บทที่ 3

การศึกษาลักษณะทั่วไปของอุตสาหกรรมงานหล่อโลหะและงานกลึง

กระบวนการผลิตของงานหล่อโลหะและงานกลึง จัดเป็นกระบวนการอุตสาหกรรมการผลิตอย่างหนึ่งของวงการอุตสาหกรรมที่มีบทบาทและความสำคัญในการผลิตชิ้นส่วน อะไหล่ อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆของผลิตภัณฑ์โลหะที่เป็น Ferrous และ Non-Ferrous จะสังเกตได้ว่าอุตสาหกรรมต่าง ๆไม่ว่าจะเป็น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมการต่อเรือ อุตสาหกรรมในการผลิตชิ้นส่วนเพื่อประกอบเป็นเครื่องมือเครื่องจักร ก็ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมงานหล่อโลหะและงานกลึงเป็นลำดับแรกทั้งสิ้น ดังนั้นในประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศในแถบยุโรปและแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น เกาหลีใต้และไต้หวัน จะเน้นให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมงานหล่อโลหะและงานกลึงกันเป็นอันดับต้น ๆ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่จะมารองรับการพัฒนาและการขยายตัวให้กับอุตสาหกรรมหลักประเภทอื่น ๆ ผู้วิจัยมีความเชื่อว่าถ้าจะพัฒนาประเทศไทยให้เจริญก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมแล้วอุตสาหกรรมงานหล่อโลหะและงานกลึงจำเป็นจะต้องพัฒนาให้ก้าวหน้าหรือไปพร้อม ๆกับอุตสาหกรรมอื่น ถ้าตราบใดที่ประเทศของเรายังไม่สามารถผลิตเครื่องยนต์หรือเครื่องทุ่นแรงต่าง ๆได้เอง การพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างอื่นก็จะพัฒนาได้ช้าไม่ทันกับความเจริญในยุคนี้

3.1 <u>กระบวนการผลิตงานหล่อโลหะ</u>

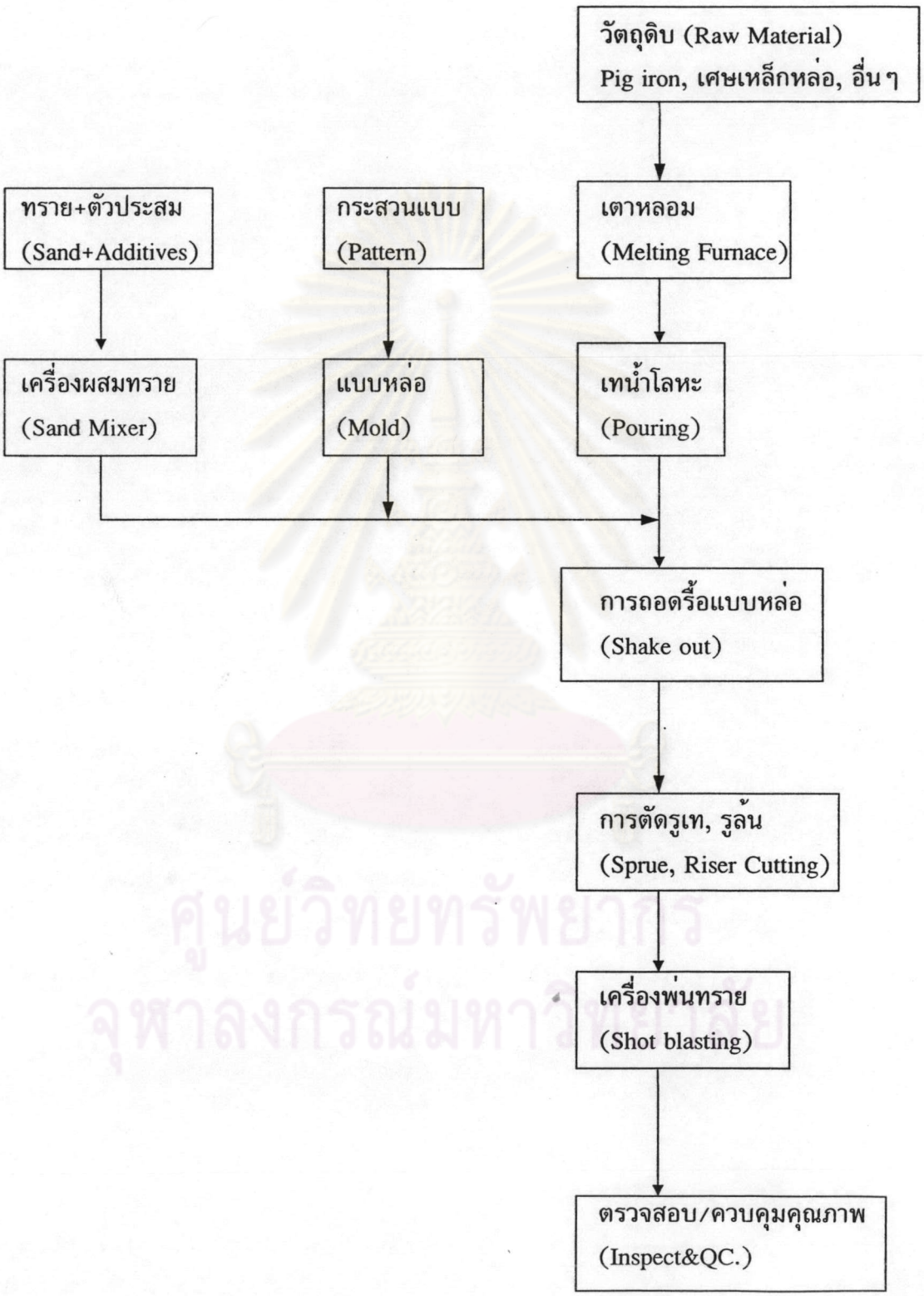
ประวัติความเป็นมาของกระบวนการหล่อโลหะมีทำกันมาตั้งแต่สมัยโบราณเป็นเวลานานแล้ว อาทิเช่น หัวขวาน หัวหอกต่าง ๆที่มนุษย์สมัยโบราณผลิตขึ้นมาใช้เป็นอาวุธในการล่าสัตว์และป้องกันตัว จวบจนปัจจุบันกระบวนการผลิตงานหล่อโลหะต่าง ๆที่มีในสมัยโบราณก็จะมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยในส่วนของหลักการผลิตที่สำคัญ ๆก็ยังเป็นไปในลักษณะเดิมอยู่นั่นเอง เพียงแต่ในสมัยก่อนไม่มีการพัฒนาทางด้านโลหะวิทยา (Metallurgy) ควบคู่ไปกับงานหล่อโลหะ และในปัจจุบันก็ได้มีผู้คิดค้นคว้าหาวิธีการใหม่ ๆที่ทันสมัยเข้ามาประยุกต์มากขึ้น จึงมีผลให้สามารถมีการผลิตได้ในครั้งละมาก ๆ (Mass Products) และความเรียบร้อยของผิวชิ้นงานก็เรียบมากขึ้น รวมทั้งสามารถปรับปรุงด้านคุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties) ของโลหะได้ดีขึ้น

เรื่อย ๆนอกจากนี้แบบหล่อ (Model) ก็ได้มีการพัฒนาให้สามารถทำจากโลหะ (Metals), พลาสติก (Thermoplastic หรือ Thermothing), เซรามิก (Ceramics), และสารทนความร้อนชนิดอื่น ๆได้อีก ซึ่งจะช่วยในการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตให้ทวีคูณมากยิ่งขึ้น

งานทางด้านหล่อและหลอมโลหะมีความสำคัญและมีบทบาทเกี่ยวข้องกับวิชาชีพวิศวกรรมหลายสาขาด้วยกันไม่ว่าจะเป็นทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมโลหะการ วิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม และวิศวกรรมเครื่องกล เพราะจำเป็นจะต้องมีการออกแบบงานหล่อและวิธีการในการหล่ออย่างถูกวิธีและเหมาะสม เพื่อนำการออกแบบชิ้นงานนั้นไปทำการหล่อและหลอมให้ได้เป็นชิ้นงานหล่อที่ปราศจากจุดบกพร่องและรอยตำหนิต่าง ๆบนชิ้นงาน พร้อม ๆไปกับจะต้องคำนึงถึงเรื่องต้นทุนการผลิตควบคู่ไปด้วยกัน

กระบวนการผลิตงานหล่อโลหะ คือกระบวนการผลิตชิ้นงานหล่อที่ได้จากการเทน้ำโลหะที่กำลังหลอมละลายลงไปในโพรงแบบหล่อ (Molds) ที่ได้ออกแบบและจัดทำแบบหล่อไว้เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นก็จะปล่อยให้น้ำโลหะภายในแบบหล่อเย็นตัวลงมาจนถึงอุณหภูมิปกติ เมื่อถอดหรือทำลายแบบหล่อออกก็จะได้รูปร่างของชิ้นงานหล่อที่มีลักษระเหมือนกับโพรงในแบบหล่อตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยขั้นตอนหลักต่าง ๆในกระบวนการผลิต จะเริ่มต้นจากการทำกระสวนแบบ (Pattern), การเตรียมทรายหล่อสำหรับทำแบบหล่อ, การจัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับใช้ในการทำแบบหล่อ, การทำแบบหล่อทราย (Molds), การจัดเตรียมวัตถุดิบและการหลอมละลายของโลหะภายในเตาหลอม (Melting), การทำความสะอาดชิ้นงานหล่อที่ได้ (Cleaning) และสุดท้ายคือการตรวจสอบชิ้นงานหล่อและการควบคุมคุณภาพในการหล่อ (Inspecting and Quality Control) ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภูมิกระบวนการผลิตงานหล่อโลหะได้ดังรูปที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แผนภูมิกระบวนการผลิตงานหล่อโลหะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. **เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อ**

หีบหล่อ (Flask) เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้บรรจุทรายทำแบบหล่อ เพื่อให้ทรายทรงตัวเป็นรูปร่างไว้ ขณะที่ทรายถูกกระทุ้งรอบ ๆกระสวนแบบ (Pattern) ดังนั้นหีบหล่อที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ

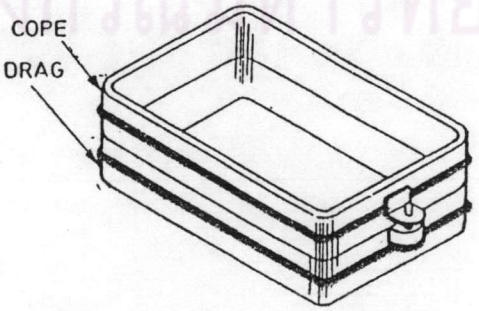
- มีความแข็งแรงทนทานต่อน้ำหนักที่ถูกกระทุ้งขณะทำแบบหล่อ
- จะต้องยึดเกาะทรายให้ทรงตัวได้ดี
- ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี รวมถึงแรงดันของน้ำโลหะร้อน ๆขณะเท

ชิ้นส่วนของหีบหล่อ เพื่อประกอบใช้เป็นแบบหล่อจะประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้คือ

- หีบหล่อบน (Cope)
- หีบหล่อล่าง (Drag)
- หีบหล่อกลาง (Cheek) จะใช้กรณีที่มีกระสวนแบบหลาย ๆชิ้น
- กรอบ (Frame) ของหีบหล่อบนและหีบหล่อล่าง
- สลักนำศูนย์ (Guide Pin) ของหีบหล่อบนและหีบหล่อล่าง โดยที่หีบหล่อล่างจะเป็นเดือย ส่วนหีบหล่อบนจะเป็นรูไว้ประกบกับเดือย
- ที่ยก (Handle) ของหีบหล่อบนและหีบหล่อล่าง

วัสดุที่นิยมใช้ทำหีบหล่อ ส่วนใหญ่จะมีดังนี้คือ

- ไม้ (Wood) สามารถทำหีบหล่อได้ง่าย ราคาถูกแต่อายุการใช้งานสั้น
- เหล็กหล่อ (Cast iron) มีทั้งแบบเล็กและใหญ่แล้วแต่ขนาดของกระสวนแบบ
- เหล็กกล้า (Steels) คือนำเหล็กแผ่น (เหล็กเหนียว) มาทำการวัดแล้วติดเชื่อมประกอบเป็นหีบหล่อ



รูปที่ 3.2 ลักษณะรูปร่างของหีบหล่อ (Flask)

เครื่องมือทำแบบหล่อ (Hand Tools) ที่จำเป็นต้องใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการทำแบบหล่อ จะประกอบด้วย

- ซองลม (Bellow) เป็นลักษณะหีบลมที่ใช้มือบีบ เพื่อใช้สำหรับเป่าทรายแยกแบบหรือผงGraphite ออกจากภายในโพรงของแบบหล่อ (Molds)

- แปรงขนอ่อน (Brush) ใช้สำหรับปัดสิ่งสกปรกออกจากกระสวนแบบ (Pattern) หรือใช้สำหรับปัดทรายออกจากหน้าสัมผัสระหว่างหีบหล่อบน (Cope) กับหีบหล่อล่าง (Drag)

- แปรงหางกระรอกหรือแปรงน้ำ (Swab Brush) จะใช้จุ่มน้ำแล้วทารอบ ๆกระสวนแบบ (Pattern) ก่อนที่จะถอดกระสวนแบบออกจากแบบหล่อทราย หรือบางทีก็ใช้ทาผงGraphite ในแบบหล่อ (Molds) ก็ได้

- ขอเหล็กตักทราย (Lifer or cleaner) ใช้สำหรับซ่อมแซมผิวหน้าหรือส่วนลึกตามซอกมุมของแบบหล่อทราย ทำจากโลหะจำพวกเหล็กโดยมีปลายข้างหนึ่งตรงบาง ส่วนอีกข้างหนึ่งหักงอไว้เป็นมุมฉาก

- อุปกรณ์กระทุ้งทราย (Hand Rammer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากโลหะที่มีปลายด้านหนึ่งแบนแหลม ส่วนอีกด้านกลมหรือเหลี่ยมก็ได้ ใช้สำหรับกระทุ้งทรายในแต่ละชั้นของหีบหล่อ

