



หน่วยที่ 5

งานอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์

สาระสำคัญ

การอบชุบโลหะถือว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือรองสุดท้ายของการผลิตชิ้นส่วนโลหะต่างๆ เป็นกระบวนการเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติและคุณภาพของชิ้นส่วนโลหะหรือแม่พิมพ์และเครื่องมือที่ทำด้วยโลหะให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเฉพาะแม่พิมพ์ปั๊มโลหะแผ่นที่ต้องใช้ ตัด และ เจาะ ชิ้นงานโลหะแผ่น ความแข็งของแม่พิมพ์ จะทำให้รักษาคมตัดของแม่พิมพ์ไว้ได้ดี คมตัดจะทื่อช้า ทำให้ไม่ต้องนำแม่พิมพ์มาเจียรบ่อยครั้งแต่คงคมบ่อย ๆ

หัวข้อเนื้อหาประจำหน่วย

- 5.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการอบชุบเหล็กกล้าด้วยความร้อน
- 5.2 ขั้นตอนการอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการการอบชุบโลหะด้วยความร้อนได้
2. ให้ความหมายของกรรมวิธีทางความร้อนได้
3. บอกข้อกำหนดในการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steels) ได้
4. บอกข้อผิดพลาดที่เกิดจากการอบชุบแข็งได้
5. บอกวิธีการแก้ไขข้อผิดพลาดจากการชุบแข็งได้
6. ปฏิบัติงานอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์ตามใบงานได้ถูกต้อง

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. ครูชี้แจงวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนเข้าใจก่อนเรียน
2. ครูบรรยายประกอบสื่อของจริงและสื่อ Power Point
3. นักเรียนร่วมอภิปรายเนื้อหาในชั้นเรียน
4. นักเรียนทำแบบทดสอบประจำหน่วยที่ 5

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาผลิตแม่พิมพ์ตัด
2. สื่อการสอนของจริง
3. สื่อ Power Point ประกอบการบรรยาย



การวัดผลและประเมินผล

1. ครูสังเกตการร่วมอภิปรายและตอบคำถามในชั้นเรียน
2. นักเรียนทำแบบทดสอบประจำหน่วยที่ 5
3. ครูประเมินผลจากแบบประเมินใบงาน

หน่วยที่ 5

งานอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์

5.1 หลักการของการอบชุบโลหะ (Heat treatment)

การอบชุบแข็ง ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลให้กับเหล็กกล้าที่สำคัญมาก กล่าวคือ เมื่อชุบแข็งเหล็กกล้าแล้วชิ้นงานเหล็กกล้านั้น ๆ จะมีความแข็งต้านทานต่อการสึกหรอจากการเสียดสีได้ดี ดังนั้น การชุบแข็งจะเหมาะสมสำหรับชิ้นงานที่ต้องการความทนทานต่อการสึกหรอ ชิ้นงานเหล่านี้ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานต่าง ๆ เช่น มีดกลึง มีดกัด ดอกสว่าน ตะไบ เป็นต้น สำหรับแม่พิมพ์ โดยเฉพาะแม่พิมพ์ปั๊มโลหะแผ่นที่ต้องใช้ ตัด และ เจาะ ชิ้นงานโลหะแผ่น ความแข็งของแม่พิมพ์ จะทำให้รักษาคมตัดของแม่พิมพ์ไว้ได้ดี คมตัดจะทื่อช้า ทำให้ไม่ต้องนำแม่พิมพ์มาเจียรนัยตกแต่งคมบ่อย ๆ การอบชุบแข็งเหล็กกล้าด้วยความร้อนจะประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การอบชิ้นงานไปที่อุณหภูมิที่กำหนด สำหรับการอบชุบแข็งเหล็กกล้า จะอบเหล็กไปที่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบชุบแข็งของเหล็กเกรดนั้น ๆ ชิ้นงานเหล็กกล้าจะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นโครงสร้างออสเทนไนท์

ขั้นตอนที่ 2 การอบแช่ไว้ในเวลาที่กำหนด เมื่ออบชิ้นงานไปที่อุณหภูมิชุบแข็งของเหล็กนั้น ๆ จนชิ้นงานเหล็กกล้าเปลี่ยนเป็นโครงสร้างออสเทนไนท์อย่างสมบูรณ์แล้ว เพื่อให้อะตอมของคาร์บอนและธาตุผสมอื่น ๆ มีเวลาในการแพร่กระจายเข้าไปในโครงสร้างของเหล็กได้อย่างสมบูรณ์ จะต้องอบแช่ชิ้นงานไว้ที่อุณหภูมิชุบแข็งนี้ระยะเวลาหนึ่ง คำถามว่าทำไมต้องมีเวลาอบแช่ สามารถอธิบายได้ว่า เนื่องจาก การอบชุบเหล็กกล้าด้วยความร้อนทุกประเภท รวมทั้งการอบชุบแข็ง จะเป็นการกระทำในขณะที่เหล็กยังมีสภาพเป็นของแข็งอยู่ ดังนั้น การแพร่กระจายตัวของอะตอมของคาร์บอน และอะตอมของธาตุผสมอื่น ๆ จึงแพร่ซึมเข้าไปในโครงสร้างของเหล็กได้อย่างช้า ๆ แต่ถ้าเกิดเหล็กนั้นอยู่ในสภาพหลอมเหลว ดังเช่น ในกระบวนการหล่อเหล็ก ธาตุผสมต่าง ๆ ในเหล็กแท่งจะแพร่กระจายได้หมดในทันทีที่เหล็กนั้นหลอมเหลว

ขั้นตอนที่ 3 การทำให้เหล็กเย็นตัวในอัตราความเร็วที่กำหนด การอบชุบแข็งจะบังคับให้ชิ้นงานเหล็กกล้า เย็นตัวอย่างรวดเร็วในสารชุบแข็ง ตามข้อกำหนดของเหล็กเกรดนั้น ๆ เช่น เหล็กกล้าคาร์บอน จะจุ่มชุบในน้ำ เหล็กกล้าผสมต่ำจะจุ่มชุบด้วยน้ำมัน ในขณะที่เหล็กกล้าผสมสูงจะชุบแข็งโดยใช้ลมเป่า เป็นต้น



5.1.2 สารที่ใช้ชุบแข็ง

การเลือกใช้สารชุบสำหรับชุบแข็งชิ้นงานต้องพิจารณาจาก ส่วนผสมของเหล็กหรือเกรดของเหล็ก ขนาดของชิ้นงาน สารชุบที่ใช้ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1. สารชุบน้ำ น้ำเป็นสารชุบที่ หาได้ง่าย มีราคาถูก และไม่ก่อให้เกิดมลพิษ สารชุบน้ำจะให้อัตราการเย็นตัวสูง ดังนั้น จึงใช้น้ำสำหรับชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน เช่น เหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S45C S50C และ S55C เป็นต้น เนื่องจากเหล็กกล้าคาร์บอนเป็นเหล็กที่มีความสามารถในการชุบแข็งต่ำ จึงต้องใช้สารชุบที่มีอัตราการเย็นตัวสูง ข้อเสียของสารชุบน้ำคือ ไม่สามารถใช้ในการชุบแข็งเหล็กกล้าผสมที่มีความสามารถในการชุบแข็งสูงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเหล็กกล้าผสมสูงที่ชุบแข็งโดยใช้ลมเป่า เนื่องจากอัตราการเย็นตัวที่สูงของน้ำ จะทำให้เกิดความเค้นภายในชิ้นงานเหล่านี้สูงมาก ดังนั้นอาจจะทำให้ชิ้นงานเกิดการคองหรือแตกร้าวขึ้นได้

2. น้ำผสมเกลือ สำหรับชิ้นงานจากเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีขนาดใหญ่ การชุบแข็งด้วยน้ำธรรมดา อาจจะมีอัตราการเย็นตัวที่เร็วไม่เพียงพอ เราสามารถเพิ่มอัตราการเย็นตัวของน้ำ ได้ด้วยการเติมเกลือแกงลงในน้ำประมาณ 10% โดยน้ำหนัก แต่ข้อเสียของการผสมเกลือลงในน้ำคือ ชิ้นงานจะเกิดสนิมได้ง่าย ดังนั้น ภายหลังจากจุ่มชุบแล้ว ควรล้างชิ้นงานด้วยน้ำอุ่นเพื่อป้องกันการเกิดสนิม

3. น้ำมันชุบแข็ง น้ำมันเป็นสารชุบที่มีอัตราการเย็นตัวที่ช้ากว่าน้ำ จึงลดการบิดงอและความเสี่ยงต่อการแตกร้าวของชิ้นงานให้น้อยลง น้ำมันชุบแข็งจะใช้สำหรับชุบแข็งเหล็กกล้าผสมต่ำ ซึ่งมีความสามารถในการชุบแข็งดีกว่าเหล็กกล้าคาร์บอน เหล็กเหล่านี้ จึงไม่จำเป็นต้องเย็นตัวอย่างรวดเร็วในน้ำขณะชุบแข็ง เหล็กที่ชุบแข็งด้วยน้ำมันชุบแข็ง เช่น เหล็กเกรด SCM 440 และ SUJ 2 น้ำมันชุบแข็งจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากน้ำมันปิโตรเลียม มีลักษณะคล้ายน้ำมันเครื่อง แต่น้ำมันชุบแข็งจะต้องมีอัตราการเย็นตัว และคุณสมบัติตามต้องการของการชุบแข็ง เช่น ต้องมีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงง่าย ลูกไหม้ยาก มีการระบายความร้อนที่รวดเร็วและสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามการใช้ น้ำมันชุบแข็งจะต้องใช้ให้ถูกต้อง ดังเช่น น้ำมันชุบแข็งต้องมีปริมาณเพียงพอไม่น้อยเกินไป ไม่มีน้ำปนเปื้อนในน้ำมันชุบแข็ง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดอาจจะทำให้น้ำมันเกิดการลุกไหม้และเป็นอันตรายได้

4. เกลือเคมีหลอมเหลว การชุบแข็งในอ่างเกลือเคมีหลอมเหลวจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการบิดงอและแตกร้าวของชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน มีความหนาบางแตกต่างกันมากได้ดี เกลือเคมีที่ใช้ในการชุบแข็งส่วนใหญ่จะใช้เกลือโซเดียมไนเตรดผสมกับโปแตสเซียมไนเตรด มีจุดหลอมเหลวที่ 145°C อุณหภูมิใช้งานระหว่าง $160-650^{\circ}\text{C}$ การชุบแข็งด้วยเกลือเคมีหลอมเหลวทำโดยการอบชิ้นงานจนเปลี่ยนเป็นโครงสร้างออสเทนไนต์ และอบแช่ไว้ตามกำหนดของเหล็กเกรดนั้น ๆ จากนั้นจะยกชิ้นงานลงจุ่มชุบในอ่างเกลือเคมีหลอมเหลว แล้วปล่อยให้เย็นผิวและแกนในชิ้นงานมีอุณหภูมิเท่ากับบ่อเกลือที่ได้ตั้งอุณหภูมิไว้ตามที่ต้องการ จากนั้นรับนำชิ้นงานขึ้นชุบในน้ำหรือน้ำมัน เพื่อให้ชิ้นงานเปลี่ยนจากโครงสร้างออสเทนไนต์เป็นมาร์เทนไซต์ หลังจากนั้นให้นำชิ้นงานไปอบคืนตัวต่อไป ข้อเสียของการชุบด้วยเกลือเคมี

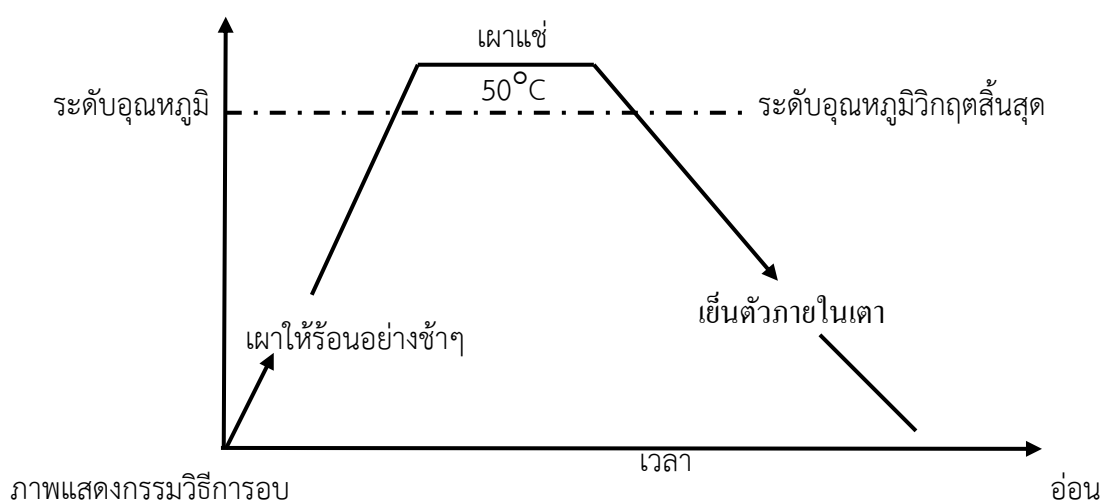


หลอมเหลวคือ ไม่สามารถชุบแข็งชิ้นงานที่มีความสามารถในการชุบแข็งต่ำได้ เนื่องจากมีอัตราการเย็นตัวที่ไม่สูงนัก และต้องล้างชิ้นงานอย่างดีเพื่อป้องกันสนิม

5. อากาศ เหล็กที่ชุบแข็งด้วยอากาศจะเป็นเหล็กกล้าผสมสูงในกลุ่มเหล็กเครื่องมือเช่น เหล็กเกรด SKD 11 SKD 61 สำหรับชิ้นงานขนาดเล็ก อาจจะนำชิ้นงานมาแขวนในอากาศนอกเตาได้ แต่สำหรับชิ้นงานขนาดใหญ่อาจต้องใช้พัดลมเป่า ข้อเสียของการชุบแข็งด้วยอากาศคือ ชิ้นงานจะเกิดผิวเสียที่เกิดจากการปฏิกิริยาระหว่างผิวชิ้นงานกับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง สำหรับเตาสู่ญญากาศจะใช้แก๊สไนโตรเจนเป่าชิ้นงานแทนอากาศทำให้ไม่เกิดผิวเสียกับชิ้นงาน อากาศ ลมเป่าหรือแก๊สไนโตรเจนเป็นสารชุบที่มีอัตราการเย็นตัวที่ไม่สูงนัก จึงลดความเสี่ยงต่อการบิดงอหรือแตกร้าวของชิ้นงานได้ดีที่สุด

5.1.3 ประเภทของกรรมวิธีทางความร้อน

1. การอบให้อ่อน (Annealing) เพื่อให้เหล็กกล้าที่มีคุณสมบัติง่ายต่อการตกแต่งด้วยเครื่องมือกล เช่น การไส การกลึง การเจาะและการตัดเป็นต้น กรรมวิธีอบให้อ่อนคือการเผาเหล็กกล้าให้ร้อนขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งถึงอุณหภูมิอบอ่อนของเหล็กกล้าชนิดนั้นๆ(สูงกว่าระดับอุณหภูมิวิกฤตสิ้นสุดประมาณ 50°ซ.) แล้วเผาแช่ที่ระดับอุณหภูมิดังกล่าวไว้ระยะหนึ่ง เพื่อให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงตลอดทั้งชิ้นงาน หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ ภายในเตาจนถึงระดับอุณหภูมิห้อง ดังภาพ



ที่มา : เอกสารฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ สถาบันไทย-เยอรมัน

รูปที่ 5.1 การอบชุบโลหะ (Heat treatment)

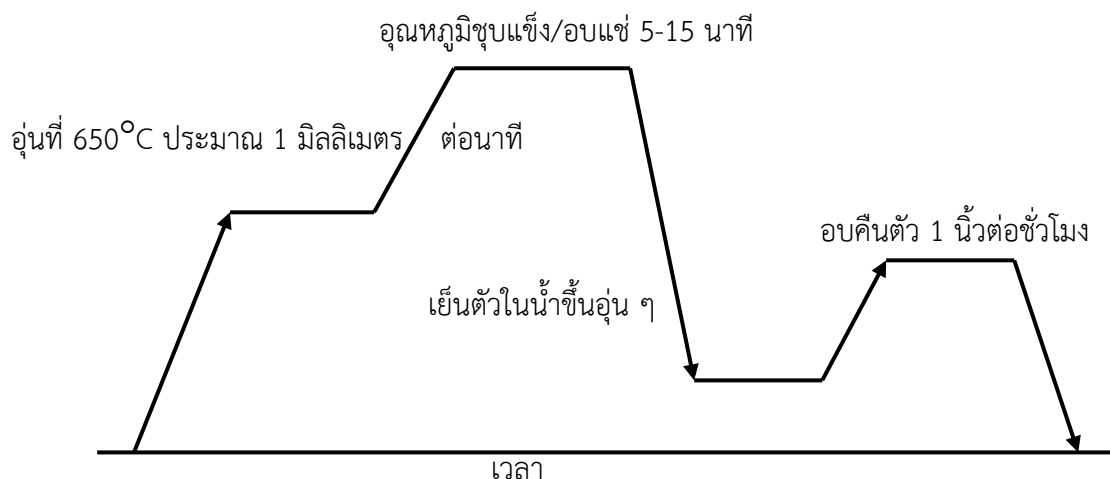
2.การอบคืนตัว (Tempering) การอบคืนตัวจะทำเพื่อ ลดความเค้นของชิ้นงานจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วในสารชุบ นอกจากนี้ เหล็กภายหลังจากการชุบแข็งแล้ว ชิ้นงานจะมีความแข็งสูง แต่สิ่งที่ควบคู่กับความแข็งคือ ความเปราะการอบคืนตัวจะทำให้ชิ้นงานมีความแข็งลดลง แต่ความเหนียวและ



ความแข็งแรงทนต่อแรงกระแทกจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงต้องนำชิ้นงานที่ชุบแข็งแล้ว มาอบคืนตัวก่อนนำไปใช้งานเสมอ การอบคืนตัว ทำโดยการอบชิ้นงานที่ชุบแข็งแล้ว โดยใช้อุณหภูมิไม่ให้สูงเกินกว่าอุณหภูมิที่เหล็กจะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นออสเทนไนท์ ซึ่งจะเป็นระดับอุณหภูมิที่เท่าใด ขึ้นอยู่กับเกรดของเหล็กนั้น ๆ แต่ส่วนใหญ่จะไม่เกิน 700°C และอุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรต่ำกว่า 150°C การกำหนดอุณหภูมิอบคืนตัวจะต้องพิจารณาความแข็งที่ต้องการมาประกอบกัน แล้วจึงกำหนดอุณหภูมิอบคืนตัว เมื่ออบชิ้นงานไปถึงอุณหภูมิที่กำหนดแล้ว จากนั้น จะอบแช่ไว้ที่ระดับอุณหภูมินี้ การคำนวณเวลาอบแช่ จะคำนวณจากความหนาของชิ้นงาน 1 นิ้ว ต่อ 1 ชั่วโมง แต่ไม่ควรน้อยกว่า 2 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น เหล็ก 1 นิ้ว ต้องอบ 2 ชั่วโมง เหล็ก 2 นิ้ว อบ 2 ชั่วโมง เหล็ก 3 นิ้ว อบ 3 ชั่วโมง เป็นต้น เมื่ออบที่อุณหภูมิ และเวลาที่กำหนดแล้ว จะนำชิ้นงานออกมาเย็นตัวในอากาศนอกเตา ชิ้นงานที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน หรือ เหล็กกล้าผสมต่ำสามารถอบคืนตัว 1 ครั้ง เหล็กกล้าผสมสูงต้องอบคืนตัว 2-3 ครั้ง

5.1.4 การชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steels)

1. ขั้นตอนการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน รวมถึงเหล็กกล้าผสมต่ำบางเกรดที่นิยมใช้ทำ ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ด้วย การชุบแข็งเหล็กกล้า จะทำเพื่อให้เหล็กกล้าทนต่อการเสียดสีขณะใช้งาน โดยการทำให้โครงสร้างของเหล็กกล้าเกิดการบิดเบี้ยว ภายหลังจากการชุบแข็งที่เรียกว่าโครงสร้างมาร์เทนไซต์ ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว เหล็กกล้าคาร์บอนที่จะชุบแข็งจะต้องมีคาร์บอนมากกว่า 0.30% ชิ้นงานที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนจะต้องชุบแข็งด้วยน้ำ แต่ถ้าชิ้นงานที่มีความหนาต่ำกว่า 6.35 มิลลิเมตร สามารถชุบแข็งด้วยน้ำมันได้ รูปที่ 3.9 เป็นแผนภูมิการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนที่ใช้กันทั่วไป



ที่มา : เอกสารฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ สถาบันไทย-เยอรมัน

รูปที่ 5.2 การอบชุบโลหะ (Heat treatment)



รูปที่ 5.2 เป็นแผนภูมิการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งมีอุณหภูมิชุบแข็งประมาณ $800-850^{\circ}\text{C}$ ทำการอุ่นชิ้นงานที่ 650°C ในชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน อาจจะมีการอุ่นที่ 400°C อีกครั้ง นอกจากนี้ต้องพิจารณาอัตราเร่งอุณหภูมิเตาด้วย เตาที่ได้รับความร้อนจากแก๊สหรือน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีอัตราเร่งที่สูง ดังนั้น อาจจะต้องอบแช่ไว้นานกว่านี้ เมื่อชิ้นงานถึงอุณหภูมิชุบแข็ง โดยทั้งผิวและแกนในมีอุณหภูมิเท่ากันแล้วให้อบแช่ไว้ 5-15 นาที ก็พอ เนื่องจากคาร์ไบด์ที่ได้จากเหล็กและคาร์บอนจะสลายตัวง่าย การชุบแข็งจะชุบแข็งด้วยน้ำ และรีบนำชิ้นงานขึ้นขณะที่ชิ้นงานยังอุ่น ๆ อยู่ ประมาณ $60-120^{\circ}\text{C}$

การชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนที่ทำกันในโรงงานชุบแข็ง จะใช้เตาอบที่มีอุณหภูมิใช้งานในช่วง $650-1200^{\circ}\text{C}$ เตาพวกนี้มักจะมีการควบคุมบรรยากาศห้องอบด้วย เพื่อไม่ให้เกิดผิวเสียกับชิ้นงาน ในที่นี้จะขอแนะนำการอบชุบชิ้นส่วนที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน และเหล็กกล้าผสมต่ำที่ใช้ทำส่วนประกอบของแม่พิมพ์ สำหรับผู้ประกอบการด้านแม่พิมพ์ ซึ่งอาจจะต้องมีการอบชุบชิ้นงานซ่อมสร้างบางชิ้น ซึ่งอาจจะไม่ใช่ชิ้นส่วนมาตรฐานที่มีขายกันทั่วไป หรืออาจจะเป็นชิ้นส่วนที่หายากและมีราคาแพงต้องสั่งทำหรือนำเข้าจากต่างประเทศ หลักการอบชุบจะนำมาจากการปฏิบัติงานจริงในโรงงานชุบแข็ง เพียงแต่เครื่องมือและอุปกรณ์จะมีขนาดเล็กและสามารถทำขึ้นเองได้ เมื่อเตรียมชิ้นงานแล้วนำชิ้นงานใส่เตาอบ เวลาอบแช่จะต้องมีเวลาเผื่อให้กับกล่องใส่งานด้วย โดยพิจารณาจากความหนาของกล่อง ถ้าเป็นเตาไฟฟ้าที่มีอัตราเร่งอุณหภูมิไม่เร็วนัก การคำนวณเวลาอบแช่อาจจะคำนวณจากความหนาของชิ้นงาน โดยคำนวณความหนาชิ้นงาน 1 มิลลิเมตร ต่อ 1 นาที เมื่ออบแช่จนชิ้นงานเปลี่ยนเป็นโครงสร้างออสเทนไนท์ โดยสมบูรณ์แล้วนำกล่องออกมาเปิดฝาใช้ตะขอเกี่ยวชิ้นงานลงจุ่มชุบน้ำ จากนั้นนำชิ้นงานขึ้นขณะที่ชิ้นงานยังอุ่น ๆ อยู่ เพื่อป้องกันชิ้นงานแตกร้าว สำหรับน้ำมีวิธีคำนวณเวลาการจุ่มชุบง่าย ๆ ได้จากความหนาของชิ้นงานดังนี้ ความหนาชิ้นงาน 3 มิลลิเมตร ต่อวินาที ตัวอย่างเช่น ถ้าชิ้นงานมีความหนา 24 มิลลิเมตร ให้จุ่มชุบในน้ำประมาณ 8 วินาที จากนั้น จึงนำชิ้นงานไปทดสอบความแข็งหลังชุบ เพื่อนำไปกำหนดอุณหภูมิอบคืนตัวให้ได้ความแข็งของชิ้นงาน ตามความต้องการของการใช้งานของชิ้นงานนั้น ๆ

ข้อมูลการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำที่มักใช้ทำชิ้นส่วนแม่พิมพ์ ข้อมูลต่อไปนี้เป็นข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทาง เพื่อการตัดสินใจเลือกใช้อุณหภูมิในการชุบแข็งและอบคืนตัวชิ้นงาน ซึ่งจะแสดงในรูปของตาราง ค่าที่ได้จากตารางอาจมีความคลาดเคลื่อนกับการทำงานจริงเนื่องจากชิ้นงานจริงอาจจะมีคาร์บอนที่แตกต่างกันเช่น ในเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S50C จะมีคาร์บอนในช่วง 0.48-0.55% ในขณะที่ชิ้นงานตัวอย่างที่แสดงในตารางจะใช้ตัวอย่างชิ้นงานที่มีคาร์บอน 0.50% ดังนั้น การทำงานจริงผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้ค่าในตารางเป็นแนวทางในการกำหนดอุณหภูมิสำหรับอบคืนตัวเท่านั้น

ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปการชุบแข็ง และ การอบคืนตัวเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำ

เกรด	อุ่นที่ ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิชุบ แข็ง ($^{\circ}\text{C}$)	สารชุบ	อุณหภูมิอบคืนตัว ($^{\circ}\text{C}$)							
				205	260	315	370	425	480	540	595



				ความแข็งหลังอบคืนตัว HRC (ค่าโดยประมาณ)							
S30C	600-650	845-870	น้ำ	50	45	43	39	31	28	25	22
S40C	600-650	830-855	น้ำ	51	48	46	42	37	30	27	22
S50C	600-650	800-845	น้ำ	52	50	46	44	40	37	31	29
S60C	600-650	800-845	น้ำ	56	55	50	42	38	37	35	33
SCM440	600-650	845-870	น้ำมัน	57	53	50	47	45	41	36	33

5.1.5 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการอบชุบแข็ง

5.1.5.1 การแตกร้าวของชิ้นงาน

1. การใช้สารชุบไม่ถูกต้อง เช่น การนำเหล็กที่ชุบแข็งด้วยลม ไปจุ่มชุบในน้ำมันหรือน้ำ หรือการนำเหล็กที่ชุบแข็งด้วยน้ำมัน ไปจุ่มชุบในน้ำจะทำให้ชิ้นงานแตกได้ งานบางชิ้นอาจจะไม่แสดงการแตกร้าวให้เห็น แต่จะเกิดการแตกร้าวภายในเนื้อ ทำให้ชิ้นงานไม่สามารถรับแรงกระแทกได้ และทำให้อายุการใช้งานสั้น นอกจากนี้สิ่งที่ควรระวังในการใช้น้ำมันเป็นสารชุบแข็งคือ การปนเปื้อนของน้ำกับน้ำมันชุบแข็ง ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานแตกร้าวในเวลาจุ่มชุบได้ ดังนั้น จึงต้องใช้สารชุบตามข้อกำหนดของเหล็กแต่ละเกรด ซึ่งสามารถหาข้อมูลและคำแนะนำได้จากผู้จำหน่ายเหล็ก

2. การปล่อยชิ้นงานให้เย็นตัวในสารชุบจนอุณหภูมิต่ำเกินไป ชิ้นงานชุบแข็งที่ปล่อยชิ้นงานเย็นตัวในถังชุบจนถึงอุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้ชิ้นงานเสี่ยงต่อการแตกหักสูง ในทางปฏิบัติจะต้องนำชิ้นงานขึ้นจากสารชุบในขณะที่ชิ้นงานยังอุ่น ๆ อยู่ โดยปกติถังชุบน้ำมันจะมี Heater อุณหภูมิ น้ำมันอุณหภูมิน้ำมันจะตั้งไว้ประมาณ 60-150°C เมื่อนำชิ้นงานลงจุ่มชุบจนอุณหภูมิชิ้นงานลดลงจนถึงอุณหภูมิน้ำมันที่ 60-150°C แล้ว จะนำชิ้นงานไปอบคืนตัว แต่ในทางปฏิบัติ ในที่ที่ไม่มีอุปกรณ์สำหรับอุ่นน้ำมัน ทำให้ไม่สามารถทราบอุณหภูมิที่แน่นอนได้ อาจจะปฏิบัติได้ ดังต่อไปนี้

- สำหรับชิ้นงานที่ชุบแข็งด้วยน้ำให้สังเกตจากการเดือดของน้ำ เมื่อนำเอาชิ้นงานที่ร้อนแดงลงจุ่มชุบในน้ำ น้ำจะเดือดในตอนแรก จากนั้นอาการเดือดจะลดความรุนแรงลง จนการไหลเวียนของน้ำจะเริ่มเป็นไปอย่างช้าๆ ให้รีบยกชิ้นงานขึ้น ลักษณะของน้ำที่เกาะที่ชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นไอน้ำกรุ่นๆ แล้วค่อยๆ แห้งหายไปจากชิ้นงาน ลักษณะดังกล่าวจะเป็นอุณหภูมิที่พอเหมาะในการนำชิ้นงานขึ้น หรืออาจใช้การ



คำนวณโดยคิดจากความหนาชิ้นงาน 3 มม. ต่อ วินาที เช่น เหลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร ใช้เวลาจุ่มชุบในน้ำประมาณ 8 วินาที เป็นต้น

- สำหรับชิ้นงานที่ชุบน้ำมันต้องระมัดระวังเป็นอย่างมากถ้าทำการยกชิ้นงานขึ้นจากน้ำมันขณะที่ยังร้อนเกินไปอาจเกิดไฟลุกไหม้ได้ในทางปฏิบัติเมื่อนำชิ้นงานลงจุ่มชุบในน้ำมัน น้ำมันจะเดือดระยะเวลาของการเดือดจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและขนาดของชิ้นงาน เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง การเดือดจะลดความรุนแรงลง รอจนน้ำมันไหลวนอย่างช้าๆ จึงยกชิ้นงานขึ้นสังเกตลักษณะของน้ำมันที่เกาะชิ้นงานจะเป็นไอน้ำมันบาง ๆ จากนั้น จึงรีบนำชิ้นงานไปอบคืนตัวต่อไป

3. การแตกที่เกิดจากชิ้นงานมีความแข็งที่ไม่ถูกต้อง การแตกของชิ้นงานในกรณีที่ชิ้นงานมีความแข็งมากเกินไป จะสังเกตได้จากรอยแตกของชิ้นงานที่มีลักษณะการแตกโดยไม่มีรอยยึดตัวออกก่อนแตกสามารถแก้ไขได้โดยการลดความแข็งของชิ้นงานลง โดยเพิ่มอุณหภูมิการอบคืนตัวให้สูงขึ้น ถ้าลักษณะการแตกมีการยึดตัวออกก่อนแตกหรือขาด แสดงว่าความแข็งของชิ้นงานไม่เพียงพอนอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน งานบางชนิดต้องการทั้งความแข็งและความเหนียว เช่น เฟือง เหลา สลัก ชิ้นงานเหล่านี้ต้องการความแข็งที่ผิวเพื่อทนการเสียดสีและความเหนียวของแกนเพื่อรับแรงในการส่งกำลัง ดังนั้น ชิ้นงานประเภทนี้จึงมักจะนำไปชุบผิวแข็ง เช่น การเสริมคาร์บอนที่ผิว การทำอินตักชั้น หรือใช้การชุบผิวแข็งด้วยเปลวไฟ เป็นต้น ถ้าทำการชุบแข็งชิ้นงานให้มีความแข็งลึกมากเกินไป หรือชิ้นงานแข็งทั้งตัวจะทำให้ชิ้นงานแตกได้ขณะใช้งาน ส่วนชิ้นงานที่ต้องทนต่อการเสียดสีสูงแต่ไม่ได้รับแรงกระแทกสูงนัก เช่น พิมพ์ตัด พิมพ์เจาะรูเหล็กบาง ๆ คัตเตอร์ มักจะชุบแข็งทั้งชิ้น และใช้ความแข็งสูงเพื่อให้ชิ้นงานรักษาคมตัดไว้ได้นาน หรือคมไม่ที่เร็วเกินไปนั่นเอง

4. ไม่นำชิ้นงานไปอบคืนตัวก่อนใช้งานชิ้นงานที่ทำการชุบแข็งแล้วแต่ไม่ได้นำไปอบคืนตัว นอกจากจะมีความเค้นที่เกิดจากการเปลี่ยนโครงสร้างอยู่ภายในแล้ว ยังอาจจะมีโครงสร้างของออสเตนไนท์ที่ตกค้างอยู่ภายใน (Retained Austenite) ปกติโครงสร้างออสเตนไนท์จะไม่คงรูปในอุณหภูมิห้อง ดังนั้น โครงสร้างออสเตนไนท์ที่ตกค้างจะพยายามเปลี่ยนไปเป็นโครงสร้างมาร์เทนไซด์ ความพยายามในการเปลี่ยนโครงสร้างเป็นโครงสร้างมาร์เทนไซด์นี้ จะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา และด้วยเหตุที่โครงสร้างออสเตนไนท์ เมื่อเปลี่ยนเป็นโครงสร้างมาร์เทนไซด์ จะทำให้ชิ้นงานมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ทำให้ชิ้นงานเปลี่ยนขนาด ชิ้นงานโดยเฉพาะที่ใช้งานในลักษณะสวมกันจะเกิดการบีบรัด และเกิดการแตกร้าวได้ เมื่อนำไปใช้งานระยะเวลาหนึ่ง ดังนั้น ชิ้นงานโดยเฉพาะแม่พิมพ์ต้องทำการอบ คืนตัวเสมอ ในแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กกล้าผสมสูงอาจจะต้องอบคืนตัว 2-3 ครั้ง

5. การแตกของชิ้นงานเนื่องจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น การไม่นำชิ้นงานเข้าทำการอบคืนตัวทันทีหลังการชุบแข็ง การวางชิ้นงานชุบแข็งที่ยังร้อนลงบนพื้นที่มีความชื้น เช่น พื้นปูน เนื่องจากความชื้นของพื้นปูนทำให้ผิวชิ้นงานที่สัมผัสกับพื้นปูนเกิดความเย็น จะทำให้ชิ้นงานเกิดความเค้น นอกจากนี้ การกระทบกันของชิ้นงานที่ชุบแข็งแล้วขณะเคลื่อนย้าย ก็อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้นได้



5.1.5.2 ชิ้นงานเกิดการคดงอ

การอบชุบด้วยความร้อนจะทำให้ชิ้นงานเปลี่ยนขนาดและรูปร่างเสมอ การเสียรูปของชิ้นงานชุบแข็ง เกิดจากความเค้นภายในชิ้นงานที่เกิดจากการใช้ความร้อนอบชิ้นงานที่อุณหภูมิสูง และบังคับให้ชิ้นงานเย็นตัวอย่างรวดเร็วขณะทำการชุบแข็ง ถ้าทำการอบชุบชิ้นงานไปที่อุณหภูมิสูงอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ จากนั้นปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวลงมาอย่างช้า ๆ ชิ้นงานจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งผิวด้านนอก และแกนในที่สม่ำเสมอ ดังนั้น ที่ผิวและแกนในของชิ้นงานจะมีอุณหภูมิที่ต่างกันน้อยมาก ความเค้นภายในชิ้นงานจากการหด และขยายตัวขณะทำให้ร้อนขึ้นหรือเย็นตัวลง จึงไม่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน แต่ถ้าอบชิ้นงานด้วยอัตราที่สูง จากนั้นบังคับให้ชิ้นงานเย็นตัวอย่างรวดเร็ว เพื่อทำการชุบแข็ง จะเกิดความเค้นภายในชิ้นงาน เนื่องจากเกิดความแตกต่างกันของการหดและขยายตัวของผิวและแกนในชิ้นงาน ความคดงอหรือเสียรูปร่างของชิ้นงานจะเกิดขึ้นสัมพันธ์กับความร้อนที่ให้ต่อความเค้นที่เกิดขึ้น การเสียรูปร่างของชิ้นงานขณะอบชุบด้วยความร้อนเกิดจากสาเหตุที่สำคัญ ดังนี้

1. ชิ้นงานมีความเค้นตกค้างอยู่ก่อนการอบชุบด้วยความร้อน
2. เกิดความเค้นภายในชิ้นงานขณะทำการอบชุบด้วยความร้อน

การเสียรูปของชิ้นงานขณะทำการอบชุบแข็ง และอบคืนตัวเป็นปัญหาที่ยากในการแก้ไขมากที่สุดการเสียรูปร่างของชิ้นงานจะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ 1. เสียขนาด คือ ชิ้นงานอาจโตขึ้นหรือเล็กลง 2. เสียรูปร่าง เช่น ชิ้นงานโก่ง คด บิด งอ เป็นต้น

การที่ชิ้นงานเกิดการคดงอภายหลังการชุบแข็งมักเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. วางชิ้นงานภายในเตาอบไม่ถูกต้อง เช่น วางที่รองรับชิ้นงานบนพื้นเตาไม่ถูกต้องและเพียงพอ การวางชิ้นงานเกยกัน เป็นต้น การวางชิ้นงานไม่ถูกต้องทำให้ขณะอบชิ้นงานไปที่อุณหภูมิสูงจนชิ้นงานร้อนแดง ชิ้นงานจะอ่อนและทรุดตัวลงมาได้ ดังนั้น ต้องวางที่รองรับชิ้นงานให้เพียงพอและให้ถูกตำแหน่ง เช่น ชิ้นงานที่ยาวยิ่งต้องวางที่รองรับมาก เป็นต้น
2. ลักษณะการจุ่มชุบไม่ถูกต้อง การจุ่มชุบชิ้นงานต้องคำนึงถึงรูปร่างและลักษณะของชิ้นงาน เช่น ชิ้นงานที่มีลักษณะยาว ต้องนำลงจุ่มชุบในแนวตั้ง ชิ้นงานที่มีลักษณะกลมยาว เช่น เพลา อาจให้ชิ้นงานหมุนลงในสารชุบลักษณะคล้ายการกลิ้งที่ตอนซุงลงน้ำ ชิ้นงานที่มีรูปร่างไม่สมมาตร ต้องนำส่วนที่หนาของชิ้นงานลงจุ่มชุบก่อน เป็นต้น การจุ่มชุบที่ดีจะต้องทำให้การระบายความร้อนของชิ้นงานเป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั้งผิวและแกนในมากที่สุด





ที่มา : เอกสารฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ สถาบันไทย-เยอรมัน

รูปที่ 5.3 การอบชุบโลหะ (Heat treatment)

3. ออกแบบชิ้นงานไม่เหมาะสม เช่น ชิ้นงานมีความหนาบางแตกต่างกันมาก หรือชิ้นงานที่เป็นครีป สิ่งเหล่านี้ จะทำให้ความแตกต่างกันของการรับความร้อนขณะอบขึ้นไปที่อุณหภูมิสูง หรือการระบายความร้อนขณะจุ่มชุบจะไม่สม่ำเสมอ การหดหรือขยายตัวขณะทำการอบชุบหรือ บังคับให้เย็นตัวก็จะไม่สม่ำเสมอเช่นกัน ทำให้เกิดการคองกับชิ้นงานได้ วิธีการแก้ไขอาจออกแบบชิ้นงาน ออกเป็นชิ้น ๆ ระหว่างส่วนที่หนากับส่วนที่บาง แล้วมาสวมต่อกันภายหลัง หรือชุบแข็งเฉพาะส่วนที่ใช้งาน เท่านั้น โดยการใช้เปลวไฟเฉพาะที่ หรือเปลี่ยนเป็นเหล็กชุบลมแทน

4. ไม่มีการอบคลายความเค้นของชิ้นงานก่อนการชุบแข็ง ชิ้นงานโดยเฉพาะ แม่พิมพ์ที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล เช่น การกลึง ไส กัด เจาะ เกรนชิ้นงานตรงบริเวณผิวที่ถูก กระทำจะมีความเค้นคงเหลืออยู่ภายใน และอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการบิดงอได้ในระหว่างชุบแข็ง ดังนั้น ชิ้นงานแม่พิมพ์ก่อนการชุบแข็งควรทำการอบคลายความเค้นตกค้าง เพื่อช่วยลดการบิดงอของชิ้นงานจาก การชุบแข็งให้น้อยลง การอบคลายความเค้นตกค้าง ทำได้โดยการอบชิ้นงานที่อุณหภูมิระหว่าง 550-650°C และอบแช่ไว้ในเวลาที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากรูปร่างและขนาดของชิ้นงาน แล้วปล่อยให้เย็นตัวช้า ๆ ในอากาศนอกเตา หรือในกรณีที่ไม่ต้องการให้เกิดความเค้นซ้ำจากการเย็นตัวขึ้นอีก อาจจะไม่ปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวภายในเตาจนอุณหภูมิลดลงถึง 400°C แล้วจึงปล่อยให้เย็นตัวในอากาศนอกเตา

5. อุณหภูมิเตาอบขึ้นเร็วเกินไป การอบไม่ควรเร่งอุณหภูมิให้สูงขึ้นเร็วเกินไป เนื่องจากชิ้นงานจะได้รับความร้อนในอัตราที่แตกต่างกัน ผิวของชิ้นงานย่อมได้รับความร้อนก่อนและ อุณหภูมิจะสูงกว่าในชั้นถัด ๆ ไป ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีการอุ่นชิ้นงานไปที่อุณหภูมิก่อนการเปลี่ยนแปลงไป เป็นโครงสร้างออสเทนไนท์ การอุ่นชิ้นงานนอกจากจะช่วยลดการคองที่เกิดจากความเค้นจากการ เปลี่ยนแปลงที่ไม่เท่ากันระหว่างผิวและแกนในชิ้นงานแล้ว การอุ่นชิ้นงานยังช่วยลดความเค้นตกค้างจาก การขึ้นรูปชิ้นงานลงด้วย การพิจารณาว่าจะอุ่นชิ้นงานที่อุณหภูมิใดขึ้นอยู่กับรูปร่าง และเกรดเหล็กของ ชิ้นงานนั้น ๆ โดยทั่วไปชิ้นงานที่ชุบแข็งที่อุณหภูมิในช่วง 800-850°C จะอุ่นที่ 650°C สำหรับชิ้นงานที่ ชุบแข็งที่อุณหภูมิในช่วง 980-1040°C จะอุ่นที่ 650°C 1 ช่วง และ 850°C อีก 1 ช่วง หรือตามข้อกำหนดของเหล็กในแต่ละเกรด

6. สารชุบแข็งไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน สารชุบต้องมียุทธการเย็นตัวที่เหมาะสม กับเกรดเหล็ก และรูปร่างของชิ้นงานนั้น ๆ เช่น เหล็กกล้าคาร์บอนจะชุบแข็งด้วยน้ำ แต่ถ้าชิ้นงานมีขนาดเล็ก หรือ มีความหนาไม่เกิน 6.35 มม. อาจใช้น้ำมันในการชุบแข็ง จะทำให้ชิ้นงานลดการคองลงได้

7. ชิ้นงานได้รับความร้อนไม่ทั่วถึงและไม่สม่ำเสมอทั้งนี้ต้องระมัดระวังที่จะไม่ให้



ชิ้นงานได้รับความร้อนมากหรือน้อยไปเป็นจุด ๆ โดยสังเกตได้จากสีของชิ้นงานขณะนำลงจุ่มชุบแข็ง ถ้ามีสีไม่สม่ำเสมอก็มีจุดที่บเป็นหย่อม ๆ แสดงว่าชิ้นงานได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดจากชิ้นงานใหญ่เกินไป หรือคำนวณเวลาอบแข็งไม่ถูกต้อง ในทางปฏิบัติ สังเกตง่าย ๆ ขณะเปิดฝาเตาเพื่อนำชิ้นงานไปจุ่มชุบ สีห้องอบของเตากับสีของชิ้นงานต้องเป็นสีเดียวกัน

5.1.5.3 เกิดผิวเสีย

ผิวเสียที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานเกิดจากการอบหรือเผาชิ้นงานขึ้นไปอุณหภูมิสูง โดยไม่มีการควบคุมบรรยากาศห้องอบของเตา ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างผิวชิ้นงานกับออกซิเจนในบรรยากาศห้องอบ ทำให้เกิดผลเสีย 2 ประการ คือ

1. เกิดออกไซด์ที่ผิว (สนิมที่อุณหภูมิสูง) ออกไซด์ที่ผิวชิ้นงานจะทำให้ผิวชิ้นงานเกิดเป็นสะเก็ดล่อน (Oxidation) ซึ่งมีผลให้ขนาดชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไป และยังคงเสียเวลา และค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดผิว
2. เกิดการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวชิ้นงาน (Decarburization) ทำให้ภายหลังการชุบแข็ง เมื่อวัดความแข็งชิ้นงานจะได้ความแข็งต่ำ แต่ภายในชิ้นงานไม่ได้เกิดการสูญเสียคาร์บอนเหมือนที่ผิว ทำให้ภายในชิ้นงานมีความแข็งปกติ ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานมักเข้าใจผิด และกำหนดอุณหภูมิอบคืนตัวเพื่อปรับความแข็งของชิ้นงานไม่ถูกต้อง ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งเกินกำหนด เมื่อนำชิ้นงานไปใช้งานได้ไม่นาน มักจะเกิดการแตกร้าวขึ้นกับชิ้นงานได้

วิธีการป้องกัน หรือลดผิวเสียของชิ้นงานทั้งสองประการสามารถทำได้หลายวิธี ดังเช่น

1. อบชิ้นงานในเกลือกลาง
2. โดยการควบคุมบรรยากาศห้องอบเช่นปล่อยแก๊สที่ไม่ทำปฏิกิริยากับผิวชิ้นงาน แก๊สที่นิยมใช้คือแก๊สไนโตรเจน สำหรับแม่พิมพ์เกรด SKD 11 และ SKD 61 ส่วนใหญ่จะอบในเตาสุญญากาศ เพื่อป้องกันผิวเสียกับชิ้นงานแม่พิมพ์
3. บรรจุชิ้นงานลงในกล่องสเตนเลสใส่ถ่านหุงต้มดำหยาบ ๆ หรือเศษขี้กิ้งเหล็กหล่อลงไปพร้อมกับชิ้นงานเล็กน้อย จากนั้น ปิดฝานี้กด้วยดินทนไฟ หรือดินเหนียว แล้วจึงนำชิ้นงานไปอบตามขบวนการ
4. การเผื่อขนาดไว้สำหรับการเจียรนัยผิวเสียทิ้งในภายหลัง

5.1.5.4 ข้อแนะนำขั้นตอนการปฏิบัติงานชุบแข็งและอบคืนตัว


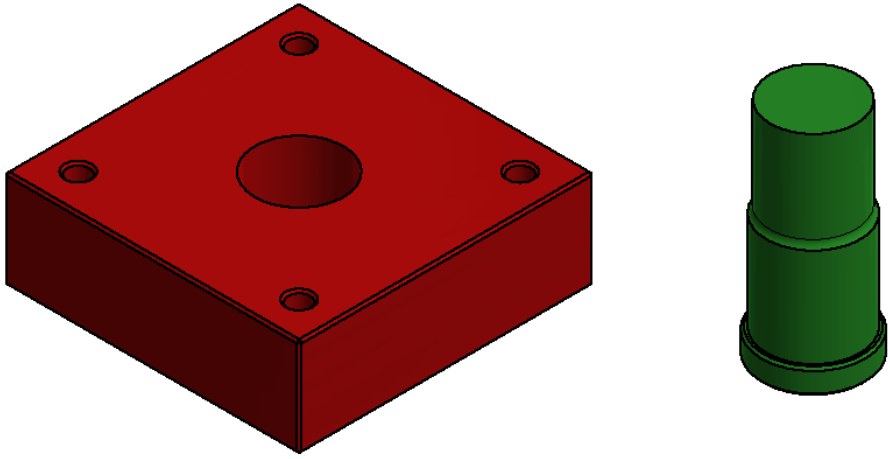
1. ขั้นตอนผูกชิ้นงานด้วยลวด เพื่อสะดวกในการเกี่ยวชิ้นงานขึ้นชุบแข็ง
2. เตรียมชิ้นงานใส่กล่อง ใส่ผงถ่านที่ใช้สำหรับการเสริมคาร์บอนที่ผิว 3-4 กำมือ ผงถ่านจะช่วยให้ผิวชิ้นงานไม่เกิดสะเก็ดร่อน และไม่เสียคาร์บอนที่ผิว
3. ปิดฝากล่อง อุดด้วยปูนทนไฟ เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปทำ



ปฏิกิริยากับผิวชิ้นงาน

4. นำชิ้นงานเข้าเตาอบ ตั้งอุณหภูมิอุ่นที่ 815°C เมื่ออุณหภูมิถึงอบแห้งไว้ 40 นาที ความจริงควรอบแห้ง 25-30 นาที แต่เนื่องจากชิ้นงานใส่กล่อง จึงต้องเผื่อเวลากล่องด้วย
5. เมื่ออุ่นชิ้นงานแล้วปรับไปที่อุณหภูมิชุบแข็งระหว่าง $1000-1025^{\circ}\text{C}$ เวลาอบแห้ง 35 นาทีที่คำนวณมาจากเวลาอบชิ้นงานประมาณ 25 นาที เผื่อกล่องอีก 10 นาที ที่ใช้เวลาน้อยกว่าเวลาอุ่นเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงเหล็กจะนำความร้อนได้ดีขึ้น
6. เมื่อถึงเวลาที่กำหนด นำชิ้นงาน 10 ชิ้น จุ่มชุบในน้ำมันและอีก 10 ชิ้น นำมาแขวนไว้ โดยใช้พัดลมเป่า
7. เมื่อชิ้นงานเย็นพอที่จะวัดความแข็งได้ ให้นำชิ้นงานมาวัดความแข็งหลังการชุบแข็งทั้งหมด
8. นำชิ้นงานมาอบคืนตัวที่ 205°C เวลาอบแห้ง 2 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ แล้ววัดความแข็งเปรียบเทียบระหว่าง ชิ้นงานหลังชุบแข็งไม่ได้คืนไฟ กับความแข็งชิ้นงานชุบอบคืนตัวและชิ้นงานชุบน้ำมันอบคืนตัว เพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าความแข็งชิ้นงานที่ชุบด้วยสารชุบที่ต่างกัน

5.2 ขั้นตอนการอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์

	ใบงานที่ 11	5. งานอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์	เวลา 6 ชั่วโมง
		5.2 ขั้นตอนการอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์	
			
<p>พื้นที่เจาะรู (Piercing punch), แผ่นตาย (Die block),</p>			2


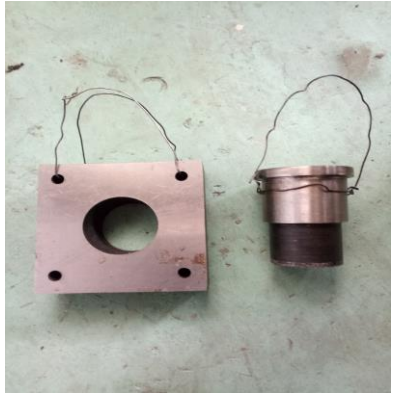



ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่นำมาชุบแข็ง	จำนวน
<p>เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. หน้ากากกันความร้อน 2. เสื้อหนัง 3. ถุงมือหนัง 4. คีม 5. ลวด 6. เตาชุบแข็ง 7. ขอเกี่ยว 8. ถังบรรจุน้ำ 	<p>ข้อควรระวังและคำแนะนำ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. เวลาในการอบแช่คิดจากความหนาวัสดุคือประมาณ 1 มิลลิเมตร ต่อ 1 นาที 2. สารชุบต้องมีมากพอที่จะทำให้ชิ้นงานเย็นตัวได้ทันทีที่ใช้ น้ำมันเป็นสารชุบแข็งต้องใช้น้ำมันอย่างน้อย 15 ลิตร ต่อ น้ำหนักชิ้นงาน 1 กิโลกรัม 3. ถังชุบไม่ควรอยู่ห่างเตาอบเกินไป จะทำให้เสียเวลาเคลื่อนย้าย จะทำให้อุณหภูมิชิ้นงานจึงลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิชุบแข็ง 4. กรณีที่ใช้ถังชุบขนาดเล็กที่ไม่ได้ติดตั้งใบพัดกวนสารชุบแข็ง ให้ขยับชิ้นงานขึ้นลง ๆ ในแนวตั้ง เพื่อให้การถ่ายเทความร้อน เป็นไปอย่างรวดเร็ว

5.2 ขั้นตอนการอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ขั้นตอนการปฏิบัติการอบชุบแข็ง ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	ภาพแสดง	เครื่องมือ
<p>1 การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. หน้ากากกันความร้อน 2. เสื้อหนัง 3. ถุงมือหนัง 4. คีม 5. ลวด 6. เตาชุบแข็ง 7. ขอเกี่ยว



			8. ถังบรรจุน้ำ ปริมาตร 20 ลิตร
2	นำชิ้นส่วนแม่พิมพ์มาผูกมัด มัด เพื่อสะดวกในการเกี่ยว ชิ้นงานขึ้นชุบแข็ง		1. ถังมือ 2. คีม 3. ลวด
3	เปิดเตาชุบแล้ว นำชิ้นส่วนแม่พิมพ์เข้าเตาชุบ		1. ถังมือ
ขั้นตอนการปฏิบัติการอบชุบแข็ง ชิ้นส่วนแม่พิมพ์		ภาพแสดง	เครื่องมือ
3	วางชิ้นงานให้ห่างกันเพื่อช่วยใน การใช้ขอเกี่ยวเพื่อนำมาใส่ในสาร จุ่มชุบ		1. ถังมือหนึ่ง 2. เตาชุบแข็ง






			
4	<p>ปิดฝาเตา ทำการตั้งอุณหภูมิที่ 815°C เมื่ออุณหภูมิถึงให้อบแช่ไว้ 40 นาที และเปิดการทำงานเตาชุบเพื่อให้เตาได้ทำงานตามรายการที่ได้ตั้งค่าไว้</p>	 	<ol style="list-style-type: none">1. ถุงมือหนัง2. เตาชุบแข็ง
ขั้นตอนการปฏิบัติการอบชุบแข็ง	ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	ภาพแสดง	เครื่องมือ





<p>5 เตรียมการเพื่อชุบแข็งชิ้นงาน</p> <p>5.1 ผู้ปฏิบัติงานสวมชุดและ หน้ากากกันความร้อน</p> <p>5.2 นำถังน้ำที่เป็นสารจุ่มชุบมา อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เตาชุบและ สะดวกในการทำงาน</p>	 	<ol style="list-style-type: none">1. หน้ากากกันความร้อน2. เสื้อหนัง3. ถุงมือหนัง4. ขอบเกี่ยว5. ถังบรรจุน้ำ
---	---	--



ขั้นตอนการปฏิบัติการอบชุบแข็ง ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	ภาพแสดง	เครื่องมือ
6 เมื่อถึงเวลาที่กำหนด ทำการเปิดเตาชุบและใช้ขอเกี่ยวชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้น เพื่อจุ่มชุบในสารจุ่มชุบ	 	1. ถุงมือหนัง 2. เตาชุบแข็ง 3. ขอเกี่ยว
7 นำชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้น จุ่มชุบในสารจุ่มชุบ (น้ำ) โดยคำนวณเวลาการจุ่มชุบง่าย ๆ ได้จากความหนาคือ ความหนาชิ้นงาน 3 มิลลิเมตร ใช้เวลาจุ่มชุบเท่ากับ 1 วินาที		1. หน้ากากกันความร้อน 2. เสื้อหนัง 3. ถุงมือหนัง 4. ขอเกี่ยว 5. ถังบรรจุน้ำ




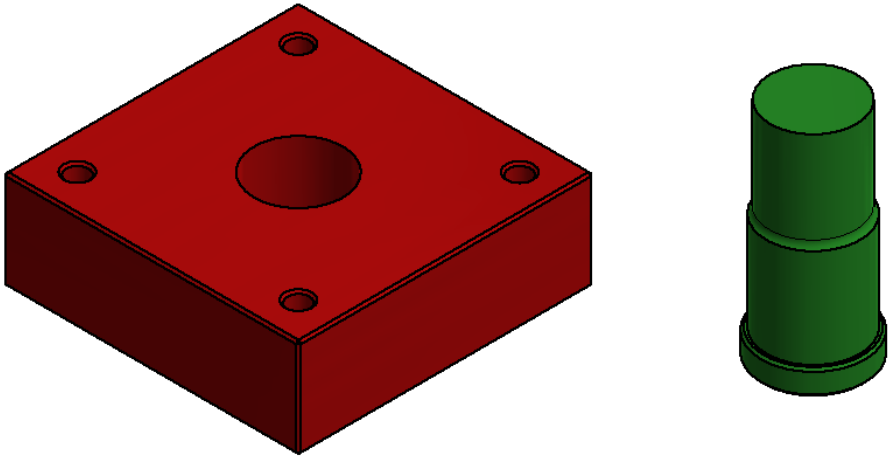
	ขั้นตอนการปฏิบัติการอบชุบแข็ง ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	ภาพแสดง	เครื่องมือ
8	พินซ์เจาะรู (Piercing punch)		<ol style="list-style-type: none">1. หน้ากากกันความร้อน2. เสื้อหนัง3. ถุงมือหนัง4. ขอบเกี่ยว5. ถังบรรจุน้ำ
9	แผ่นตาย (Die block)		<ol style="list-style-type: none">1. หน้ากากกันความร้อน2. เสื้อหนัง3. ถุงมือหนัง4. ขอบเกี่ยว5. ถังบรรจุน้ำ



	ขั้นตอนการปฏิบัติการอบชุบแข็ง ชิ้นส่วนแม่พิมพ์	ภาพแสดง	เครื่องมือ
10	อบชิ้นตัวที่อุณหภูมิ 205°C โดยคำนวณเวลาการอบชิ้นตัวได้ จากความหนาคือ ความหนา ชิ้นงาน 1 นิ้วจะใช้เวลาการอบ 1 ชั่วโมง	 	1. หน้ากากกันความร้อน 2. เสื้อหนัง 3. ถุงมือหนัง 4. ขอบเกี่ยว
11	ปิดสวิทซ์การทำงานของเตาชุบ และทำการเปิดเตานำชิ้นงาน ออกมา เพื่อนำชิ้นงานเข้าสู่ กระบวนการตัดเฉือนด้วย เครื่องมือกลในขั้นตอนต่อไป		1. หน้ากากกันความร้อน 2. เสื้อหนัง 3. ถุงมือหนัง 4. ขอบเกี่ยว



	แบบประเมิน ใบงาน	ใบงานที่ 11	เวลา 0.5 ชั่วโมง
		5.2 ขั้นตอนการอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์	



ชื่อ.....รหัส.....ชั้น/กลุ่ม.....

ชิ้นงานชุบแข็ง	หัวข้อการประเมิน ขั้นตอนการชุบแข็ง				
	การเตรียมงานสำหรับชุบแข็ง (5 คะแนน)	อุณหภูมิการชุบแข็งในแต่ละขั้นตอน (5 คะแนน)	การจุ่มชุบ (5 คะแนน)	การอบคืนตัว (5 คะแนน)	ความแข็งชิ้นงาน (10 คะแนน) (P 50 HRC =10 คะแนน) (46 - 49 HRC =7 คะแนน) (O 45 HRC =4 คะแนน)
1. พันธ์ตัดแผ่นชิ้นงาน (Blanking punch)					
2. แผ่นตาย (Die block)					
3. พันธ์ขึ้นรูป					



(Embossing punch)					
4. พินซ์เจาะรู (Piercing punch)					

หมายเหตุ การทดสอบความแข็งใช้วัดค่าโดยประมาณจากตะไบชุดตรวจสอบความแข็ง (Hardness -
- Tester Files)

แบบทดสอบประจำหน่วยที่ 5

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. กรรมวิธีทางความร้อนในการอบชุบเหล็กกล้าจะประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญกี่ขั้นตอน
 - ก. 6
 - ข. 5
 - ค. 4
 - ง. 3
2. ข้อใดบอกหลักการการอบชุบโลหะด้วยความร้อนได้ถูกต้อง
 - ก. กรรมวิธีที่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของเหล็กกล้า
 - ข. กรรมวิธีที่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเหล็กกล้า
 - ค. กรรมวิธีที่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเหล็กกล้า
 - ง. กรรมวิธีที่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางความร้อนของเหล็กกล้า
3. การอบทำเพื่อลดความเค้นของโลหะจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วในสารชุบ คือข้อใด
 - ก. การชุบแข็ง
 - ข. การอบคืนตัว
 - ค. การอบให้อ่อน
 - ง. การเคลือบผิวแข็ง
4. การเผาเหล็กกล้าให้ร้อนขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึงอุณหภูมิสูงกว่าระดับอุณหภูมิวิกฤตสิ้นสุดประมาณ 50 °C. แล้วเผาไว้ระยะหนึ่ง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ ภายในเตาจนถึงระดับอุณหภูมิห้องหมายถึงกรรมวิธีใด
 - ก. การอบให้อ่อน (Annealing)
 - ข. การอบคืนตัว (Tempering)



- ค. การเคลือบผิวแข็ง
ง. การชุบแข็ง
5. การชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน มีอุณหภูมิชุบแข็งประมาณเท่าใด
- ก. 120-250°C
ข. 450-650°C
ค. 800-850°C
ง. 900-1050°C
6. สารชุบเหล็กกล้าคาร์บอน คือข้อใด
- ก. ลม
ข. น้ำ
ค. น้ำมัน
ง. ไนโตรเจน
7. การชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยน้ำให้รับน้ำหนักขึ้นขณะที่ขึ้นงานยังอุ่นอยู่ โดยมีอุณหภูมิประมาณเท่าใด
- ก. 300-350°C
ข. 250-280°C
ค. 180-220°C
ง. 60-120°C
8. ชี้นงานชุบแข็งเกิดการแตกร้าว เนื่องจากสาเหตุใด
- ก. เวลาอุ่นขึ้นงานยาวนานเกินไป
ข. อุณหภูมิภายในเตาชุบไม่เหมาะสม
ค. ตัวขึ้นงานเกิดการแตกร้าวก่อนชุบแข็ง
ง. การปล่อยขึ้นงานให้เย็นตัวในสารชุบจนอุณหภูมิต่ำเกินไป
9. ข้อใดไม่ใช่สาเหตุที่ขึ้นงานเกิดการคดงอภายหลังการชุบแข็ง
- ก. ไม่มีการอบคลายความเค้นของขึ้นงานก่อนการชุบแข็ง
ข. วางขึ้นงานภายในเตาอบไม่ถูกต้อง
ค. ลักษณะการชุบไม่ถูกต้อง
ง. ออกแบบขึ้นงานไม่เหมาะสม
10. การป้องกันอย่างง่ายเพื่อลดผิวเสียของขึ้นงานภายหลังชุบแข็งคือข้อใด



- ก. การลดอุณหภูมิในการชุบแข็ง
- ข. การเพิ่มอุณหภูมิในการชุบแข็ง
- ค. การเผื่อขนาดไว้เพื่อเจียระไนผิวเสียทิ้ง
- ง. การใส่ผงถ่านเข้าไปในเตาชุบแข็ง