

สรุป:(Conclusion)

ที่ใช้งาน จากการหล่อหลอม (Applications of Casting)

เหตุผลบางอย่างที่ งานหล่อหลอมยังคงมีความสำคัญ เป็นที่ยอมรับใช้กันอยู่ในวง การวิศวกรรม และเหตุผลต่าง ๆ เหล่านั้นก็คือ

(1) งานปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะ และการผลิตวัสดุ กึ่งสำเร็จรูปนั้น จะต้องมีการ แบบอันเหมาะสม เพื่อสะดวกในการขนส่ง รูปร่างของเหล็กปึก เหล็กแท่ง และ อื่นก็อต นั้น จะต้อง มีรูปแบบเหมาะสมกับที่ที่จะไปทำงานขั้นต่อไป หรือ เหมาะสมกับที่จะใช้งาน

(2) โลหะและอัลลอย บางชนิดการแปรรูป หรือประกอบส่วนของมัน ถ้าทำโดยกรรมวิธีอื่นแล้วสำเร็จได้ยาก ถ้าหล่อแล้วทำได้ง่าย

(3) ในงานวิศวกรรมเครื่องกล แล้วจะต้องมีราคาแพง เพราะจะต้องผ่านงานหลายขั้นตอน กว่าที่จะสำเร็จรูปได้ เช่นต้องใช้ ใด ใช้ลูกกรัด ใช้ตี และกลึงไล่แต่ง เป็นต้น หากเป็นงานที่มีจำนวนมากแล้ว ใช้วิธีหล่อหลอมจะคุ้มค่าใช้จ่ายมากกว่า

(4) ในบางรูปลักษณะของงาน มีความละเอียดในรูปแบบ และสลับซับซ้อนมาก ผลิตได้เป็นรูปแบบมาตรฐานที่จะทำด้วยการกลวิธีอื่นได้

(5) ฐานแท่นเครื่องที่มีขนาดใหญ่โตมาก จะต้องผลิตให้เท่าของจริงได้ ก็จะต้องทำโดยวิธีหล่อหลอม

(6) แม้ว่าการผลิตงานทางการกลในด้านอื่น นั้นจะทำให้งานมีคุณสมบัติ เหมือน การหล่อหลอมก็ตาม แต่งานหล่อหลอมก็ยังทำหน้าที่แทนในงานที่ยื่นรูปได้ในงานหลาย ๆ รูป แบบ เช่น ในปัจจุบันนี้ เทคนิคในการหล่อหลอมเจริญ ก้าวหน้าขึ้นมา โดยที่สามารถ หล่อเพลลา ออเลื่อ เฟือง กระจบอกปืนใหญ่ และในอีกหลายรูปแบบ ซึ่งเมื่อก่อนนี้จะต้องขึ้นรูปโดยงานตี เท่านั้น งานหลาย ๆ รูป ยังผลิตโดยการหล่อหลอม แล้วให้งานที่ทนทานแข็งแรง และมีราคาถูกกว่า ตั้งนี้ งานหล่อหลอมก็ยังคงยืนอยู่คู่ความดี.. เหมือนปูนซีเมนต์ไทย... ไปอีกนานแสนนาน.

Chapter 2

(ศาสตร์โลหะงานวิศวกรรมสมัยใหม่)

จริมาจ พุราณนท

บ. อู่กรุงเทพ จก.

บริษัท อู่กรุงเทพ จำกัด

THE BANGKOK DOCK COMPANY (1957) LIMITED

1668 ถนนเจริญกรุง เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร (กรุงเทพฯ.12)

ช่างหล่อเรือ ช่างกล ช่างก่อสร้าง และช่างสายทั่วไป

การหล่อหลอม: (Casting)

การหล่อหลอมนี้ เป็นหัวใจของงานวิศวกรรมเครื่องกลทั้งหลาย เปรียบเสมือนหนึ่งเป็น
ประตูที่เปิดให้ก้าวเดินแก่ทารกน้อย ที่จะต้องไปเผชิญชีวิตต่อไปในโลกกว้าง งานฝีมือของช่างหล่อนี้จะดีหรือ
เลว ก็จะตราติดไปกับตัวเนื้อของเหล็กหล่อไปจนจบสิ้นอายุขัยหมดที่ใช้งานของมัน ส่วนมากแล้วคน
ช่างมักจะมองข้ามความสำคัญของงานหล่อหลอมไปเสีย เพราะธรรมชาติของงานหล่อหลอมนี้ ทำให้
บรรยากาศภายในโรงหล่อไม่เป็นที่น่าอภิรมย์ พื้นโรงหล่อหลอมก็เต็มไปด้วยฝุ่นทราย ในขณะที่โรงงาน
นี้ ๆ นั้นพื้นโรงงานจะเทคอนกรีตเรียบร้อยล้วยงาม ในโรงงานที่ต้องการความถูกต้องสูง เช่นโรงงาน
Ball bearing และอื่น ๆ ที่บรรยากาศภายในโรงงานที่จะต้องควบคุมอุณหภูมิ ให้สม่ำเสมอคงที่อยู่
ตลอดเวลา เช่นโรงงานทดสอบมาตรวัด (Metrology) เหล่านี้เป็นต้น จะเห็นเครื่องปรับอากาศเป็น
สิ่งขาดไม่ได้ตลอดเวลา บรรยากาศภายในโรงหล่อหลอมนั้น นอกไปเสียจากฝุ่นละอองทรายแล้ว การทำงาน
ภายในโรงงานเองก็เสี่ยงดังจากเตาเผาโลหะ หากการทำทรายแบบหล่อ ทำด้วยเครื่องอัตโนมัติแล้ว
สิ่งเครื่องเยื่อทรายแบบ ก็จะเสี่ยงดังเป็นที่น่ารำคาญอยู่ตลอดเวลาที่ทำงาน คุณความดีของงานหล่อ
หลอมนี้เปรียบเสมือนด้วย "ผู้ปิดทองหลังพระ" นั่นเอง

กรรมวิธีในการหล่อหลอมนั้น นับเริ่มแต่เทโลหะที่หล่อหลอมเหลวลงในแบบที่ได้เตรียมไว้
แล้วปล่อยให้โลหะหลอมเหลวนั้นเย็นตัวลงในแบบโลหะ เมื่อเย็นตัวลงในแบบแล้วก็จะแข็ง
(Solidify) เป็นรูปของงานหล่อหลอมตามแบบที่ต้องการที่เตรียมไว้ กรรมวิธีนี้เองดูเหมื่อนกับว่า
กรรมวิธีง่าย ๆ ที่จะสรรค้ปั้นแต่งให้โลหะต่าง ๆ นั้นมีรูปแบบ ให้เป็นไปตามประสงค์อย่างใดก็ได้
เมื่อที่จริงแล้วศิลปะในการหล่อหลอมนั้นก็มีความละเอียดอ่อนลึกซึ้งอยู่มากพอควรทีเดียว

ขอบข่ายงานด้านเทคนิคของช่างหล่อ (Technical Operation Categorised in Casting)

มูลหลักในงานด้านเทคนิค ในการหล่อหลอม ไม่ว่าจะเป็นโลหะใด ๆ ก็ตาม (ทั้งที่เป็นเหล็ก และไม่ใช่อเหล็ก) บ่อมีขอบข่ายกรรมวิธีในการดำเนินงาน ดังกล่าวต่อไปนี้

(ก) เตรียมงานเขียนแบบ (Drawing) และผังภูมิการปฏิบัติงาน (Process & Chart) งานเขียนแบบ เป็นงานของกองออกแบบ งานของกองช่างก็จะต้องเขียนแบบตัวแบบกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ การขีดแบบให้มั่นคง และผังภูมิการปฏิบัติงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ส่วนกองผลิต และกองวางแผนงานนั้น จะเป็นผู้กำหนดช่วงของเวลาในการปฏิบัติงานตามขั้นตอนต่าง ๆ และการหล่อหลอมแต่ละชุด แต่ละคราวของงานต่าง ๆ ไป

(ข) โรงงานทำไม้แบบ (Patternmaking) นั้นจะเตรียมทำแกนหรือโก๊ (core) ทำแบบกด (Template) ทำแบบหล่อ (Mould) และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำงาน เมื่อได้จัดทำไม้แบบเสร็จ ก็จะส่งต่อไปยังโรงหล่อหลอม เพื่อเตรียมทำแบบหล่อต่อไป หากเป็นงานที่ลึกลับซับซ้อนมาก ก็จะต้องใช้โรงกลึงและโรงปากเครื่องมือช่วยทำให้

(ค) เตรียมแบบ (Mould) และแกนทราย (Core Sands)

(ง) เตรียมทำแบบเพื่อเป็นที่รองรับน้ำโลหะที่หลอมละลาย เตรียมรูเท รุหายใจ และอบแบบ

(จ) หล่อหลอมโลหะ และเทน้ำแร่ที่หลอมละลายลงในแบบ

(ฉ) ปลอบให้งานเป็นในแบบ เมื่อเย็นแข็งตัวสนิทแล้ว แกะออกจากแบบ

(ช) ทำความสะอาดงาน และ แกะ แกน (โก๊) ทราย

(ช) ตัดรูเท รุหายใจและครีบล้างเกินกึ่ง

(ณ) ตรวจสอบชิ้นแรก หาข้อบกพร่องและคุณภาพทั่ว ๆ ไป เมื่อตรวจพบ หากพอเชื่อมซ่อมทำ ตกแต่งได้ก็ซ่อมทำไป หากชำรุดมากก็ต้องต่อใหม่

(ญ) ทำการปรับปรุงคุณสมบัติ โดยความร้อน (Heat treatment)

(ฎ) ตรวจสอบชิ้นสุดท้าย

(ฏ) ตกแต่งตัวชิ้นสุดท้าย

(ฐ) เตรียมส่งมอบงานออกสู่ตลาดต่อไป

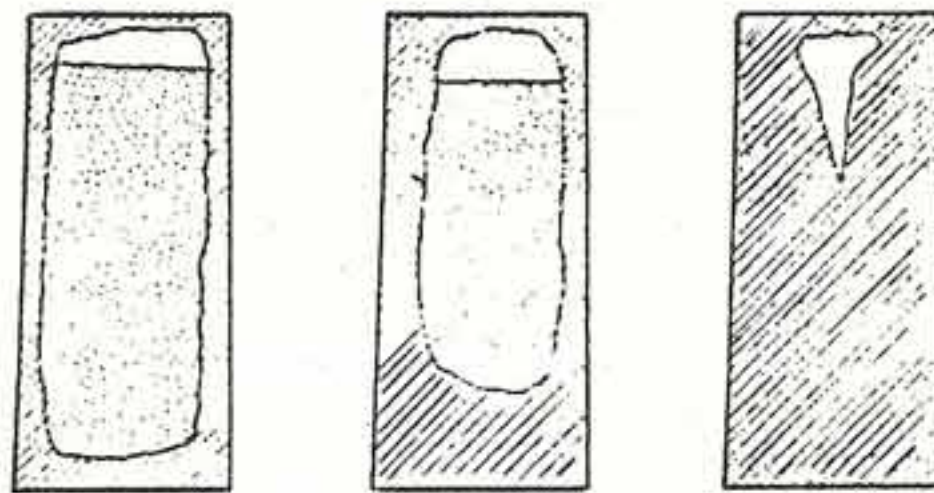
ช่างหล่อ (Foundry men) นั้นจะต้องพยายามทุกวิถีทางในอันที่จะทำให้ได้งานหล่อหลอมมีคุณภาพดี สดฝีมือ ในราคาถูกพร้อมทั้งความรวดเร็วในการผลิต โดยวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติงานไว้อย่างดี

ข้อบกพร่องในชิ้นงานหล่อ (Defect in Cast Metal)

ความบกพร่องในงานหล่อหลอมนั้นก็มิได้เป็นที่มาของมัน ต่าง ๆ กัน ข้อบกพร่องบางอย่างนั้น จะส่งผลอันเลวร้ายให้กับชิ้นงานนั้นทำให้ขาดคุณสมบัติ และใช้งานในขั้นต่อไปไม่ได้เลย จึงจะกล่าวถึงปรากฏการณ์ของมันต่อไป

(1) เป็นรูโพรงในเนื้องาน:(Pipes and Shrinkage Cavities)

โลหะและอัลลอย ส่วนมากแล้วมันจะหดตัวเมื่อมันเย็นลง ในการนี้ก็หมายความว่าตรงเปลือกนอกของมันก็แข็งตัวก่อน (ซึ่งเป็นกรณีโดยทั่วไป) ในขณะที่ตรงเปลือกนอกมันแข็งตัว หากแต่ใจกลางของมันนั้น ยังหลวมเหลวอยู่ แล้วส่วนตรงใจกลางก็จะเริ่มแข็งตัวทีละเล็กละน้อย ในขณะที่ส่วนภายในของมันแข็งตัวนั้น มันก็จะหดตัวตามลงไปด้วย ในภาพแสดงการก่อตัวเป็นรูโพรงในเนื้องาน (Ingot) และโพรงในเนื้องานที่อยู่ในแบบพื้นฐาน (Ingot) นี้ จะอยู่ในตำแหน่งตรงกลาง ส่วนตอนบนของงานหล่อ ซึ่งโพรงในเนื้องานนี้ มักจะฝังอยู่เล็กน้อย ตามส่วนต่างๆ ของงาน



ภาพที่ 2-1 การก่อตัวเป็น "โพรงใน" เนื้อ Ingot

การหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดโพรงในเนื้องานนี้ เขาจะยกขอบบนสุดของ Ingot ไว้ให้สูงพอที่จะไปยึดขอบช่องว่างที่จะเกิดขึ้นในขณะที่มันเย็นตัวลง ซึ่งเรียกขอบยกสูงนี้ว่า Risers หรือขอบยกสูงนี้ จะต้องทำด้วยวัสดุที่มีความร้อน คือจะต้องกักเก็บ ความร้อนไว้ได้ มิให้ส่วนตอนบนนี้แข็งตัวไป เสียก่อนที่มันจะไหลลงไปยึดทดแทนช่องว่างที่เกิดขึ้น การหลีกเลี่ยงของ "โพรงใน" เขาจะแก้ไขมันมีน้อยลงก็โดยที่ท่าแบบ ให้ปากบนผายมากขึ้น (Big-end-up)

ถ้าใน Ingot นั้นมีรู "โพรงใน" แล้ว ก็เห็นว่า Ingot นั้นเสียถ้าเป็นน้อยก็ยังตัดทิ้งได้ แต่ถ้าเสียอย่างพอนำมาใช้งานขนาดย่อม ๆ ลงมาได้ แต่ถ้าหากเป็นมาก Ingot นั้นก็จะต้องเป็น scrap ไปทิ้งลูก นำเอาไปใช้แปรรูปต่อไปไม่ได้

(2) เนื้อในแยกเป็นชั้น ไม่เข้ากัน:(Segregation)

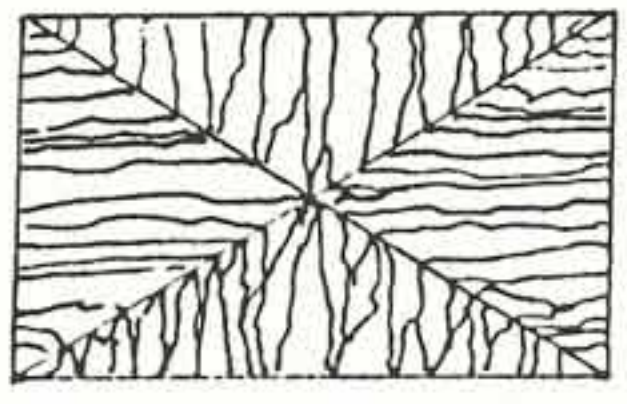
สิ่งต่าง ๆ ที่แปลกปลอมปนอยู่ในเนื้อโลหะ และ โลหะผสมในอัลลอยที่ยังคงรูปเป็นเนื้อเดียวกัน ในเวลาที่กำลังจะแข็งตัวนั้น ทำให้โลหะเหล่านั้นกับโลหะที่แข็งแล้วให้แยกชั้นออกจากกัน ผลอันนี้มักไม่มีใครจะเกิดกับงานหล่อโลหะเป็นรูปพรรณ แต่จะเกิดกับโลหะที่มีขนาดใหญ่ และน้ำแร่ไม่บริสุทธิ์ มีซิลไฟต์ รวมตัวกันอยู่ตรงใจกลางของมัน

(3) รูพญานิน:(Blow holes)

แก๊สหลายชนิดระเหยหายไปจากน้ำแร่ได้ ในขณะที่น้ำแร่นั้นยังอยู่ในภาวะเป็นของเหลว แต่ในขณะที่มันเริ่มแข็งตัวแล้วนั้น แก๊สหาทางออกจากแร่ที่แข็งไม่ได้ มันก็จะรวมกันฝังอยู่ในเนื้องาน แก๊สที่มักจะหาทางออกจากแร่ไม่ได้ทั้งหมดที่แร่จะแข็งตัวนี้ ก็ได้แก่แก๊สออกซิเจน

การที่โลหะจะบิดงอ ไม่ให้เกิดอาการพลาสม่า หรือที่พูดกันคือให้โลหะ หลุดออกจากผิว
 และใช้เทคนิคในขณะขึ้นน้ำแข็งเหลวอยู่ ก่อนที่จะเทน้ำแข็งลงในแบบหากมีรูพรุนใน หลงเหลืออยู่ในเนื้อ
 โลหะนั้นจะเป็นรูพรุนเล็ก ๆ ค้างอยู่ในงาน รูพรุนในเนื้องานนี้ เป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ ในงาน
 และโดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่จะต้องนำไปใช้งานในสภาวะภายใต้กำลังดัน (เช่น ปั๊ม
 เป็นต้น) เป็นต้น)

(4) การตกผลึกอย่างหยาบ:(Coarse Crystallization)



ภาพที่ 2-2 ภาพแสดง Plane ที่มีความอ่อนแอ

โลหะหรืออัลลอย ก็ตามในขณะขึ้นน้ำแข็งเหลว มันจะพยายามก่อรูปเป็นผลึก dendrite
 การนี้ทำให้เกิดเป็นความอ่อนแอของเนื้อโลหะ ผลึกนี้จะก่อตัวตั้งฉากกับพื้นผิวของแม่แบบ
 และหากว่าแม่แบบนี้มีมุมหัก มุมแหลมมาก มันก็มักจะก่อให้เกิดเป็นพื้นราบของความอ่อนแอ ซึ่งเรา
 เรียกว่า "Ingotium" ผลของความอ่อนแออันเกิดจากการตกผลึกหยาบเช่นนี้ แก้ได้โดยให้สลับของ
 ของแม่แบบออก ทำมุมให้มันโค้งเรียบ และในแบบหล่อ อย่าให้ส่วนต่าง ๆ ของมันทาบ
 กันมากเกินไป ในหลาย ๆ กรณี เขาแก้ได้โดยเติมสารเข้าไปในอัลลอย ด้วย จะช่วยลดขนาดของ
 ผลึกให้เล็กลงได้ และจะเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับงานหล่ออีกด้วย

(5) ผลของความตึงผิว:(Surface - Tension Effects)

แร่และอัลลอย หลายชนิด มีความตึงผิวสูง ดังนั้นมันจะพยายามทำให้ผิวหน้าของมัน
 มีรูปร่าง แทนที่จะแบนราบ และมันไม่พยายามที่จะไหล ซอกซอนไปเต็มให้เต็มรู ในแบบหมด เมื่อ
 เมื่อหล่อข้อหนึ่งที่เขาใช้ แอนติโมนิ ผลสมเข้าไปในการหล่องานต่าง ๆ ด้วยความจริงแล้ว แอนติโมนิ นี้
 จะเข้าไปลดความตึงผิว ช่วยให้น้ำแข็งซอกซอนไปตามซอกมุมต่าง ๆ ในแบบได้อย่างทั่วถึง

(6) ข้อบกพร่องอื่น ๆ:(Other Defects)

สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องอื่น ๆ ในงานหล่อเหลอมนั้นก็มี

Cold shuts ผลอันนี้เกิดจากที่น้ำแข็งไหลไปสัมผัสกับส่วนของแร่ที่แข็งตัว ไปก่อนแล้ว
 นี้เนื่องด้วยการเทน้ำแข็งไม่ไหลสม่ำเสมอ ตลอดเวลาเท

Shrinkage cracks และ warping มีสาเหตุโดยเกิดขึ้นจาก การเป็นตัวของน้ำ
 นี้ เป็นไม่เท่ากัน การออกแบบ แบบหล่อ ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ หรือความไม่แข็งแรงของแบบ (โดยเฉพาะ
 เนื้อไม้ แบบหล่อทราย)

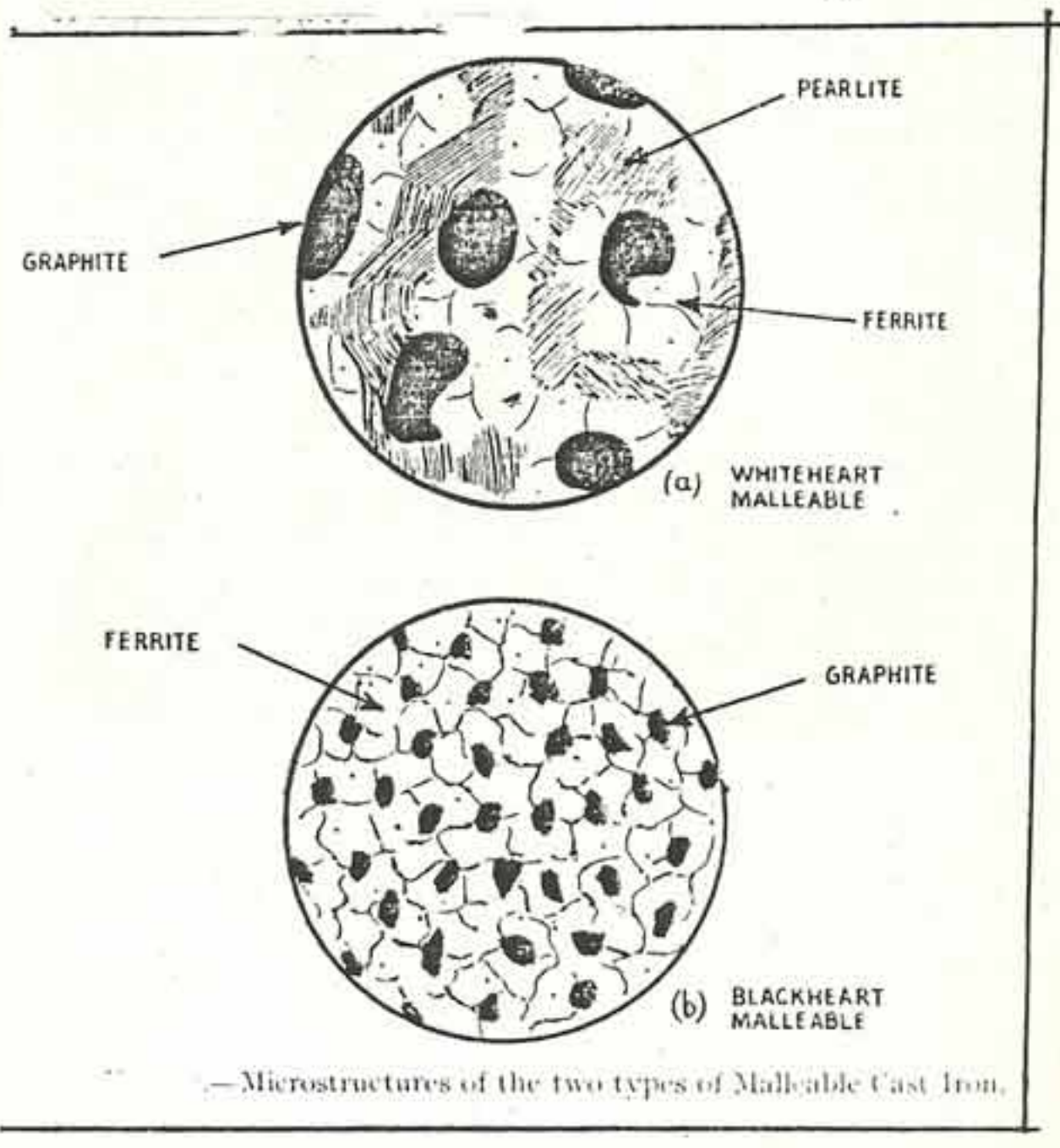
Matrix of Pearlite
Flakes of Graphite 2-3

โครงสร้างของเหล็ก



(a) กราไฟท์เกล็ด

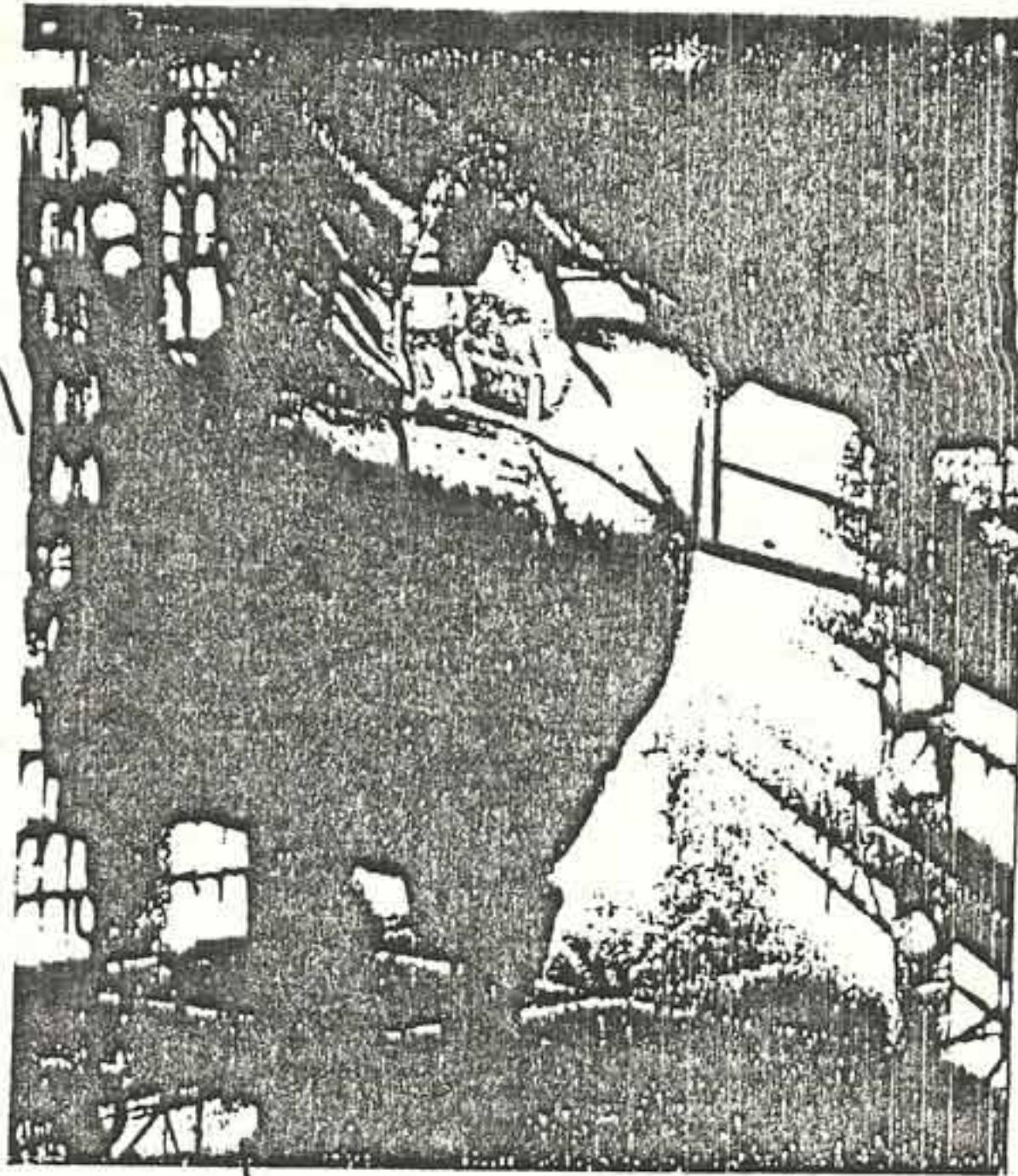
(b) กราไฟท์กลม





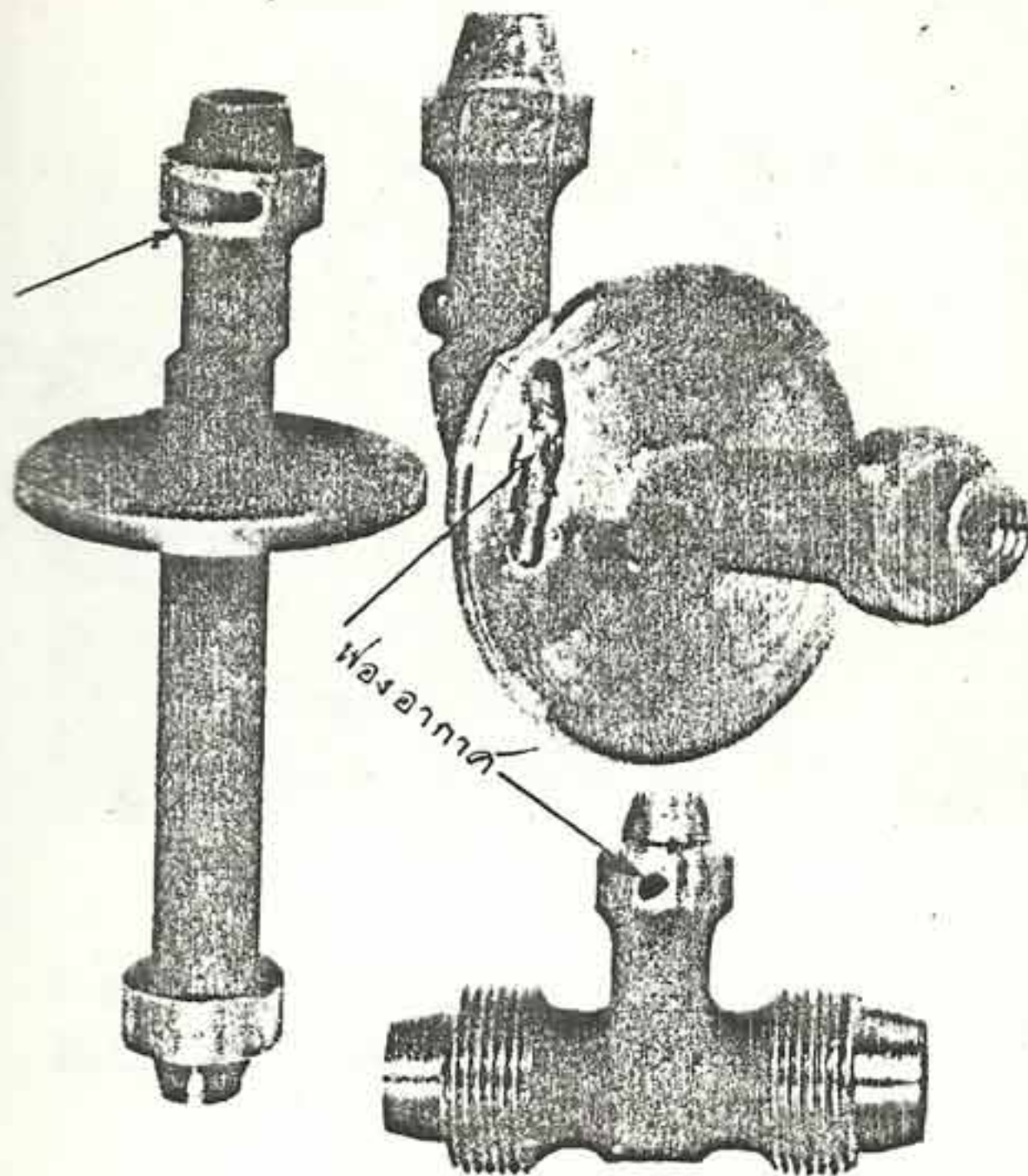
1. อาคาร

2. ข้อขัดข้อง



&
3. การแก้ไข

ใน
งานหล่อ
หลอม



1 บิวฟองอากาศ: (มีแก๊สขังในน้ำแร่)
BLOWHOLES (Entrapped Air).

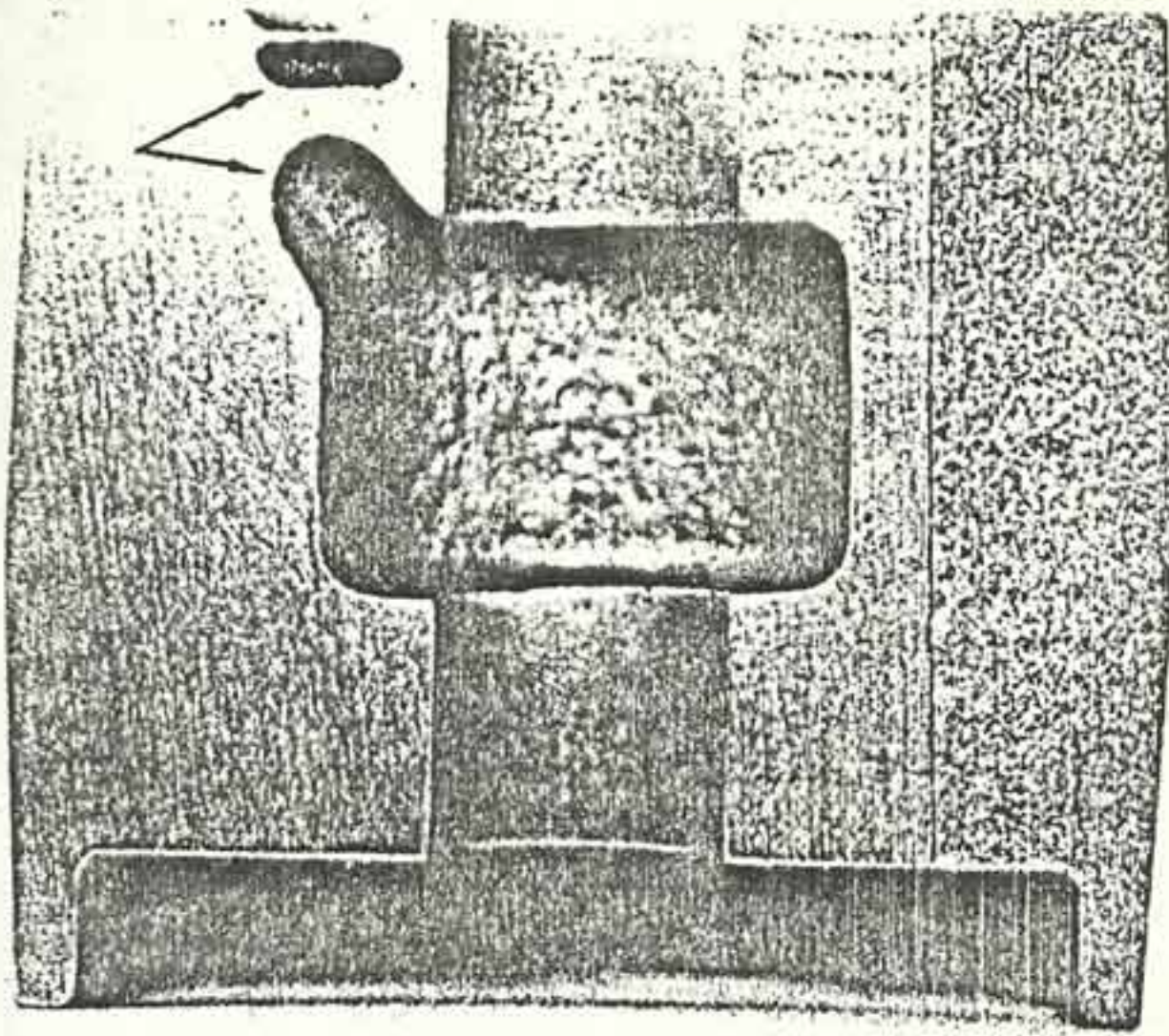
อาการ: มีโพรงอากาศเป็นรูปยาวรี ขอบเมื่อโพรงเป็นเงาเรียบ ตำแหน่งที่
 ปรากฏคือ ตอนบนของงาน ตัวอย่างงานนั้นคือ ข้อต่อแป๊ปเทด้วยโลหะกันเมตตัล

สาเหตุ

มีอากาศขังอยู่ในแบบ เมื่อเทน้ำแร่ลงไปแล้ว อากาศไม่มีทางออก

ข้อแก้ไข

ช่วยสกัดระบายอากาศ เพิ่มตรงตลับที่ที่มันขยับเป็นเหตุ ไขลวดช่วยใน
 การระบายอากาศ หากทางให้อากาศซึมมุดทรายหนีออกมาได้ หากมีงานที่ต้องการความเรียบสูง
 ความแน่นของการกระทุ้งทราย หรือ ความแข็งของแบบทราย ในบริเวณนั้น ถ้าจำเป็นก็จะต้อง



2 บิวรฟองอากาศ: (เกิดจากแก๊สในแบบหรือในโก๊)
BLOWHOLES (Mould or Core Gases).

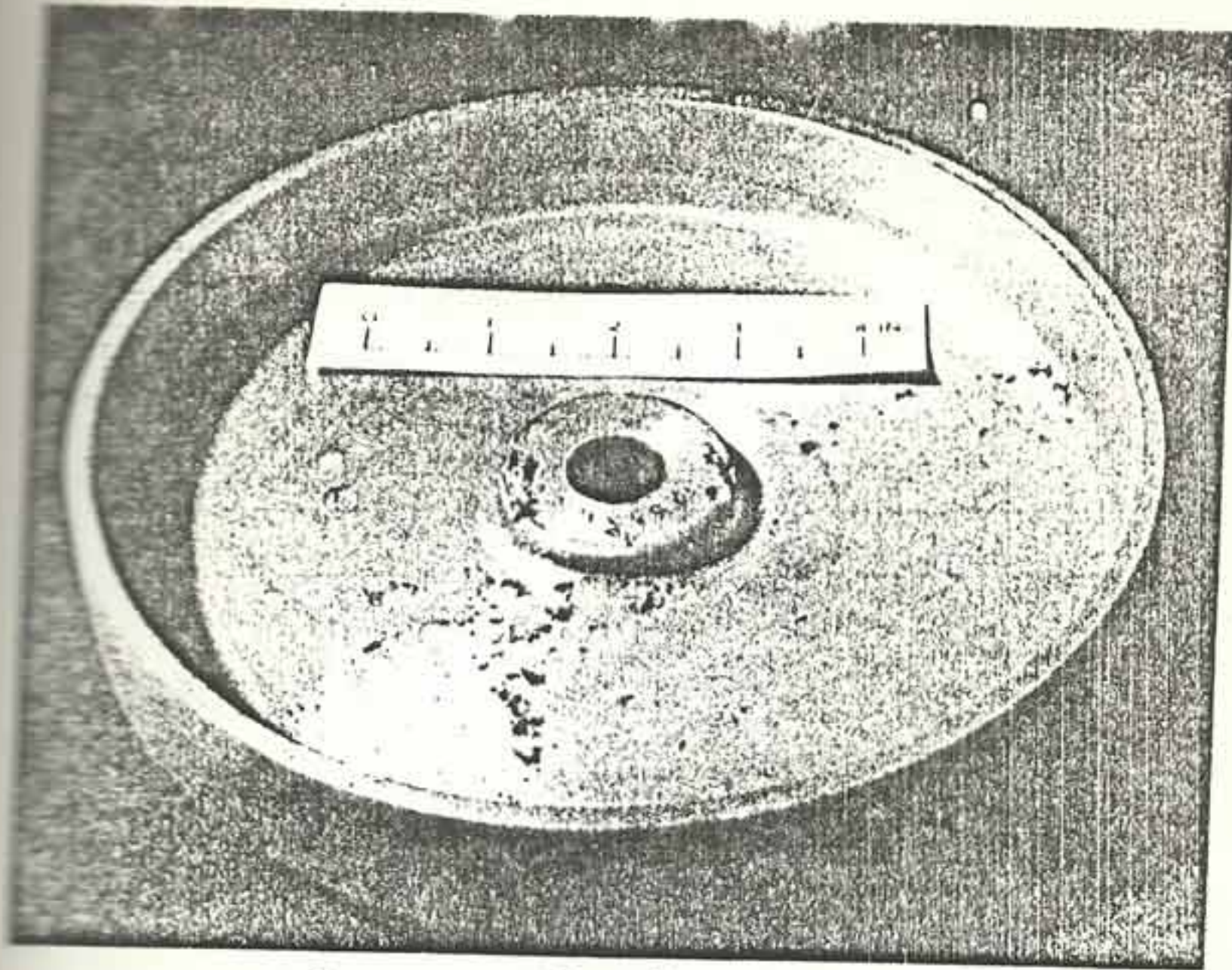
อาการ: โพรงอากาศเป็นรูกลม ๆ ขอบผนังรูขึ้นเงา การตรวจพบรู แล้วเลื่อนผ้าออกมาดู ในภาพมี แสดงจาก পুলเลย์ หล่อด้วยเหล็กหล่อ โต 4 นิ้ว แสดงให้เห็นเป็นโพรงในออกมาจากโก๊

สาเหตุ

มีอากาศอยู่ในทรายแบบ หรือ ทรายโก๊ (Core) มาก และรูหายใจ ระบายอากาศ ของแบบมีขนาดไม่พอระบาย ทำให้มีน้ำแฉะวิ่งเข้าไปในรูหายใจของโก๊ ก่อนที่อากาศจะออกหมด

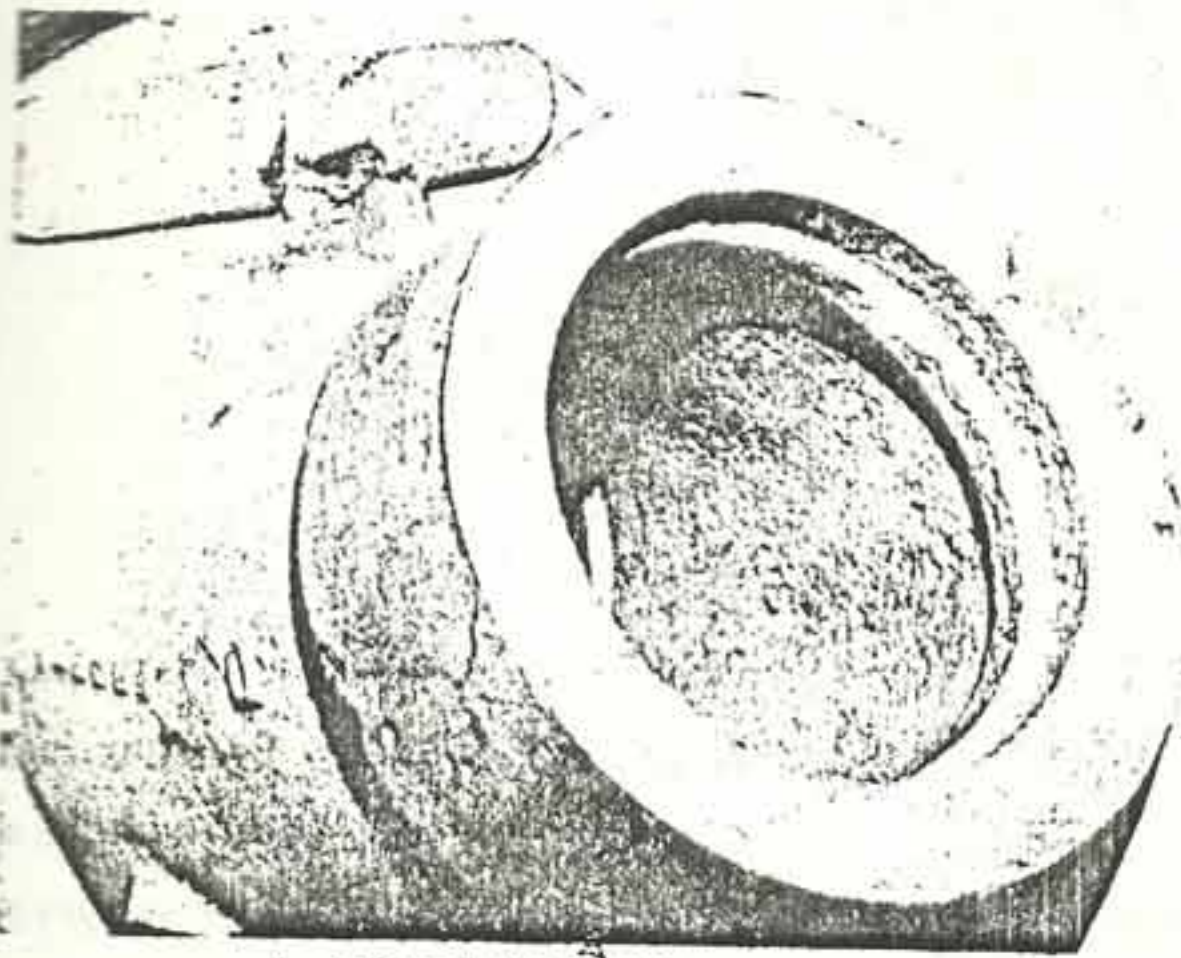
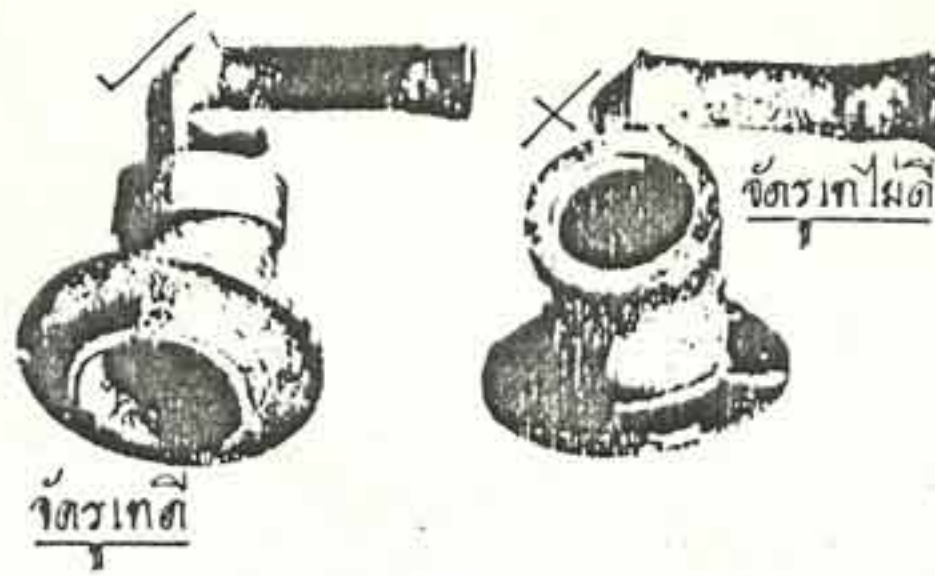
ข้อแก้ไข

ใช้น้ำมันที่ช่วยซับปิดทรายแบบแต่น้อย การอบโก๊ (Core) ต้องอบให้แห้งสนิทจริง สักระบายอากาศ หรือรูหายใจของทรายแบบและโก๊ ให้มีขนาดโตเพียงพอ การผสมทรายทั้งทรายแบบและทรายโก๊ ต้องผสมคละเคล้ากันให้ทั่วเพื่ออย่าให้กราไฟท์ หรือ น้ำมัน ซับเป็นก้อนเป็นกลุ่มอยู่เฉพาะแห่ง



3 รูพรุนใน : (รูพรุนใต้เนื้อ เกิดจากปฏิกิริยาของสะเก็ดเหล็ก)
BLOWHOLES (Sub-surface Slag Reaction Holes).

- รูพรุนเล็ก ๆ ทั้งรูกลมและไม่กลม บางทีก็มีเมล็ดโลหะ หรือเมล็ดทรายปนอยู่ในผิวงานด้วย ตำแหน่งแห่งที่ของรูนั้นอยู่ที่ผิวงานเล็กน้อย โดยเฉพาะตำแหน่งของผิวทางด้านตอนบนสุดของงาน หรือตอนใต้ผิวโก๊ (Core) รูนี้จะเห็นตอนในอย่าง การทำความสะอาดงาน หรือตอนเอาไปกลึงได้แต่แล้ว ตรงบริเวณรูนั้น จะมีสีของผิว ผิดกับผิวตรงส่วนอื่นของงาน ในบางครั้งอาจมีสะเก็ดเหล็ก หรือเมล็ดทรายปนอยู่ด้วย
- มีสะเก็ดเหล็กเหลว ปนอยู่ในน้ำเหล็ก และมีแมงกานีสออกไซด์อยู่ในแบบ ซึ่งไปทำปฏิกิริยากับ น้ำแร่ ยังมีส่วนของ แมงกานีส และกำมะถันมาก และเทน้ำแร่ในอุณหภูมิต่ำ ๆ มักจะทำให้เกิดอาการเช่นนี้
- อย่าให้มีสะเก็ดเหล็กเหลว ที่เกิดจากการเติมออกซิเจน ในเบ้าที่รองรับน้ำแร่มาจากเตาเผา หรือเกิดจากวัสดุที่ฉาบเบ้ามีจุดหลอมละลายต่ำ ตอนเขี่ยสะเก็ดออกจากน้ำแร่ ต้องเขี่ยออกให้หมด อย่าให้หลุดไหลลงไปปนกับน้ำแร่ในขณะที่ เทไปเครื่องจักรอย่างใด เวลาเขาให้ส่วนของน้ำแร่ แท้ ๆ ไหลลงรูเท ลดจำนวนของแมงกานีสให้ต่ำลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดให้ หรือแค่จำนวนที่พอสล้างกำมะถันได้เท่าไร (แมงกานีส = 1.7% ต่อกำมะถัน 0.3% ก็พอแล้ว) เพิ่มอุณหภูมิของน้ำแร่ในตอนเทให้สูงขึ้น

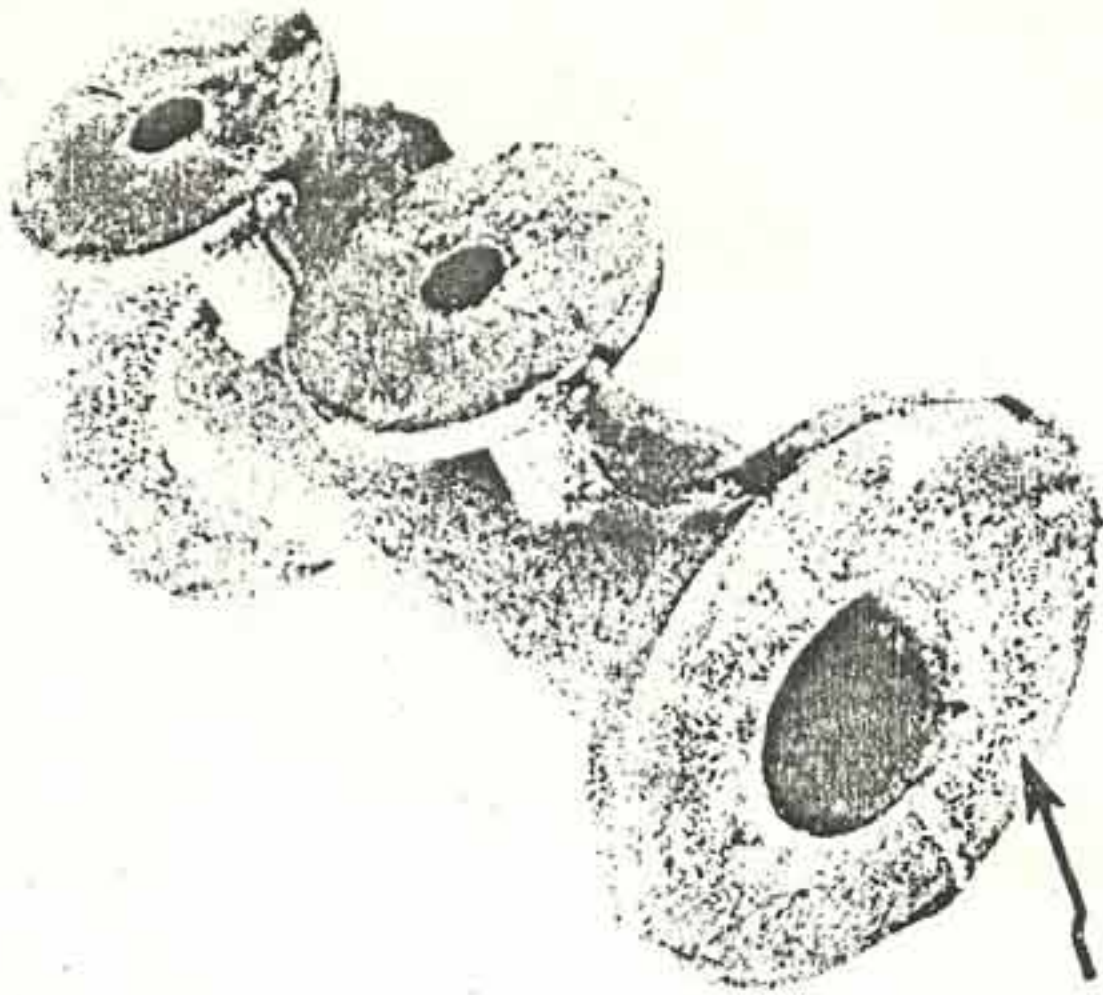


4 รูพรุนตรงผิว :
BLOWHOLES (Surface).

ลักษณะ : มีรูพรุนเล็ก ๆ อยู่เป็นกลุ่ม ๆ ตรงหน้าผิวงานหล่อ ตามรูปใหญ่นี้คือการหล่อ งานขนาดเล็ก ของพอลิเอเธอโรน มีดัชนี 10% พอลิโพรลีน 0.3% เป็นรอย ฝ้ารูดทางด้านที่ติดกับโถ

สาเหตุ : ตรงผิวของทรายแบบ หรือทรายโถ ได้รับความร้อนมากจนเกินไป

การแก้ไข : อย่าพยายามให้ทรายแบบ หรือทรายโถ ร้อนมากในสถานะที่มากเกินไปให้ลด รูปลักษณะรูเทใหม่ให้พอ ให้ใช้ทรายแต่งแบบอย่างดี ให้วัดอุณหภูมิของ น้ำแร่ก่อนเทด้วย



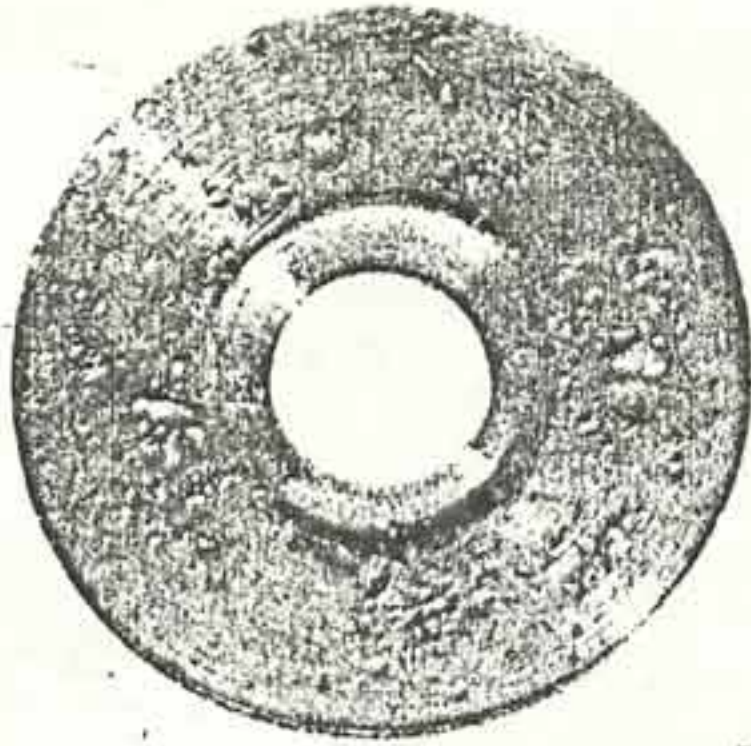
5 BLOWHOLES (Surface).

รูปพรรณตรงผิว:
๗ ๑

ลักษณะ : มีรูพรุนตรงผิวงานเกาะกันอยู่เป็นกลุ่มเล็ก ๆ ตัวอย่างในรูปข้างบนนั้นแสดงรูพรุน ๆ อยู่บนหน้าแปลน (Flanges) ของข้อต่อแยกแป๊ป รูโต 4 นิ้ว โลหะทำด้วย อัลลอยของ nickel-chromium-iron หล่อในแบบทรายแห้ง รอยชำรุดแบบนี้ มักจะไม่เกิดกับผิวงานตรงตัวลที่มีส่วนหนาไม่มากนัก ซึ่งโลหะเป็นตัวลงได้เร็ว จะเกิดได้มากกับงานตรงส่วนที่มีความหนาดังแต่ $\frac{1}{2}$ นิ้วขึ้นไป สะเตนเลสสตีล กับอัลลอยสตีลที่มีส่วนผสมของโลหะต่างชนิดกันมาก ๆ ชนิดแล้ว มักจะเป็น

สาเหตุ : เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง น้ำแร่ กับทรายแบบ หรือทรายแต่งหน้าแบบ

การแก้ไข : ใช้ทรายแต่งหน้าแบบที่ไม่ชื้น หรือชนิดที่จะไม่มีไอน้ำเกิดขึ้นได้เมื่อโดนความร้อน ทรายแต่งแบบนี้ หากมีวัสดุ เช่น เอทซิล-ซิลิเกต แล้วมีผลดี



(a)

หน้าแปลน โต ๑ นิ้ว
โลหะ: สังกะสี Gun Metal.



ปลอก
สลัก
เหล็กหล่อสีเทา
หนัก ๑/๒ ๑.๕๕.

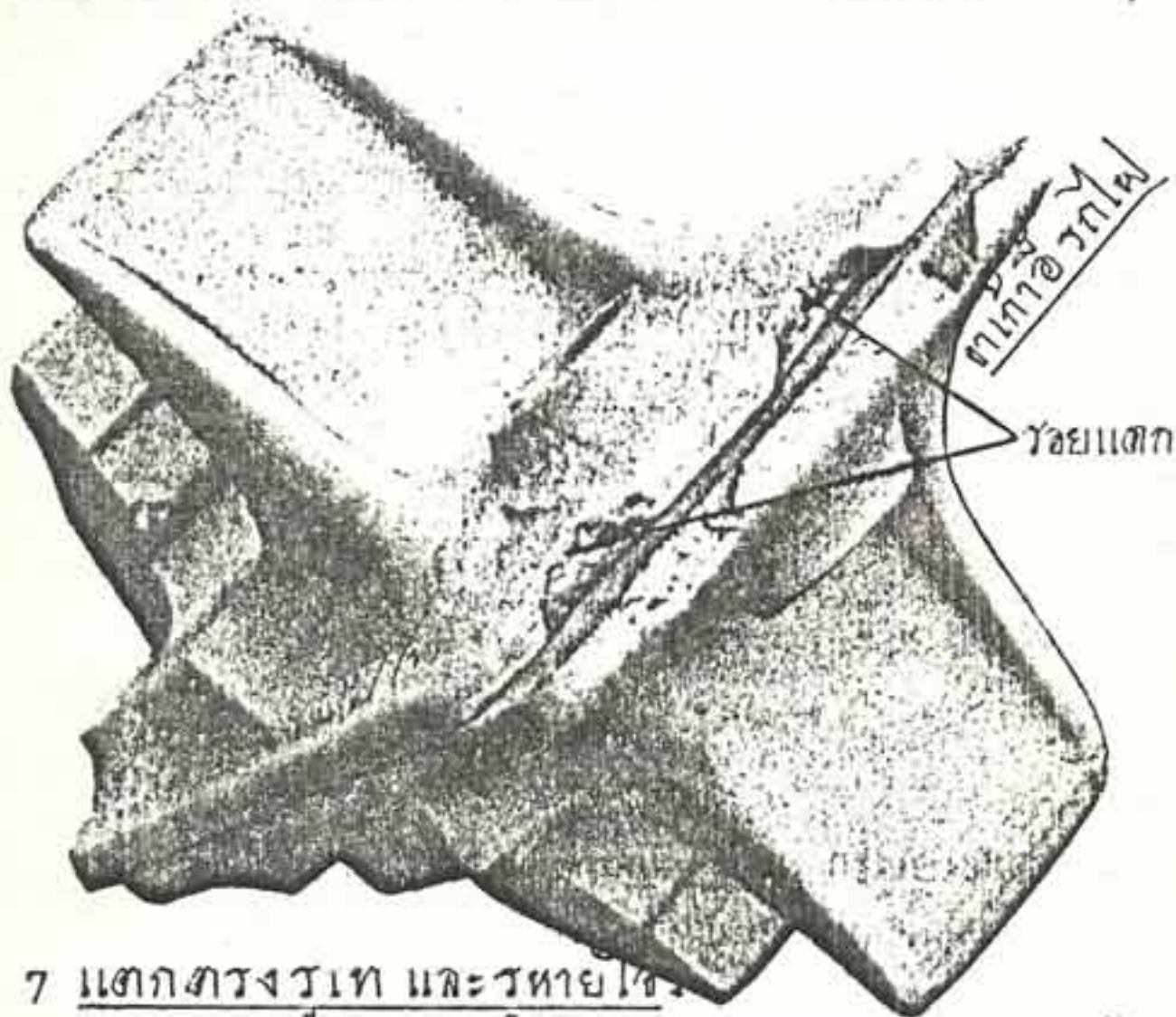
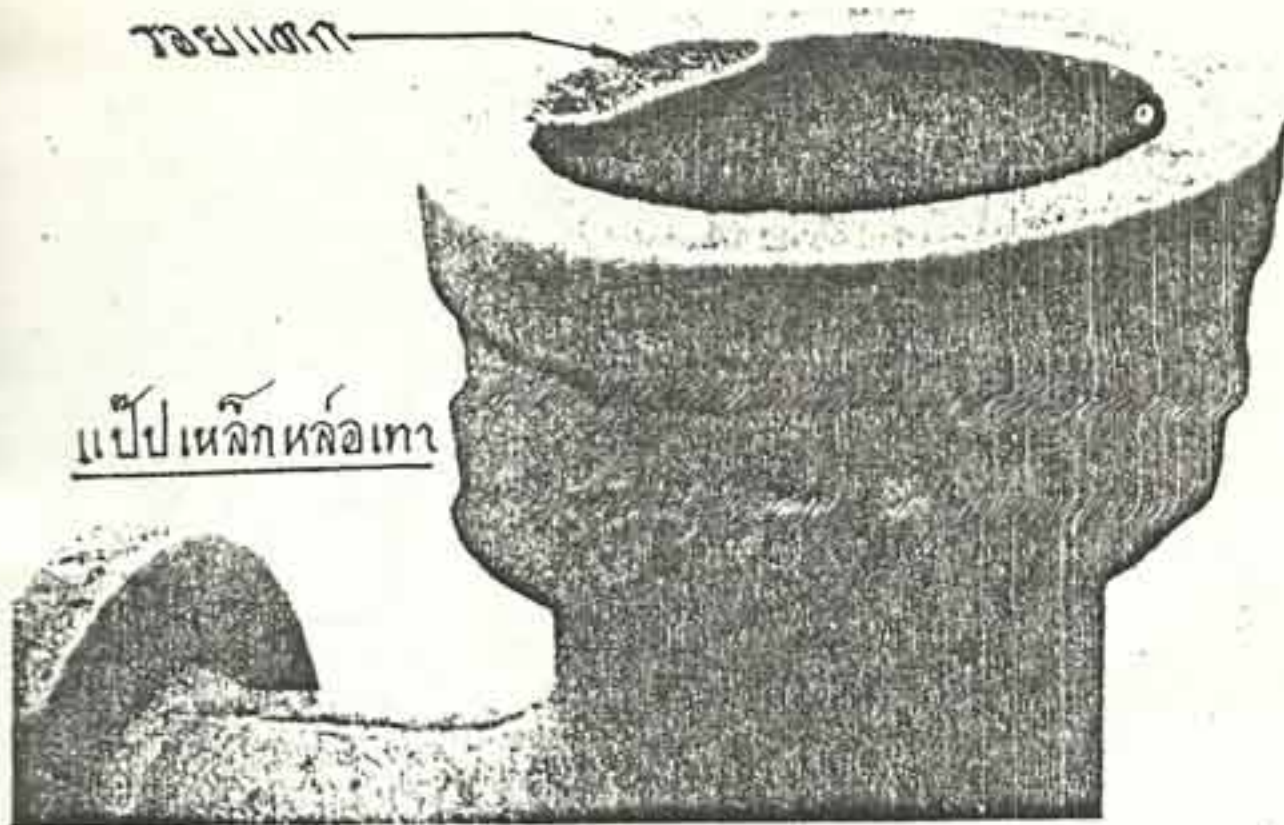
(b)

6 รพรนใน: (ทรายเปียก)
BLOWHOLES (Wet Sand).

อาการ : มีรูพรุนใน ทั้งรูกลมและไม่กลม รูใหญ่ รูเล็ก ต่าง ๆ กัน ผิวรูนั้นเรียบ และแลเห็นเป็นรอยไหม้ เนื่องจากมีออกซิเจนเข้ามารวมตัว

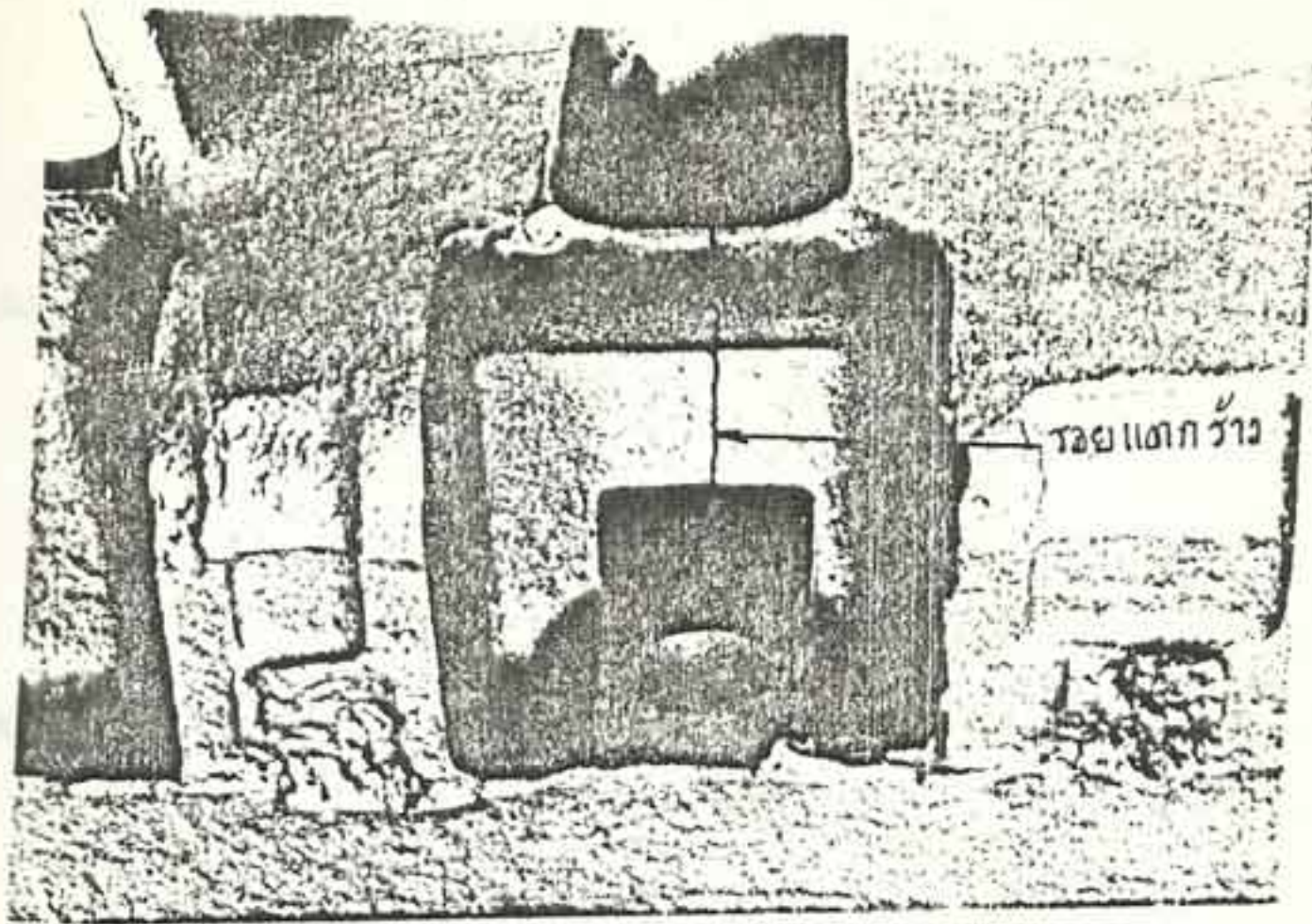
สาเหตุ : ทรายมีความชื้นมาก

ข้อแก้ไข : อย่างผล่มทรายให้ชื้นมาก เวลาผล่มทรายให้ผล่มให้เนื้อเข้ากันดี เวลาใช้ แปรงทา ไม่ยุดรีดน้ำออกจากแปรงก่อน คือทาไปทั้งที่แปรงยังชุ่มน้ำอยู่ เมื่อ แต่งหน้าแบบเสร็จแล้ว ฝังอมความชื้นอยู่ในแบบทันที



7 แตกทางรูเท และรูหายใจ
BROKEN-IN RUNNERS AND RISERS

- สาเหตุ : ผิวของงานหล่อแตกหัก หลุดออกไป เนื่องจากตอนประกอบรูเท และรูหายใจ ประกอบไว้ไม่ดีด้วย
- การแก้ไข : ในตอนเคาะรูเทกับรูหายใจ ให้หลุดออกจากงาน ไม่ระมัดระวังรูหายใจเล็ก มากเกินไป ในขณะเทน้ำแร่ ตรงนั้นได้รับความร้อนมาก ประกอบรูเท และ รูหายใจ ไม่ทำให้มีรูปกลมกลึงเข้ากับแบบ มีมุมหักมากเกินไป ทำให้ส่วนหนาบาง ของเนื้อโลหะผิดกันไปมาก
- การป้องกัน : เนื่องจากมีสาเหตุมาตามที่ได้กล่าวแล้ว ทำรอยต่อรูเท และรูหายใจให้มั่นคง แข็งแรง เวลาดีรูเท และรูหายใจออกจากงาน อย่าเคาะแรง ให้ดีดออก ด้วยวิธีการอันเหมาะสม.

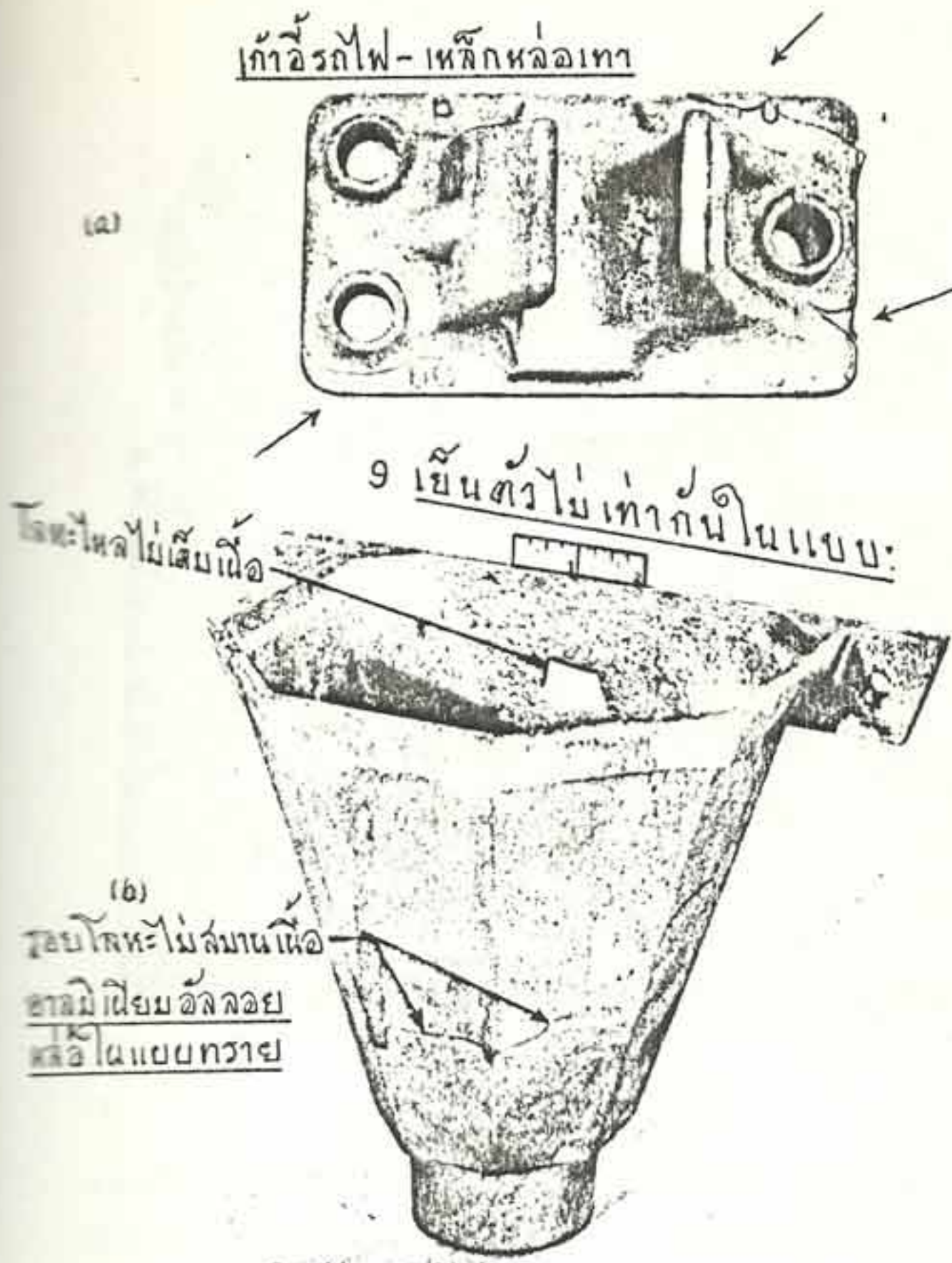


8 แตกก่อนหดตัว: (เหล็กกล้าหล่อ)
COLD CRACK (Steel Casting).

ลักษณะ : มีรอยแตกเป็นแนวยาว รอยแตกไม่ผ่านกระเบื้อง เหมือนอากาศของ "แตกตอนร้อน" การแตกตอนเย็นนี้ จะเกิดขึ้นในตอน ต่ำกว่าจุดหลอมจุดแข็งตัวของเหล็กกล้ามาก ภาพข้างบนนี้เป็นการหล่อเหล็กวอลเท็นชนิดคาน้ำดื่ม

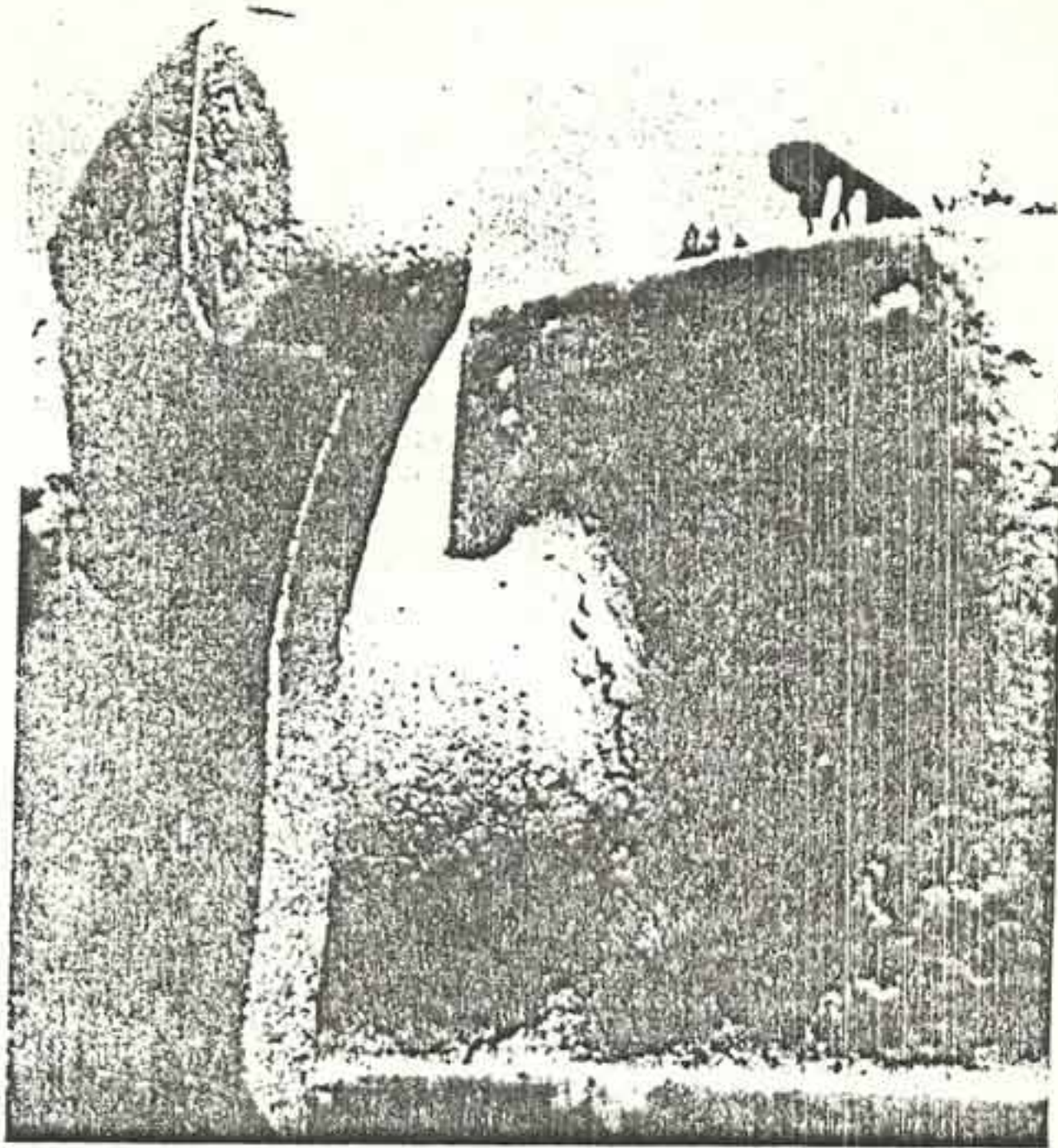
สาเหตุ : การแตกเช่นนี้ เนื่องมาจาก การออกแบบรูปงาน นั้นมีความลึกลับซับซ้อนมากเกินไป ทำให้โลหะเกิดความเค้นภายใน (Internal Stress) สูง เกิดอาการดึงภายในในช่วงที่มันเย็นตัวลง หรือรอยแตกร้าวนั้น เกิดขึ้นในขั้นตอนของการแต่งรูปงาน ก็ได้ ไม่ระมัดระวังในการยกย้าย หรือการเคาะทรายออกจากงาน หรือตอน ค่อยตี รุเท และรูหายใจ ออกจากงาน

การแก้ไข : ต้องปล่อยให้งานเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ อย่าเอางานออกจากแบบเร็วเกินไป แล้วให้มันมาเป็นตัวนอกแบบทราย ในช่วงการเคาะงานหลุดออกจากแบบนั้น ระวังอย่าให้มันลวด เมื่อเคาะงานหลุดออกจากแบบแล้วให้ทำการคลายความเค้น (Stress - relief) หรือ ปรับปรุงคุณสมบัติ โดยความร้อนใหม่ทันที



9 COLD SHUT (Sand Casting).

- สาเหตุ : เนื้อโลหะไม่เสมานเนื้อกัน ตรงแนวที่น้ำแร่ร้อน ไหลไปกระทบกับน้ำแร่ส่วนที่เป็นตัวลงไปก่อน หรือผิวงานเป็นรอยขุ่น และมีคราบฟิล์ม ของออกไซด์ ฉาบผิวอยู่ ในบางโอกาสจะเรียก "รอยขุ่น ตอนเป็นตัว"
- สาเหตุ : โลหะเป็นตัวลงเร็ว และ/หรือ การเทน้ำแร่ มีอัตราการไหลน้ำแร่ไม่สม่ำเสมอ กัน หรือใช้ส่วนผสมของอัลลอยที่ไม่เหมาะสมกัน จุดเหตุของการแข็งตัวของมันจึง
- การแก้ไข : เพิ่มจุดอุณหภูมิน้ำแร่ก่อนเทให้สูงขึ้น หรือเพิ่มจำนวนรูเทให้มากขึ้น สำหรับงานใหญ่ ๆ เทน้ำแร่ให้พร้อม ๆ กัน ดูว่าวิธีดังจะเหมาะสมกว่าหรือไม่ เปิดส่วนผสมของอัลลอย



10 แตกถ่อ้นหลอตัว :
CONTRACTION CRACK

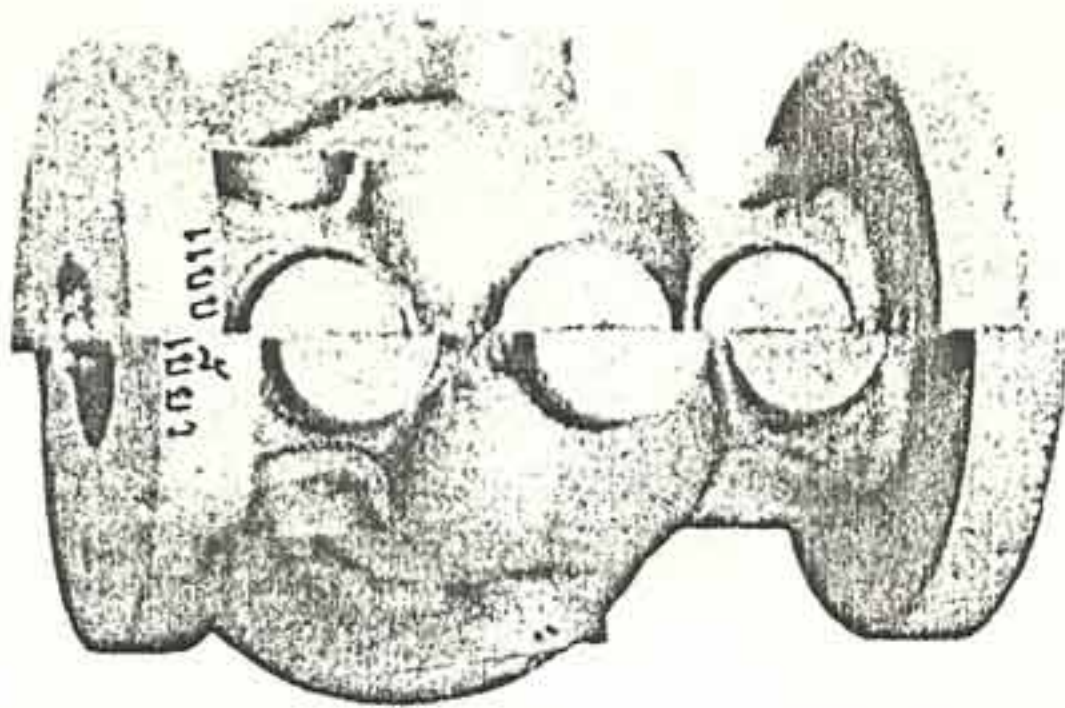
อาการ : รอยร้าวเกิดจากเนื้อโลหะ ดึงยึดตัวกันภายในแบบ ในช่องที่วันเป็นตัวลง หรือในช่องที่ถอดงานออกจากแบบใหม่ ๆ เหนียงของรอยแตกร้าวจะทั้งสองข้างก็มี ฐิติไม่เหมือนกัน เนื่องจากอุณหภูมิของแต่ละโซน (ข้าง) นั้นไม่เท่ากัน การ ข่ารุดนี้เรียกว่า "แตกตอนร้อน" คือแตกตอนที่โลหะเริ่มสับแข็งตัวไปแล้ว เพียง เล็กน้อย (แข็งไปได้ไม่นาน)

มองดูผิวภายนอก รอยแตกนั้น คล้าย ๆ กันกับของอาการแตกตอนเย็น แต่ก็มี ข้อแตกต่างกันอยู่ที่

- (i) ไม่มีโพรงอากาศ หรือรูพรุนอยู่ใต้ผิว
- (ii) การออกแบบไม่จำกัดทิศทาง ไม่ยอมให้มันหดตัวได้โดยอิสระ

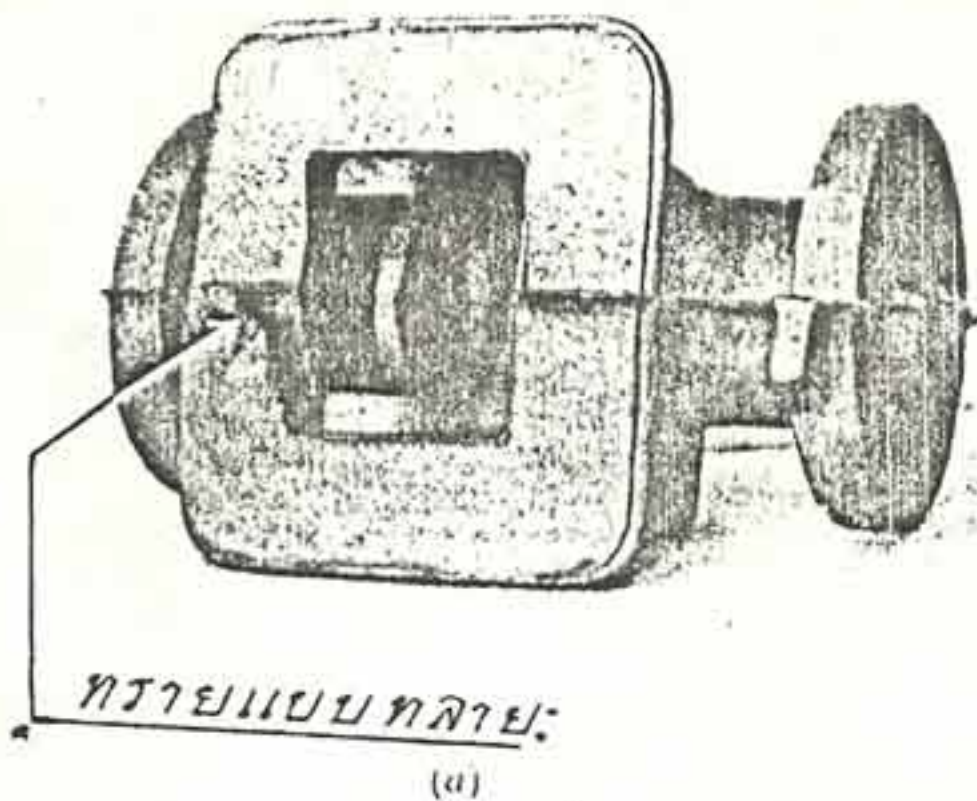
สาเหตุ : สาเหตุข้อใหญ่ที่มออยู่ที่การออกแบบรูปงานไม่ดี ไปขมกันไว้ไม่ให้มันหดตัวได้อิสระ ทั้งแบบทรายเอง และทั้งก็ รอยต่อของรูเทไม่ค่อบ ๆ เฝียนเรียบไปกับเงื่องาน การ "แตกตอนเย็น" เกิดได้กับ เหล็กหล่อเทาใหญ่ ๆ มีความเค้นเริ่มก่อตัวเร็ว ไป เพราะไปถอดออกจากแบบเร็วเกินไปและก็ก็ยังค้างคาอยู่ในงาน

แก้ไข : อย่าใช้ทรายชนิดสับตัวแล้วแข็งมากเกินไป ดูว่าเหล็กเย็นยึดภายในแบบ หรือ ใช้ ก็เหล็กนั้นไม่ไปกัดขวาง ทิศทางการหดตัวของมัน งานเล็ก ๆ ให้ถอดออกจาก แบบเร็ว หลังจากที่ยันได้แข็งตัวเต็มที่แล้ว แต่ถ้างานชิ้นใหญ่ ๆ ก็อย่าถอดออกจาก แบบเร็วมากไป



11 แบบเบี้ยว :
CROSS-JOINT.

- อาการ : ในตอนประกอบแบบผ่าบนและผ่าล่าง ของแบบไม่ถูกทิศทางกัน คือไปกลับหัวกลับหาง เสีย ทำให้หล่อออกมาแล้วผิดรูป ไม่สมรูปกัน หรือบางที ผ่าบน ผ่าล่าง เคลื่อนตัว ไม่ตรงแนวกัน
- สาเหตุ : ตัวหีบใส่ทรายแบบ สักบางไปไม่แข็งแรง หรือเหล็กตบะกับหีบ อ่อนไป ทำให้บิดตัว ได้ ขึ้นที่กำหนดตำแหน่งของแบบทั้งสองฝา (ผ่าบน กับ ผ่าล่าง) ไม่อยู่ตรงแนวที่ กลาง ทำให้แบบไม่ได้ล่อมมาตรกัน
- ข้อแก้ไข : จะต้องตรวจความแข็งแรง ความเรียบร้อยสมบูรณ์ ของแบบ เรือนหีบทรายที่อ่อน แอ ชำรุด อย่าใช้ให้เปลี่ยนเอาของใหม่ เพื่อความถูกต้องในการประกอบประกอบ ทั้งสองฝา

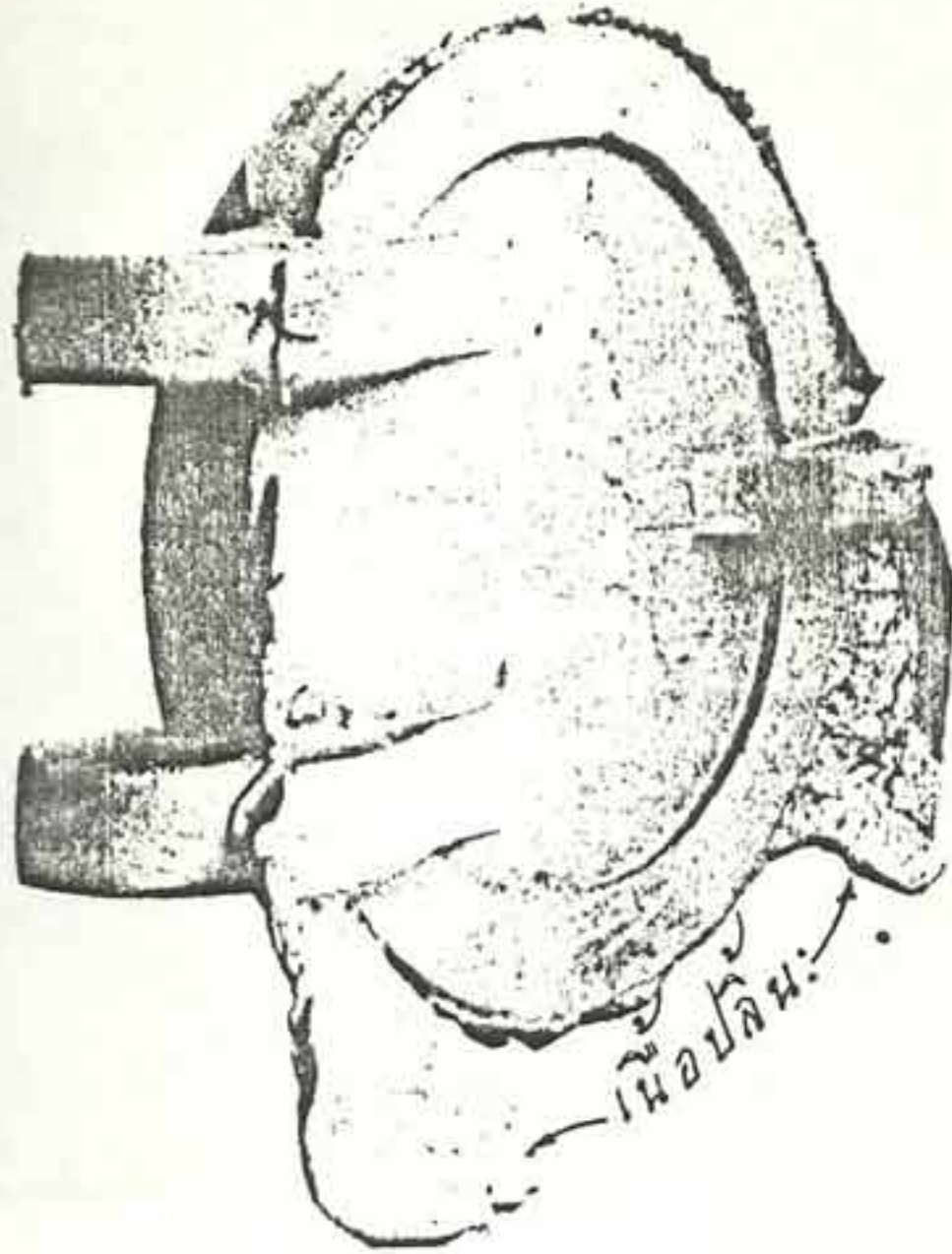


12 CRUSH.

อาการ : ทรายทลายตัวลงมาตรงขอบแนวต่อของทั้งสองฝาของแบบผ่าซีก ทำให้ทรายไปแย่งที่ของที่อยู่ของน้ำแร่ หรือตอนส่วนที่รับโก๊ ไร่แข็งแรง รับน้ำหนักไม้ ไหวก็ทลายไป

สาเหตุ : หน้าของแบบทรายทั้งสองฝาน้ำไม่เรียบเสมอกัน สลักเมื่อประกอบแบบทั้งสองซีกเข้าด้วยกัน ทำให้หน้าทรายไปยันกันเองทลายตัวลงมา แต่งหน้าแบบทรายตรงรอยปะกบไม้เรียบ ทรายที่แอมงอตัวได้ย่ำไ้ทรายหนักมากไปบางแห่ง น้ำหนักเฉลี่ยไม่เสมอกัน ประกอบแบบทั้งสองฝาไม่เรียบร้อยประกอบไว้อวก ๆ ส่วนตรงที่รับน้ำหนักโก๊ แบบบางเกินไป หรือ โก๊แน่นฟิตมากไปในแบบ เนื่องจากประกอบโก๊ เคลื่อนตำแหน่ง

ข้อแก้ไข : หาข้อบกพร่องจากสาเหตุที่กล่าวมาแล้ว ไขได้ข้อใดข้อหนึ่ง หรือหลายข้อแล้วแก้ไขให้ถูกต้อง



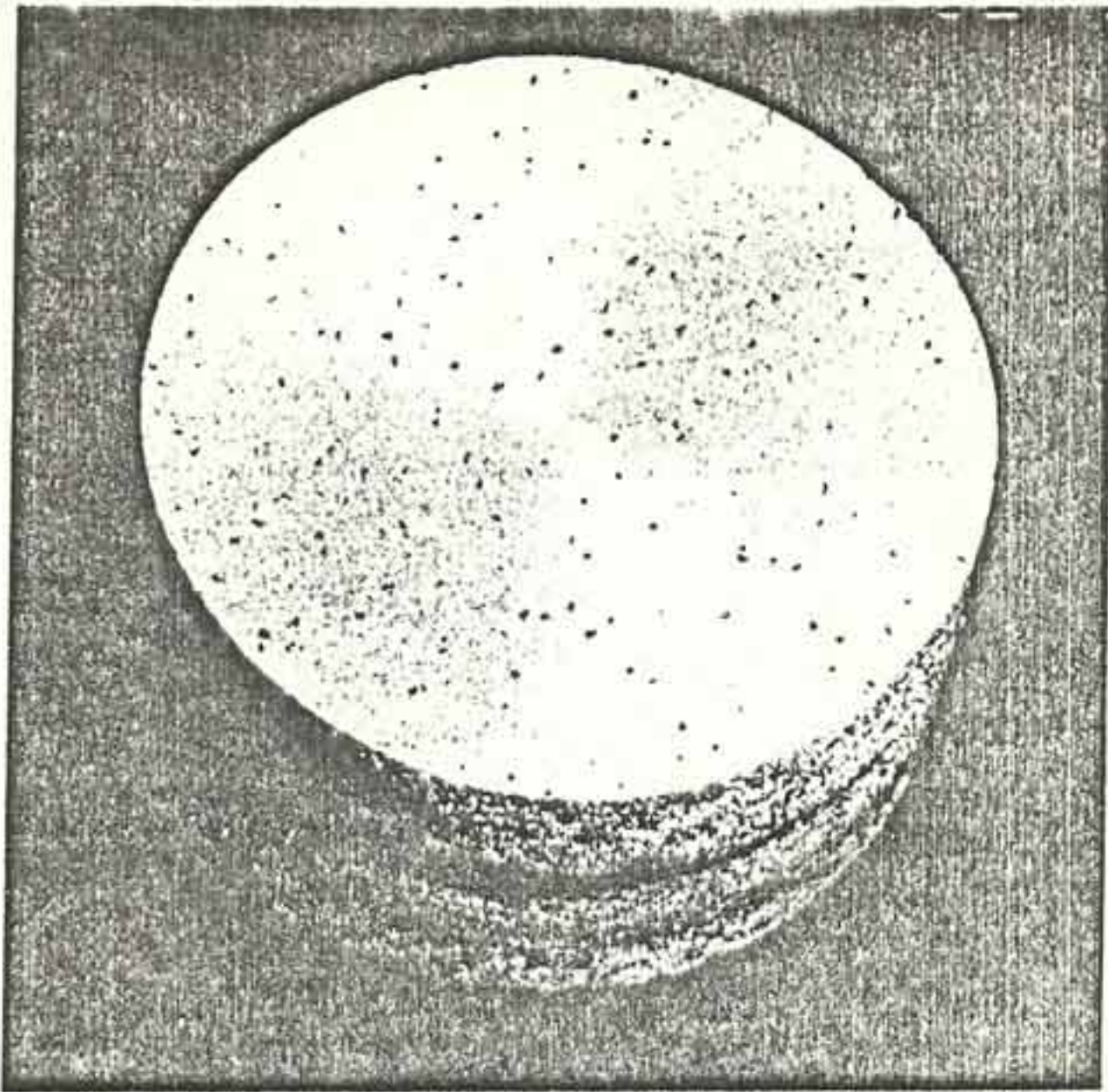
ตัวกลิ้งของ Gate Valve
 หล่อด้วยเหล็กหล่อเทา หน้า 18 ปอนด์

13 FLASH.

ลักษณะ : มีเนื้อโลหะปลิ้นทะลุออกมาตรงขอบแบบ

สาเหตุ : ยึดเกาะแบบทรายทั้งสองฝาไว้ไม่แน่น มันคงพอ ตัวหีบทรายแบบชำรุด เหล็กตี
 แบบบิดตัวได้ หรือต่อแบบทั้งสองฝาเคลื่อนตำแหน่งไป

การแก้ไข : หาล่าเหตุให้พบ แล้วแก้ไขให้ถูกต้อง

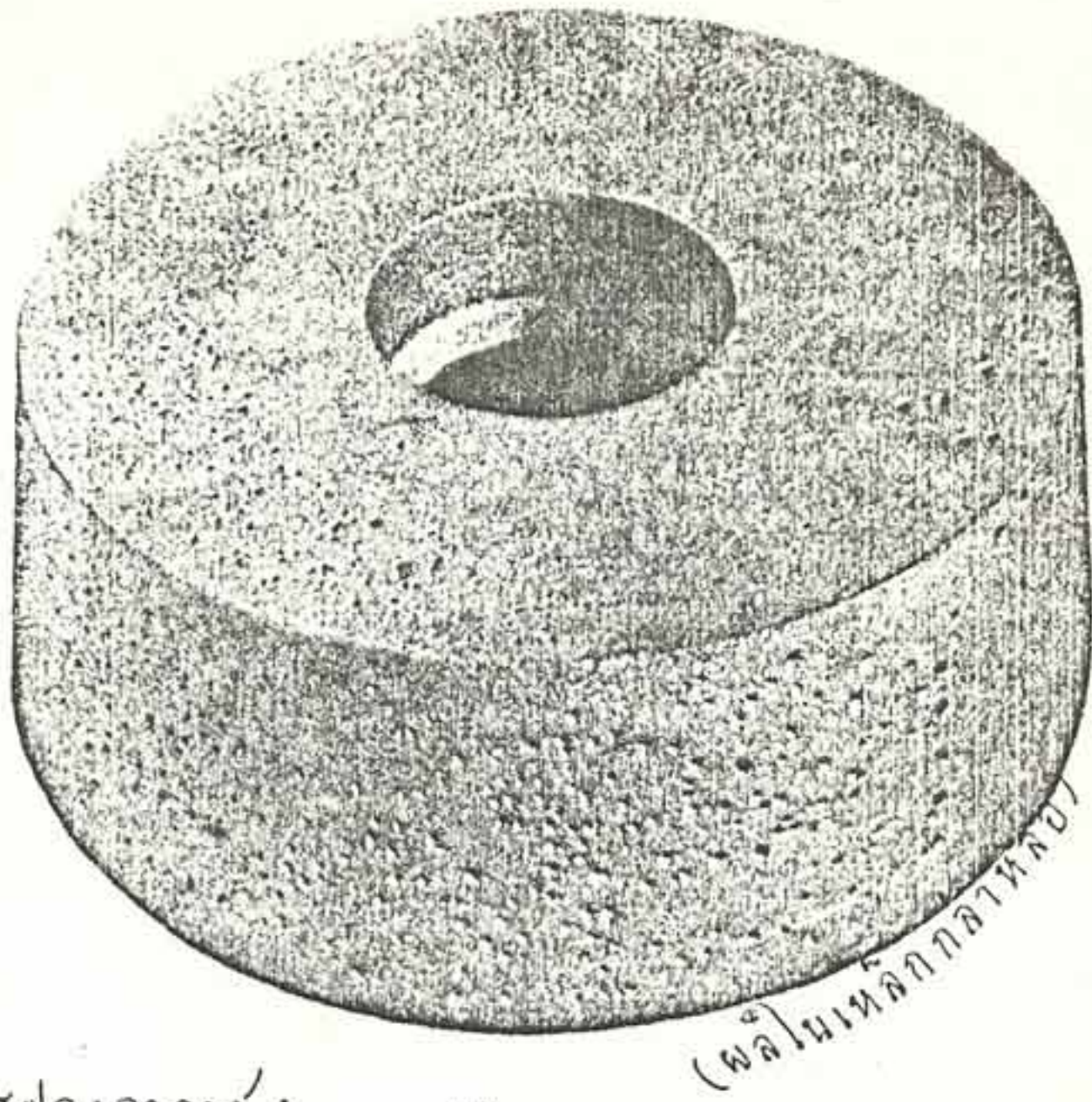


14 รฟองอากาศ : (แบบรเข็ม)
GAS HOLES (Pinhole Type).

อาการ : ในภาพแสดงรูฟองอากาศ เป็นรูกลม ๆ เมล็ดเล็ก ๆ กระจายกันอยู่ทั่วเนื้อผิวของงาน โลหะที่ใช้หล่อเป็นอะลูมิเนียมอัลลอย โด 2 $\frac{1}{2}$ นิ้ว อัลลอย หมายเลข BS. 1490 : LM 15

สาเหตุ : มีแก๊สอยู่ในโลหะ

ข้อแก้ไข : ในการหล่อนั้น อย่าให้โลหะเดือดพลุ่งอยู่นานมากไป หรืออย่างให้โลหะมีความร้อนสูงมากไป ให้ใช้ฟลักซ์ ที่เหมาะสมแล้วแก่ส หรือใช้การกวนโลหะแล้ววัดอุณหภูมิมาเติมเข้าเตาก่อนตลึงนั้น อย่าให้ความร้อนมากเกินไป หรือใช้วัสดุที่เป็นแร่ ๆ มาก ฟลักซ์จะต้องใช้ป้องกัน อุปกรณ์ ทุกชนิดที่จะนำมาใช้งานก่อนจะทำการเทต้องตรวจแก้ไอน้ำแร่ ถ้าปรากฏว่ามีแก๊สปนน้ำแร่ในขณะที่เทลงในเบ้าอันกอก ให้เทกลับเข้าเตาไปหลอมใหม่อีก ในอุณหภูมิ 600° ไล่น้ำแร่ออกจากน้ำแร่ใหม่อีก ถ้าทำถูกต้องตามกรรมวิธีดังกล่าวแล้วยังไม่หาย บางทีอาจเป็นเพราะน้ำแร่ไปดูดซับไฮโดรเจน จากไอน้ำที่ออกมาจากแบบ

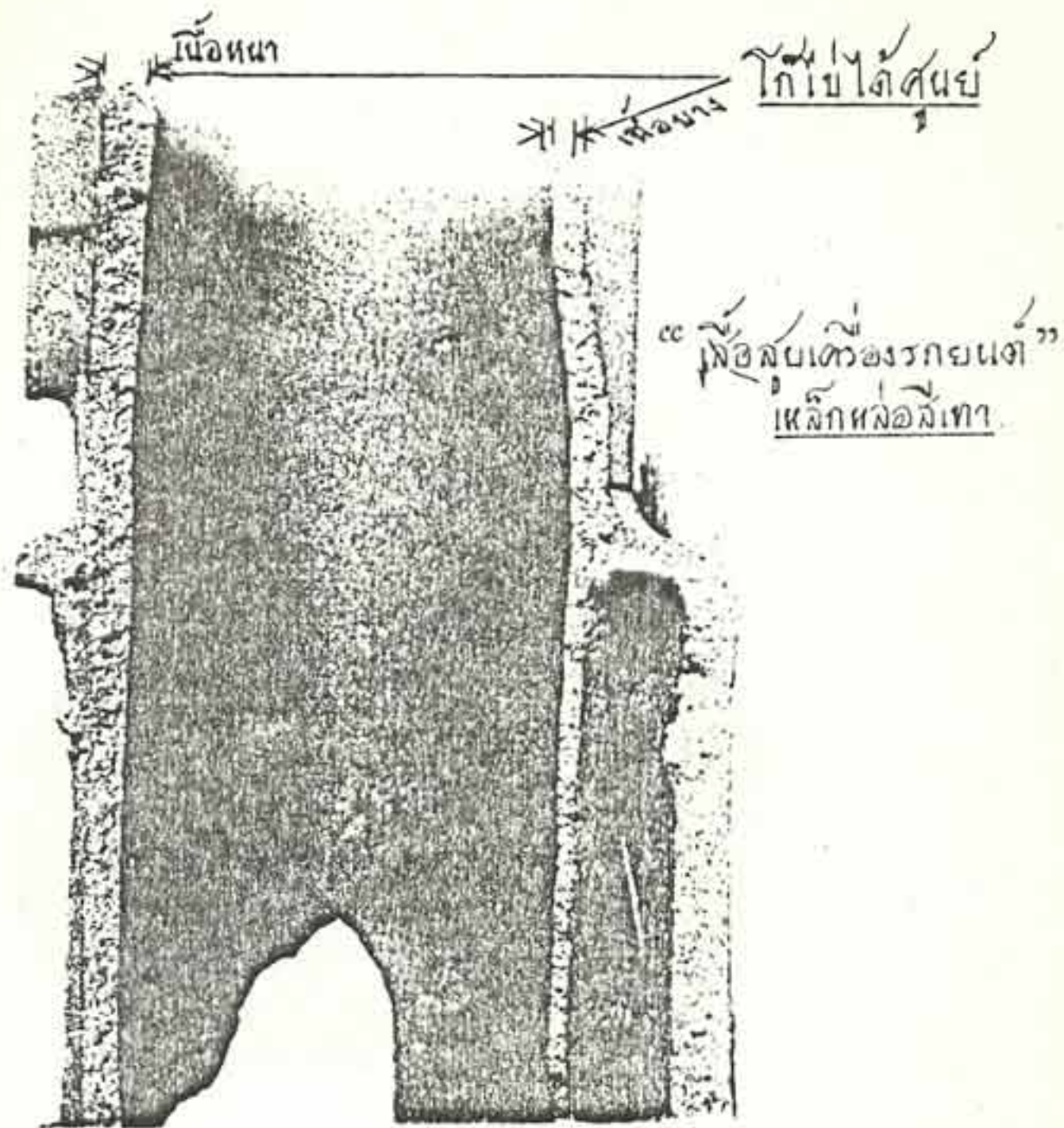


15 รฟองอากาศ : (a)
 GAS HOLES (*Steelmaking Effects—Steel Casting*).

อาการ : เป็นรูพรุน ๆ รูปรู ๆ ผงในรูเป็นเงา อยู่ตามบริเวณใต้ผิวงานหล่อมักเกิดขึ้น
 หลังจากการทำอบอ่อนแล้ว หรือช่วงทำความร้อนสุดท้ายโลหะใน
 บางคราวเรียกว่า รูเข็ม

สาเหตุ : ตามปกติแล้วจะเกิดจากแก๊สไฮโดรเจนเข้ามารวมตัว ในขณะที่น้ำแร่เหล็ก
 เย็นตัวลงในแบบ อาการเช่นนี้มักเกิดในการเท แบบทรายเปียก (Green
 and Mould) มากกว่าในแบบทรายแห้ง (Dry Sand Mould) โลหะที่
 ออกจากแร่ไม่หมด หรือในเหล็กที่มีส่วนผสมของไฮโดรเจนมากเกินไป

ข้อแก้ไข : อย่าใช้วัสดุที่มีความชื้นมาก ในขั้นการทำเหล็กกล้า ซึ่งจะทำให้ไฮโดรเจน
 เข้าไปปนอยู่ในเหล็ก รูเทน้ำเหล็กจากเตา หรือ เบ้ารองรับน้ำแร่จากเตา
 จะต้องให้แห้งสนิทจริง ในขั้นการหลอมเหล็ก ต้องหลอมให้ยาวนานกว่าปกติ และ
 ให้ความร้อน ออกซิเจน ให้เหมาะสม

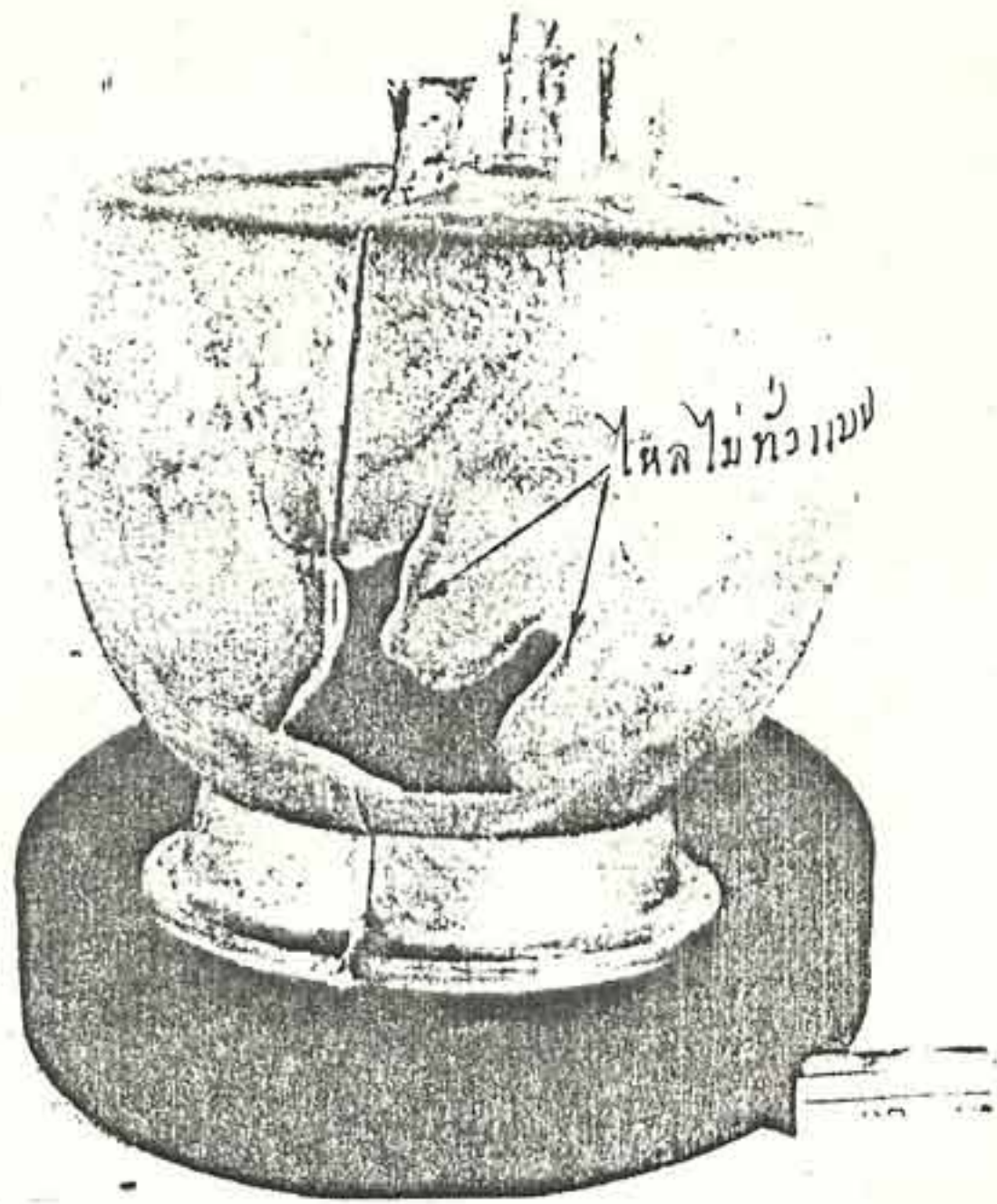


16 แบบแกนทรายไม่ร่วมศูนย์กับแม่ใหญ่ :
MISPLACED CORE.

อาการ : ความหมายของเนื้อโลหะไม่เท่ากันโดยรอบวง

สาเหตุ : แบบของโก๊ไม่ร่วมศูนย์กันกับแม่ใหญ่ การประกอบโก๊อย่างไม่พิถีพิถัน
มัก การปิดแบบไม่เรียบร้อย รูโพรงในแบบแม่ใหญ่โตมากเกินขนาดไป
หลังจากปิดแบบแล้ว การยกย้ายแบบไม่ปราณีตพอ รูโพรงในแม่แบบใหญ่
ได้รับการกระทบกระทั่ง ก่อนที่จะประกอบโก๊ ในขณะที่เทน้ำแร่ในโก๊เกาะ
ไวไม่แน่น ทำให้มันลอยตัวบนน้ำแร่ในแบบได้

การแก้ไข : หาสาเหตุให้ได้แล้วแก้ไขให้ถูกต้อง



(b)

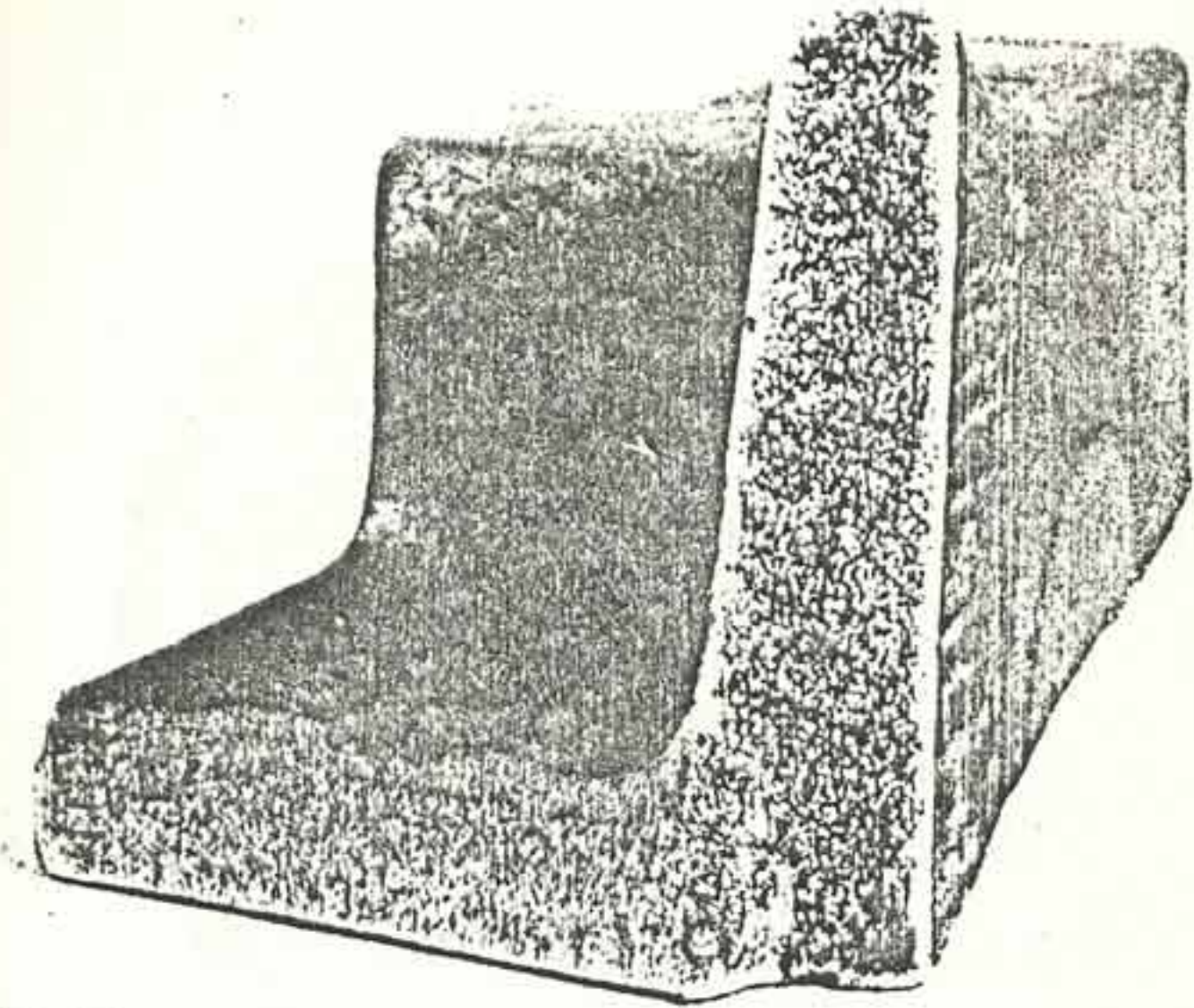
17 น้ำแร่ไหลไม่เต็มในแบบ :

MISRUN—continued.

อาการ : น้ำแร่ไหลไม่เต็มโพรงในแบบ บางทีตรงขอบมุมของงานก็ไหลไปไม่ถึงขอบที่โพรงมุมมนไม่แหลมคม ในภาพแสดงโลหะทองเหลือง หล่อแบบ Die-casting ใช้แกนทราย (โก๊)

สาเหตุ : การไหลตัวของน้ำแร่ (Fluidity) ไม่ดีพอ ถ้าเป็นการหล่อแบบ Die-Casting ตัว Die แม่แบบนั้นเย็นมากเกินไป

ข้อแก้ไข : เพิ่มอุณหภูมิน้ำแร่ก่อนเทให้สูงขึ้น เพิ่มจำนวนรูเทให้มากขึ้น ตรวจสอบอุณหภูมิของแร่ และอัลลอยของมัน อุณหภูมิแม่แบบ (Die) ให้ร้อนขึ้น ถ้าจำเป็นต้องเพิ่มความหนาของเนื้องานให้หนาขึ้น (ทำแบบใหม่)

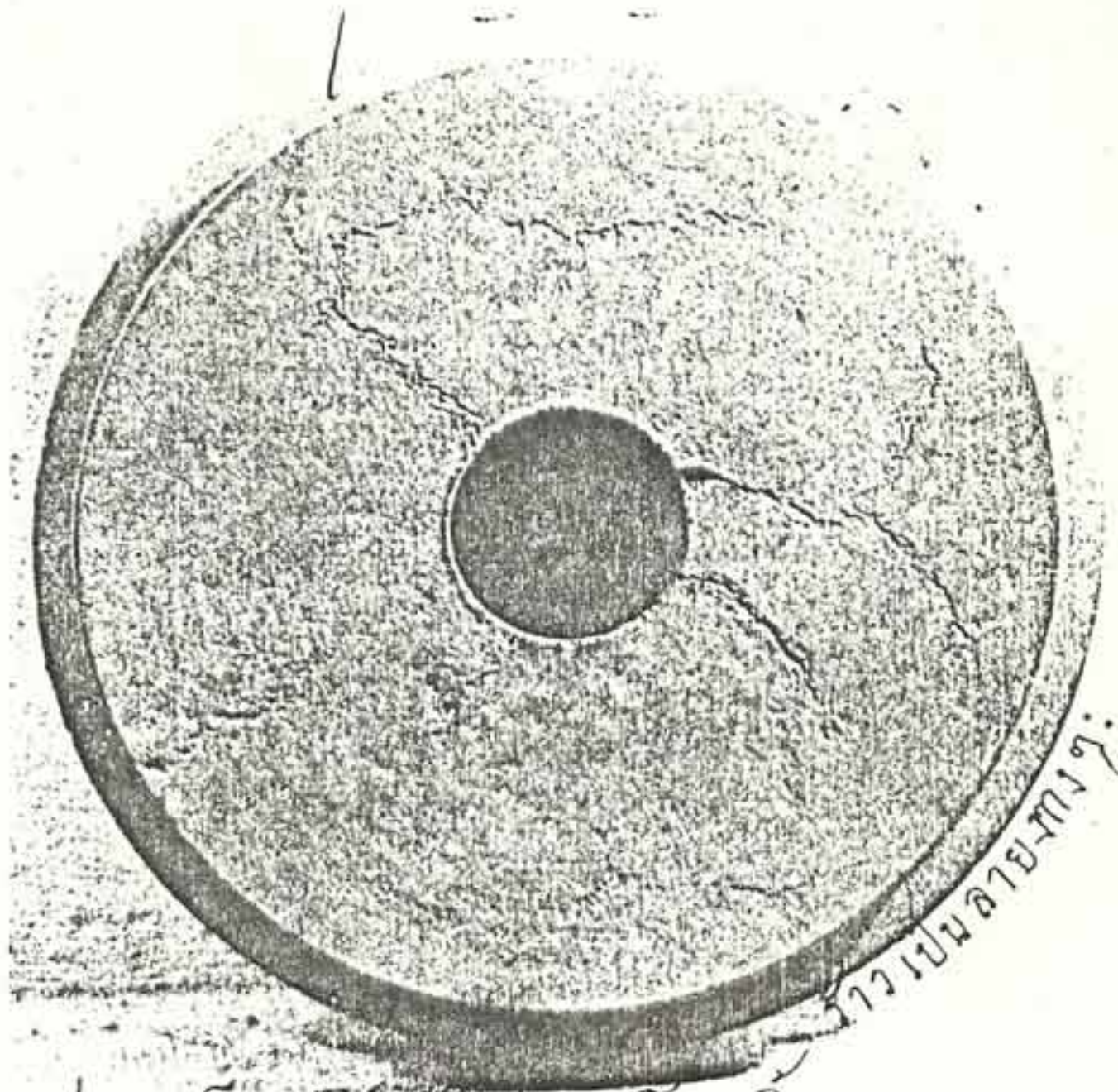


18 ปัญหาไฟท์ปนโลหะ :
PARTIAL GRAPHITIZATION (*Blackheart Malleable*).

อาการ : การเติมกราไฟท์ในขั้นตอนที่สองยังไม่สมบูรณ์ ทำให้เหล็กที่ปนอยู่ในเนื้อโลหะโลหะจะมีความแข็งมากกว่าปกติ แต่ความเหนียวจะลดลง

สาเหตุ : (ก) เหล็กหล่อในขั้นตอนแรกนั้น "Annealing Temperature" เป็นตัวลงโทษเตาเร็วมากเกินไป
(ข) ในกระบวนการอบขึ้นที่ที่สอง นั้นให้เวลายาวน้อยไป
(ค) ส่วนผสมของโลหะ ไม่เหมาะสม มีแมงกานีสมากเกินไป จำนวนของโครเมียมหรือ ตัวแก้คาร์ไบด์ อย่างอื่นไม่ถูกต้อง

การแก้ไข : แต่งการขึ้นตัวในระหว่างขั้นที่หนึ่ง และขั้นที่สองให้เป็นตัวค่อยเป็นค่อยไปในกระบวนการอบอ่อน ขึ้นตอนที่สองนั้นให้ทำให้ถูกต้องตามหลักการ ลดสารบางตัวที่ไปแก้คาร์ไบด์อันไม่จำเป็นออก

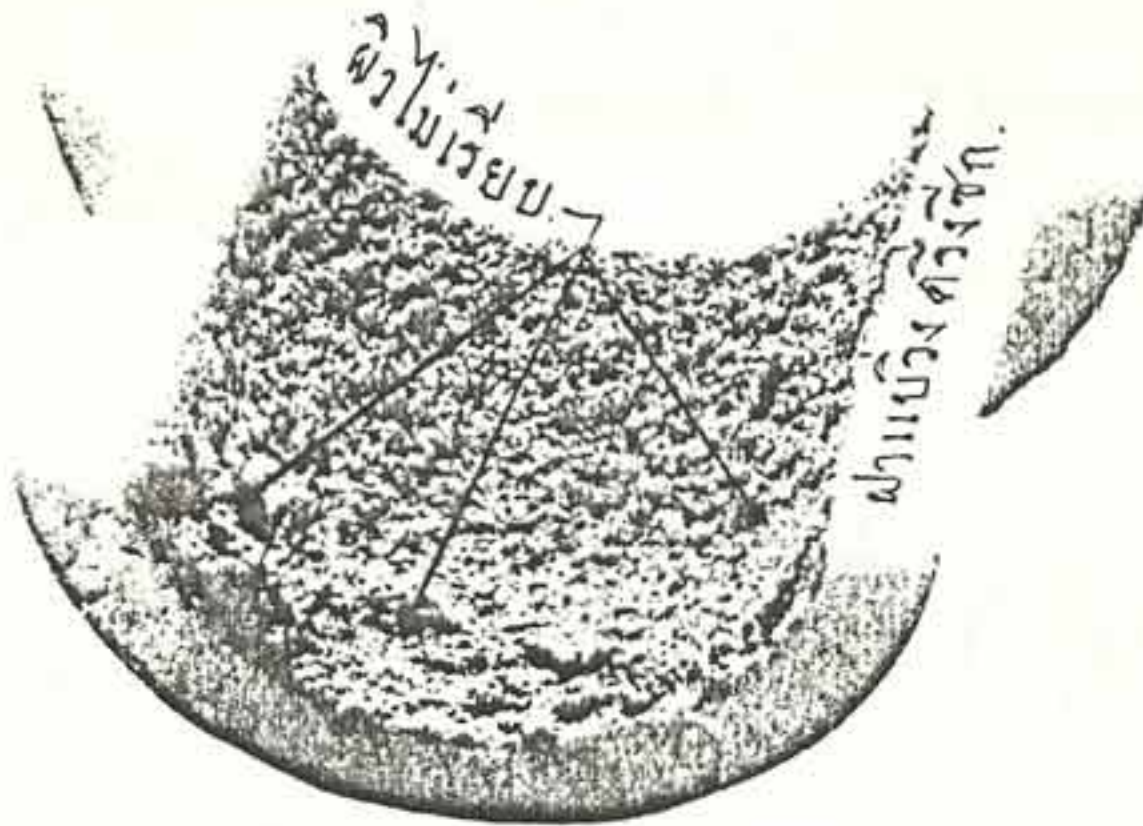


19 แผ่นมเบร็ดรถยนต์: เหล็กหล่อเทา ไซ 12 นิ้ว
RAT-TAILS.

อาการ : หน้างานนั้น ไม่เรียบ เป็นทางสูง ๆ ต่ำ ๆ รอยแตกร้าวเป็นทาง ๆ นี้ เป็นผลจากการชำรุดนิดหน่อย โดยการขยายตัว

สาเหตุ : รอยชำรุดแบบนี้ อาจจะได้จาก การกระทุ้งทราย แน่นไม่เท่ากันทั่วเนื้อ ตรงบริเวณงานที่บาง ๆ จะเกิดการการชำรุดแบบนี้

การแก้ไข : กระทุ้งทรายให้แน่นสม่ำเสมอทั่ว ตรงขอบ ๆ แบบ อย่างกระทุ้งแรงมาก จนทรายแน่นมากเกินไป เพิ่มจำนวนเปอร์เซ็นต์ ของผงถ่าน อย่าใช้ทรายใหม่ มาผสมให้ทรายทำแบบมากเกินไป

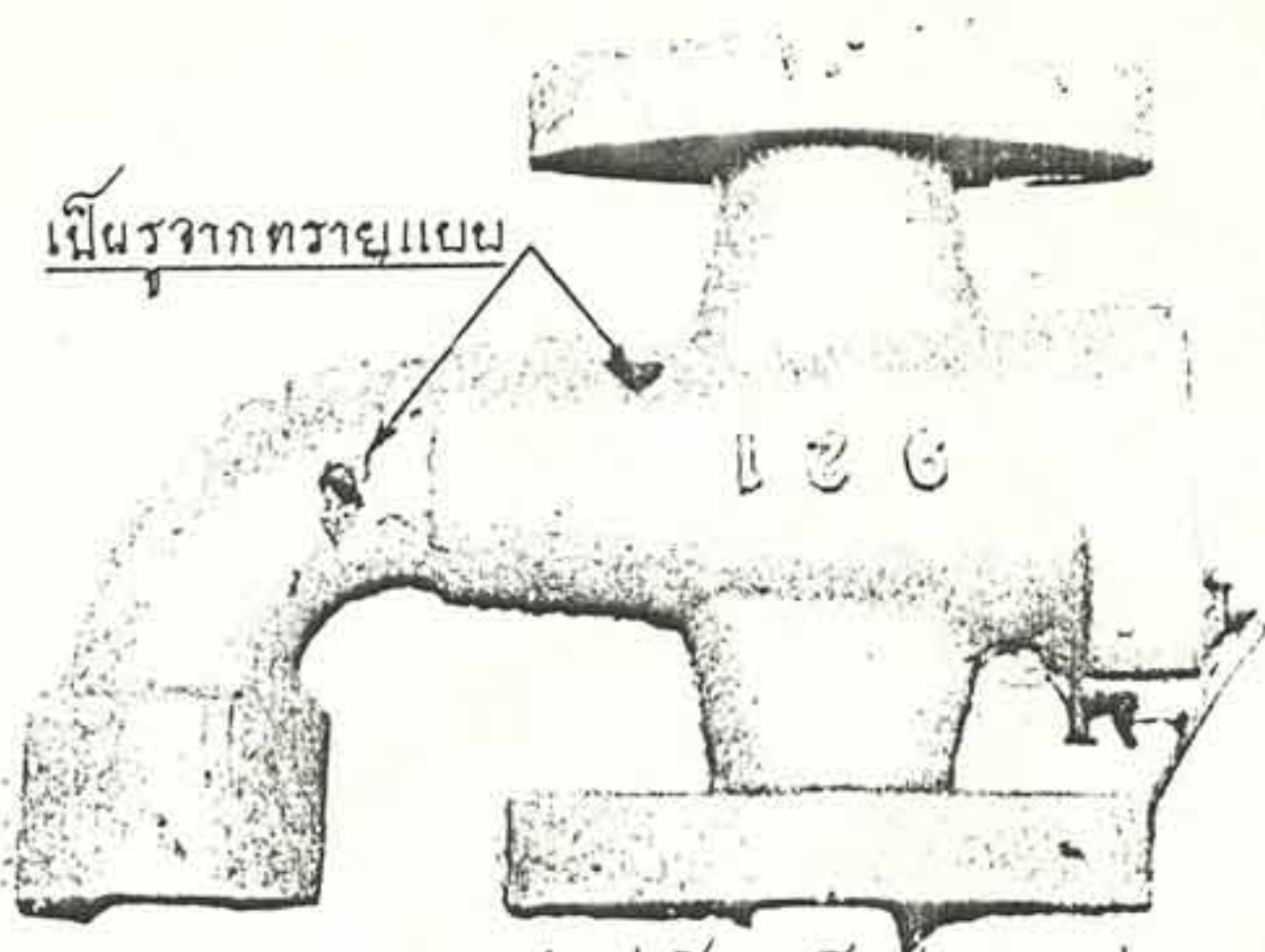


20 ผิวงานหยาบขรุขระ :
ROUGH SURFACE
 (Metal Penetration or "Brazing-In").

อาการ : ผิวงานไม่เรียบ เป็นงานของฝาเบร้ง ทำด้วยโลหะฟอสเฟอ์ บรอนซ์ โด 3 นิ้ว (เบร้งซีกเดียว)

สาเหตุ : เนื้อโลหะซึมลงไปในหน้ากราบแบบ

ข้อแก้ไข : ให้ใช้ทรายละเอียดทำแบบ กระทุ้งทรายให้แน่นเสมอกันทั้งทั้งแบบ ใช้ทรายแต่งหน้าแบบอย่างดี
 ลดอุณหภูมิในการ เทน้ำแร่ลง



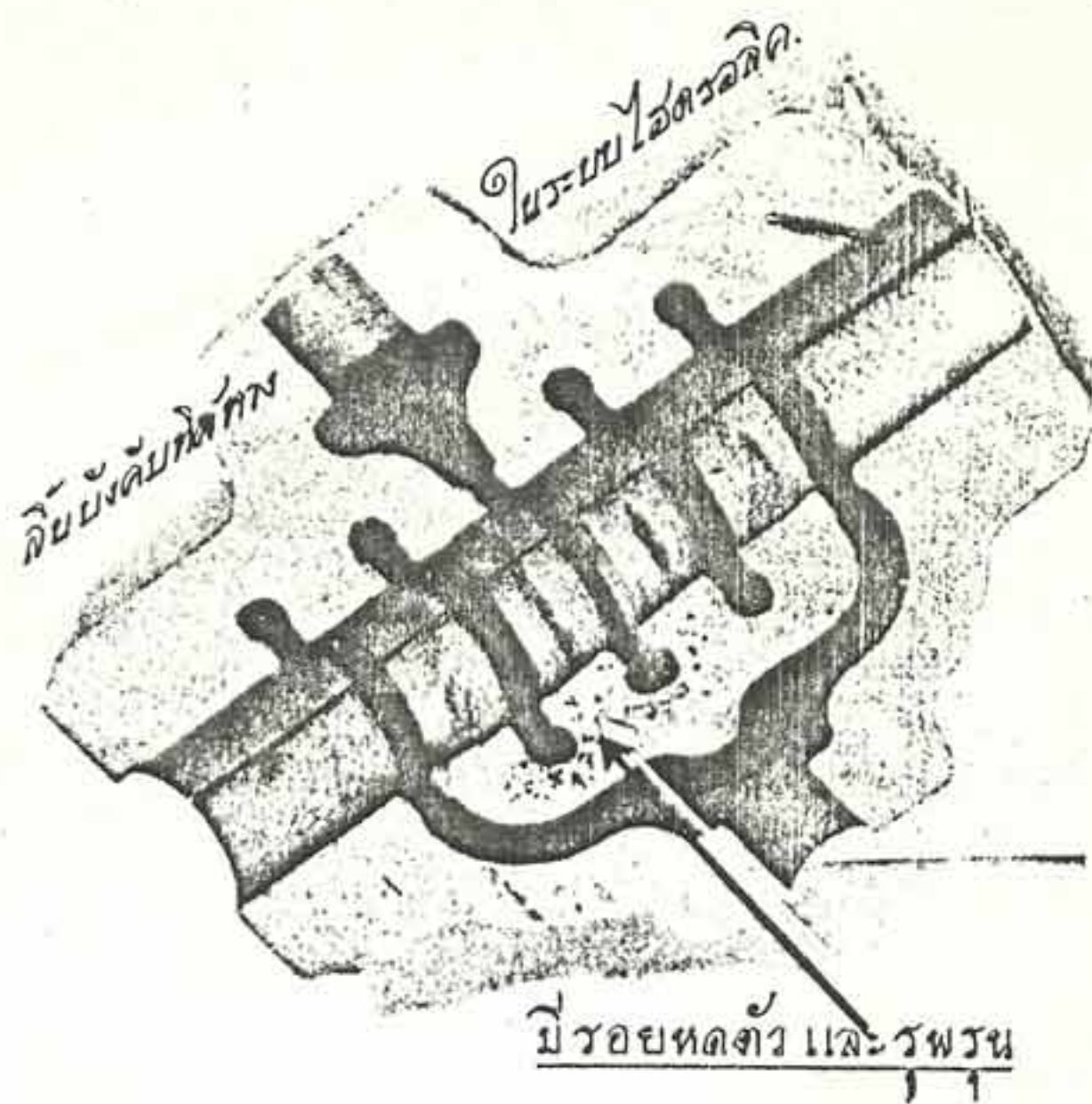
21 ตัวแม่ก็อกเหล็กหล่อเทาหนัก 15 ปอนด์ :
SAND HOLES.

อาการ : รูเป็นโพรง มีลักษณะต่าง ๆ กัน ในบางรูก็มีทรายปนอยู่ด้วย

สาเหตุ : ในบางกรณีที่มีทรายปนอยู่ด้วยนั้น เป็นเพราะทรายในแบบทลายลงมาปนในแร่ แต่ก็อาจจะมีสาเหตุมาจากเหตุต่าง ๆ ดังนี้

- (ก) ตรงขอบรอยต่อของรูเท มีมุมหักขอบคมไม่กลมกลืน
- (ข) แบบทรายไม่แข็งแรง เนื่องจากใช้น้ำหนักผสมช่วยให้ทรายยึดตัวกันน้อยเกินไป หรือกระทั่งทรายแบบเบาเกินไป ทรายไม่แน่น
- (ค) ไม้ปลอกขอบรูเท อย่างเลว
- (ง) สละพร้าวในการทำงาน ไม้เป่าผงทรายออกจากแบบให้หมดก่อนเท
- (จ) ลักษณะผิวของแบบที่กดทรายเองผิวไม่เรียบ หรือมีมุมเทปเปอร์ไม่มากพอ ตอนถอดแบบพิมพ์ ออกจากทรายแบบไปครูด ขูดทรายเอา
- (ฉ) น้ำแร่ ซึมเข้าไปในผิวของแบบทราย หรือของโก
- (ช) อบทรายแบบของโก แห้งมากจนเกินไป

ข้อแก้ไข : หาสเหตุให้พบ แล้วแก้ไขให้ตรงจุด

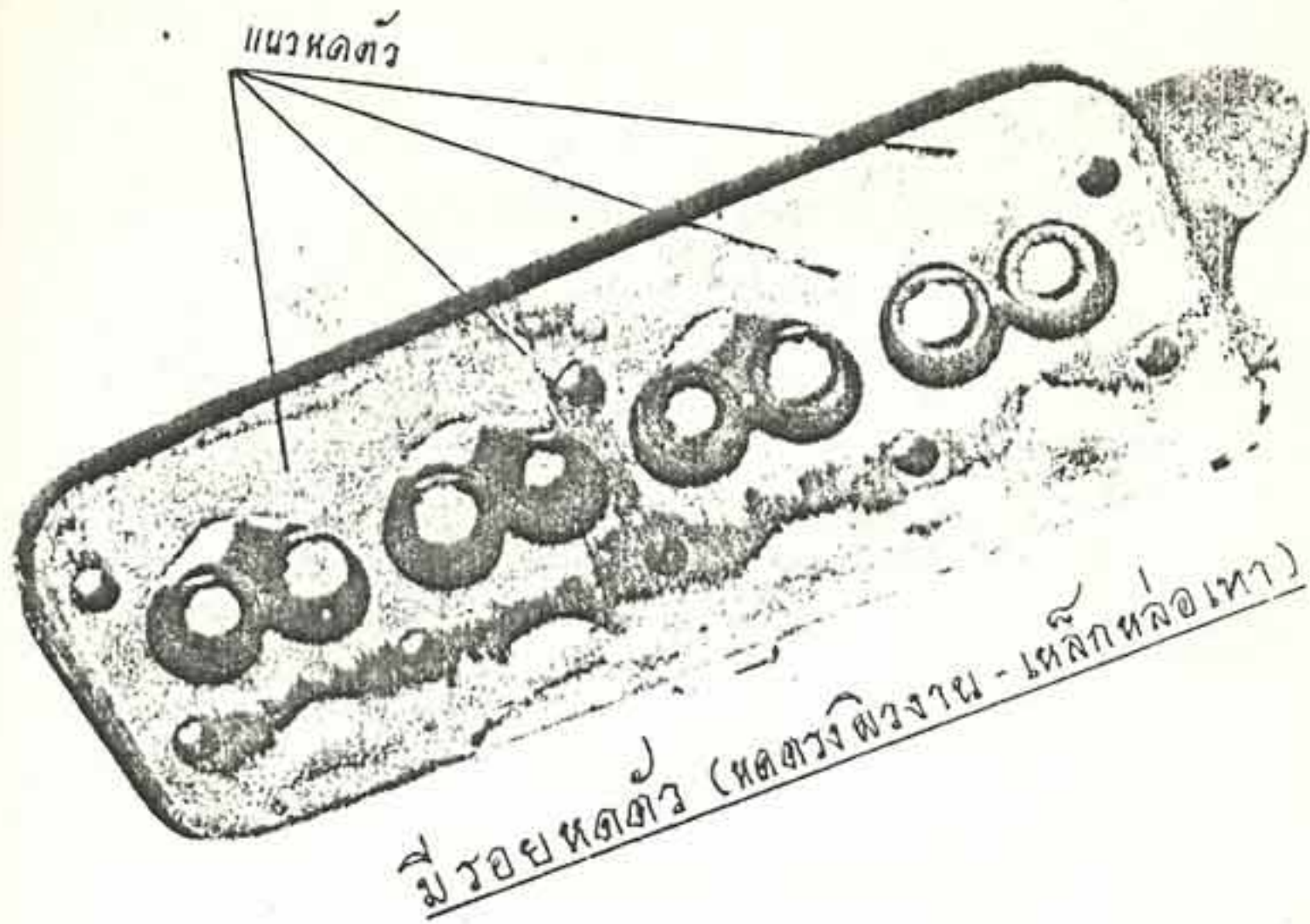


22 รูพรุนในเนื้อ: (a)
SHRINKAGE POROSITY (Internal--Grey Iron).

อาการ : บริเวณที่มีรูพรุนนี้จะพบเห็น ในตอนที่กลึงใส่แต่งงานหรือ ตอนเสียดำออกมา แต่ในบางครั้งอาจมองด้วยกล้องจุลทรรศน์ก็พบแล้วจะพบรอยร้าว หรือบริเวณที่พรุน (Spongy Area) ซึ่งมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป หรือมีลักษณะเป็นแฉก ๆ คล้ายต้นเฟอริ บางครั้งรูพรุน ๆ นี้ก็มีขนาดเท่า ๆ กัน บางทีก็อยู่รวมในบริเวณจุดที่ร้อนมาก

สาเหตุ : แบบหล่อที่อ่อนนิ่มมากเกินไป ทำให้โลหะบวมตัวออกได้ ไซโคราไฟท์เอเจนต์เต็มในเบ้า จุดอุณหภูมิหน้าโลหะสูงเกินไป มีบริเวณที่เป็นจุดความร้อนสูง (Hot Spots) เนื่องในการออกแบบหล่อไม่ดี หรือแบบหล่อตั้งแต่ประกอบรูเทไม่ตี หรือเกิดจากความร้อนสูงเพราะรูเทโตมากเกินไป ไซล์ส่วนผสมของฟอสฟอรัสมากเกินไป และคาร์บอน น้อยเกินไป

ข้อแก้ไข : ตอนกระทุ้งทราย กระทุ้งให้แน่นทั่ว ๆ สม่่าเสมอกันทั่วบริเวณ ถ้าเป็นได้อ้อย่าเติมคาร์บอนลงไป ในเบ้ารองรับโลหะอีก ลดอุณหภูมิตอนเทหน้าแร่ลง เปลี่ยนตำแหน่งที่ให้รูเทใหม่ หรือเพิ่มจำนวนรูเทให้มากขึ้น เทหน้าแร่ลงในแบบอย่างช้า ๆ ลดจำนวนฟอสฟอรัสลง เพิ่มจำนวนคาร์บอนให้มากขึ้น



(b)

23 การหดตัวหน้าผิว : (ฟลักซ์เครื่องยนต์)

SHRINKAGE (Surface—Grey Iron)—continued. •

อาการ : มีรูที่ผิวงานเป็นรูลึก ๆ ฝังในรูอาจเรียบบ้างไม่เรียบบ้าง ไม้แม่เป็นได้ ทั้งทางตอนบน หรือ ทางส่วนก้นของแบบก็ได้ โดยจะเพาะจะเกิด ตอนหน้าแร่ไหลจากรูเทเสี้ยวเข้าลงในแบบ

สาเหตุ : เนื่องจากเทหน้าแร่ในจุดหลุมที่สูงมากไป เมื่อเทลงในแบบก็แร่ยังขยายตัวมาก และตอนที่มันแข็งตัว มันก็จะยุบตัวลงมาก หรือถ้าตอนส่วนบนของแบบเป็นส่วนที่แคบและเทหน้าแร่ในจุดหลุมที่ต่ำ หรืออาจจะเป็นเพราะแบบอ่อนตัวมากเกินไป กระทั่งทรายไม้แม่แน่นเท่า ๆ กันทั่วทั้งหมด หรือเกิดการคั่งตัวของจุดร้อนเนื่องจากการออกแบบไม่ดีพอ หรือทำรูเทไม่ดีพอ มีคาร์บอนสมมูล (Carbon equivalent, C.E.) ต่ำเกินไป

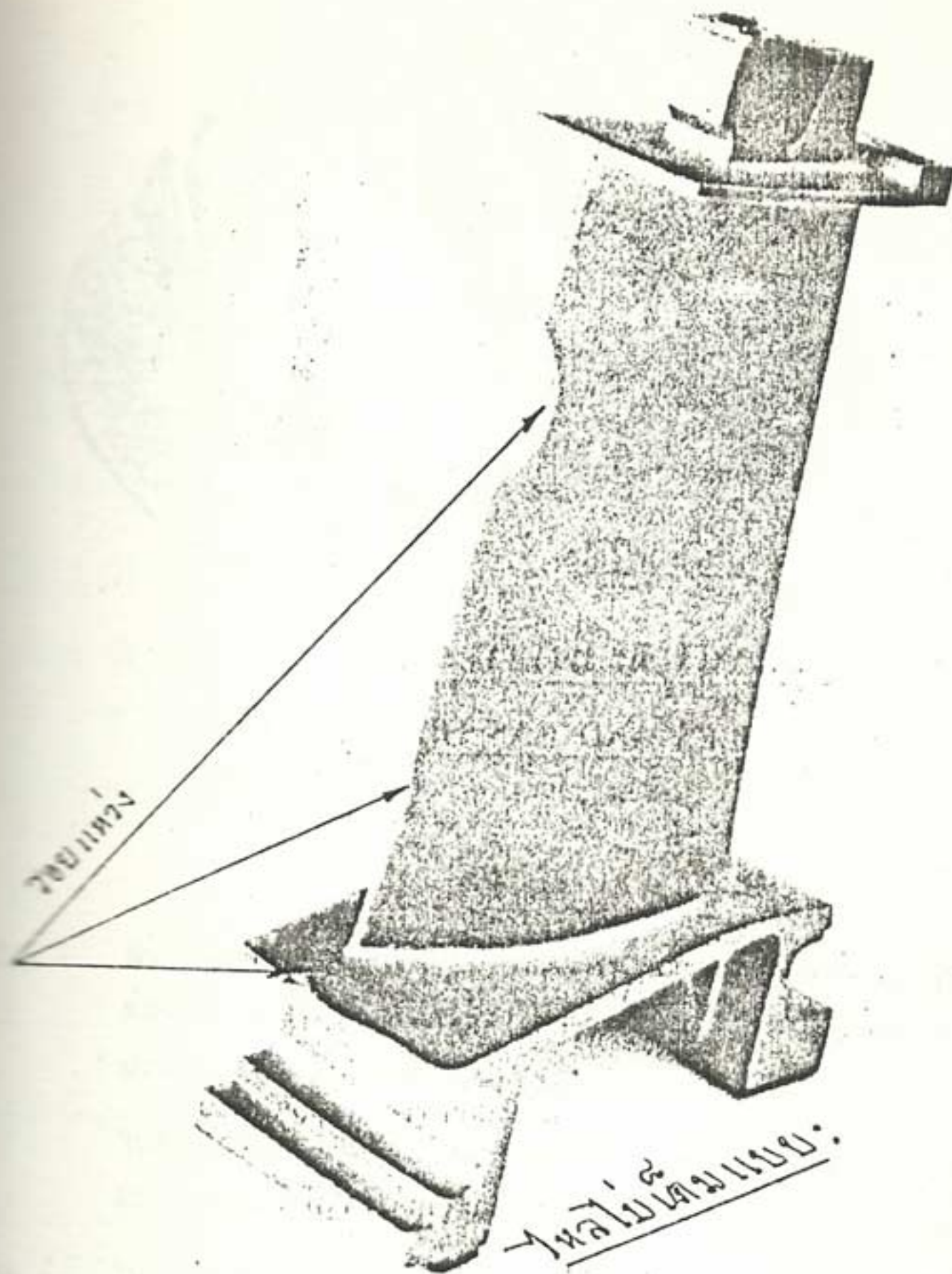
ข้อแก้ไข : ลดจุดหลุมในการเทหน้าแร่ลง แต่อย่าให้ต่ำมากเกินไป กระทั่งทรายให้แน่นทั่ว ๆ ทั่ว ออกแบบงานใหม่ ตรงข้อต่อของรูเท อย่าให้หักมุมมากตรงที่หน้าแร่เสี้ยวไหลลงในแบบ ประกอบรูเทเข้าตรงทางส่วนบางของแบบ หรือ เพิ่มรูเทอีก ตรวจสอบความแข็งแรงของแบบ และโก๊กว่าสับยึดก็มให้คงแข็งแรงพอ อย่าพยายามเติมสารเติมกราไฟท์ ในเบ้ารับหน้าแร่



หล่อในแบบวิธี

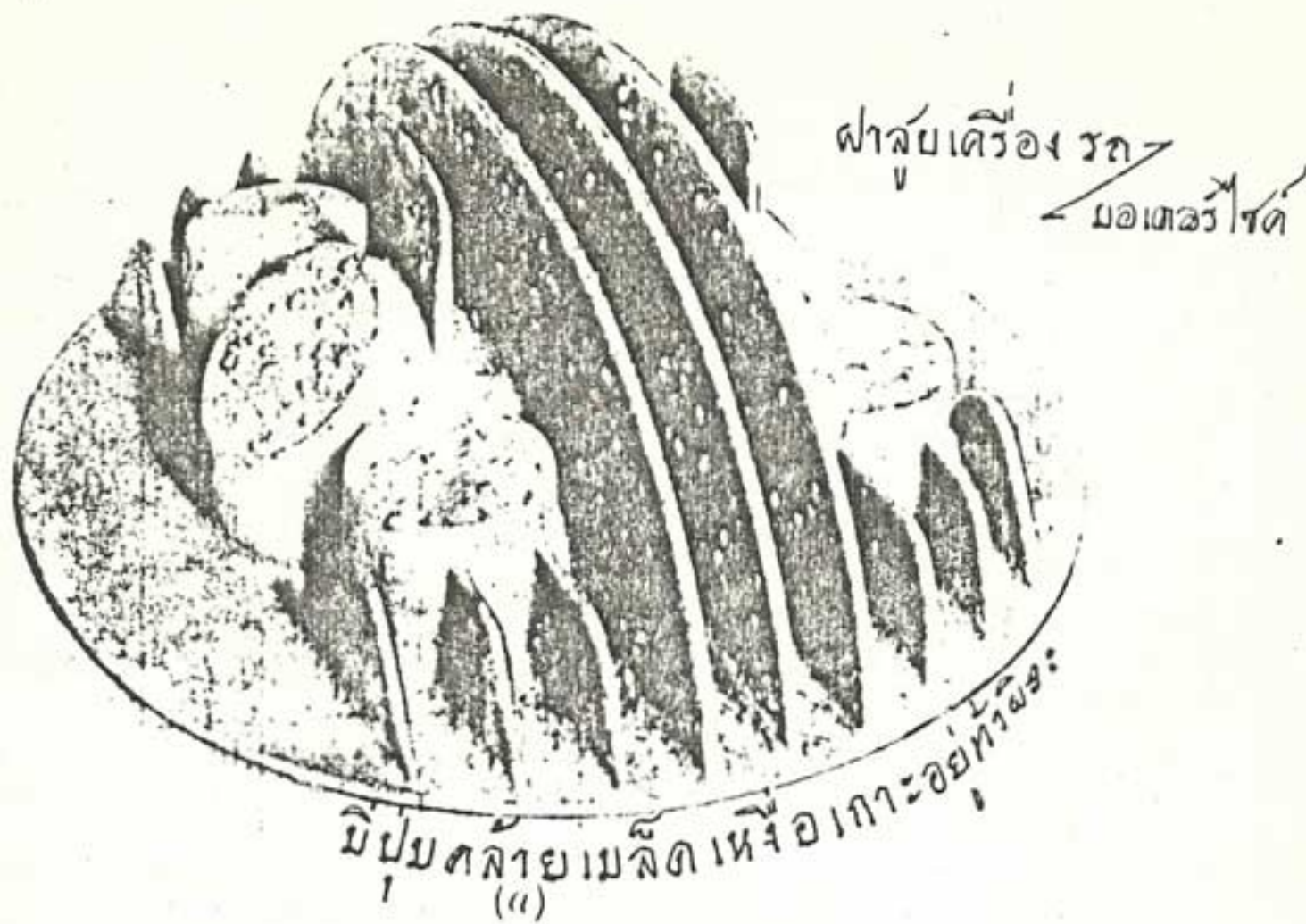
24 มีรูพรุนและมีฟองอากาศ:
BLOWHOLES AND GAS HOLES.

- อาการ : รูพรุน ๆ มีลักษณะกลม ๆ ยาว ๆ และรี ๆ ฝังภายในรูชิ้นงาน รูนี้มักจะเกิดทั้งที่ผิวงานและทั้งในเนื้อ ในบางครั้งอาจทำให้เทโลหะไม่เต็มในแม่แบบ
- สาเหตุ : โล่ตะกอนถ่านออกจากเนื้อยี่ผึ้งไม่หมด มีอากาศ คั่งอยู่ในแบบในน้ำแร่มีแก๊สมากไป
- การแก้ไข : เผลาอุณหภูมิร้อนโดยทั่วถึง ต่อรูเท และรูหายใจให้เหมาะจะลมให้น้ำแร่ได้ไหลไปทั่วในแม่แบบ และให้แก๊สมีทางออกจากแบบได้หมด ในบางครั้งงานจะได้ผลดีโดยเพิ่มอุณหภูมิในการเทให้สูงขึ้น อุณหภูมิหล่อให้สูงขึ้นอีก



25 MISRUN.

- สาเหตุ : น้ำแร่ไหลไปได้ไม่เต็มแบบหล่อ โดยจะเพาะตรงมุม หรือตรงขอบของแบบที่บาง ๆ
- การแก้ไข : จดอุณหภูมิในการเทน้ำแร่ ต่ำไป จุ่มแบบร้อนท้อไป มีแก๊สค้างในแบบ หรือมีอากาศเข้าไปคั่งตัวอยู่ในแบบหากทางออกไม่ได้ ก็เกิดกำลังต้านกลับ (back Pressure) ไม่ยอมให้น้ำแร่ไหลเข้าไปได้ทั่วถึง
- การแก้ไข : เพิ่มอุณหภูมิในการเทน้ำแร่ให้สูงขึ้น จุ่มแบบให้ร้อนขึ้น ให้อากาศพัดไล่ไล่แร่ลงไปให้หมดด้วย



26EUTECTIC EXUDATION
(Aluminium-Alloy Die Casting).

อาการ : ผิวเป็นเมล็ดโปน ๆ ของอลูมิเนียมอัลลอยเกาะอยู่ทั่วไปทั้งหน้า เกิดจากยูเทคติกของมัน พยายามจะขับไล่ ความชื้นออกจากตัว อาการนี้เกิดขึ้นในขั้นตอนของการปรับปรุงคุณสมบัติโดยความร้อน (Heat Treatment)

ในภาพแสดงการหล่อผ่าลับ อลูมิเนียมผสม BS. 1490; LM 12 หล่อแบบโดย Die Casting (ใช้แบบโลหะ)

สาเหตุ : ในการปรับปรุงคุณสมบัติ โดยความร้อนนั้น บังเอิญให้ความร้อนแรงมากเกินไป มีส่วนผสมของสิ่งสกปรกเด่นชัดมากไป ทำให้ยูเทคติกมีจุดหลอมละลายต่ำ มีแก๊สอยู่ทั่วไป

การแก้ไข : ในการปรับปรุงคุณสมบัติ โดยความร้อนนั้น ระวังอย่าให้ความร้อนมากเกินไป ส่วนผสมของโลหะหล่อนั้นจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อลูมิเนียมผสมชนิด BS 1490 : LM 12 นี้ จุดหลอมของน้ำโลหะจะต้องได้ 505°ซ ก่อนการเทจะต้องไล่แก๊สออกจากน้ำแร่บ้าง ให้เหลือน้ำแร่มีแก๊สปนอยู่พอประมาณ หากไล่แก๊สหมดจากน้ำแร่เลยก็เดี๋ยวจะไปเจอปัญหา โลหะแตกกร้าว ตอนเทมันเป็นตัวเข้าให้ชัก

- "Typical Alloy, Cast Irons"

Name	Percentage composition						T.S. (p.s.i.)	B.H.N.
	T.C.	Si	Mn	Ni	Cr	Mo		
<i>Locomotive Parts</i>								
Cylinders	3.30	1.10	1.00	1.25	..	..	42,000	215
Cylinder liners	3.20	1.20	1.00	1.50	..	..	45,000	235
Pistons	3.30	1.10	0.80	1.30	..	..	40,000	225
Piston rings	3.40	1.60	0.80	1.30	..	..	36,000	200
Superheater header	3.30	2.20	0.80	0.9	0.4	0.7	50,000	245
Grate bars	3.20	1.60	0.80	1.60	0.60	..	40,000	225
Rubbing blocks	3.40	1.50	0.60	1.50	..	..	37,000	215
Alloy Chill Roll		0.5	0.3	4	1-1.5	0.5		
Ni hard C.I.		0.5	1-1.4	4.5	0.5-1	0.25		
High Pressure Pump		1.5	0.5	1	0.5	0.7		
Ni-resist		1-2	1-1.5	13-17	1.5-2.5	5-7Cu		
Ni-Tensyl iron (High strength C.I.)		1.5-2.5	.5-1	1-4	.05	.05		
Microalloy		6	1.0	18	1.4	..		
<i>Heavy Automotive Castings</i>								
Cylinder head	3.37-3.42	1.8-1.9	0.95-1.05	0.4	0.1	..	} <i>Mechanical Properties</i> T.S.—40,000 p.s.i. (T.S.) Transverse stress— 65,000 p.s.i. Deflection—0.17" Hardness—180-200 B.H.N.,	
Cylinder Block	3.37-3.42	1.8-1.9	0.95-1.05	..	0.1	..		
Brake drum, Fly wheel	3.37-3.42	1.8-1.9	0.95-1.05	..	..	..
Gear Box, Clutch Housing	3.55-3.6	2.4	0.95-1.05	..	0.2	..		

Steel Castings (Locomotive)

Name of parts	Chemical composition					Mechanical Properties
	C.	Mn	Si	S	P	
Hind drag, Foot Plate Wheel centre driving. Wheel centre trailing, Coupled Axle box driving, Engine truck frame, Radius Bar, Double cylinder	0.11-0.14	0.7-0.8	0.3-0.4	0.02	0.02	Y.S.—17-19 T/□" U.T.S.—28-30 %E—30-32 %R.A.—50 (min.) Bend test—90° Hardness—120-150 B.H.N. Izod Value—6-10 ft. lbs. Charpy Value—10 kgm./cm ² .
Bearing spring Yoke Brackets Cross head, Centre Pin Seat Roller bearing Bottom plate	0.22-0.25	1.25-0.45	0.3-0.4	0.03	0.03	Y.S.—23-26 T/□" U.T.S.—36-38" Bend Test—60° %E—20-25 B.H.N.—150-200 %R.A. 30-35

"Typical Composition of some commercial Gray Iron Castings"

Casting	Percentage composition							
	T.C.	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
General Castings (auto) soft iron	3.4	2.6	0.65	0.3	0.1	..	..	..
Piston rings (auto) individually cast	3.5	2.9	0.65	0.50	0.06	..	..	..
Brake drums (auto)	3.3	1.9	0.65	0.15	0.08	1.25	0.5	..
Brake drums (auto)	2.75	2.25	0.7	0.15	0.08	..	..	0.5
Machinery iron								
Light service or thin section	3.25	2.25	0.5	0.35	0.10	..	..	..
Medium service or heavy section	3.25	1.75	0.5	0.35	0.10	..	..	..
Water pipe, Sand Cast								
Light and medium	3.6	1.75	0.50	0.80	1.08	..	..	..
Heavy	3.4	1.40	0.50	0.80	0.08	..	..	..
Cast for caustic								
Ni-Cr iron	3.30	0.7	0.5	0.1	0.08	1.5	0.6	..
Cast iron	3.60	1.00	0.75	0.20	0.07	..	..	..
Hot moulds	3.50	1.00	0.90	0.20	0.07	..	..	..
Grand Ammonia Cylinders	3.25	1.25	0.65	0.20	0.10	..	..	..
Light forming and stamping or forging dies, Ni-Cr iron	3.30	1.50	0.60	0.20	0.10	2.00	0.6	..
Light forging dies, Mo-iron	3.30	2.00	0.6	0.2	0.1	..	..	1.00
Heavy forging dies, Mo-iron	3.10	1.5	0.6	0.2	0.08	..	..	1.00
Flanges and fittings (medium)	3.30	2.00	0.5	0.35	0.1	..	..	..
Steel castings	..	0.75-1.5	0.8	0.3	0.09	..	..	..
Flanges (light)	..	2.5-2.75	0.6	0.7	0.07	..	..	..
Flanges (heavy)	..	1.75-2.2	0.7	0.6	0.09	..	..	..
Cast iron and corro Siron (acid resistant)	..	13-17	0.3-0.9	0.02-0.05	0.02-0.05	..	..	..
White heart malleable (as cast)	..	0.6	0.3	0.1	0.2	..	..	..

Table A-21 TYPICAL PROPERTIES OF GRAY CAST IRON

The American Society for Testing Materials (ASTM) numbering system for gray cast iron is established such that the numbers correspond to the *minimum tensile strength* in kpsi. Thus an ASTM No. 20 cast iron has a minimum tensile strength of 20 kpsi. Note particularly that the tabulations are *typical values*.

ASTM number	Tensile strength S_u , kpsi	Compressive strength S_c , kpsi	Shear modulus of rupture S_{su} , kpsi	Modulus of elasticity, Mpsi		Endurance limit S_e , kpsi	Brinell hardness, H_B
				Tension	Torsion		
20	22	83	26	9.6-14	3.9-5.6	10	156
25	26	97	32	11.5-14.8	4.6-6.0	11.5	174
30	31	109	40	13-16.4	5.2-6.6	14	201
35	36.5	124	48.5	14.5-17.2	5.8-6.9	16	212
40	42.5	140	57	16-20	6.4-7.8	18.5	235
50	52.5	164	73	18.8-22.8	7.2-8.0	21.5	262
60	62.5	187.5	88.5	20.4-23.5	7.8-8.5	24.5	302

สรุป:(Conclusion)

ที่ใช้งาน จากการหล่อหลอม (Applications of Casting)

เหตุผลบางอย่างที่ งานหล่อหลอมยังคงมีความสำคัญ เป็นที่ยอมรับใช้กันอยู่ในวง การวิศวกรรม และเหตุผลต่าง ๆ เหล่านั้นก็คือ

(1) งานปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะ และการผลิตวัสดุ กึ่งสำเร็จรูปนั้น จะต้องมีการ แบบอันเหมาะสม เพื่อสะดวกในการขนส่ง รูปร่างของเหล็กปึก เหล็กแท่ง และ อื่นก๊อต นั้น จะต้อง มีรูปแบบเหมาะสมกับที่ที่จะไปทำงานขั้นต่อไป หรือ เหมาะสมกับที่จะใช้งาน

(2) โลหะและอัลลอย บางชนิดการแปรรูป หรือประกอบส่วนของมัน ถ้าทำโดยกรรมวิธีอื่นแล้วสำเร็จได้ยาก ถ้าหล่อแล้วทำได้ง่าย

(3) ในงานวิศวกรรมเครื่องกล แล้วจะต้องมีราคาแพง เพราะจะต้องผ่านงานหลายขั้นตอน กว่าที่จะสำเร็จรูปได้ เช่นต้องใช้ ไม้ ไม้ลูกกรด ไม้ตี และกลึงไล่แต่ง เป็นต้น หากเป็นงานที่มีจำนวนมากแล้ว ใช้วิธีหล่อหลอมจะคุ้มค่าใช้จ่ายมากกว่า

(4) ในบางรูปลักษณะของงาน มีความละเอียดในรูปแบบ และสลับซับซ้อนมาก ผลิตเป็นรูปแบบมาตรฐานที่จะทำด้วยการกลวิธีอื่นได้

(5) ฐานแท่นเครื่องที่มีขนาดใหญ่โตมาก จะต้องผลิตให้เท่าของจริงได้ ก็จะต้องทำโดยวิธีหล่อหลอม

(6) แม้ว่าการผลิตงานทางการกลในด้านอื่น นั้นจะทำให้งานมีคุณสมบัติ เหมือน การหล่อหลอมก็ตาม แต่งานหล่อหลอมก็ยังทำหน้าที่แทนในงานตีขึ้นรูปได้ในงานหลาย ๆ รูป แบบ เช่น ในปัจจุบันนี้ เทคนิคในการหล่อหลอมเจริญ ก้าวหน้าขึ้นมา โดยที่สามารถ หล่อเพลลา ออเลื่อ เฟือง กระจกปืนใหญ่ และในอีกหลายรูปแบบ ซึ่งเมื่อก่อนนี้จะต้องขึ้นรูปโดยงานตี เท่านั้น งานหลาย ๆ รูป ยังผลิตโดยการหล่อหลอม แล้วให้งานที่ทนทานแข็งแรง และมีราคาถูกกว่า ตั้งนี้ งานหล่อหลอมก็ยังคงยืนอยู่คู่ความดี.. เหมือนปูนซีเมนต์ไทย... ไปอีกนานแสนนาน.