- ตะแกรงร่อนทราย (Hand Riddle) เป็นตะแกรงที่มีกรอบยึดเป็นรูปวงกลมซึ่งทำด้วยโลหะหรือไม้ ใช้สำหรับร่อนทรายทั้งชนิดแบบหยาบและละเอียด

- เกียง (Trowels) ใช้สำหรับตกแต่ง หรือปาดผิวหน้าแบบหล่อทราย จะมีขนาดเล็กกว่าเกียงของช่างปูน แต่มีน้ำหนักเบากว่า

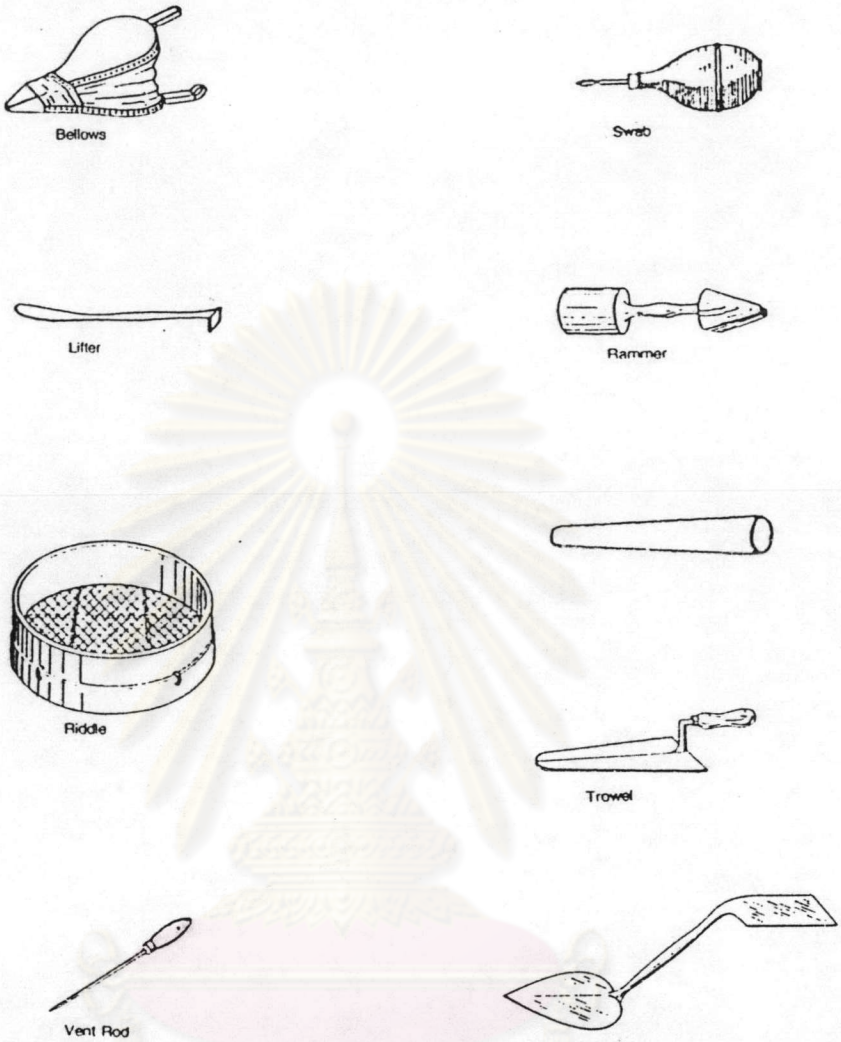
- เหล็กแทงรูไอ (Vent Wire) ใช้สำหรับแทงแบบหล่อทรายเพื่อเปิดทางให้แก๊สและอากาศไหลหรือระบายออกจากแบบได้ดี มักจะทำจากเหล็กเส้นเล็ก ๆ โดยทำด้ามจับให้ปลอดภัยและแข็งแรง

- กระสวนรูเท (Sprue Pin) เป็นอุปกรณ์ทำด้วยโลหะหรือไม้ โดยทำเป็น Taper แล้วว่างในหีบหล่อชิ้นบน (Cope) เมื่อใส่ทรายลงไปรอบ ๆ แล้วกระทุ้งเสร็จก็ให้ดึงออก เพื่อใช้เป็นช่องทางเข้าของน้ำโลหะที่วิ่งจากแอ่งรูเทด้านบนของหีบหล่อบน

- อุปกรณ์วัดระดับ (Spirit Level) ใช้สำหรับวัดระดับของผิวหน้าแบบหล่อทราย เพื่อให้ได้แบบหล่อที่มีระดับแน่นอน

- เหล็กเสริมและตะปู (Spring&Nail) ใช้สำหรับยึดทรายไม่ให้หลุดออกมาจากแบบหล่อทราย หรือใช้ยึดไส้แบบ (Core) ให้ทรายยึดติดแน่นแข็งแรง

- ช้อนใบไม้ (Heart and Square) ใช้สำหรับแต่งผิวแบบหล่อเมื่อทำการถอดกระสวนแบบ (Pattern) เสร็จเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.3 เครื่องมือทำแบบหล่อ (Hand Tools)

ทรายหล่อ (Moulding Sands) เป็นทรายที่นำมาทำตามกระบวนการขั้นตอนต่าง ๆจนได้เป็นแบบหล่อทราย (Molds) ออกมา เพื่อเตรียมสำหรับการเทน้ำโลหะลงในโพรงแบบต่อไป โดยทรายที่ใช้ทำแบบหล่อส่วนใหญ่จะประกอบด้วย

- ทราย (Sand) หรือซิลิกา (SiO_2)
- ตัวประสาน (Binder)
- น้ำ (Water)
- สารเติมพิเศษ (Additives)

คุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อ ที่ควรจะต้องพิจารณาดังนี้

- มีความทนทานต่อความร้อนได้สูง
- มีความต้านทานต่อการเผาไหม้ได้ดี
- มีความต้านทานต่อการเสียดสี
- ไม่ทำให้เกิดแก๊สกักขังในขณะที่เทน้ำโลหะลงแบบหล่อ
- สามารถทำให้เปียกชื้นได้ง่าย
- สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก
- มีการไหลตัวได้ดี
- ไม่เกิดปฏิกิริยาในขณะที่เทน้ำโลหะลงแบบหล่อ
- มีคุณสมบัติในการร่อนตัวได้ดี
- ไม่ติดกระสวนแบบง่าย

ทรายที่ใช้ทำแบบหล่อ สามารถแบ่งได้ตามชนิดของตัวประสาน ดังนี้คือ

ทรายหล่อธรรมชาติ (Nature Moulding Sands) เป็นทรายที่สามารถหาได้ตามธรรมชาติ ซึ่งมีส่วนประกอบคือ ทรายซิลิกา (Silica) ผสมกับดินเหนียว (Clay) โดยดินเหนียวจะทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Binder) ที่ทำให้เกิดการผสมผสานกันตามธรรมชาติได้เอง ทรายซิลิกาจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติมีสีขาวหาได้ง่ายตามแถบชายหาดภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย มีจุดหลอมตัวประมาณ 1710 องศาเซลเซียส

ข้อดีของทรายหล่อธรรมชาติ คือ

- ทำงานในระดับความชื้นปกติ คือ 4-8%
- ต้านทานต่อการขยายตัวได้ดี
- ไม่แยกตัวหรือเสียรูปได้ง่าย ในขณะทำการขนย้ายหีบหล่อ
- สามารถอัดตัวได้ดีในหีบหล่อ
- ไม่จำเป็นต้องควบคุมคุณภาพมากนัก ใช้งานได้สะดวก

ข้อเสียของทรายหล่อธรรมชาติ คือ

- ปริมาณความชื้น จะแปรตามสภาพของภูมิอากาศ

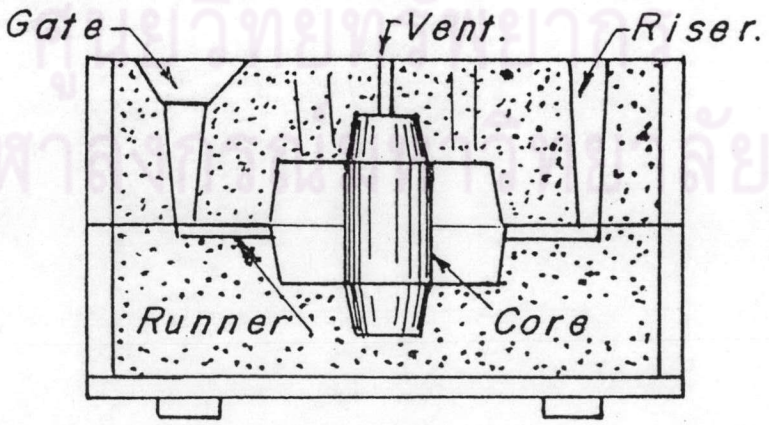
- มีสิ่งปะปนอยู่มาก เช่น รากไม้, ซากพืช, ซากสัตว์
- การควบคุมส่วนผสมทำได้ค่อนข้างยาก
- มีปริมาณของดินเหนียวมากจนเกินไป
- ในกรณีที่ตำหรือกระทุ้งแบบหล่อแน่นจนเกินไป จะเกิดปัญหาได้ง่ายขณะเทน้ำโลหะลงแบบหล่อ

ทรายหล่อสังเคราะห์ (Synthetic Moulding Sands) เป็นทรายที่ได้จากการรวมตัวของทรายที่มีรูปร่างเม็ดมุมแหลม (Angular) โดยจะมีส่วนผสมที่แตกต่างจากทรายธรรมชาติ โดยทรายหล่อสังเคราะห์จะประกอบด้วย

- ทรายซิลิกา (Silica)
- ตัวประสาน (Binder) เช่น เบนโทไนท์ (โซเดียมซิลิเกต)
- น้ำ (Water)
- สารเติมพิเศษ (Additives) เช่น ผงขี้เลื่อย

โดยทรายหล่อสังเคราะห์ ที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการทำแบบหล่อ และ โรงงานตัวอย่างนี้ก็นำมาด้วยใช้เช่นกัน คือ Green Moulding Sand ซึ่งใช้ Bentonite เป็นตัวประสานและใช้น้ำเป็นตัวทำปฏิกิริยา โดยการผสมกันด้วยโม่กวนเพื่อทำให้เข้ากันได้ดี, ง่ายและราคาถูกกว่า จึงเหมาะสำหรับผลิตงานหล่อขนาดเล็ก ๆ

Green Moulding Sand หมายถึง แบบหล่อทรายที่ทำด้วยทรายหล่อสังเคราะห์เสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถทำการเทน้ำโลหะลงไปในแบบหล่อได้ทันที ซึ่งเป็นวิธีการการหล่อที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน ขั้นตอนการทำแบบหล่อเพียงทำการตำหรือกระทุ้งทรายบนกระสวนแบบด้วยวิธีปกติและสามารถใช้ Cores ได้ด้วย ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แบบหล่อ Green Moulding Sand

I 17434634

ข้อดีของทรายหล่อสังเคราะห์ คือ

- มีการเกิดแก๊สได้น้อย ในขณะที่เทน้ำโลหะลงในแบบหล่อ
- อายุการใช้งานนานกว่าทรายธรรมชาติ
- ใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่าทรายธรรมชาติ
- ควบคุมส่วนผสมได้ง่ายกว่า
- สามารถที่จะตำหรือกระทุ้งแบบหล่อได้แน่นกว่าทรายธรรมชาติ

ข้อเสียของทรายหล่อสังเคราะห์ คือ

- จำเป็นต้องใช้น้ำสะอาดในการผสมทุกครั้ง
- เนื่องจากแห้งเร็ว ไม่สามารถทิ้งแบบไว้นาน ๆได้
- ต้องใช้โม่กวนในการผสม เพื่อให้ผสมกันได้เหมาะสม
- จำเป็นต้องมีความรู้และความชำนาญในขั้นตอนการผสม

2. กระสวนแบบ (Patterns)

กระสวนแบบ คือหุ่นจำลองหรือต้นแบบที่จะทำให้เกิดเป็นโพรง หรือช่องว่างอยู่ภายในแบบหล่อทราย (Mold) เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่หล่อออกมามีขนาดและรูปร่างที่ต้องการตามแบบชิ้นงาน ซึ่งกระสวนแบบสามารถทำจากวัสดุได้หลายชนิดเช่น ไม้, โลหะ, ปูนปลาสเตอร์, พลาสติก, โฟมและอื่น ๆ โดยกระสวนแบบที่ดีควรที่จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติดังนี้ คือ

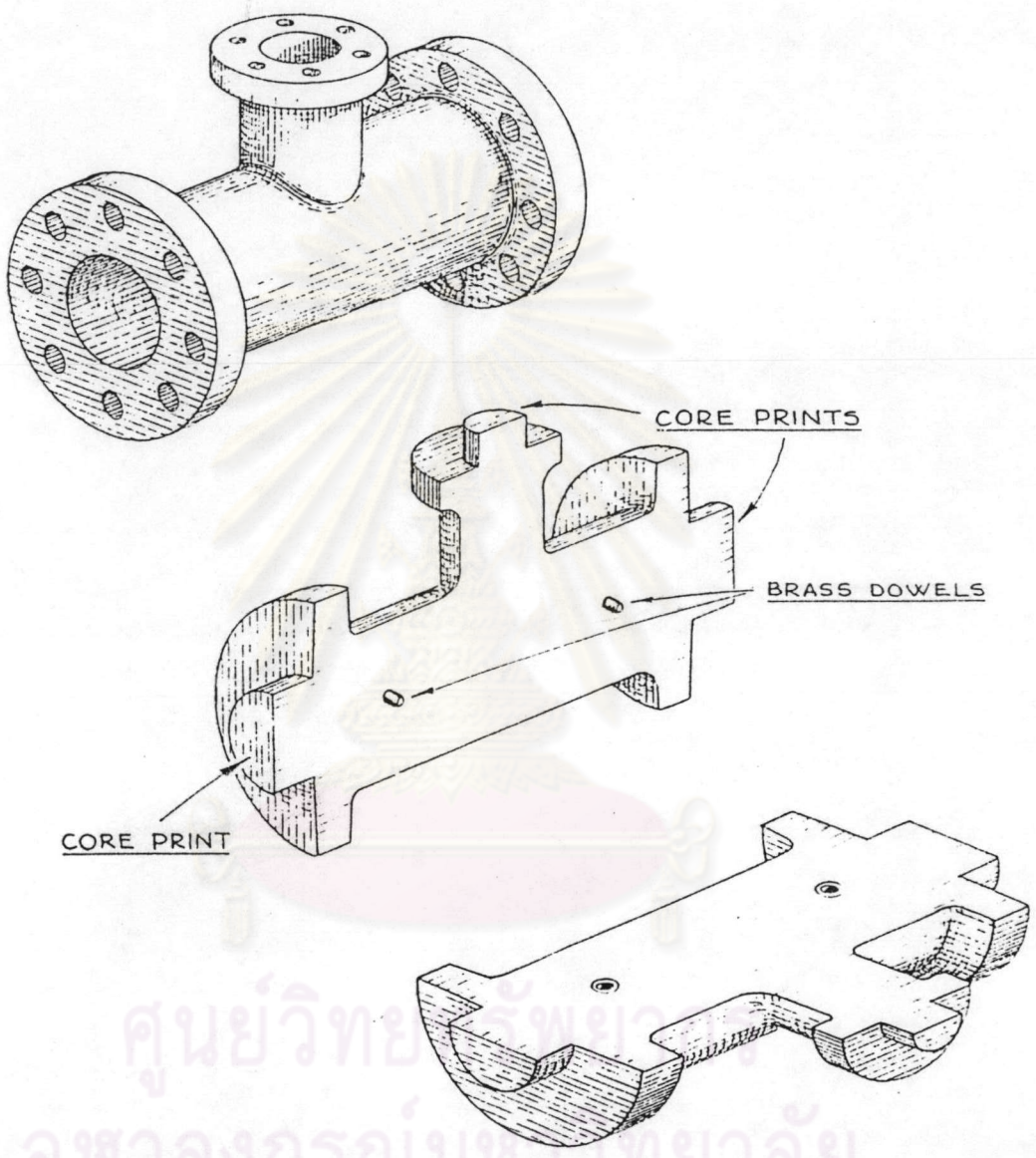
- มีผิวเรียบ
- มีขนาดเที่ยงตรงตามแบบที่มีการเผื่อขนาดไว้แล้ว
- มีความแข็งแรง
- มีความต้านทานต่อสารเคมีที่ผสมอยู่ในทรายหล่อ
- มีความต้านทานต่อการเสียดสีได้ดี
- ทรายหล่อต้องไม่ติดอยู่ตามผิวของกระสวนแบบได้ง่าย

ในการทำกระสวนแบบแต่ละรูปแบบของชิ้นงาน จำเป็นต้องทำการเผื่อขนาดไว้จากแบบที่เขียนไว้จริง (Design Drawing) ด้วยเหตุผลสำคัญทางด้านเทคนิค คือ

- การเผื่อหดตัว (Shrinkage) ของชิ้นงานหล่อ โดยจำเป็นต้องทำกระสวนแบบให้มีขนาดโตกว่าชิ้นงานจริงหรือแบบที่เขียนไว้จริง

- การเผื่อตกแต่ง (Maaachine Finish Allowance) จะเป็นการเผื่อขนาดของจำนวนเนื้องานของกระสวนแบบที่จะต้องทำการตกแต่งในขั้นตอนสุดท้าย ก่อนที่จะนำกระสวนแบบไปใช้งานจริงต่อไป

- การเผื่อความลาดเอียง (Draft Allowance) จะเป็นการเผื่อให้ผิวในแนวตั้งของกระสวนแบบให้เกิดมีความลาดเอียงขึ้นมา เพื่อความสะดวกในการถอดกระสวนแบบออกจากแบบหล่อทรายได้ง่ายและไม่ทำให้ผิวของแบบหล่อกระทบกระเทือน



รูปที่ 3.5 ลักษณะกระสวนแบบของชิ้นงาน

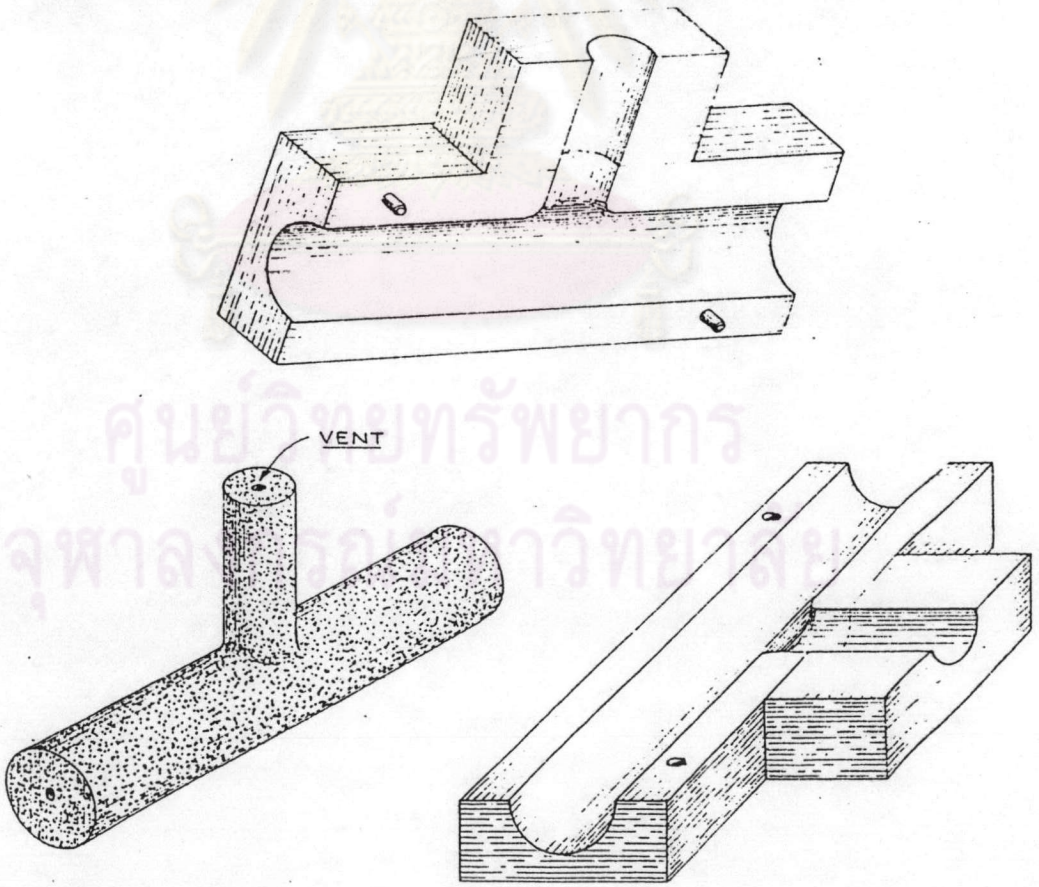
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ไส้แบบ (Cores)

ไส้แบบ คือ การทำทรายให้เป็นรูปร่างต่างๆ ที่สอดคล้องกับกระสวนแบบ เพื่อให้ชิ้นงานหล่อที่ได้ออกมาเป็นรู หรือเป็นช่องตามที่ต้องการ ด้วยการวางไส้แบบดังกล่าวไว้ในโพรงแบบหล่อ ก่อนที่จะมีการเทน้ำโลหะลงในแบบหล่อ โดยไส้แบบที่ดีควรที่จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติดังนี้ คือ

- มีผิวเรียบ
- มี Strength สูง ทั้งก่อนเข้าเตาอบ, ในระหว่างอบ และหลังออกจากเตาอบ
- สามารถทำลายได้ง่าย เมื่อหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว

การทำไส้แบบจะเริ่มต้นทำจากกล่องไส้แบบ (Core Box) ซึ่งเป็นกล่องที่ทำด้วยไม้หรือโลหะเพื่อเป็นแม่แบบหรือเป็นบล๊อค ภายในกล่องจะมีโพรงเป็นรูปร่างลักษณะต่างๆที่ต้องการให้เป็นไส้แบบ แล้วใส่ทรายที่ผ่านกรรมวิธีการผสมตามสัดส่วนลงไปในโพรง จากนั้นทำการตำหรือการกระทุ้งทรายให้เกาะยึดตัวกันให้เป็นรูปร่างตามโพรงที่มีอยู่ใน Core Box แล้วถอดไส้แบบ (Core) ที่ได้ออกจาก Core Box เพื่อนำไปเข้าเตาอบให้ความร้อนต่อไป



รูปที่ 3.6 ลักษณะไส้แบบและกล่องไส้แบบของชิ้นงาน

4. เตาหลอมโลหะ (Furnace)

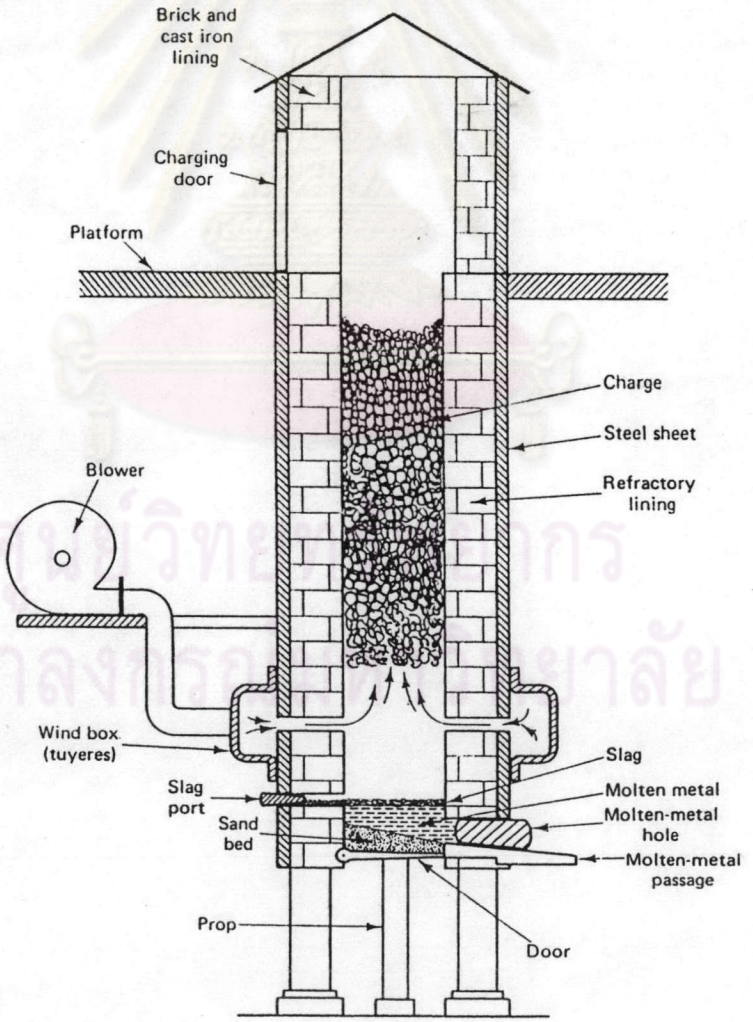
เตาหลอมโลหะ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อหลอมโลหะ ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับประเภทของงานและชนิดของโลหะที่ต้องการและหล่อหลอม ดังต่อไปนี้

- เตา Cupola (ใช้ผลิตเหล็กหล่อ, เหล็กเหนียว)
- เตา Open Health (ใช้ผลิตเหล็กกล้า)
- เตา Reverberatory (ใช้ผลิต White iron casting)
- เตา Convertex (ใช้ผลิตเหล็กกล้า)
- เตา Electric (ใช้ผลิตเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ)
- เตา Induction (ใช้ผลิตเหล็กกล้าชนิดพิเศษ, โลหะนอกกลุ่มเหล็ก)
- เตา Crucible (ใช้หลอมทองเหลือง หรือโลหะผสม เช่น Alloy)
- เตา Basic Oxygen (ใช้ผลิตเหล็กกล้า)

ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะเตา Cupola ซึ่งใช้เป็นเตาหลอมโลหะของโรงงานตัวอย่างแห่งนี้ และเป็นเตาหลอมที่นิยมใช้สำหรับผลิตเหล็กหล่อ เตา Cupola จะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกตั้ง โดยมีเปลือกรอบนอกของเตาเป็นเหล็กหนาประมาณ 3/8 นิ้ว ภายในเตาหลอมจะบุด้วยอิฐทนไฟ เตา Cupola จะมีขารองรับตัวเตาอยู่ 4 ขา มีบานประตูครึ่งวงกลม 2 บาน ซึ่งไว้ปิดที่ก้นเตาใช้สำหรับเปิดเพื่อให้ถ่านโค้ก และSlag ที่เหลือตกค้างอยู่หลังจากการหลอมละลายเสร็จแล้วปล่อยทิ้งออกมา จะมีลมจากเครื่องเป่าลม (Blower) เพื่อใช้เป่าลมไปช่วยทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์โดยผ่านเข้าไปทาง Wind box เมื่อโลหะถูกหลอมละลายกลายเป็นน้ำโลหะก็จะไหลผ่านลงมายังช่องปากเตาซึ่งยื่นออกมาอยู่ข้างหน้าเตา เพื่อรอถ่ายน้ำโลหะที่หลอมละลายลงสู่เบ้าพักต่อไป และที่ข้างเตาต่ำกว่าช่อง Wind box เล็กน้อยจะมีรูถ่ายเท Slag (ขี้ตะกรัน) เพื่อแยก Slag ที่ลอยอยู่เหนือน้ำโลหะให้ระบายออกมาให้หมด ส่วนด้านข้าง Wind box ตรงกับช่องลมจะมีรูเล็ก ๆ สำหรับใส่กระจกสี เพื่อใช้มองดูสภาพการเผาไหม้ของถ่านและการหลอมละลายของโลหะภายในเตา ในการป้อนวัตถุดิบต่าง ๆที่ต้องใช้ในการหลอมละลายจะเรียงวัตถุดิบสลับกันเป็นชั้น ๆอัดกันอยู่ในเตาหลอม เช่น โลหะที่จะหลอม (Pig iron),เศษเหล็กเหนียว, เศษเหล็กหล่อ, ถ่านโค้กและหินปูน โดยถ่านโค้กจะเป็นถ่านหินที่ได้มาจากการเผาไล่น้ำมัน ความชื้นและอื่น ๆออกไปหมด จะมีลักษณะเป็นก้อนและมีรูพรุนมากซึ่งจะช่วยทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็ว สำหรับหินปูนจะใช้ทำหน้าเป็นฟลั๊ก(Flux) ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาให้ไฟติดต่อเนื่อง เพื่อให้การหลอมละลายเหล็ก Pig iron สามารถละลายได้มากขึ้น และไม่ทำให้เหล็ก Pig iron กลายเป็นกากเหล็ก เนื่องจากหลอมละลายได้น้อย ทั้งนี้เพราะว่าเหล็ก Pig iron ส่วนใหญ่จะมีสิ่งสกปรกเจือปนที่หลอมละลายได้ยากอยู่ด้วย เช่น ดินและหิน วัตถุดิบต่าง ๆดังกล่าวที่ถูกป้อนเข้าเตา Cupola ก็จะถูกหลอมละลายอยู่ภายในเตา จนได้น้ำโลหะที่หลอมละลายออกมาเพื่อนำไปเทลงในแบบหล่อทรายแล้วปล่อยให้น้ำโลหะเย็นตัวลงอยู่ภายในแบบหล่อก็จะได้ผลผลิตออกมาคือ เหล็กหล่อ (Cast

Iron) สำหรับโรงงานตัวอย่างแห่งนี้ชิ้นงานเหล็กหล่อที่ผลิตได้จะเป็นเหล็กหล่อประเภทเหล็กหล่อสีเทา (Gray Cast Iron) ซึ่งจัดเป็นเหล็กหล่อประเภทหนึ่งจากทั้งหมดที่มีการจำแนกเหล็กหล่อไว้ 5 ประเภทด้วยกันคือ เหล็กหล่อสีเทา (Gray Cast Iron), เหล็กหล่อขาว (White Cast Iron), เหล็กหล่อมอตเติล (Mottled Cast Iron), เหล็กหล่อมาเลียเบิล (Malleable Cast Iron)และเหล็กหล่อนอดดูลาร์ (Nodular Cast Iron) เตา Cupola นี้จัดเป็นเตาประเภทหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีคือ

- มีอัตราการหลอมละลายสูง
- สามารถปรับปรุงส่วนผสมได้ง่าย และหลอมละลายเหล็กได้ติดต่อกันโดยไม่ต้องหยุดได้
- สร้างง่ายไม่ยุ่งยาก และราคาถูก
- มีค่าบำรุงรักษาเตา ราคาต่ำกว่าเตาหลอมประเภทอื่น ๆ



รูปที่ 3.7 ภาพตัดแสดงลักษณะภายในเตา Cupola

3.2 กระบวนการผลิตงานกลึง

โดยทั่วไปกระบวนการผลิตงานกลึง จะเป็นกระบวนการผลิตถัดมาจากกระบวนการผลิตงานหล่อโลหะ หลังจากที่ได้ชิ้นงานหล่อที่สมบูรณ์แล้วตามขั้นตอนของกระบวนการผลิตงานหล่อ จำเป็นจะต้องนำชิ้นงานหล่อมาผ่านกระบวนการผลิตงานกลึง เพื่อทำการกลึง, ไส, เจาะรู และปรับแต่งผิวงานให้มีรูปร่างลักษณะ, ขนาดมิติ และผิวของชิ้นงานมีความสมบูรณ์ตามแบบที่ต้องการ ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นงานหล่อที่ได้ออกมาครั้งแรกจะเป็นชิ้นงานที่มีขั้นตอนการเผื่อขนาดที่กระสวนแบบไว้บางส่วน หรือบางครั้งผิวของชิ้นงานหล่อไม่เรียบ มีรูโพรงรูพรุนที่ไม่ลึกมากก็สามารถปรับแต่งด้วยการไสหรือกลึงออกได้

กระบวนการผลิตงานกลึงนี้ จำเป็นที่จะต้องทราบพื้นฐานทางเทคนิคหลัก ๆในการปฏิบัติงานตามขั้นตอนต่าง ๆในกระบวนการ ดังนี้ คือ

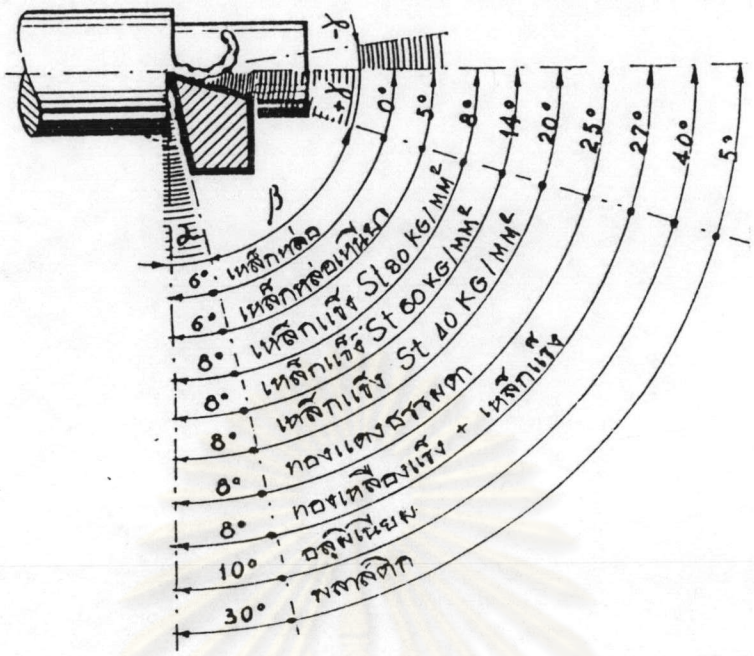
1. **การเตรียมงานก่อนการปฏิบัติงานกลึง** ผู้ปฏิบัติงานจะต้องอ่านและทำความเข้าใจกับแบบ (Drawing)ของชิ้นงานที่จะกลึง เช่น ศึกษาถึงลักษณะรูปร่างของชิ้นงานที่จะกลึง, พิจารณาถึงขนาดที่ต้องเผื่อสำหรับการเจียร์หรือกลึงไสออก, พิกัดความเผื่อสำหรับการสวมหรืออัดของชิ้นงานที่จะกลึงจากแบบให้ชัดเจน เป็นต้น

2. **การตรวจวัดชิ้นงานจริงก่อนเริ่มกลึง** เพื่อจะได้ทราบและพิจารณาถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการเผื่อเนื้อชิ้นงานไว้เป็นที่จับบางส่วนหรือจะจับชิ้นงานบริเวณใด การเผื่อขนาดความยาวของชิ้นงาน การเผื่อขนาดเมื่อต้องตัดชิ้นงานออกเป็นท่อนสั้น ๆ และอื่น ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการกลึงผิดพลาดจนไม่สามารถแก้ไขได้

3. **การเลือกวิธีจับชิ้นงาน** เพื่อให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่จะกลึง หรือตรงกับวัตถุประสงค์ก่อนการกลึง เช่น การใช้หัวจับ, การจับงานด้วยวิธียันศูนย์ เป็นต้น

4. **การเลือกใช้ชนิดของมีดที่จะกลึง** เพื่อให้การปฏิบัติงานกลึงได้ใช้มีดที่ตรงกับวัตถุประสงค์ในการกลึงชิ้นงานนั้น ๆ เช่น การใช้มีดกลึงเกลียว, มีดตัดชิ้นงาน, มีดปาดหน้า, มีดกินหยาบหรือกินละเอียด สำหรับกลึงชิ้นงานออก, มีดเซาะร่อง เป็นต้น โดยสามารถพิจารณาเลือกใช้จากรายการมีดชนิดต่าง ๆของบริษัทผู้ผลิตซึ่งมีมาตรฐานเหมือนกันหมด

5. **การลับมีดกลึง** มีดกลึงทุกชนิดจะสามารถใช้งานได้ดี จะต้องเป็นมีดกลึงที่มีรูปร่างลักษณะของมีดและมุมมีดแต่ละมุม เช่น มุมคาย, มุมลิ่มและมุมฟรี เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสมกับชิ้นงานที่จะกลึง โดยมุมลิ่มคือมุมของตัวมีดแต่ละชนิด ส่วนของคมมีดจะเกิดจากมุมคายเศษโลหะออกและมุมฟรีมาตัดกันเป็นคมมีด ดังรูปที่ 3.8



γ – มุมคาย
β – มุมลิ่ม
α – มุมฟรี

$$90^{\circ} = \alpha + \beta + \gamma$$

รูปที่ 3.8 มุมคาย มุมลิ่ม และมุมฟรีของมีดกลึง

6. **การจับมีดและการตั้งมีด** เพื่อป้องกันไม่ให้มีดกลึงหักขณะกลึงชิ้นงาน กลึงชิ้นงานลึกหรือตื้นเกินไปทำให้ชิ้นงานเสียหรือทำให้เครื่องกลึงสั่นขณะกลึง มีดกลึงจะสามารถกลึงชิ้นงานได้ดีหรือไม่ ไม่จำเป็นจะต้องขึ้นกับมุมมีด(มุมคาย, มุมลิ่ม,และมุมฟรี) ที่ถูกต้องเท่านั้นแต่ยังขึ้นอยู่กับมุมตั้งมีด คือมุมที่คมมีดทำกับผิวชิ้นงายกลึงด้วย

7. **ความเร็วตัดหรือกลึง และความเร็วป้อนหรือกินลึก** โดยความเร็วตัดหรือกลึงจะเป็นความเร็วของเศษชิ้นกลึงที่ไหลออกมา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความแข็งของชิ้นงานและลักษณะการกลึงว่ากินหยาบหรือกินละเอียด ถ้าความแข็งของชิ้นงานมากหรือเป็นการกลึงกินหยาบจะได้ความเร็วตัดหรือกลึงน้อย ส่วนความเร็วป้อนหรือกินลึกนั้นจะขึ้นอยูกับความแข็งของชิ้นงานและกินหยาบหรือกินละเอียด สามารถเลือกใช้ความเร็วป้อนให้สูงได้ถ้ากำลังของเครื่องกลึงมากพอ, ความแข็งของชิ้นงานน้อย และวัตถุใช้ทำมีดกลึงมีความแข็งมากพอ

8. **การปาดหน้าชิ้นงานกลึง** เป็นการทำให้หน้าของชิ้นงานเรียบและมีขนาดยาวตรงตามแบบที่ต้องการ นอกจากนี้ยังใช้เป็นหลักเริ่มต้นในการวัดเพื่อกลึงส่วนอื่น ๆ

9. **การเจาะรูยันศูนย์** เป็นการเจาะรูที่ชิ้นงานกลึงเพื่อให้ชิ้นงานสวมเข้ากับยันศูนย์ของเครื่องกลึง จะได้ประคองไม่ให้ชิ้นงานแกว่งหรือสั่นขณะทำการกลึง

10. **การกลึงปอก** เป็นการปอกชิ้นงานให้ได้เส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวตามแบบที่ต้องการ โดยทั่วไปการกลึงปอกจะมีวิธีทำงานเป็นขั้น ๆ คือ กินหยาบครั้งเดียวหรือหลายครั้งและกินละเอียดจนกว่าจะได้ตามแบบ

11. **การลบคมของชิ้นงาน** เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความเรียบร้อยสวยงาม และป้องกันความปลอดภัยจากความคมที่เกิดบนผิวชิ้นงาน รวมถึงเป็นการป้องกันผิวชิ้นงานในส่วนคมหรือมุมของชิ้นงานถูกการกระแทกให้เกิดความเสียหาย

12. **การเจาะรู** เป็นการทำให้ชิ้นงานเป็นรูกลวงโดยอาจจะทะลุหรือไม่ทะลุก็ได้ ด้วยการใช้สว่านขนาดต่าง ๆตามขนาดของรูที่ต้องการ

13. **การตัดชิ้นงานบนเครื่องกลึง** ในกรณีที่ใช้มีดตัดบนเครื่องกลึงเพื่อทำให้ชิ้นงานแบ่งออกเป็นท่อนตามที่ต้องการ จะต้องพิจารณาการจับยึดมีดกับแท่นกลึงให้แน่นและพอดีกับผิวชิ้นงาน หรือในบางครั้งอาจจำเป็นต้องมีการหล่อเย็นเข้ามาช่วยด้วย

14. **การกลึงเรียวหรือ Taper** เป็นการกลึงชิ้นงานให้เรียวอาจจะเป็นเรียวในหรือเรียวนอกด้วยการจับชิ้นงานกลึงด้วยวิธียันศูนย์หัวท้ายก่อนทำการกลึง

15. **การเซาะร่องและการกลึงเกลียว** การเซาะร่องจะเป็นการทำให้เกิดช่องว่างบนผิวชิ้นงาน เพื่อเตรียมการทำงานในขั้นต่อไปให้ทำงานง่ายขึ้น เช่น การกลึงเกลียว โดยการเตรียมขนาดของร่องจะต้องพิจารณาจากแบบ (Drawing) ประกอบกับรูปร่างของเกลียวที่จะกลึง

16. **การแต่งผิวชิ้นงานบนเครื่องกลึง** เป็นการแต่งผิวชิ้นงานให้มีความเรียบและละเอียดขึ้นหลังจากผ่านการกลึงด้วยมีดกลึงแล้ว ด้วยการใช้ตะไบสำหรับใช้เฉพาะบนเครื่องกลึง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ หรือการใช้อุปกรณ์ขัด กระดาษทราย แปรงขัดหรืออื่น ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย