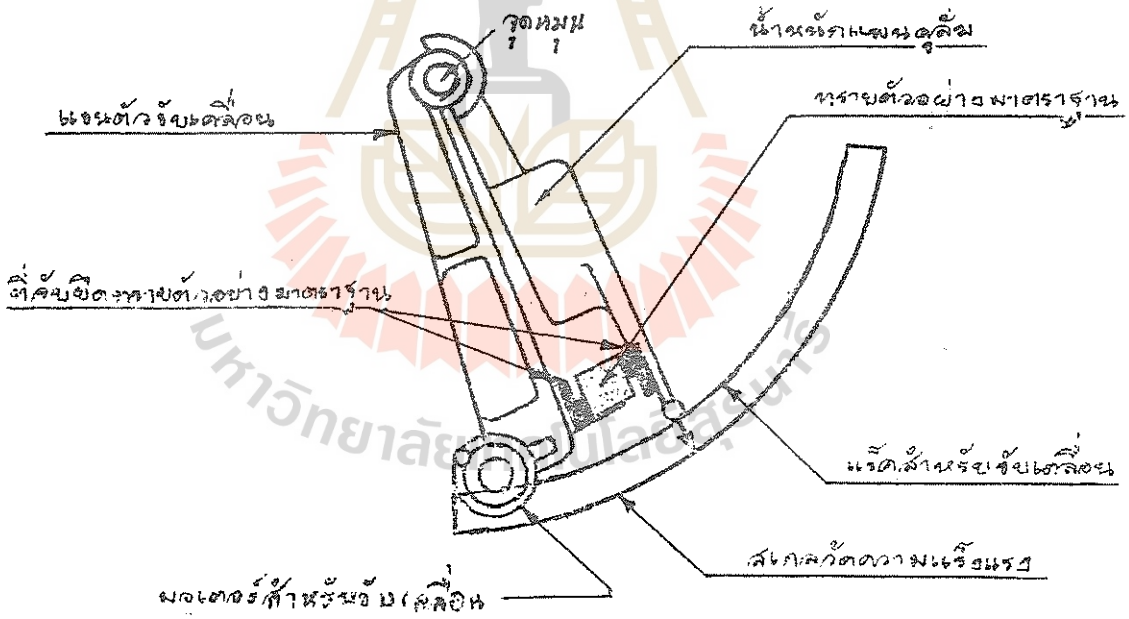
การวัดความแข็งแรงของทรายแบบ มีวิธีการวัดได้ 3 ประเภทคือ

1. วัดความแข็งแรงโดยใช้แรงดึง (Tensile strength)
2. วัดความแข็งแรงโดยใช้แรงอัด (Compressive strength)
3. วัดความแข็งแรงโดยใช้แรงเฉือน (Shearing strength)

การวัดทั้งสามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนมากจะวัดความแข็งแรงในลักษณะแรงอัดมากที่สุด โดยเฉพาะกับ Green sand เพราะงานทำแบบหล่อจะเห็นว่า ทรายจะต้องรับแรงอัดมากกว่าแรงประเภทอื่น การวัดแบบแรงเฉือนจะใช้วัดในกรณีที่ทำแบบในลักษณะพิเศษ

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบเรียกว่า Universal sand strength machine ประกอบด้วย Pendulum weight ติดอยู่บน Frame และมี Pusher arm ซึ่งจะหมุนให้ Pendulum weight เคลื่อนที่ขึ้นสูงจากแนวดิ่ง ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือด้วยมือหมุน ทางตอนล่างของ Pendulum weight จะมีที่วางตัวอย่างทรายแบบ ซึ่งจะต้องผ่านการทำมาตรฐานตามแบบ A.F.A. เมื่อหมุน Pendulum weight ขึ้นไปจะทำให้เกิดแรงอัดตัวอย่างทรายแบบจนทรายแตกจะอ่านค่าของแรงหรือค่าความแข็งแรงบนสเกลได้โดยตรงอาศัยแท่งแม่เหล็กเป็นตัวชี้บอกค่าบนสเกล (ดูรูปประกอบที่ 3)

ถ้าเป็นการวัดค่า Dry strength จะต้องเอาทรายที่ทำเป็นตัวอย่างมาตรฐานไปอบที่อุณหภูมิ 120 ° c เวลานาน 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาวัดบนเครื่องทดสอบความแข็งแรง



รูปที่ 3

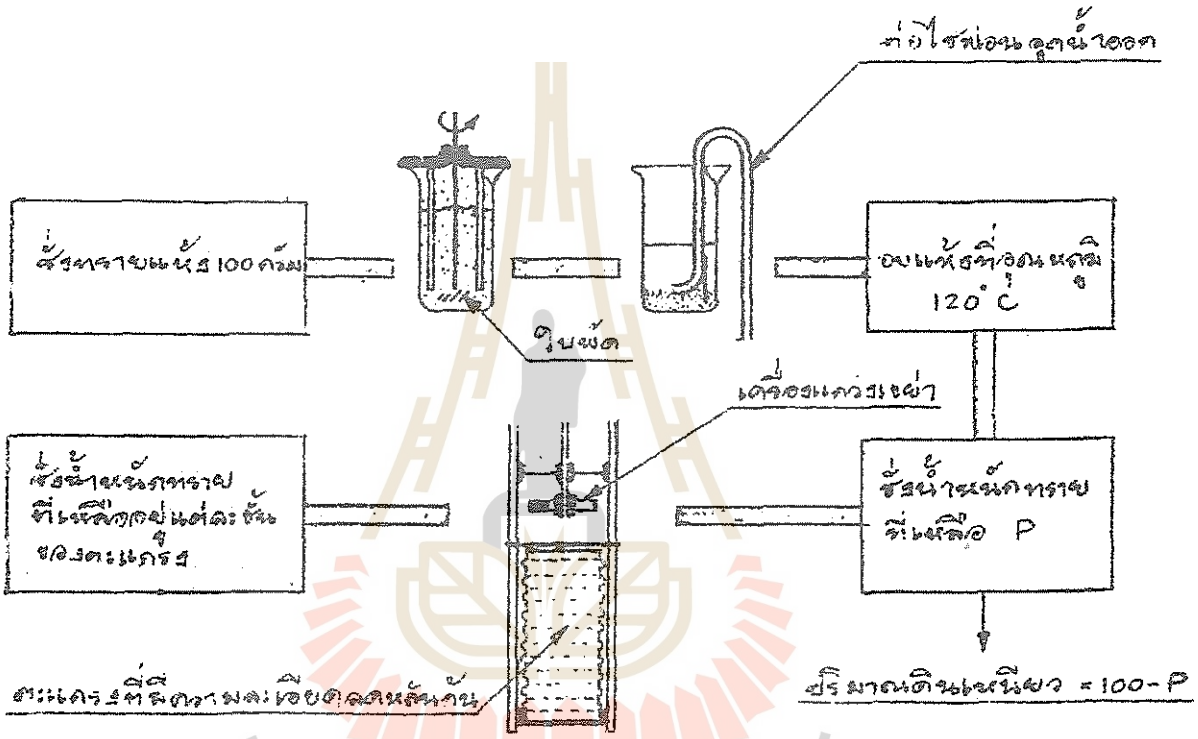
การวัดหาปริมาณของดินเหนียว (Clay-content test)

การวัดหาปริมาณของดินเหนียวตามหลักของ A.F.A. ถือว่า ดินเหนียวคือสารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 20 ไมครอนหรือ 0.0008 นิ้ว ซึ่งทั้งนี้จะรวมไปถึงพวกวัสดุที่มีความละเอียดต่างๆ ที่ปนมากับดินเหนียว จะเรียกว่าปริมาณดินเหนียว A.F.A. ในการหาปริมาณดินเหนียว A.F.A. ชั่งตัวอย่างทรายแบบที่แห้ง 50 กรัม ใส่ในขวด เติมน้ำกลั่น 475 ลูกบาศก์เซนติเมตร และผสมสารละลาย 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 3 % ใช้เครื่องกวนประมาณ 5 นาที และปล่อยให้ตกตะกอนอีก 10 นาที จากนั้นดูดเอาน้ำที่ผสมดินเหนียวออกด้วยท่อดูดแบบไซฟอนจนระดับน้ำในขวดลดลง 5 นิ้ว เติมน้ำกลั่นลงไปอีก ให้ระดับน้ำสูงขึ้นมา 6 นิ้ว ปล่อยให้ตกตะกอนประมาณ 5 นาที กระทำเช่นนี้ต่อไปจนน้ำที่เติมลงไปใส แสดงว่าดินเหนียวถูกล้างออกไปหมดแล้ว เอาทรายที่เหลือออกมาจากขวด โดยใช้เครื่องกรอง แล้วอบทรายให้แห้ง ชั่งน้ำหนักทรายที่ได้นำไปหักออกจากน้ำหนักเดิม 50 กรัม น้ำหนักที่หายไป คือ ปริมาณของดินเหนียวเมื่อคูณด้วย 2 จะเป็นเปอร์เซ็นต์ปริมาณดินเหนียวตามแบบ A.F.A.

การวัดหาความละเอียดของเม็ดทราย (Fineness test)

วัดขนาดของเม็ดทรายและความกระจัดกระจาย (Grain Distribution) การวัดความละเอียดนี้เป็นการวัดต่อจากการทดสอบหาปริมาณดินเหนียว คือทรายที่ได้จากการวัดหาปริมาณดินเหนียวจะนำมาทดสอบหาความละเอียดต่อไป ตามมาตรฐานวิธีการวัดความละเอียดของ A.F.A. จะใช้ตะแกรงจำนวน 11 ชั้น แต่ละชั้นมีความละเอียดลดหลั่นกันตามลำดับดังเช่น ตะแกรงชั้นแรกจะเป็นตะแกรงมีขนาดเมชนัมเบอร์ (mesh number) 6 ชั้นที่ 2 เบอร์ 12 , 20 , 30 , 40 , 50 , 70 , 100 , 140 , 200 และ 270 ตามลำดับ ขนาดเมชนัมเบอร์ของตะแกรงตามมาตรฐานของอเมริกา กำหนดไว้ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4 แสดงลักษณะการทดสอบคุณสมบัติของ clay content และ Fineness Number

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1 แสดงขนาดของตะแกรงตามเมซนัมเบอร์ต่าง ๆ

Mesh Number	Opering (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

วิธีการวัดความละเอียด นำเอาทรายที่จะวัดใส่ในตะแกรงชั้นบนสุด แล้วปิดให้สนิทเปิดให้เครื่องทำการเขย่าตะแกรงทั้ง 11 ชั้น เพื่อให้ทรายผ่านตะแกรงไปตามลำดับ ทรายละเอียดจะผ่านตะแกรงไปได้เรื่อยๆ ส่วนทรายหยาบจะตกค้างอยู่ตามตะแกรงในชั้นต่างๆ ตามขนาดของเม็ดทรายใช้เวลาสั่นเขย่า 15 นาที จากนั้นเอาตะแกรงแต่ละชั้นออกมา นำทรายที่ติดอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นไปชั่งรวมทั้งทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 270 ที่ตกลงไปอยู่ในถาดข้างล่างด้วย นำผลที่ได้ไปหาค่าความละเอียด ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการหาค่า Fineness Number

นัมเบอร์ตะแกรง (mesh number)	ปริมาณทรายที่ค้างตามตะแกรง (% Retained)	ค่าคงที่ (Multiplier)	ผลคูณ (product)
6	0	3	0
12	0	5	0
20	0	10	0
30	2.0	20	40
40	2.5	30	75
50	3.0	40	120
70	6.0	50	300
100	20.0	70	1400
140	32.0	100	3200
200	12.0	140	1680
270	9.0	200	1800
	4.0	300	1200
Total	90.5		9815

ค่าความละเอียด A.F.A. $= \frac{\text{Total product}}{\text{Total percent of retained grain}}$

$= \frac{9815}{90.5} = 104$

นอกจากการทดสอบคุณสมบัติของทรายแบบตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีการทดสอบอื่นๆ ที่กระทำกันทั้งที่ได้ตั้งเป็นมาตรฐานและที่ยังไม่เป็นมาตรฐาน การทดสอบต่างๆนี้ได้แก่

1) การทดสอบความแข็งผิว (Surface hardness test)
2) การทดสอบคุณสมบัติทนความร้อน (Refractoriness)
3) การทดสอบการแตกเป็นชิ้น (Shatter test)
4) การทดสอบการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Expansion test)
5) การทดสอบความเหนียวและการบิดตัว (Deformation and toughness)
6) การทดสอบแรงเฉือนและแรงดึง (Shear & tensile test)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวิเคราะห์หาปริมาณ Active Clay ในทรายแบบหล่อ (Molding sand) โดยวิธีไตเตรตกับ Metyhylene Blue

วัตถุประสงค์ เพื่อหาปริมาณ Active Clay ในทรายผสมที่ใช้ทำแบบหล่อทราย โดยการไตเตรตกับ Methylene Blue

ทฤษฎี

Methylene Blue (MB) เป็น cationic thiazine dye ส่วนอนุภาคดิน (Clay) ที่มีขนาดระหว่าง 0.2 - 0.001 μm เมื่อกระจายลอยตัวในน้ำ (Colloidal) จะมีคุณสมบัติเป็นอนุมูลลบจึงสามารถดูดซับ (adsorb) เมทธิลลีนบลูได้ ในการไตเตรตน้ำดินด้วย MB ถ้าเราใช้แท่งแก้วที่คนน้ำดินมาแตะที่กระดาษกรองก็จะเห็นสีของ MB แพร่กระจายบนกระดาษกรอง เมื่อดินดูดซับ MB จนถึงจุดอิ่มตัวไม่สามารถดูดซับ MB ได้อีกแล้ว (end point) MB ที่เหลืออยู่จะแพร่กระจายในน้ำดินและให้สีฟ้าอมเขียวเรียก Halo มีลักษณะเป็นวงรอบจุดบนกระดาษกรอง

อนุภาคดินจะดูดซับ methylene Blue ได้ดีเมื่อน้ำดินอยู่ในสภาวะเป็นกรด (pH 3-4) ดังนั้นจึงต้องปรับ pH ของน้ำดินโดยการเติมกรด ก่อนที่จะไตเตรตด้วย MB ค่า Methylene Blue Index (MBI) คือที่บอกว่าอนุภาคดินสามารถดูดซับ MB ได้มากน้อยเพียงใด ค่านี้เชื่อมโยงกับคุณสมบัติทางด้านความเหนียว (Plasticity) การกระจายลอยตัวและพื้นที่ผิวเฉพาะของดิน (Specific surface area) ค่า MBI มาก แสดงว่าดินมีความละเอียดมาก มีพื้นที่ผิวมากสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลได้มาก

อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้

1. เตาอบ
2. ตาชั่ง (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)
3. บีกเกอร์ Stainless steel
4. เครื่อง Ultrasonic
5. Buret
6. เครื่องกวนด้วยแท่งแม่เหล็ก (Magnetic stirrer)
7. แท่งแก้ว
8. กระดาษกรอง (Hardened 50)
9. ทรายดิบ
10. ดิน Bentonite
11. ทรายผสมทำแบบหล่อ
12. Silicon carbide ขนาด 220 เมช
13. Sodium Pyrophosphate 2%
14. Methylene blue 0.4% w/v

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเตรียมสารละลาย Methylene Blue (0.4% w/v)

ชั่ง Methylene Blue จำนวน 4 กรัม ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ 500 มล. กวนจน MB ละลายหมดแล้ว ถ่ายสารละลายลงใน Volumetric flask จุ 1 ลิตร แล้วจึงทำให้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. การสร้าง Calibration Curve
   - 1.1 ชั่งดิน Bentonite ที่อบแห้งแล้วที่ 110°C มา 0.5 กรัม
   - 1.2 ชั่งทรายดิบ (Raw sand) ที่อบแห้งแล้วที่ 110°C มา 4.5 กรัม (10% Bentonite โดยน้ำหนักในทรายผสม)
   - 1.3 นำเบนโทไนท์และทรายที่ชั่งได้ใส่ลงในบีกเกอร์เสตนเลสสตีล
   - 1.4 เติม SiC ขนาดละเอียด 220 เมช 5 กรัม
   - 1.5 เติม Sodium Pyrophosphate (2%) จำนวน 50 มิลลิลิตร
   - 1.6 นำปีกเกอร์ไปวางในเครื่อง Ultrasonic เปิดเครื่องให้ทำงานเป็นเวลา 7 นาที
   - 1.7 นำปีกเกอร์มาวางใต้ Buret แล้วหยด Methylene Blue จำนวน 80-90% มิลลิลิตรที่คาดว่าต้องใช้
   - 1.8 นำไปกวนด้วย Magnetic Stirrer เป็นเวลา 2 นาที
   - 1.9 จุ่มแท่งแก้วลงในน้ำดิน แล้วแตะบนกระดาษกรอง (Hardened 50) ขณะไตเตรต ต้องกวนตลอดเวลา เพื่อดูว่าเกิด Halo หรือยัง
   - 1.10 ถ้า Halo ยังไม่ปรากฏให้หยด MB เพิ่มอีกครั้งละ 1 มิลลิลิตรและกวนอีก 2 นาที ในแต่ละครั้ง แล้วนำมาหยดทดสอบบนกระดาษกรองอีก (ควรเขียนกำกับที่แต่ละจุดด้วยว่าใช้ MB เท่าใด)
   - 1.11 เมื่อสังเกตเห็น Halo บนกระดาษกรองก็หยุดไตเตรต
   - 1.12 นำมากวนซ้ำอีก 2 นาที โดยไม่ต้องเติม MB แล้วทดสอบบนกระดาษกรองอีกครั้ง ถ้า Halo หายไป (weak halo) ให้ทำตามข้อ 1.10 และ 1.11
   - 1.13 ถ้า Halo คงอยู่ (good halo) แสดงว่าถึง (end point) แล้ว ให้กวนซ้ำอีก 2 นาที แล้วทดสอบบนกระดาษกรองอีกครั้ง ถ้า Halo คงอยู่ให้บันทึกจำนวน มิลลิลิตรของ MB ที่ใช้ทั้งหมดจนถึงจุดนี้ เพื่อนำไปเขียนกราฟ
   - 1.14 ถ้าเติม MB มากเกินไป (Over titration) ต้องเริ่มทดสอบใหม่
   - 1.15 ควรเตรียมทรายผสมที่มีดิน Bentonites 6% (ดิน 0.3 กรัม, ทรายดิบ 4.7 กรัม) แล้วหาปริมาณ MB ที่จุด end point
   - 1.16 เขียนกราฟ (Calibration Curve) โดยให้ปริมาตรของ MB ที่ใช้อยู่บนแกน X และปริมาณของ Bentonites (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) บนแกน y แล้วลากเส้นผ่านจุดต่าง ๆ ไป ยังจุด origin ก็จะได้ Calibration curve ตามต้องการ

2. <u>การหาปริมาณ Active clay ในทรายแบบหล่อ</u> (Molding sand)

2.1 ชั่งทรายตัวอย่างที่อบแห้งแล้วที่ 110°C มา 5 กรัมแล้วถ่ายลงในปีกเกอร์สเตนเลสสตีล

2.2 เติมโซเดียมไพโรฟอสเฟต 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปเข้าเครื่อง Ultrasonic เป็นเวลา 5 นาที

2.3 นำมาหยด MB จำนวน 80% ของปริมาตรที่คาดว่าต้องใช้แล้วกวนด้วย Magnetic stirrer 2 นาที

2.4 ทดสอบ Blue halo บนกระดาษกรอง ถ้า Halo ยังไม่ปรากฏให้เติม MB เพิ่มครั้งละ 1 มิลลิลิตร แล้วกวน 2 นาทีแต่ละครั้งทำเช่นนี้จะเกิด good halo

2.5 เมื่อเกิด good halo แล้ว ให้นำกลับไปกวนซ้ำอีก 2 นาทีถ้า Halo คงอยู่ให้บันทึกจำนวนมิลลิลิตรของ MB ทั้งหมดที่ใช้ แล้วนำมาอ่านปริมาณของ Active clay จาก Calibration ที่เตรียมได้โดยตรง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปฏิบัติงานทดลองที่ 2
การปั้นแบบทรายหล่อด้วยทรายสังเคราะห์
(Molding process)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษาได้ทดลองปฏิบัติปั้นแบบทรายหล่อ เป็นการส่งเสริมให้เกิดทักษะ และเข้าใจการทำงานด้านหล่อหลอมให้ดียิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวัสดุ

1) เครื่องผสมทรายแบบ (Sand mixer)
2) ทรายพร้อมตัวประสาน (Sand + Binder)
3) อุปกรณ์ปั้นแบบทราย (Molding tools)
4) หีบแบบ (Flasks)
5) แบบไม้ (Pattern)
6) สีทาแบบ (Mold coat หรือ Mold wash)

วิธีการปฏิบัติงานทดลอง

เตรียมผสมทรายแบบ (ทางห้องปฏิบัติการจะเตรียมให้)

นำหีบแบบ ซึ่งจะมี 2 หีบ คือใบล่าง (Drag) กับใบบน (Cope) มาวาง กำหนดตำแหน่งให้เหมาะสม

วางแบบไม้ (Pattern) ส่วนล่างตรงตำแหน่งที่จัดไว้ นำหีบใบล่างวางครอบแบบไม้ กำหนดตำแหน่งให้เหมาะ โดยมีบริเวณที่จะวางระบบทางวิ่ง และทางเข้าให้ดี

เอาทรายผิวแบบ (Facing Sand) ซึ่งร่อนมาจากทรายกองใหญ่ โรยกลบแบบไม้ให้มีความหนาประมาณ 1 - 2 ซม. ใช้มือกดบริเวณรอบ ๆ แบบไม้ให้แน่นพอสมควร

เอาทรายหลังแบบ (Backing Sand) ใส่ทับทรายผิวแบบปริมาณความสูง 1 ใน 3 ของความสูงของหีบแบบ ใช้เหล็กกระทุ้ง (Rammer) ตำทรายให้แน่นอย่างสม่ำเสมอ วิธีการตำทรายในขั้นนี้ต้องเริ่มจากจุดหนึ่งแล้วเลื่อนไปยังจุดอื่น โดยมีทิศทางที่แน่นอน จนคะเนว่าทรายมีความแน่นสม่ำเสมอ

เติมทรายหลังแบบ อีกประมาณ 1 ใน 3 ตำให้แน่นอย่างสม่ำเสมอในลักษณะที่เคยทำมาในขั้นที่หนึ่ง

ใส่ทรายแบบที่เหลืออีกจนเต็มหีบ คราวนี้ตำให้แรงกว่าครั้งที่แล้ว แต่ให้มีความสม่ำเสมอเหมือนเดิม

ใช้เหล็กแบน หรือไม้กวาดทรายปรับระดับของทรายให้ได้ระนาบเดียวกับขอบของหีบแบบ จากนั้นใช้เหล็กแทงรูไอ (Venting) เจาะลงไปในหีบทรายแบบ เพื่อให้ทรายแบบมีความโปร่งอากาศ เป็นการเพิ่มรูระบายไอของแบบทรายให้ดีขึ้น

หงายหีบแบบทรายขึ้น ทำการปรับระดับของทรายแบบให้ได้ระนาบเดียวกับขอบของหีบแบบและแบบไม้

นำทรายละเอียด (Parting Sand) มาโรยเบา ๆ ให้ทั่วผิวของทรายแบบ ถ้าโรยทรายมากเกินไปจะใช้เครื่องเป่าลม (Bellow) เป่าทรายส่วนเกินทิ้งไป ให้เหลือทรายบริเวณผิวแบบ แต่เพียงบาง ๆ

นำแบบไม้ส่วนบนมาวางประกบให้ตรงกันกับแบบไม้ที่ฝังอยู่ในทราย ปกติจะมีรู และเดือยในแบบไม้ เพื่อให้วางประกบกันตรงตามตำแหน่ง วางหีบไม้ใบบน (Cope) ซ้อนใบล่างให้ตรงตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในตอนแรก

นำไม้ที่เป็นรูเท (Sprue) วางตั้งให้ตรงตำแหน่งที่เหมาะสม โดยกะระยะที่จะเป็นทางวิ่ง (Runner) และทางเข้า (Gates) ให้ดี

ใส่ทรายผิวแบบให้รอบแบบไม้ และบริเวณที่เหลือ หนาประมาณ 1 - 2 ซม. ใช้เหล็กตำทราย (Rummer) ขนาดเล็กตำเบา ๆ ให้ทรายมีความแน่นพอสมควร แต่ให้สม่ำเสมอ ในช่วงนี้ไม้รูเทอาจจะเอียงไปบ้างต้องพยายามปรับให้อยู่ในตำแหน่งตั้งตรงเสมอ

ใส่ทรายหลังแบบลงไปประมาณ 1 ใน 3 เหมือนตอนแรก ตำให้แน่นอย่างสม่ำเสมอ แล้วจึงนำทรายหลังแบบเติมจนเต็มหีบแบบ แล้วตำให้แรงกว่าครั้งที่แล้วๆ แต่ก็ให้สม่ำเสมอ ในตอนนี้ทรายแบบอาจจะสูงกว่าระดับของหีบแบบไปบ้างไม่เป็นไร

ทำการปรับระดับของทรายแบบด้วยเหล็กแบน หรือไม้ปรับระดับทราย ทำเหมือนกับครั้งแรกที่ทำกับหีบแบบใบล่าง แท่งรูไออีกครั้งหนึ่ง เพื่อเพิ่มความโปร่งอากาศให้กับทรายแบบ

ดึงไม้รูเทขึ้นจากทรายแบบ โดยการเคาะเบา ๆ เพื่อให้หลวมค่อย ๆ ดึงขึ้นจากทรายแบบ ปรับทรายบริเวณปากรูเทให้เรียบ ในกรณีนี้อาจต้องใช้แปรงชุบน้ำทาบริเวณปากรูเท ถ้าทรายแห้งเร็วเกินไป

ค่อยยกหีบใบบนขึ้น เพื่อแยกหีบทรายทั้งสองออกจากกัน ทั้งนี้เพื่อจะได้ดึงเอาแบบไม้ออกจากทรายแบบทั้งหีบทรายใบบนและล่าง การยกหีบทรายจะต้องยกขึ้นในแนวดิ่ง ถ้าไม่ทำอย่างนี้ทรายแบบจะพังได้ เมื่อยกขึ้นแล้วนำไปวางหงายบริเวณใกล้ ๆ กับหีบใบล่าง เป่าเอาทรายแยกแบบ (Parting Sand) ออกให้หมดทั้งสองหีบ

ทำการปรับระดับของทรายแบบอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามีส่วนของทรายแบบพัง หรือมีรอยบุ๋ม อันเนื่องมาจากการตำทรายแรงเกินไป จะต้องทำการซ่อมให้อยู่ในระดับที่ดี

ดึงแบบไม้ออกจากทรายแบบทั้งสองหีบ โดยใช้เหล็กแหลมตอกลงไปที่แบบไม้ เคาะให้แบบไม้หลวมก่อนจึงค่อย ๆ ดึงขึ้นทีละน้อยจนพ้นระดับของทรายแบบ ถ้ามีทรายแบบบางส่วนเกิดพัง หรือหลุดติดแบบไม้ขึ้นมา จะต้องทำการซ่อมให้อยู่ในสภาพที่ดีได้รูปแบบตามฟอร์มของแบบไม้ เช่นเดียวกันถ้าทรายแห้งเร็วจะใช้แปรงชุบน้ำทาบริเวณที่ทรายแห้ง จะทำให้ซ่อมแบบทรายได้ง่าย

<u>หมายเหตุ</u> สีทาแบบที่ใช้กับงานหล่ออลูมิเนียม, ทองเหลือง, บรอนซ์ และเหล็กหล่อจะใช้กราฟไฟต์ผสมดินเหนียว และน้ำ

ในกรณีของหีบทรายใบล่าง จะต้องตัดทางวิ่ง ทางเข้าแบบ และที่พักน้ำโลหะ (Sprue Base) ด้วยอุปกรณ์ปั้นแบบ ขนาดของทางวิ่งและทางเข้า กำหนดขนาดให้เหมาะสม (ความจริงต้องทำการคำนวณ แต่แบบขนาดเล็กจะใช้การคะเนเอาตามความเหมาะสม) เมื่อตัดทางวิ่ง และทางเข้าเรียบร้อยแล้ว เพื่อผิวของงานหล่อที่ดีควรจะใช้สีทาแบบทาบริเวณโพรงแบบ (Mold Cavities) การทาสีแบบอาจใช้แปรงขนาดเล็ก หรือถ้าเป็นแบบขนาดใหญ่เขาจะใช้การพ่นแทน เมื่อทาสีโพรงแบบเสร็จแล้ว จะเผาแบบให้แห้งโดยใช้หัวเผา (gas burner) เป่าบริเวณผิวแบบทั้งหีบบนและล่างจนแห้งดี เป็นอันเสร็จวิธีการปั้นแบบทราย ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเตรียมเทน้ำโลหะ

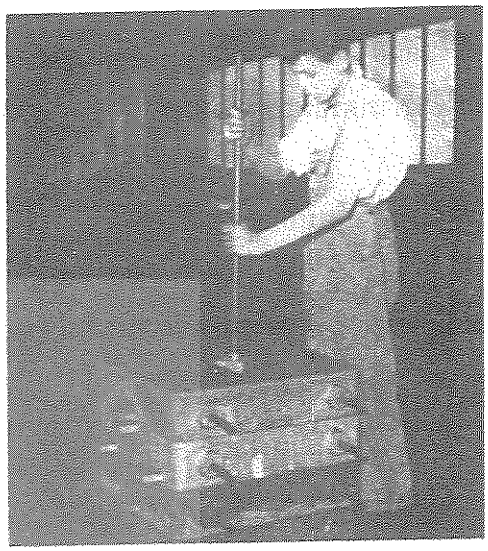
<u>สรุปและวิเคราะห์ผลการปฏิบัติการ</u>

นักศึกษาจะต้องเขียนบทสรุปการปฏิบัติการ วิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่นักศึกษาประสพในขณะปฏิบัติการ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะตามแนวความคิดของนักศึกษาในลักษณะเป็นรายงานการปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

EXÉCUTION D'UN MOULE

Serrage du sable autour du modèle.
(การใช้นิ้วกดทรายแบบรอบ ๆ แบบไม้)

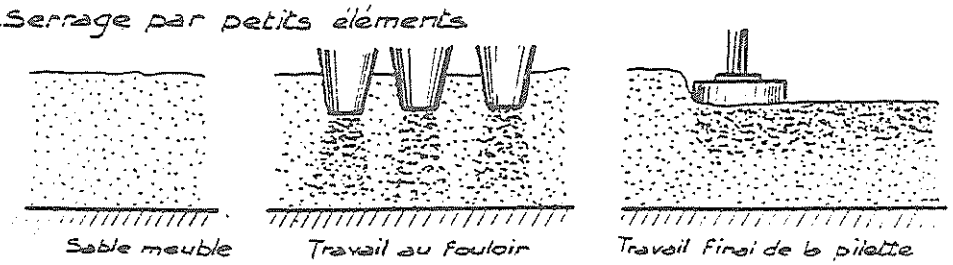


Serrage au fouloir.
(การตำทรายแบบให้แน่นด้วยอุปกรณ์ตำแบบ)

Réglage d'une surface.
(การปรับระดับทรายให้เรียบกับขอบหีบทราย)

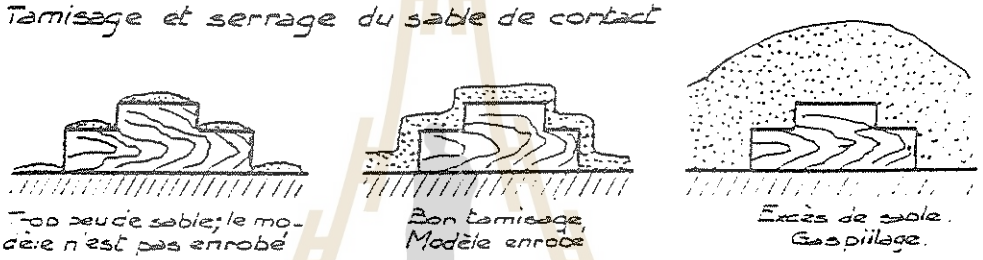
Tirage d'air.
(การเจาะรูไอเพื่อให้มีความโปร่งอากาศ)

Serrage par petits éléments



(ทรายแบบก่อนตำให้แน่น) (ตำทรายด้วย Rammer เล็ก) (ตำทรายสุดท้ายด้วย Rammer โต)

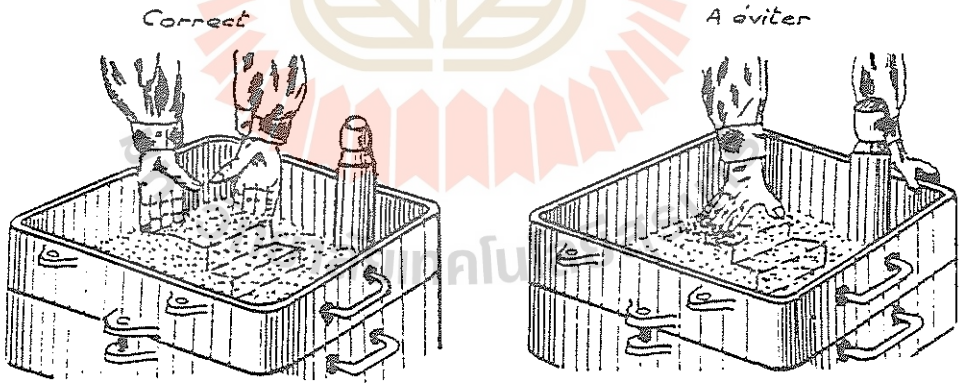
Tamisage et serrage du sable de contact



(ทรายผิวแบบน้อยเกินไป) (ทรายผิวแบบกำลังพอดี) (ทรายผิวแบบมากเกินไป)

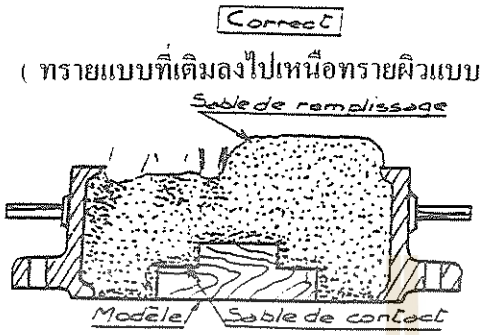
serrage aux doigts

. Il faut serrer le sable en suivant les contours et les détails du modèle.



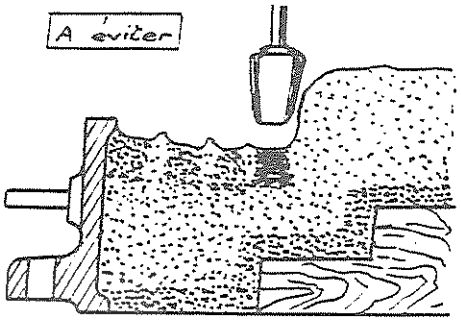
การใช้นิ้วกดบริเวณรอบ ๆ แบบไม้ให้ทั่วถึง

ไม่ควรใช้ฝ่ามือกดเพราะทรายบริเวณรอบ ๆ แบบไม้จะไม่แน่น

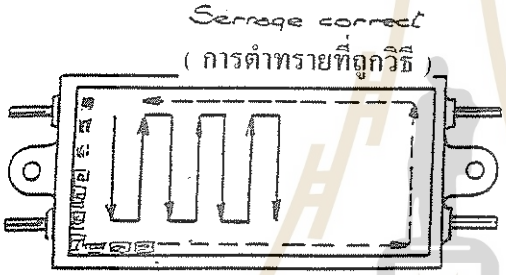


(ทรายแบบที่เติมลงไปเหนือทรายผิวแบบ)

(แบบไม้) (ทรายผิวแบบ)

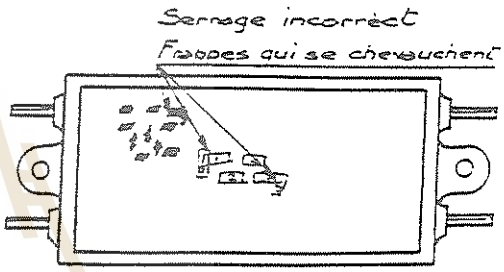


ไม่ควรตำทรายแบบซ้ำที่เดียวกันหลายครั้ง



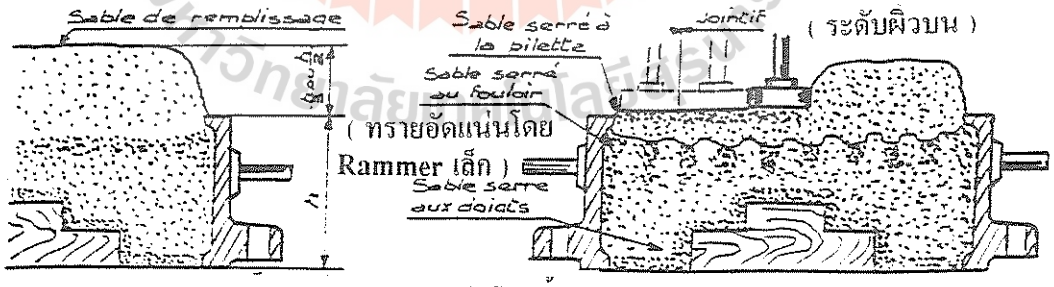
(การตำทรายที่ถูกวิธี)

ควรเริ่มตำทรายจากตำแหน่งบริเวณขอบก่อน และตำทรายไปในทิศทางเดียวจนรอบแล้ว จึงเริ่มบริเวณ ตรงกลางอย่างมีทิศทางเช่นเดียวกัน



ไม่ควรตำทรายในลักษณะไม่มีทิศทาง จะทำให้ความแน่นของทรายแบบไม่สม่ำเสมอ

(ทรายอัดแน่นสุดท้าย)

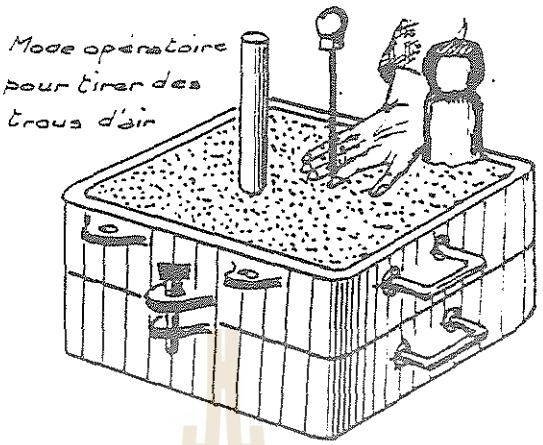


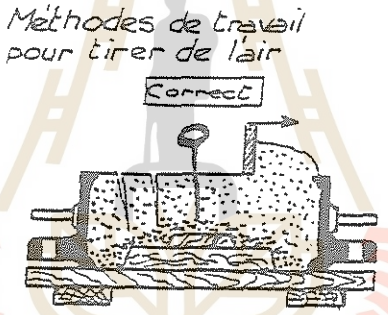
(ทรายอัดแน่นโดย Rammer เล็ก)

(ระดับผิวบน)

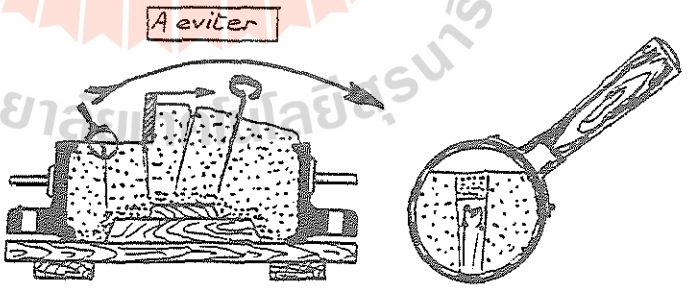
(ทรายอัดแน่นโดยนิ้ว)

แสดงวิธีการเจาะรูไอแบบทราย





ควรปรับระดับผิวทรายแบบก่อนเจาะรูไอ



ไม่ควรเจาะรูไอก่อนปรับระดับผิวทรายแบบเพราะทรายจะไปปิดรูไอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปฏิบัติงานทดลองที่ 3
การหล่อโลหะอลูมิเนียมด้วยทรายแบบ
(ALuminium Sand Casting)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษาได้ทดลองปฏิบัติงานด้านหล่อหลอมโลหะอลูมิเนียมด้วยทรายแบบเป็นการสนับสนุนให้เกิดความเข้าใจ และทักษะในการขึ้นรูปโลหะ ด้วยเทคนิคการหล่อหลอม (Solidification forming Processes)

อุปกรณ์และวัสดุ

1) เครื่องผสมทรายแบบ (Sand mixer)
2) ทรายพร้อมตัวประสาน (Sand + Binder)
3) อุปกรณ์ปั้นแบบทราย (Molding hand tools)
4) หีบแบบ (Flasks)
5) แบบไม้และหีบใส้แบบ (Pattern + core boxes)
6) สีทาแบบ (Mold coat)
7) เตาหลอมโลหะพร้อมเบ้าเทโลหะ (Crucible furnace + pouring laddle)
8) เครื่องยิงทราย (Shot blast)

วิธีการปฏิบัติงานทดลอง

เตรียมการปั้นแบบหล่อประเภทที่มีใส้แบบ (core) ตามที่กำหนดให้ ขั้นตอนการปั้นแบบเหมือนกับการปฏิบัติการทดลองที่ 2 ทุกประการ เพียงแต่เพิ่มงานการทำใส้แบบ ซึ่งทางห้องปฏิบัติการจะเตรียมไว้ให้ นักศึกษาเมื่อปั้นแบบเสร็จแล้วจะนำเอาใส้แบบมาวางตามตำแหน่งของใส้แบบในหีบแบบทรายใบล่าง (drag) พร้อมทั้งเตรียมทำทางระบายไอออกจากใส้แบบ ถึงขั้นนี้จะต้องใช้ความร้อนจากหัวเผา (Burner) ช่วยเป่าความร้อนให้ทรายแบบแห้ง โดยไล่ความชื้นออกไปให้มากที่สุด จากนั้นจะทำการปิดหีบทรายหล่อ โดยยกหีบใบบนให้คว่ำลงช้าๆ และค่อยวางลงซ้อนกับหีบใบล่างช้าๆ ให้ตำแหน่งของหีบทรายตรงกัน การวางหีบให้ซ้อนกันจะวางในแนวดิ่งให้ส่วนรองรับใส้แบบตรงกันและแนบสนิท เมื่อวางหีบทรายบนหีบใบล่างเรียบร้อยแล้ว จะนำเอากรวยเท (pouring cup) ซึ่งได้เตรียมไว้แล้วมาวางให้ตรงกับรูเท พร้อมทั้งนำเหล็กทับแบบมาวางทับหีบทรายแบบ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำโลหะไหลซึมออกมาระหว่างรอยต่อของหีบทรายในขณะเทน้ำโลหะลงไปในโพรงแบบจนเต็ม

ขั้นเตรียมการหลอมอลูมิเนียมด้วยเตาหลอม จะเป็นภาระของครูปฏิบัติการทำการบรรจุโลหะลงเบ้าหลอมและหลอมโลหะอลูมิเนียมจนละลาย อุณหภูมิประมาณ 700 - 800° c ในขั้นตอนนี้นักศึกษาควรเรียนรู้วิธีการหลอมอลูมิเนียมว่ามีขั้นตอนในการหลอม การกำจัดแสลกและไล่แก๊สออกจากน้ำโลหะอย่างไร การวัดอุณหภูมิด้วยวิธีทางปฏิบัติ และเครื่องวัดอุณหภูมิอย่างไร เมื่อหลอมอลูมิเนียมจนหลอมละลายดีแล้ว จะเอียงเตาหลอมเทนำโลหะลงเบ้าเท (Laddle) เพื่อนำไปเทลงแบบหล่อจนเต็ม ครบทุกแบบ ปล่อยให้โลหะเย็นตัวในแบบทรายจนแน่ใจว่าโลหะแข็งตัวเป็นของแข็งหมดแล้วจะค่อยๆรื้อแบบทรายเอาชิ้นงานหล่อออกมาทำความสะอาดผิวด้วยการยิงผงเหล็กในเครื่องขัดผิวงานหล่อ (Shot blast)

<u>สรุปและวิเคราะห์ผลการปฏิบัติการ</u>

นักศึกษาจะต้องนำเอาชิ้นงานหล่อที่ทำมาตรวจสอบคุณภาพของงานหล่อ หากพบข้อตำหนิ (Defects) ประการใดจะต้องวิเคราะห์สาเหตุที่เกิด และอธิบายถึงแนวทางในการแก้ไขมาด้วยโดยการเขียนเป็นรายงานสั้นๆ ถึงผลการปฏิบัติงานวิเคราะห์สาเหตุการแก้ไขอุปสรรคและปัญหาที่เกิดส่งให้ผู้ควบคุมการปฏิบัติการเพื่อตรวจให้คะแนนต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานการทดลองวิชา Manufecturing Processes Lab (407102)

ผศ. ไพลิน ฤกษ์จิรสวัสดิ์

Foundry Lab มี 4 ขั้นตอนของการทำงาน

1) Molding การทำแบบทรายชนิดที่มีความชื้น (Green Sand molding)
   - 1.1 ส่วนผสมของทรายทำแบบ (Sand mix) ประกอบด้วยอะไรบ้าง
   - 1.2 แบบชิ้นงานทำด้วยไม้ (Wood pattern) : รูปร่าง, ขนาด
   - 1.3 แบบทราย (Sand mold) : ส่วนต่าง ๆ มีรูปร่าง, ขนาด อย่างไร
     Flask (Cope, Drag),
     Pouring basin, Sprue, Riser (Feeder), Vents, Chills ฯลฯ

2) Melting การหลอมโลหะ
   - 2.1 โลหะที่ใช้ (อะลูมินัม), น้ำหนัก
   - 2.2 เตาหลอม ประเภท Crucible (Pot) furnace ใช้น้ำมัน, แก๊ส เป็นเชื้อเพลิง ใช้เวลาหลอมนานเท่าไร
   - 2.3 เบ้าหลอม ทำด้วยวัสดุทนไฟ (แกรฟไฟต์) ความจุ ? กก.
   - 2.4 ภาชนะรองรับน้ำโลหะเพื่อเทลงแบบ (Ladle) ทำด้วยวัสดุทนไฟ ?
   - 2.5 ขณะหลอมมีการเติมสารอะไรลงไปบ้าง เพื่อไล่แก๊ส ทำให้เกรนละเอียด กำจัดสิ่งสกปรกในน้ำโลหะ ฯลฯ (ตัวอย่าง ใช้อะไรเป็น Flux เป็นต้น)

3. Casting การหล่อชิ้นงาน
   - 3.1 อุณหภูมิในการเทน้ำโลหะ (Pouring temperature ? ^{o}C)
   - 3.2 ความเร็วในการเท (ควรจะสม่ำเสมอ)

4. Sand Testing การทดสอบคุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อ
   - 4.1 Permeabiltiy
   - 4.2 Moisture content
   - 4.3 Clay content
   - 4.4 Strength
   - 4.5 Fineness

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการทดลองและอภิปราย ทั้ง 4 ขั้นตอน

1) Molding

ให้เขียนรูปไดอะแกรม แสดงส่วนต่าง ๆ ของแบบทราย เมื่อนำแบบไม้ออกแล้ว โพรงแบบ (Mold cavity) มีลักษณะสมบูรณ์หรือไม่

2) Melting

ลักษณะของน้ำโลหะใน Ladle, ขณะเท สะอาดหรือไม่

3) Casting

อุณหภูมิ เท, ความเร็วในการเท มีผลต่อชิ้นงานอย่างไร

ชิ้นงานที่ได้มีการหดตัวมากน้อยเพียงใด มีข้อบกพร่อง (Defects) ทั้งผิวนอก และภายในเนื้อ อะไรบ้าง จะแก้ไขได้อย่างไร

4) Sand Testing

คุณสมบัติของทรายแบบหล่อที่ใช้ เทียบกับคุณสมบัติมาตรฐาน คุณสมบัติเหล่านั้นมีผลต่อชิ้นงานอย่างไร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 2
Heat Treatment

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการที่ 4
เรื่อง การอบชุบโลหะโดยกรรมวิธีทางความร้อน

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษากรรมวิธีต่าง ๆ ในการอบชุบเหล็กด้วยความร้อน
: เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลทัศน์และความแข็งหลังการอบชุบ
: เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับความแข็งหลังการอบชุบ

ทฤษฎี

การอบชุบโลหะด้วยความร้อน (Heat Treatment) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับเวลาและอุณหภูมิ (Time - Temperature History) การอบชุบโลหะด้วยความร้อนจะทำให้โครงสร้างภายในของโลหะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลของโลหะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ด้วยเหตุนี้การอบชุบโลหะด้วยความร้อนจึงเป็นกรรมวิธีที่นำมาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะ เช่น ความแข็งแรง (Strength) ความแข็ง (Hardness) ให้เหมาะสมกับงานทางวิศวกรรม

ในปฏิบัติการนี้จะศึกษากรรมวิธีการอบชุบดังต่อไปนี้

1. Normalizing เป็นการให้ความร้อนแก่โลหะ แล้วปล่อยให้เย็นในอากาศ
2. Annealing เป็นการให้ความร้อนแก่โลหะ แล้วปล่อยให้เย็นในเตาอบ
3. Quenching เป็นการให้ความร้อนแก่โลหะ แล้วทำให้เย็นลงอย่างเร็ว ถ้านำโลหะนั้น มาเผาให้ร้อนอีกครั้ง จะเรียกกรรมวิธีนี้ว่า Quenching and Tempering

อุปกรณ์การอบชุบโลหะ

เครื่องเจียร์	1	เครื่อง
กระดาษทรายเบอร์ 180, 240, 320, 400 และ 600 อย่างละ	1	แผ่น
ผงอะลูมินา ขนาด 15, 6, 1, 0.5 และ 0.1 μm	1	ชุด
ชุดขัดสักหลาด	1	ชุด
เตาอบชุบโลหะ LINDBERG 866	1	เครื่อง
เครื่องขัด PHOENIX 2000/2	1	เครื่อง
เครื่องทดสอบความแข็งแบบ Rockwell พร้อมหัวกด	1	เครื่อง
กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายรูป	1	ชุด
ชุดกดระนาบ	1	ชุด
ผงขัดอลูมินา	1	ขวด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

NITAL 2%	1	ขวด
น้ำกลั่น	1	ขวด
เอธิลอัลกอฮอล์ 95%	1	ขวด
น้ำ	1	ขวด
เครื่องเป่าผม	1	เครื่อง
แผ่นกระดาษรองระหว่างชิ้นงานกับชุดกดระนาบ	1	แผ่น
ถ้วยใส่กรด	1	ใบ
ชิ้นงานเหล็กประเภท 1050 และ 4150 อย่างละ (ความหนาของชิ้นงาน 1 cm)	5	ชิ้น

อุปกรณ์ป้องกันอันตราย

ถุงมือยาง	1	คู่
ถุงมือกันไฟ	1	คู่

ส่วนผสมของชิ้นงานเหล็ก

Nominal Compositions

AISI - SAE No.	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cr	%Mo
Plain carbon steels							
1020	0.22	0.56	0.21	0.01	0.02		
1050	0.54	0.70	0.25	0.01	0.01		
Chromium - molybdenum steel							
4150	0.49	0.7	0.20	0.01	0.01	0.93	0.20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปฏิบัติการอบชุบโลหะ

ให้นักศึกษานำโลหะตัวอย่างมาอบชุบ โดยกรรมวิธีทางความร้อน ดังนี้ คือ Normalizing, Annealing, Quenching และ Quenching and Tempering ที่ 400°C และ 600°C แล้วนำไปขัดผิว จากนั้นจึงนำชิ้นงานไปส่องกล้องจุลทัศน์และถ่ายรูปผิวโลหะ แล้วจึงวัดค่าความแข็งหลังการอบชุบ

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. นำโลหะตัวอย่างมาตอกหมายเลขประจำตัวและประเภทการอบชุบ
2. เจียรไนผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบทั้งสองด้าน และลบมุม 1 ด้าน
3. นำชิ้นงานที่จะอบชุบเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 850°C เป็นเวลา 30 นาที
4. เมื่อครบ 30 นาทีแล้วให้รีบเปิดเตาอบแล้วนำโลหะตัวอย่างที่จะทำการอบชุบแข็ง (Quenching) มาใส่ถังน้ำอย่างรวดเร็ว โดยอย่าให้อุณหภูมิตัวอย่างต่ำกว่า 723°C
5. นำโลหะตัวอย่างที่จะทำ Normalizing ออกจากเตาอบแล้วปล่อยให้เย็นในอากาศ
6. โลหะตัวอย่างที่จะทำ Annealing ให้คงใส่ไว้ในเตาอบเช่นเดิม โดยปิดสวิทช์เตาอบ แล้วปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวลงภายในเตาอบ
7. นำโลหะที่จะทำ Tempering (ที่ผ่านการ Quenching แล้ว) เข้าเตาอบเพื่ออบคืนไฟ ที่อุณหภูมิ 400°C และ 600°C เป็นเวลา 45 นาทีแล้วจึงนำออกจากเตาอบใส่ลงในน้ำเพื่อให้เย็นตัว
8. ขัดผิวโลหะตัวอย่างทุกชิ้นด้วยเครื่องขัดผิวโลหะ โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ 180, 240, 320, 400 และ 600 จนเป็นมันวาวปราศจากรอยขัด แล้วจึงขัด ฮ ผงอลูมินา ขนาด 15, 6 และ 1 μm บนผ้าไนลอน และ ขนาด 0.5 และ 0.1 μm บนผ้าสักหลาดตามลำดับ
9. กัดชิ้นงานด้วย NITAL 2% ล้างน้ำ หยด ETHYL ALCOHOL 95% ลงบนผิวหน้าแล้วนำมาเป่าให้แห้ง นำไปส่องกล้องจุลทัศน์ เพื่อดูโครงสร้างจุลทัศน์
10. นำชิ้นงานมาวัดความแข็งโดยใช้เสกล C เพื่อเปรียบเทียบกันได้
11. ให้บันทึกความแข็งของเหล็กแต่ละประเภทบนกระดานดำ

Heat treatment Lab

ผลการทดลอง ให้แสดงดังตาราง

Heat Treatment Process	Microstructure		Hardness	
	1050	4150	1050	4150
As-received	F,P	F,P		
Annealing *(Furnace-cooling)*	F,P	F,P		
Normalizing *(Air-cooling)*	F,P	F,P		
Quenching *(Water-quenching)*	M	M		
Quenching & Tempering @ 400° C, 45 min.	Tempered M	Tempered M		
Quenching & Tempering @ 600° C, 45 min.	Tempered M	Tempered M		

หมายเหตุ F - Ferrite

P - Pearlite (Ferrite + Cementite, F_3C)

M - Martensite

Tempered M - Tempered Martensite (Ferrite + Carbides)

อภิปรายผลการทดลอง

1) Effect of Alloying Elements (Cr, Mo ใน 4150 steel) ต่อจุลโครงสร้างและความแข็ง ให้เปรียบเทียบเหล็ก 2 ชนิดที่ Heat treatment process เดียวกัน
2) Effect of Cooling Rates ต่อจุลโครงสร้างและความแข็ง ให้เปรียบเทียบเหล็กชนิดเดียวกันที่ Heat treatment process ต่างกัน (i.e. Cooling Rate ต่างกัน)
3) Effect of Tempering Temperature (400°C, 600°C) ต่อจุลโครงสร้างและความแข็ง

ความแข็งของชิ้นงานเหล็กประเภทต่าง ๆ

	1020	1050	4150
As-received	RB	RC	RC
Annealed	RB	RC	RC
Normalized	RB	RC	RC
Water-quenched	RB	RC	RC
Quenched-Tempered @ 200°C		RC	RC
@ 400°C		RC	RC
@ 600°C		RC	RC

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 3
Machine Shop

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

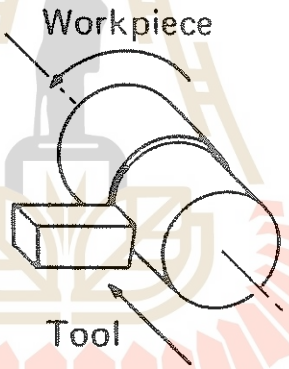
ปฏิบัติการที่ 5
เรื่อง การแปรรูปโลหะด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือกล

การทำด้ามฆ้อน

วัตถุประสงค์ เพื่อฝึกทักษะการใช้เครื่องกลึงในการปาดเนื้อโลหะ (Metal Removal)
เพื่อฝึกทักษะการใช้ดายในการทำเกลียวนอก

ทฤษฎี

การใช้เครื่องกลึงปาดผิวโลหะให้พื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมไปตลอดความยาวของชิ้นงานทำได้โดยหมุนชิ้นงานเข้าหาคมตัดของมีดกลึง และป้อนมีดกลึงเข้าปาดผิวโลหะให้ลึกและเดินกลึงในแนวขนานกับแกนหมุนของชิ้นงาน ดังรูป 5.1

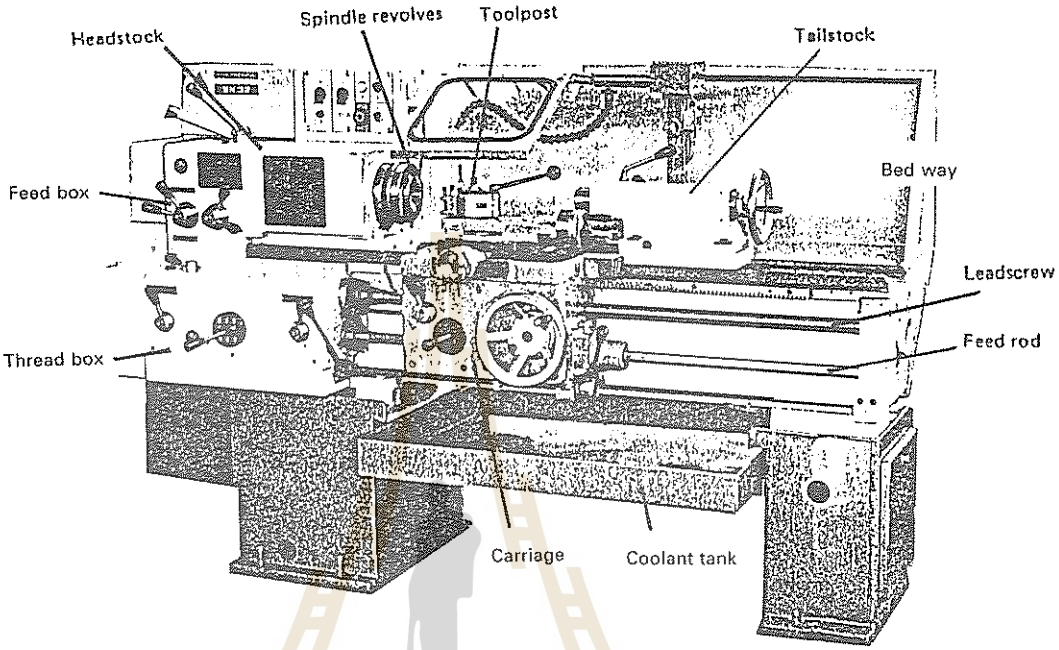


ภาพ 5.1 แสดงทิศทางการหมุนของชิ้นงานและการเคลื่อนที่ของมีดกลึง

การหมุนของชิ้นงานเกิดขึ้นจากการขับส่งกำลังภายในหัวแท่น (Headstock) ซึ่งประกอบด้วยชุดล้อสายพาน และเฟืองทดไปยังเพลางาน (Spindle) ซึ่งทำหน้าที่หมุนชิ้นงานด้วยความเร็วรอบต่าง ๆ โดยที่ชิ้นงานนั้นถูกจับยึดด้วยหัวจับ (Chuck) ที่บริเวณหัวแท่น ส่วนท้ายแท่น (Tailstock) ทำหน้าที่ยันศูนย์ชิ้นงานที่มีความยาวและบาง เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานเกิดโก่งงอในขณะกลึง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มีดกลึง (Tools) ที่อยู่บนแท่นมีด (Toolpost) เคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทาง คือ การเดินมีดเข้าตัดผิวให้ลึกและการเดินกลึงตามยาว การป้อนมีดทำได้โดยระบบอัตโนมัติหรือใช้มือหมุนล้อขับบนแท่นมีด ภายในฐานแท่นมีดเป็นระบบส่งกำลังทำให้แท่นมีดเคลื่อนที่ได้ตามต้องการ ส่วนเพลานำ (Leadscrew) ใช้สำหรับการกลึงเกลียว



ภาพ 5.2 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องกลึง

การทำเกลียวนอกด้วยดาย (Tapping Die)

ในการทำเกลียวนอกด้วยดายนี้ จะต้องเตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดก่อน ด้วยการกลึงให้กลม และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับขนาดของเกลียวที่ต้องการ เพื่อให้ดายได้เข้าตัดเนื้อโลหะได้ตรง ไม่เอียง ซึ่งจะทำให้เกลียวที่ได้ไม่เอียงตามไปด้วย

การใช้ดายจะต้องประกอบดายเข้ากับด้ามจับโดยใช้สกรูสำหรับยึดและปรับตัวดายและด้ามจับจะต้องอยู่ในแนวตั้งฉากกับชิ้นงานเสมอ เมื่อหมุนดายเข้าไป 1 รอบ แล้วจะต้องหมุนกลับ ประมาณ 1/4 ของรอบ หรือหมุนกลับจนไม่มีเศษโลหะเหลือตกค้างอยู่ในร่องดาย เพื่อป้องกันความเสียหายของดายและชิ้นงาน และควรหล่อลื่นผิวโลหะอย่างสม่ำเสมอ

เครื่องมือวัดขนาด

เครื่องมือวัดที่จำเป็นต้องใช้ในบทปฏิบัติการ เรื่อง Machine Shop มีดังนี้ คือ

1. **เวอร์เนีย คาลิปเปอร์** (Vernier Caliper)

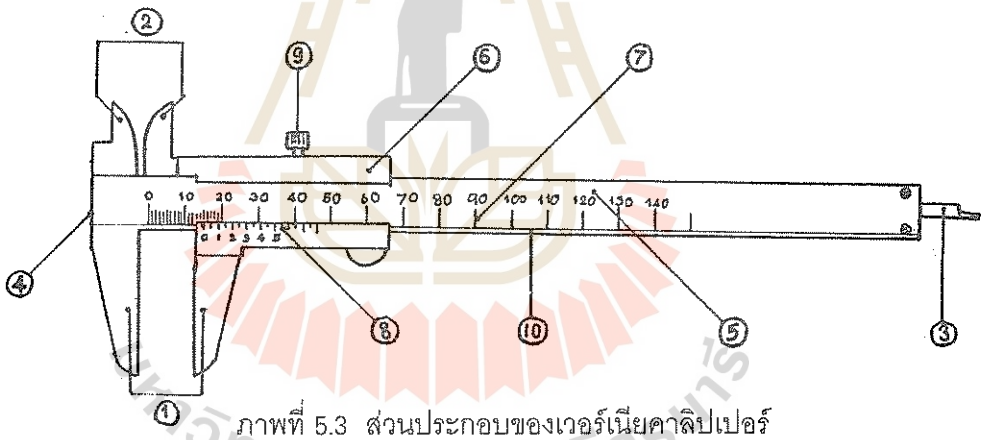
เวอร์เนียใช้ในการวัดขนาดเพื่อให้ได้ค่าที่ละเอียดมาก ๆ ซึ่งไม่สามารถใช้เครื่องมือวัดโดยทั่วไป เช่น ไม้บรรทัด มาวัดและอ่านค่าได้

ลักษณะการใช้งานของเวอร์เนีย มี 3 แบบ คือ

- วัดขนาดภายนอกของชิ้นงาน
- วัดขนาดภายในของชิ้นงาน
- วัดขนาดความลึกของชิ้นงาน

เวอร์เนียที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ คือ เวอร์เนีย ชนิด M ลักษณะพิเศษของเวอร์เนียชนิดนี้ คือ มีแท่งวัดความลึก ใช้วัดความลึกของรูได้ ค่าความละเอียดจากการอ่าน 0.05 mm. หรือ 1/20 mm.

ส่วนประกอบของเวอร์เนีย



ภาพที่ 5.3 ส่วนประกอบของเวอร์เนียคาลิปเปอร์

1.) ปากวัดด้านนอก (Outside jaws)

2.) ปากวัดด้านใน (Inside jaws)

3.) แท่งวัดความลึก (Depth bar)

4.) ผิววัดขั้น (Step Surface)

5.) บรรทัดหลัก (Main beam)

6.) ตัวเลื่อน (Slider)

7.) สเกลหลัก (Main scale)

8.) สเกลเวอร์เนีย (Vernier scale)

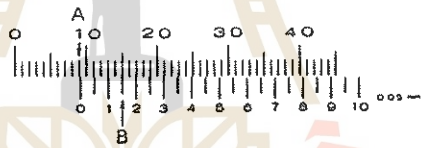
9.) หมุดล็อก (Clamp screw)

10.) ผิวอ้างอิง (Reference surface)

<u>การอ่านค่า</u>

ขนาดที่วัดนั้นอ่านได้จากการสเกลทั้งสอง คือ สเกลหลักและสเกลเวอร์เนียดังนี้ คือ ค่าที่อ่านได้จากสเกลหลัก คือ ตัวเลขที่อยู่ด้านหน้าจุดทศนิยม ส่วนค่าที่อ่านได้จากสเกลเวอร์เนีย คือ ตัวเลขที่อยู่หลักจุดทศนิยม

ตัวเลขที่อยู่หน้าจุดทศนิยม นั้น อ่านโดยเทียบเครื่องหมายศูนย์บนสเกลเวอร์เนีย ว่าอยู่ตรงหรือใกล้เคียงกับหมายเลขใดบนสเกลหลัก หมายเลขบนสเกลหลักนั้น คือ ตัวเลขหน้าจุดทศนิยม จากรูปที่ 5.4 เห็นได้ว่าเลข 0 บนสเกลเวอร์เนีย (ตำแหน่ง A) จะอยู่ใกล้เคียงกับเลข 9 มิลลิเมตร ของสเกลหลัก นั่นคือ ตัวเลขหน้าจุดทศนิยม อ่านได้ 9 มิลลิเมตร



ภาพที่ 5.4 แสดงการอ่านค่าวัดจากเวอร์เนีย

ส่วนตัวเลขที่ปรากฏอยู่บนสเกลเวอร์เนียนั้น จะเห็นได้ว่าปรากฏช่องย่อย ๆ ทั้งหมด 20 ช่อง ช่องย่อยแต่ละช่องเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตร การอ่านค่าสเกลเวอร์เนีย อ่านโดยเทียบดูว่าขีดใดของสเกลเวอร์เนียอยู่ตรงกับขีดบนสเกลหลัก ขีดของสเกลเวอร์เนียขีดนั้น คือ ตัวเลขหลังจุดทศนิยม จากในรูปที่ 5.4 เห็นได้ว่าขีดที่ 3 ของสเกลเวอร์เนีย (ตำแหน่ง B) ตรงกับขีดบนสเกลหลัก ดังนั้น ตัวเลขหลังจุดทศนิยมอ่านได้ 3 x 0.05 mm.

A = 9 mm.

B = 0.15 mm.

ดังนั้น ค่าที่อ่านได้จากการวัดขนาด คือ 9.15 mm.

การใช้งาน

เมื่อต้องการใช้เวอร์เนียวัดขนาดชิ้นงาน ให้ใช้มือขวาจับบรรทัดหลักไว้แล้วใช้นิ้วหัวแม่มือขวาดันตัวเลื่อนไปมาตามต้องการ เมื่อต้องการอ่านค่าให้เลื่อนปากวัดเข้าสัมผัสกับชิ้นงาน จากนั้นหมุนหมุดล็อคให้ตัวเลื่อนอยู่กับที่ แล้วจึงอ่านค่าบนสเกล

ข้อควรระวังในการใช้เวอร์เนียวัดขนาดของชิ้นงาน

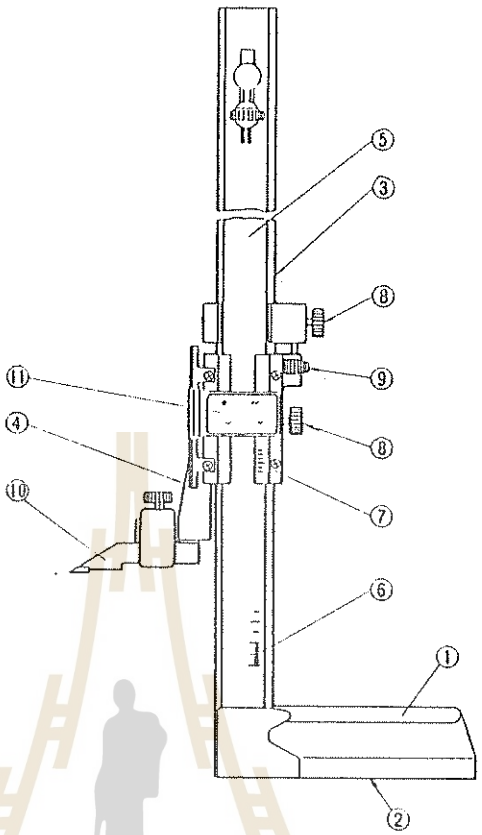
1. ห้ามเลื่อนปากเวอร์เนียเข้ากระแทกชิ้นงานอย่างรุนแรง ให้เลื่อนไปสัมผัสอย่างแผ่วเบา และห้ามออกแรงกดของนิ้วหัวแม่มือมากเกินไป
2. ห้ามใช้เวอร์เนียวัดในขณะที่ชิ้นงานยังหมุนอยู่
3. ในการวัดขนาดภายนอกของชิ้นงาน ให้จับชิ้นงานเข้าไปอยู่ใกล้ผิวอ้างอิงให้มากที่สุด
4. ในการวัดขนาดภายในของชิ้นงาน ให้เลื่อนปากวัดด้านในเข้าไปให้ลึกมากที่สุดและให้ผิวของชิ้นงานสัมผัสกับปากวัดเต็มหน้าสัมผัส
5. ในการวัดความลึก ให้วางแท่งวัดความลึกตั้งฉากกับผิวด้านล่างของชิ้นงาน
6. เมื่อใช้งานเสร็จให้ทำความสะอาดเวอร์เนีย แล้วเลื่อนปากเข้ามาชิดกันก่อนเก็บทุกครั้ง

2. **เวอร์เนียวัดความสูง** (Vernier Height Gage)

เวอร์เนียวัดความสูงใช้ในการวัดความสูงของชิ้นงานและใช้ในการกำหนดตำแหน่ง เพื่อทำเครื่องหมายลงบนชิ้นงาน ในการใช้งานเวอร์เนียวัดความสูงนั้นจะใช้ร่วมกับแท่นระดับเสมอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนประกอบของเวอร์เนียวัดความสูงที่ใช้ในปฏิบัติการ



ภาพที่ 5.5 ส่วนประกอบของเวอร์เนียวัดความสูง

1. ฐาน (Base)
2. ผิวอ้างอิงส่วนฐาน (Reference surface of base)
3. บรรทัด (Column)
4. ตัวเลื่อน (Slider)
5. บรรทัดหลัก (Main beam)
6. สเกลหลัก (Main scale)
7. สเกลเวอร์เนีย (Vernier scale)
8. สกรูยึดตัวเลื่อน (Clamp screw)
9. สกรูปรับละเอียด (Fine feed screw)
10. ปากขีด (Scriber)
11. กระจกขยายขนาด (Loupe)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการอ่านค่า

วิธีการอ่านค่าเหมือนกับเวอร์เนียคาลิปเปอร์ คือ ขนาดที่วัดได้ อ่านจากสเกลหลักและสเกลเวอร์เนีย

วิธีการใช้งาน

เมื่อต้องการวัดความสูงของชิ้นงาน ให้วางชิ้นงานลงบนแท่นระดับ จากนั้นใช้มือจับฐานให้แนบกับแท่นระดับ ส่วนมืออีกข้างหนึ่งเลื่อนตัวเลื่อน จนกระทั่งหน้าสัมผัสของปากขีดสัมผัสกับผิวหน้าของชิ้นงานพอดี จากนั้นหมุนสกรูยึดตัวเลื่อนไว้ แล้วจึงอ่านค่าความสูงที่วัดได้

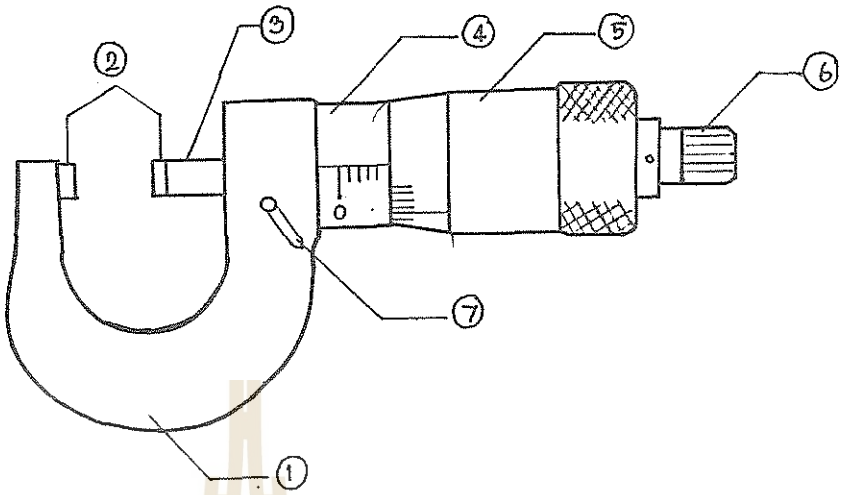
ข้อควรระวังในการใช้งาน

1. ก่อนใช้งานต้องตรวจสอบตำแหน่งศูนย์ของเวอร์เนียวัดความสูงทุกครั้ง โดยเลื่อนปากขีดลงมาจนสัมผัสกับผิวของแท่นระดับ ขีดเลขศูนย์ของสเกลหลักและสเกลเวอร์เนียจะต้องตรงกันพอดี
2. ในขณะที่กำลังวัดความสูงของชิ้นงาน ห้ามกดปากขีดแรงเกินไป
3. เมื่อสวมปากขีดแล้วจะต้องหมุนสกรูยึดปากขีดทุกครั้ง
4. ในการใช้ปากขีดทำตำแหน่งบนชิ้นงาน ให้หมุนสกรูยึดตัวเลื่อนไว้และจับฐานให้แน่นแล้วใช้ปากขีด ขีดเส้นบนชิ้นงานไปในทิศทางเดียวเพียงครั้งเดียว ห้ามขีดไป - กลับหลาย ๆ ครั้ง
5. เมื่อใช้งานเสร็จแล้ว ให้คลายสกรูยึดตัวเลื่อนแล้วเลื่อนตัวเลื่อนลงมา

3. **ไมโครมิเตอร์** (Micro meter)

ไมโครมิเตอร์ใช้ในการวัดขนาดของชิ้นงาน ลักษณะการใช้งานของไมโครมิเตอร์มี 3 แบบ คือ วัดขนาดภายนอกของชิ้นงาน วัดขนาดภายในของชิ้นงานและวัดความลึกของชิ้นงาน

ส่วนประกอบหลักของไมโครมิเตอร์มีดังนี้



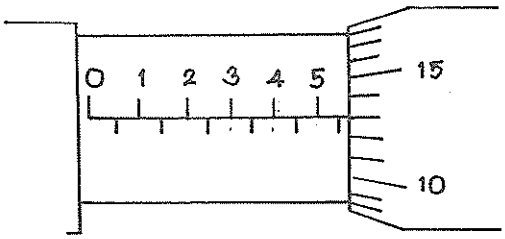
ภาพที่ 5.6 ส่วนประกอบของไมโครมิเตอร์

1. โครง (Frame)
2. ผิวรองรับงาน (Anvil)
3. แกนวัด (Spindle)
4. ปลอกสเกลหลัก (Sleeve)
5. ปลอกหมุน (Thimble)
6. รัชเชท สต็อป (Ratchet Stop)
7. ตัวล็อคแกนวัด (Lock Clamp)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>การอ่านค่า</u>

สำหรับไมโครมิเตอร์ชนิดอ่านค่าความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร บนปลอกสเกลหลักจะมีเส้นอ้างอิงอยู่ ขีดที่อยู่เหนือเส้นอ้างอิงมีค่าขีดละ 1 มิลลิเมตร ส่วนที่อยู่ใต้เส้นอ้างอิงจะอยู่กึ่งกลางระหว่างขีดที่อยู่เหนือเส้นอ้างอิง ดังนั้น เส้นที่อยู่ใต้ขีดอ้างอิงนี้จะแทนค่า 0.50 มิลลิเมตร ส่วนปลอกหมุนจะมีขีดเล็ก ๆ แบ่งไว้เป็น 50 ช่อง แต่ละช่องเท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร ดังนั้น เมื่อหมุนปลอกหมุนไปครบ 1 รอบจะได้ระยะเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร พอดี



ภาพที่ 5.7 การค่าสเกลไมโครมิเตอร์

จากภาพที่ 5.7	อ่านค่าที่อยู่เหนือเส้นอ้างอิงได้	5	ช่องเท่ากับ	5	มิลลิเมตร
	ค่าที่อยู่ใต้เส้นอ้างอิงได้	1	ช่องเท่ากับ	0.5	มิลลิเมตร
	ค่าที่อยู่บนปลอกหมุนได้	13	ช่องเท่ากับ	0.13	มิลลิเมตร
			รวม	5.63	มิลลิเมตร

วิธีการใช้งาน

ในการวัดขนาดชิ้นงานด้วยไมโครมิเตอร์ จะต้องให้ชิ้นงานอยู่ระหว่างผิวรองรับงานและแกนวัด จากนั้นหมุนปลอกหมุน จนกระทั่งแกนวัดไปสัมผัสกับผิวของชิ้นงาน จากนั้นล็อคที่ตัวล็อคแกนวัด แล้วอ่านค่าบนสเกล

ข้อควรระวังในการใช้งาน

1. ก่อนทำการวัด ต้องตรวจสอบตำแหน่งศูนย์ของปลอกสเกลหลักและปลอกหมุน โดยการหมุนให้แกนวัดเข้าไปสัมผัสกับผิวรองรับงาน ขีดศูนย์ของปลอกหมุนจะต้องตรงกับเส้นอ้างอิงบนปลอกสเกลหลักและขอบของปลอกวัดจะต้องทับขีดเลขศูนย์บนปลอกสเกลหลักพอดี
2. ห้ามใช้วัดกับชิ้นงานที่กำลังหมุนอยู่
3. ห้ามหมุน Ratchet Stop กลับทาง

อุปกรณ์ที่ใช้

อุปกรณ์การกลึงและทำเกลียว

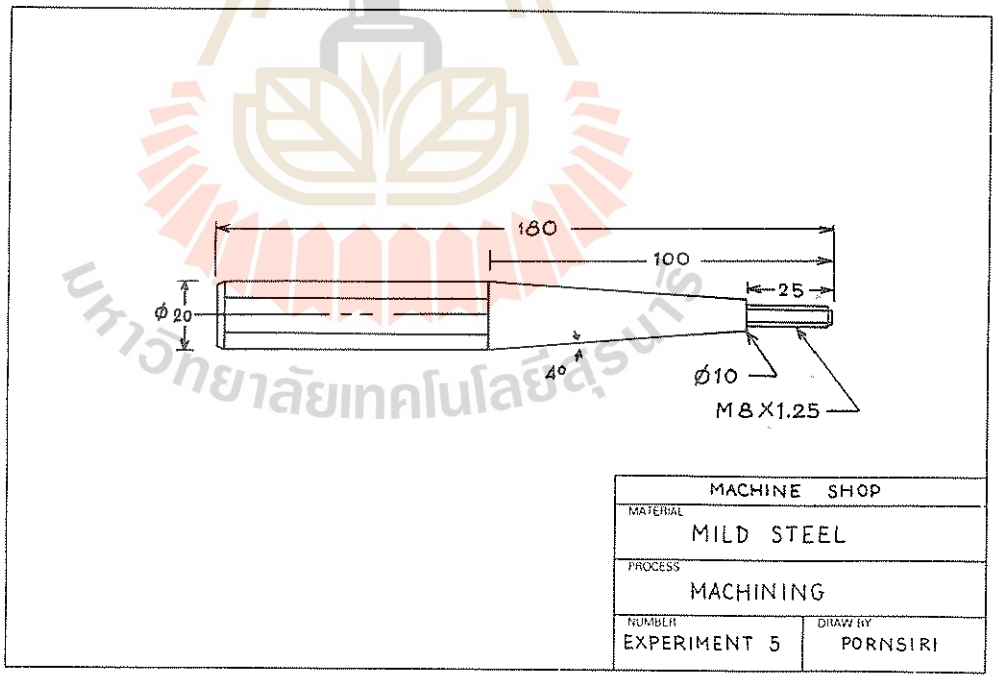
เครื่องกลึง TOS TRENCIN รุ่น SN 32	1	เครื่อง
ชิ้นงานเหล็กเหนียวรูปหกเหลี่ยม	1	ชิ้น
มีดกลึง HSS	1	ด้าม
ดายสำหรับทำเกลียวนอกขนาด 8 มม. (M 8 x 1.25)	1	ชุด
ปากกาจับชิ้นงานแบบยึดติดกับโต๊ะ	1	อัน
เวอร์เนีย (vernier)	1	อัน
ไมโครมิเตอร์	1	อัน
ตะไบละเอียด	1	อัน
ฉากเหล็ก	1	อัน
กาน้ำมันหล่อลื่น	1	อัน

อุปกรณ์ป้องกันอันตราย

หมวก	1	ใบ
แว่นตา	1	อัน

การปฏิบัติงานกลึง

ฝึกกลึงชิ้นงานและทำเกลียวนอกโดยใช้ดายเพื่อให้ได้งาน ดังรูป 5.8



ภาพ 5.8 แสดงลักษณะของชิ้นงานที่สมบูรณ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการทำด้ามฆ้อน

1. เปิดสวิทช์ไฟหลังเครื่องและสวิทช์มอเตอร์
2. ใสชิ้นงานเข้าที่หัวจับ โดยให้ชิ้นงานยาวออกมาประมาณ 120 มม. แล้วขันหัวจับให้แน่น
3. ตั้งมีดกลึงให้ได้ระดับ โดยเทียบและปรับให้อยู่ในระดับเดียวกับศูนย์ท้าย
4. ตั้งความเร็วรอบที่ 450 rpm และตั้งความเร็วป้อนตัด (feed) ที่ 0.08 มม.
5. ตั้งใบมีดทำมุม 45 องศา แล้วเคลื่อนป้อนมีดเข้าหาชิ้นงาน ปาดหน้าชิ้นงานให้เรียบ
6. ปรับใบมีดกลึงให้ตั้งฉากกับความยาวของชิ้นงาน แล้วจึงปอกผิวชิ้นงานด้านปลายยาว 25 มม. จนกระทั่งปลายชิ้นงานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. แล้วจึงลบคมของชิ้นงาน
7. ตั้งบรรทัดกลึงเรียวให้ได้มุม 4 องศา จากนั้นจึงกลึงเรียวชิ้นงานตามแบบ
8. คลายหัวจับแล้วกลับด้านชิ้นงานใส่เข้าไปในหัวจับ โดยจับชิ้นงานยาวประมาณ 25 มม. ปาดหน้าชิ้นงานจนกระทั่งชิ้นงานมีความยาวทั้งหมดเท่ากับ 180 มม.
9. ทำเกลียวนอกที่ปลายของชิ้นงาน โดยใช้ die ขนาด M 8 x 1.25

ข้อควรระวัง

- ขณะทำการกลึง ให้ใช้น้ำหล่อเย็นด้วยทุกครั้ง
- ตรวจสอบขนาดของชิ้นงานด้วยเวอร์เนีย ภายหลังจากหยุดเดินเครื่อง ห้ามวัดขณะที่ยังเดินเครื่องอยู่เป็นอันขาด
- เมื่อขันหัวจับแล้ว ให้นำ T - chuck ออกจากหัวจับ ก่อนเดินเครื่อง
- ใช้น้ำมันหล่อลื่นอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่ทำเกลียว

การทำหัวฆ้อน

วัตถุประสงค์ เพื่อฝึกทักษะการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือกลในการปาดเนื้อโลหะ (Metal Removal)

เพื่อฝึกทักษะการใช้ดอกเกลียวในการทำเกลียวใน

ทฤษฎี

งานเจาะโลหะ เป็นการทำรูกลมในเนื้อโลหะ โดยมีดอกสว่านทำหน้าที่เป็นมีดตัด (Tools) เฉือนเอาโลหะจากชิ้นงาน ดอกสว่านจัดเป็นมีดตัดประเภทหลายคม (Multi Point Cutting Tools) มีลักษณะเป็นร่องพันโดยรอบ เพื่อระบายเศษโลหะที่เกิดขึ้นจากการเจาะออกไปจากเนื้องาน

ในขณะเจาะ ดอกสว่านจะเคลื่อนที่ใน 2 ลักษณะ พร้อม ๆ กัน คือ การหมุนเพื่อให้คมตัดได้ตัดเอาเนื้อโลหะออก และการป้อนดอกสว่านให้เจาะลึกลงไปในชิ้นงาน ดังรูป 5.9

ภาพ 5.9 แสดงการเคลื่อนที่ของดอกสว่าน

ผลจากการที่ดอกสว่านเจาะชิ้นงานจะทำให้เกิดความร้อนขึ้น ถ้าความร้อนดังกล่าวนี้มีมากเกินไป จะทำให้อายุการใช้งานของดอกสว่านสั้นลง จึงจำเป็นต้องใช้สารหล่อเย็น (Coolant) ในการ ระบายความร้อนออกไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทำเกลียวในด้วยดอกเกลียว (TAP)

การทำเกลียวในขนาดเล็กจะต้องใช้เครื่องมือที่เรียกว่าดอกเกลียว (TAP) โดยทั่วไป ดอกเกลียว 1 ชุด จะมี 3 ตัว ตัวแรกคือ Taper Tap ใช้สำหรับการเริ่มทำเกลียว ส่วนตัวที่สองและสาม คือ Plug Tap และ Bottoming Tap ใช้ภายหลังจากดอกเกลียวตัวแรก เพื่อให้ได้เกลียวที่สมบูรณ์ตามต้องการ

ในขณะทำเกลียวด้วยดอกเกลียวนี้ มีข้อควรระวังในขณะปฏิบัติเช่นเดียวกับการทำเกลียว ด้วยดาย นั่นคือ จะต้องจับยึดชิ้นงานให้ได้ศูนย์และหมุนดอกเกลียวไป-กลับ และต้องใช้น้ำมันหล่อลื่น อยู่เสมอ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำหัวม้อน

เครื่องกลึง TOS TRENCIN รุ่น SN32	1	เครื่อง
ตะไบละเอียด	1	อัน
แปรงทองเหลือง	1	อัน
ฉากเหล็ก	1	อัน
แปรงปัดเศษโลหะ	1	อัน
center punch	1	อัน
ชอล์ก	1	แท่ง
ดอกสว่าน Osborn 6.75 UK. HSS	1	ดอก
Taps KEIBA 8 x 1.25 SKS2 JAPAN	1	ชุด
ด้าม Tap M1-10 1/16 - 3/8 No.1	1	อัน
เครื่องเจาะ แบบตั้งพื้น	1	เครื่อง
ระดับน้ำ	1	อัน
ฆ้อนยาง	1	อัน
ฆ้อนเหล็ก	1	อัน
vernier calipper	1	อัน
ชิ้นงานเหล็กเหนียว	1	อัน
vernier high - gage	1	อัน
V - Block	1	อัน
น้ำมันหล่อลื่น	1	กา
ปากกาจับชิ้นงาน	1	อัน

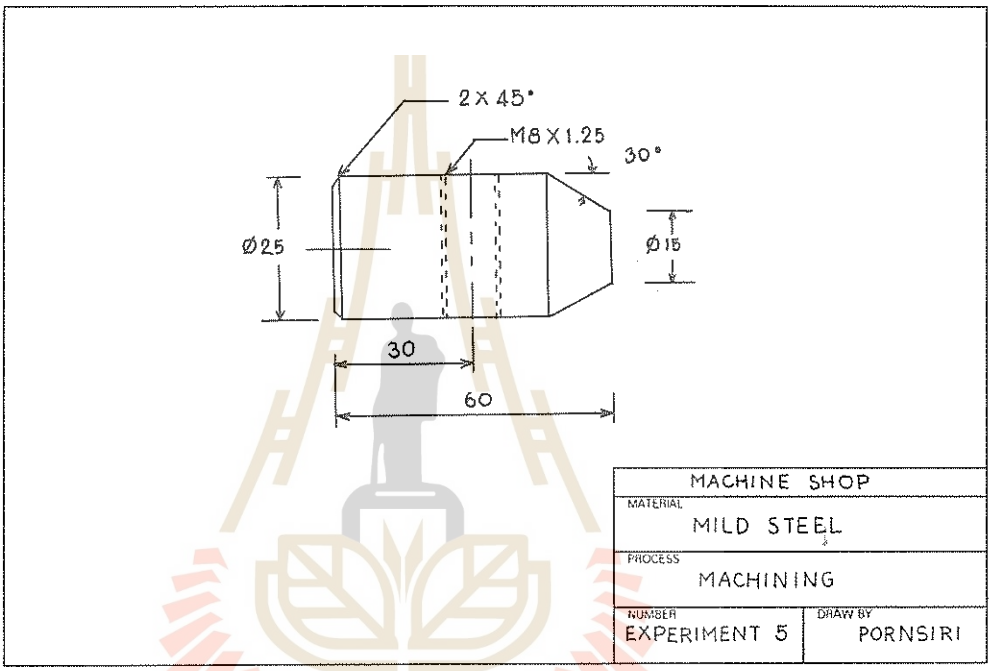
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อุปกรณ์ป้องกันอันตราย

หมวก	1	ใบ
แว่นตา	1	อัน

การปฏิบัติงานทำหัวม้อน

ฝึกปาดหน้า, เจาะชิ้นงานและทำเกลียวในเพื่อให้ได้หัวม้อนลักษณะดังภาพ 5.10



ภาพ 5.10 แสดงลักษณะของชิ้นงาน

ขั้นตอนการทำหัวม้อน

1. ใสชิ้นงานที่หัวจับ ให้ชิ้นงานยาวออกมาประมาณ 40 มม. ขันหัวจับให้แน่น
2. ตั้งกลึงปาดหน้าชิ้นงานให้เรียบ จากนั้นลบคมชิ้นงานขนาด 2 x 45 องศา
3. กลับด้านชิ้นงานแล้วปาดหน้าชิ้นงานให้เรียบ ตรวจสอบขนาดความยาวของชิ้นงานทั้งหมด ปาดหน้าชิ้นงานจนกระทั่งมีความยาวทั้งหมด 60 มม.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. กลึงเรียวที่ปลายด้ายหนึ่งของชิ้นงานให้ได้ขนาดตามแบบ

5. นำชิ้นงานไป lay - out ตำแหน่งที่จะเจาะรู โดยวางชิ้นงานบนแท่นระดับ ใช้เวอร์เนียไฮเกจวัดและขีดตำแหน่งกึ่งกลางของชิ้นงาน จากนั้นตอกเหล็กนำศูนย์ที่จุดกึ่งกลางนั้น

6. นำชิ้นงานไปเข้าเครื่องเจาะ และเจาะรูลงบริเวณที่ทำตำแหน่งไว้

7. นำชิ้นงานไปทำเกลียวใน โดยใช้ Tap M 8 x 1.25

การเขียนรายงานปฏิบัติการ

ให้นักศึกษาเขียนรายงานปฏิบัติการและตอบคำถามท้ายปฏิบัติการ

คำถามปฏิบัติการที่ 5

การทำด้ามฆ้อนและหัวฆ้อน โดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือกล

5.1 ชิ้นงาน

โลหะประเภท _____

มาตรฐาน _____

5.2 มีดตัด

มีดกลึงทำจากโลหะประเภท _____

ดอกสว่านทำจากโลหะประเภท _____

5.3 เครื่องมือวัดละเอียด

5.3.1 หวีวัดเกลียว ใช้สำหรับ _____

5.3.2 เหล็กฉาก ใช้สำหรับ _____

5.3.3 เขาควาย ใช้สำหรับ _____

5.3.4 ตีนผี ใช้สำหรับ _____

5.3.5 เวอร์เนียไฮเกจ ใช้สำหรับ _____

5.3.6 ไดอัลเกจ ใช้สำหรับ _____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 4
Welding

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการที่ 6

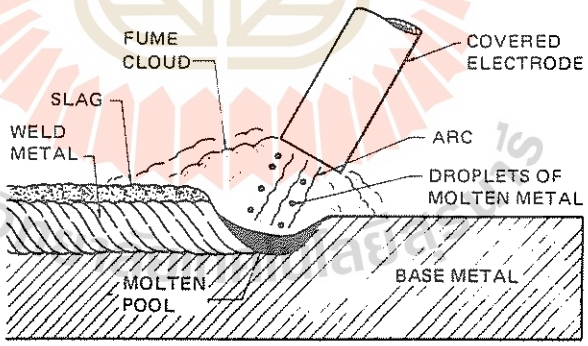
เรื่อง การเดินแนวเชื่อมโดยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม

วัตถุประสงค์ : เพื่อฝึกทักษะการเดินแนวเชื่อมในท่าต่าง ๆ
เพื่อศึกษาและเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายได้อย่างถูกต้อง

ทฤษฎี

การเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม (Shielded Metal Arc Welding Process - SMAW) เป็นกรรมวิธีการเชื่อมชนิดหนึ่งที่ใช้สารพอกหุ้ม (flux) เป็นตัวนำไฟฟ้า เมื่อโลหะอยู่ในสภาวะหลอมละลายและปกคลุมโลหะที่หลอมละลายมิให้เกิดปฏิกิริยากับบรรยากาศ ดังแสดงในภาพ 6.1 ขณะที่เชื่อม โลหะจะเกิดการอาร์ค (arc) ขึ้นระหว่างปลายของลวดเชื่อม (electrode) และชิ้นงาน ความร้อนจากการอาร์คทำให้ลวดเชื่อมและชิ้นงานเกิดการหลอมละลาย โลหะลวดเชื่อมจะหยดลงแอ่งโลหะ (metal pool) บนชิ้นงานและผสมกันเป็นรอยเชื่อม

การเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้มเป็นกรรมวิธีการเชื่อมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องเชื่อมและลวดเชื่อมมีราคาไม่แพงมากนัก



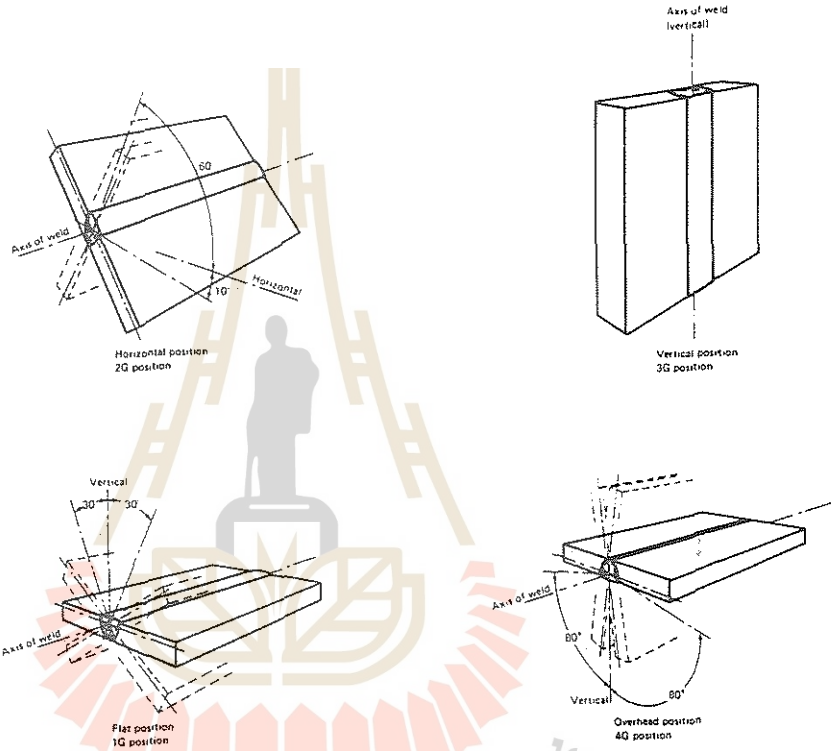
ภาพ 6.1 แสดงหลักการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม

ท่าเชื่อม (Welding Position)

American Welding Society (AWS) ได้กำหนดท่าเชื่อมมาตรฐานไว้ 4 ท่า คือ

1. ท่าราบ (Flat Position)
2. ท่าขนานนอน (Horizontal Position)
3. ท่าตั้ง (Vertical Position)
4. ท่าเหนือศีรษะ (Overhead Position)

ดังแสดงไว้ในภาพ 6.2 ซึ่งการเชื่อมในท่าต่าง ๆ นี้จะใช้ชนิดของลวดเชื่อม มุมของลวดเชื่อมและหัวเชื่อมแตกต่างกันออกไป



ภาพที่ 6.2 แสดงท่าเชื่อมตามมาตรฐาน AWS

ข้อควรพิจารณาในการเชื่อม

กระแสเชื่อม (Welding Current) การเชื่อมชิ้นงานแต่ละครั้งจะต้องพิจารณาขนาดของกระแสเชื่อมให้เหมาะสม จากตารางที่ 6.1 แสดงค่ากระแสเชื่อมที่ใช้กับลวดเชื่อมชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้แล้วการเลือกใช้ค่ากระแสเชื่อมยังต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ชนิดของวัสดุ ขนาดของชิ้นงาน เป็นต้น การตั้งค่ากระแสเชื่อมที่ต่ำเกินไปจะทำให้โลหะ

หลอมละลายได้ยาก การอาร์คไม่คงที่สม่ำเสมอและแนวเชื่อมจะสูง แต่ถ้าหากกระแสเชื่อมสูงเกินไปจะทำให้แนวเชื่อมมีขนาดใหญ่และแบน มีการหลอมละลายลึกลงไปในเนื้องานและเกิดควันขึ้นมากในขณะเชื่อม

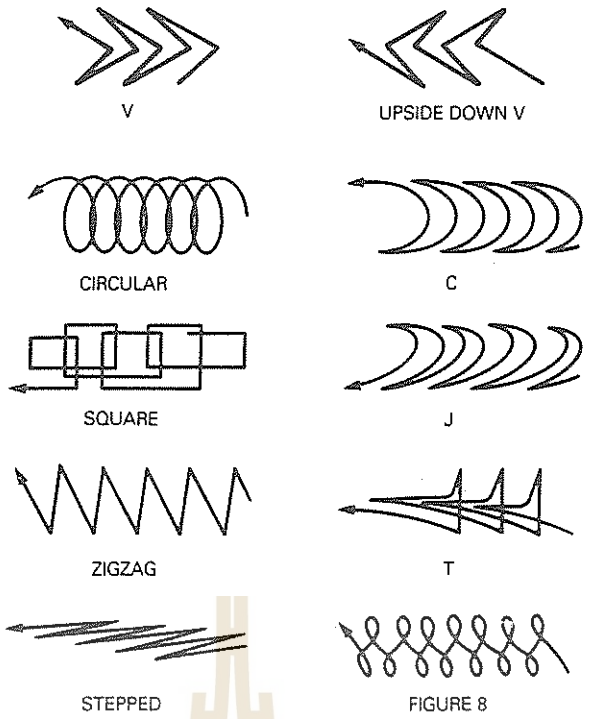
ส่วนขนาดของอาร์คโวลเทจสำหรับการเชื่อมในแนวราบจะอยู่ในช่วง 20 - 30 โวลท์ เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-6 มม. และขนาดของอาร์คโวลเทจของการเชื่อมในแนวตั้งและท่าเหนือศีรษะจะต่ำกว่าท่าราบ 2-5 โวลท์

ขนาดของลวดเชื่อม	ชนิดของลวดเชื่อม					
	E6010	E6011	E6012	E6013	E7016	E7018
3/32 นิ้ว (2.4 มม.)	40 - 80	50 - 70	40 - 90	40 - 85	75 - 105	70 - 110
1/8 นิ้ว (3.2 มม.)	70 - 130	85 - 125	75 - 130	70 - 120	100 - 150	90 - 165
5/32 นิ้ว (4 มม.)	110 - 165	130 - 160	120 - 200	130 - 160	140 - 190	125 - 220

ตาราง 6.1 แสดงค่ากระแสเชื่อมที่ใช้กับลวดเชื่อมชนิดต่าง ๆ (หน่วยเป็น แอมแปร์)

ระยะอาร์ค (arc length) ขณะที่เชื่อมชิ้นงานอยู่นั้น ความยาวของลวดเชื่อมจะลดลง เนื่องจากถูกใช้ไป ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมจำเป็นต้องลดระดับลวดเชื่อมลงมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาระยะอาร์คให้สม่ำเสมอ ตามปกติระยะอาร์คควรเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดเชื่อมที่ใช้ ระยะอาร์คที่สั้นเกินไปจะทำให้ลวดเชื่อมติดกับชิ้นงานได้ง่าย แต่ถ้าระยะอาร์คที่มากเกินไปจะทำให้เกิดเม็ดโลหะ (spatter) ขึ้นมากและรอยเชื่อมจะกว้าง

การส่ายลวด (weave) รูปแบบการส่ายลวดเชื่อมมีอยู่หลายแบบด้วยกัน ดังแสดงในภาพ 6.3 โดยปกติแล้วการเคลื่อนไหวลวดเชื่อมในลักษณะส่าย ควรส่ายให้คงที่และสม่ำเสมอ โดยมีรอยเชื่อมกว้างไม่เกินสองเท่าครึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดเชื่อม



ภาพที่ 6.3 แสดงรูปแบบการสายลวดเชื่อม

การเลือกใช้ลวดเชื่อมอาร์ค

American Welding Society ได้กำหนดสัญญลักษณ์ของลวดเชื่อมที่เป็นเหล็กประเภทคาร์บอน (Carbon Steel) และเหล็กประเภทโลหะผสมต่ำ (Low Alloy Steel) ไว้ดังนี้

E 60 1 2

ตัวแรก E	หมายถึง ลวดเชื่อมอาร์ค (Arc Welding Electrode)
ตัวเลข 2 ตัวแรก	หมายถึง ค่าแรงดึงต่ำสุดที่แนวเชื่อมรับได้ (Minimum Tensile Strength) คูณด้วย 1,000 หน่วยเป็น Psi
ตัวเลขที่ 3	หมายถึง ท่าเชื่อม (Welding Position)
ตัวเลขที่ 4	หมายถึง ชนิดของกระแสเชื่อม (Welding Current)

รหัสของท่าเชื่อม

1	หมายถึง	ทุกท่าเชื่อม
2	หมายถึง	ท่าราบและเชื่อมมุมในแนวขนานนอน
3	หมายถึง	ท่าราบเท่านั้น
4	หมายถึง	ท่าราบ , ท่าขนานนอน , ท่าเหนือศีรษะและท่าเชื่อมขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนิดของกระแสเชื่อม

E X X X 0	หมายถึง	กระแสตรงต่อกลับขั้ว (DCRP)
E X X X 1	หมายถึง	กระแสตรงหรือกระแสสลับต่อกลับขั้ว (AC and DCRP)
E X X X 2	หมายถึง	กระแสตรงหรือกระแสสลับต่อขั้วตรง (AC and DCSP)
E X X X 3	หมายถึง	กระแสตรงหรือกระแสสลับ (AC and DC)
E X X X 4	หมายถึง	กระแสตรงหรือกระแสสลับ (AC and DC)
E X X X 5	หมายถึง	กระแสตรงต่อกลับขั้ว (DCRP)
E X X X 6	หมายถึง	กระแสตรงหรือกระแสสลับต่อกลับขั้ว (AC and DCRP)
E X X X 8	หมายถึง	กระแสตรงหรือกระแสสลับต่อกลับขั้ว (AC and DCRP)

อุปกรณ์การเชื่อม

ชิ้นงาน mild steel	2	แผ่น
ลวดเชื่อม E6013	10	อัน
เครื่องเชื่อม HOBART รุ่น TR - 250 AC/DC	1	เครื่อง
ฆ้อนเคาะสแล็ก	1	อัน
สกัด	1	อัน
ฆ้อนเหล็กหัวแบน	1	อัน
แปรงลวด	1	อัน

อุปกรณ์ป้องกันอันตราย

หน้ากากเชื่อมแบบสวมหัวหรือมือจับ	1	อัน
เอี๊ยมหนัง	1	ชุด
ปลอกแขน	1	คู่
ถุงมือหนัง	1	คู่

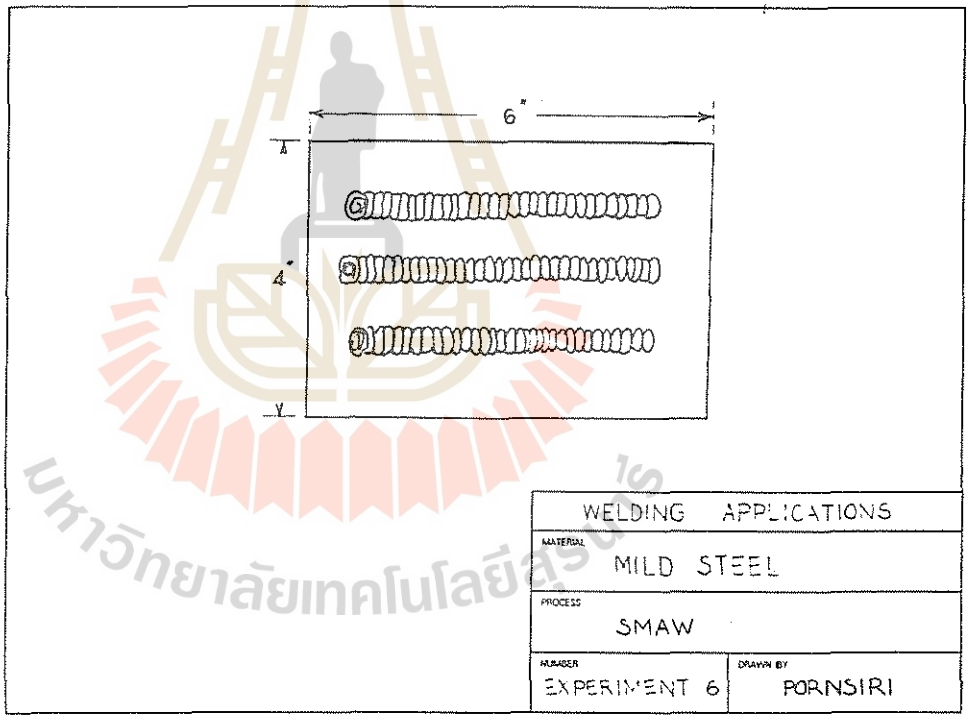
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การปฏิบัติการเชื่อม

ฝึกการเดินแนวเชื่อมบนชิ้นงาน โดยปรับค่ากระแสเชื่อม (welding current), ระยะอาร์ค (arc length), การส่ายลวด (weave) และ ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม (travel speed) ให้เหมาะสมโดยฝึกเชื่อมในท่าต่อไปนี้

1. ท่าราบ (Flat)
2. ท่าขนานนอน (Horizontal)
3. ท่าเชื่อมขึ้น (Vertical Up)
4. ท่าเชื่อมลง (Vertical Down)

โดยจุดระยะแนวเชื่อมให้อยู่บนชิ้นงาน ดังภาพ 6.4



ภาพ 6.4 แสดงการจัดระยะแนวเชื่อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. แต่งกายด้วยชุดป้องกันอันตรายให้เรียบร้อยและรัดกุม
2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องเชื่อม HOBART รุ่น TR - 250 AC/DC และปรับให้พร้อมใช้งานได้ ดังนี้
   - ปรับสวิตซ์ High/Low ไปตำแหน่ง Low
   - ปรับค่ากระแสให้อยู่ในช่วง 70 - 80 Amp
   - ตรวจสอบสายไฟของคีมจับชิ้นงาน และหัวเชื่อมที่ AC Output
   - ใช้คีมจับชิ้นงานและใช้หัวเชื่อมยึดลวดเชื่อมไว้ในร่อง โดยทำมุมประมาณ , 45 องศา
   - ปรับสวิตซ์ ON/OFF ไปที่ ON เป็นการเปิดเครื่อง
3. เริ่มเชื่อมโดยการเลื่อนลวดเชื่อมไปใกล้กับชิ้นงาน โดยมีระยะห่างใกล้เคียงกับเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดเชื่อม จนกระทั่งเกิดการอาร์ค จากนั้นให้เดินลวดเชื่อมโดยการส่ายลวดเชื่อมช้า ๆ และสม่ำเสมอ จนได้แนวเชื่อมครบ 3 แนว
4. ปิดเครื่องเชื่อม โดยปรับสวิตซ์ ON/OFF ไปที่ OFF ทิ้งชิ้นงานให้เย็นลง จากนั้นใช้ฆ้อนเคาะสแล็กออก
5. ทำความสะอาดชิ้นงาน โดยตอกสกัดให้เม็ดโลหะ (spatter) หลุดออกแล้วใช้แปรงขัด จากนั้นนำชิ้นงานมาตอกรหัสนักศึกษาและกลุ่ม
6. ทำความสะอาดโต๊ะทำงาน, พื้นและเก็บลวดเชื่อมที่เหลือ ไว้ใช้ในคราวต่อไป

การเขียนรายงานปฏิบัติการ

ให้นักศึกษาเขียนรายงานปฏิบัติการและตอบคำถามท้ายปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำถามท้ายปฏิบัติการที่ 6
การเดินแนวเชื่อมโดยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม

6.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

ให้เขียนภาพวงจรการเชื่อมโดยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6.2 ชิ้นงาน

โลหะประเภท _____

มาตรฐาน _____

ความหนา _____

6.3 ลวดเชื่อม

ลวดเชื่อมสารพอกหุ้มติตาเนีย (Titania Coated Electrode)

มาตรฐาน _____

ผู้ผลิต / ยี่ห้อ / ประเทศ _____

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดเชื่อม _____ มม.

ความยาวของลวดเชื่อม _____ มม.

กระแสเชื่อม _____ แอมป์

แบบการส่ายลวดเชื่อม _____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการที่ 7

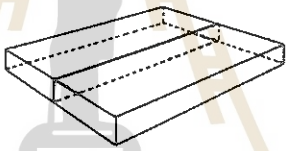
เรื่อง การเชื่อมรอยต่อของชิ้นงานโดยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม

วัตถุประสงค์ : เพื่อฝึกทักษะการเชื่อมรอยต่อชิ้นงาน

ทฤษฎี

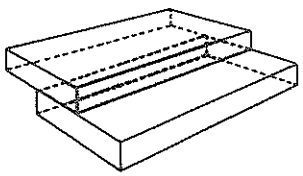
การเชื่อมต่อชิ้นงาน (Welding Joint) เป็นการนำเอาชิ้นงานโลหะมาประกอบเข้าด้วยกันแล้วยึดติดกันด้วยกรรมวิธีการเชื่อม โดยทั่วไปแล้วรอยต่อมีอยู่ 5 แบบ

1.) รอยต่อชน (Butt Joint) เป็นการเชื่อมยึดชิ้นงาน 2 ชิ้นในแนวราบให้ติดกัน ดังภาพ 7.1 ในการเชื่อม จะต้องจัดให้มีช่วงห่างระหว่างชิ้นงาน (root opening หรือ gap) ไม่เกิน 3 มม. ช่วงห่างระหว่างชิ้นงานมีผลต่อการหลอมละลายลึก (penetration) กล่าวคือ ถ้าเว้นช่วงห่างระหว่างชิ้นงานมาก จะทำให้การหลอมละลายลึกมากด้วย



ภาพ 7.1 แสดงรอยต่อชน

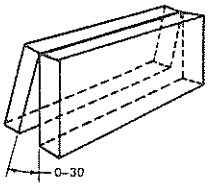
2.) รอยต่อเกย (Lap Joint) เป็นการเชื่อมยึดชิ้นงานที่วางซ้อนเกยกัน ดังภาพ 7.2 งานเชื่อมแบบนี้จะต้องระมัดระวังในการให้ความร้อนที่มุมของรอยต่อ เนื่องจากชิ้นงานแผ่นบนมักจะหลอมละลายก่อนชิ้นงานแผ่นล่าง ทำให้งานเชื่อมไม่แข็งแรงเท่าที่ควร



ภาพ 7.2 แสดงรอยต่อเกย

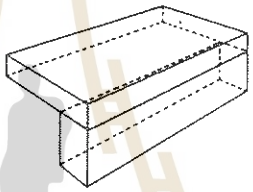
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.) รอยต่อขอบ (Edge Joint) เป็นการเชื่อมบริเวณขอบของชิ้นงานที่วางอยู่ในแนวขนาน หรือในแนวใกล้เคียงกับแนวขนาน ดังภาพ 7.3



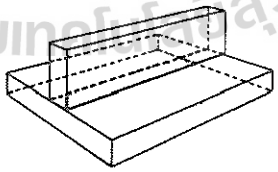
ภาพ 7.3 แสดงรอยต่อขอบ

4.) รอยต่อมุมด้านนอก (Outside Corner Joint) เป็นการเชื่อมบริเวณขอบของชิ้นงานที่วางมุมกันเป็นลักษณะตัว V หรือตัว L ดังภาพ 7.4



ภาพ 7.4 แสดงรอยต่อมุม

5.) รอยต่อมุมด้านใน (Inside Corner Joint) เป็นการเชื่อมชิ้นงาน 2 ชิ้น โดยชิ้นงานหนึ่งวางอยู่บนชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่งในลักษณะตั้งฉากกัน ดังภาพ 7.5



ภาพ 7.5 แสดงรอยต่อมุมด้านใน

อุปกรณ์ที่ใช้

ชิ้นงาน mild steel	2	แผ่น
ลวดเชื่อม E6013	10	อัน
เครื่องเชื่อม HOBART รุ่น TR - 250 AC/DC	1	เครื่อง
ฆ้อนเคาะสแล็ก	1	อัน
สกัด	1	อัน
ฆ้อนเหล็กหัวแบน	1	อัน
แปรงลวด	1	อัน

อุปกรณ์ป้องกันอันตราย

หน้ากากเชื่อมแบบสวมหัวหรือมือจับ	1	อัน
เอี๊ยมหนัง	1	ชุด
ปลอกแขน	1	คู่
ถุงมือหนัง	1	คู่

การปฏิบัติการเชื่อม

ฝึกการเชื่อมรอยต่อของชิ้นงาน โดยวิธีเชื่อมรอยต่อชน (Butt Joint) ในท่าราบ (flat position)

ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. แต่งกายด้วยชุดป้องกันอันตรายให้เรียบร้อยและรัดกุม
2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องเชื่อม HOBART รุ่น TR - 250 AC/DC และปรับให้พร้อมใช้งานได้ ดังนี้
   - ปรับสวิตช์ High/Low ไปตำแหน่ง Low
   - ปรับค่ากระแสให้อยู่ในช่วง 70 - 80 Amp
   - ตรวจสอบสายไฟของคีมจับชิ้นงาน และหัวเชื่อมที่ AC Output
   - ใช้คีมจับชิ้นงานและใช้หัวเชื่อมยึดลวดเชื่อมไว้ในร่อง โดยทำมุมประมาณ 45 องศา
   - ปรับสวิตช์ ON/OFF ไปที่ ON เป็นการเปิดเครื่อง

3. วางชิ้นงาน 2 ชิ้นให้อยู่ในลักษณะรอยต่อชน โดยมีช่วงห่างระหว่างชิ้นงานไม่เกิน 3 มม.และเชื่อมแท็ค (tack welding) ที่บริเวณกลางและปลายชิ้นงาน เพื่อยึดชิ้นงานทั้งสองไว้ด้วยกันและป้องกันการบิดเบี้ยว จากนั้นจึงเดินแนวเชื่อมที่รอยต่อ โดยการส่ายลวดเชื่อมช้า ๆ และสม่ำเสมอ จนเสร็จ
4. ปิดเครื่องเชื่อม โดยปรับสวิตช์ ON/OFF ไปที่ OFF ทิ้งชิ้นงานให้เย็นลง จากนั้นใช้ฆ้อนเคาะสแล็กออก
5. ทำความสะอาดชิ้นงาน โดยตอกสกัดให้เม็ดโลหะ (spatter) หลุดออกแล้วใช้แปรงขัด จากนั้นนำชิ้นงานมาตอกรหัสนักศึกษาและกลุ่ม
6. ทำความสะอาดโต๊ะทำงาน, พื้นและเก็บลวดเชื่อมที่เหลือ ไว้ใช้ในคราวต่อไป

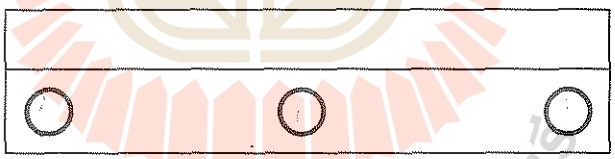
การเขียนรายงานปฏิบัติการ

ให้นักศึกษาเขียนรายงานปฏิบัติการและตอบคำถามท้ายปฏิบัติการ

คำถามท้ายปฏิบัติการที่ 7

การเชื่อมรอยต่อของชิ้นงานโดยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้ม

7.1 ให้นักศึกษาลงหมายเลขลงใน ○ เพื่อแสดงลำดับของการเชื่อมแท็ค (tack welding) ในบริเวณต่าง ๆ ของชิ้นงาน



7.2 ชิ้นงาน

โลหะประเภท _____

มาตรฐาน _____

ความหนา _____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.3 ลวดเชื่อม

ลวดเชื่อมสารพอกหุ้มติตาเนีย (Titania Coated Electrode)

มาตรฐาน _____

ผู้ผลิต/ยี่ห้อ/ประเทศ _____

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดเชื่อม _____มม.

ความยาวของลวดเชื่อม _____มม.

กระแสเชื่อม _____

แบบของการส่ายลวดเชื่อม _____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

1. Jeffus, Larry ; "Welding : Principles and Applications", Delmar Publishers , 1992

2. Niebel, B. W. Draper, A. B and Wysk , A.R., "Modern Manufacturing Process Engineering" , Mc Graw - Hill , 1993

3. บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ เกร็ดลิงก์ ทฤษฎีงานเครื่องมือกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตพระนครเหนือ 2518

4. นิเวศน์ เขียวสด งานเชื่อมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2536

5. สุรพล เพียรการ งานเชื่อมแก๊ส คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2535

6. Davies A.C, "The Science and Practice of Welding ; Volume 2 - The Practice of Welding" , Cambridge University Press, 1993.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี