หน่วยที่ 6
งานอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์

สาระสำคัญ

การอบชุบโลหะถือว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือรองสุดท้ายของการผลิตชิ้นส่วนโลหะต่างๆ เป็นกระบวนการเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติและคุณภาพของชิ้นส่วนโลหะหรือแม่พิมพ์และเครื่องมือที่ทำด้วยโลหะให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเฉพาะแม่พิมพ์ปั๊มโลหะแผ่นที่ต้องใช้ ตัด และ เจาะ ชิ้นงานโลหะแผ่น ความแข็งของแม่พิมพ์ จะทำให้รักษาคมตัดของแม่พิมพ์ไว้ได้ดี คมตัดจะที่อช้า ทำให้ไม่ต้องนำแม่พิมพ์มาเจียรนัยตกแต่งคมบ่อย ๆ

หัวข้อเนื้อหาประจำหน่วย

6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการอบชุบเหล็กกล้าด้วยความร้อน
6.2 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 6

สื่อการเรียนการสอน

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

การวัดผลและประเมินผล

1. ครูสังเกตการร่วมอภิปรายและตอบคำถามในชั้นเรียน
2. นักเรียนทำแบบทดสอบประจำหน่วยที่ 6
3. ครูประเมินผลจากแบบประเมินใบงาน

หน่วยที่ 6
งานอบชุบแข็งชิ้นส่วนแม่พิมพ์

6.1 หลักการของการอบชุบโลหะ (Heat treatment)

การอบชุบแข็ง ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลให้กับเหล็กกล้าที่สำคัญมาก กล่าวคือ เมื่อชุบแข็งเหล็กกล้าแล้วชิ้นงานเหล็กกล้านั้น ๆ จะมีความแข็งต้านทานต่อการสึกหรอจากการเสียดสีได้ดี ดังนั้น การชุบแข็งจะเหมาะสำหรับชิ้นงานที่ต้องการความทนทานต่อการสึกหรอ ชิ้นงานเหล่านี้ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานต่าง ๆ เช่น มีดกลึง มีดกัด ดอกสว่าน ตะไบ เป็นต้น สำหรับแม่พิมพ์โดยเฉพาะแม่พิมพ์ปั๊มโลหะแผ่นที่ต้องใช้ ตัด และ เจาะ ชิ้นงานโลหะแผ่น ความแข็งของแม่พิมพ์ จะทำให้รักษาคมตัดของแม่พิมพ์ไว้ได้ดี คมตัดจะทื่อช้า ทำให้ไม่ต้องนำแม่พิมพ์มาเจียรนัยตกแต่งคมบ่อย ๆการชุบแข็งเหล็กกล้าด้วยความร้อนจะประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การอบชิ้นงานไปที่อุณหภูมิที่กำหนด สำหรับการชุบแข็งเหล็กกล้า จะอบเหล็กไปที่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบชุบแข็งของเหล็กเกรดนั้น ๆ ชิ้นงานเหล็กกล้าจะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นโครงสร้างออสเตนไนท์

ขั้นตอนที่ 2 การอบแช่ไว้ในเวลาที่กำหนด เมื่ออบชิ้นงานไปที่อุณหภูมิชุบแข็งของเหล็กนั้น ๆ จนชิ้นงานเหล็กกล้าเปลี่ยนเป็นโครงสร้างออสเตนไนท์อย่างสมบูรณ์แล้ว เพื่อให้อะตอมของคาร์บอนและธาตุผสมอื่น ๆ มีเวลาในการแพร่กระจายเข้าไปในโครงสร้างของเหล็กได้อย่างสมบูรณ์ จะต้องอบแช่ชิ้นงานไว้ที่อุณหภูมิชุบแข็งนี้ระยะเวลาหนึ่ง คำถามว่าทำไม่ต้องมีเวลาอบแช่ สามารถอธิบายได้ว่า เนื่องจาก การอบชุบเหล็กกล้าด้วยความร้อนทุกประเภท รวมทั้งการชุบแข็ง จะเป็นการกระทำในขณะที่เหล็กยังมีสภาพเป็นของแข็งอยู่ ดังนั้น การแพร่กระจายตัวของอะตอมของคาร์บอน และอะตอมของธาตุผสมอื่น ๆ จึงแพร่ซึมเข้าไปในโครงสร้างของเหล็กได้อย่างช้า ๆ แต่ถ้าเกิดเหล็กนั้นอยู่ในสภาพหลอมเหลว ดังเช่น ในกระบวนการหล่อเหล็ก ธาตุผสมต่าง ๆ ในเหล็กแทบจะแพร่กระจายได้หมดในทันทีที่เหล็กนั้นหลอมเหลว

ขั้นตอนที่ 3 การทำให้เหล็กเย็นตัวในอัตราความเร็วที่กำหนด การชุบแข็งจะบังคับให้ชิ้นงานเหล็กกล้า เย็นตัวอย่างรวดเร็วในสารชุบแข็ง ตามข้อกำหนดของเหล็กเกรดนั้น ๆ เช่น เหล็กกล้าคาร์บอนจะจุ่มชุบในน้ำ เหล็กกล้าผสมต่ำจะจุ่มชุบด้วยน้ำมัน ในขณะที่เหล็กกล้าผสมสูงจะชุบแข็งโดยการใช้ลมเป่าเป็นต้น

6.1.2 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 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเหล็กกล้าผสมสูงที่ชุบแข็งโดยการใช้ลมเป่า เนื่องจากอัตราการเย็นตัวที่สูงของน้ำ จะทำให้เกิดความเค้นภายในชิ้นงานเหล่านี้สูงมาก ดังนั้นอาจจะทำให้ชิ้นงานเกิดการคดงอหรือแตกร้าวขึ้นได้

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

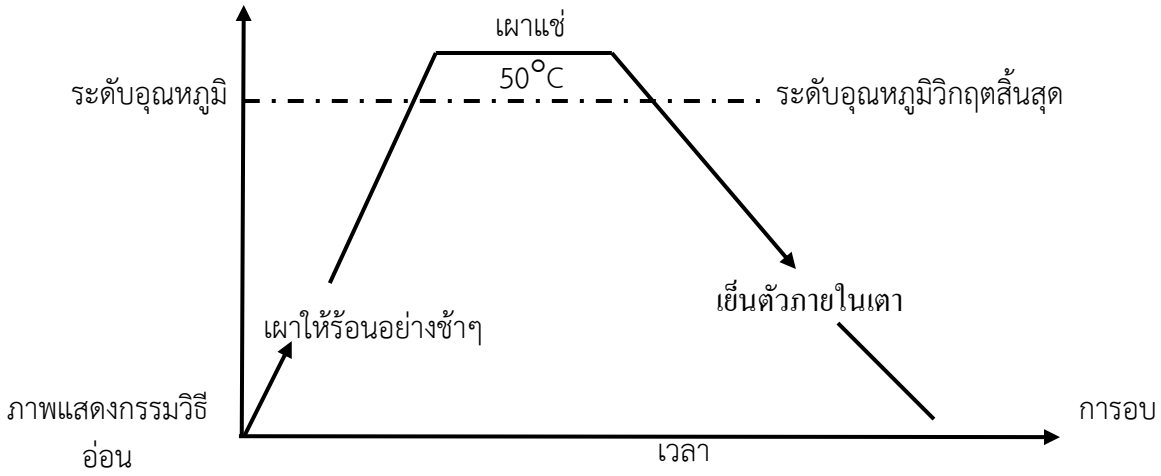
3. น้ำมันชุบแข็ง น้ำมันเป็นสารชุบที่มีอัตราการเย็นตัวที่ช้ากว่าน้ำ จึงลดการบิดงอและความเสี่ยงต่อการแตกร้าวของชิ้นงานให้น้อยลง น้ำมันชุบแข็งจะใช้สำหรับชุบแข็งเหล็กกล้าผสมต่ำ ซึ่งมีความสามารถในการชุบแข็งดีกว่าเหล็กกล้าคาร์บอน เหล็กเหล่านี้ จึงไม่จำเป็นจะต้องเย็นตัวอย่างรวดเร็วในน้ำขณะชุบแข็ง เหล็กที่ชุบแข็งด้วยน้ำมันชุบแข็ง เช่นเหล็กเกรด SCM 440 และ SUJ 2 น้ำมันชุบแข็งจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากน้ำมันบิโตเลียม มีลักษณะคล้ายน้ำมันเครื่อง แต่น้ำมันชุบแข็งจะต้องมีอัตราการเย็นตัว และคุณสมบัติตามความต้องการของการชุบแข็ง เช่น ต้องมีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงง่าย ลุกไหม้ยาก มีการระบายความร้อนที่รวดเร็วและสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมันชุบแข็งจะต้องใช้ให้ถูกต้อง ดังเช่น น้ำมันชุบแข็งต้องมีปริมาณเพียงพอไม่น้อยเกินไป ไม่มีน้ำปนเปื้อนในน้ำมันชุบแข็ง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดอาจจะทำให้น้ำมันเกิดการลุกไหม้และเป็นอันตรายได้

4. เกลือเคมีหลอมเหลว การชุบแข็งในอ่างเกลือเคมีหลอมเหลวจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการบิดงอและแตกร้าวของชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน มีความหนาบางแตกต่างกันมากได้ดี เกลือเคมีที่ใช้ในการชุบแข็งส่วนใหญ่จะใช้เกลือโซเดียมไนเตรดผสมกับโปแตสเซียมไนเตรด มีจุดหลอมเหลวที่145°C อุณหภูมิใช้งานระหว่าง 160-650°C การชุบแข็งด้วยเกลือเคมีหลอมเหลวทำโดยการอบชิ้นงานจนเปลี่ยนเป็นโครงสร้างออสเตนไนท์ และอบแช่ไว้ตามกำหนดของเหล็กเกรดนั้น ๆ จากนั้นจะยกชิ้นงานลงจุ่มชุบในอ่างเกลือเคมีหลอมเหลว แล้วปล่อยแช่ไว้จนผิวและแกนในชิ้นงานมีอุณหภูมิเท่ากับบ่อเกลือที่ได้ตั้งอุณหภูมิไว้ตามที่ต้องการ จากนั้นรีบนำชิ้นงานขึ้นชุบในน้ำหรือน้ำมัน เพื่อให้ชิ้นงานเปลี่ยนจากโครงสร้างออสเตนไนท์เป็นมาร์เทนไซด์ หลังจากนั้นให้นำชิ้นงานไปอบคืนตัวต่อไป ข้อเสียของการชุบด้วยเกลือเคมีหลอมเหลวคือ ไม่สามารถชุบแข็งชิ้นงานที่มีความสามารถในการชุบแข็งต่ำได้ เนื่องจากมีอัตราการเย็นตัวที่ไม่สูงนัก และต้องล้างชิ้นงานอย่างดีเพื่อป้องกันสนิม

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

6.1.3 ประเภทของกรรมวิธีทางความร้อน

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



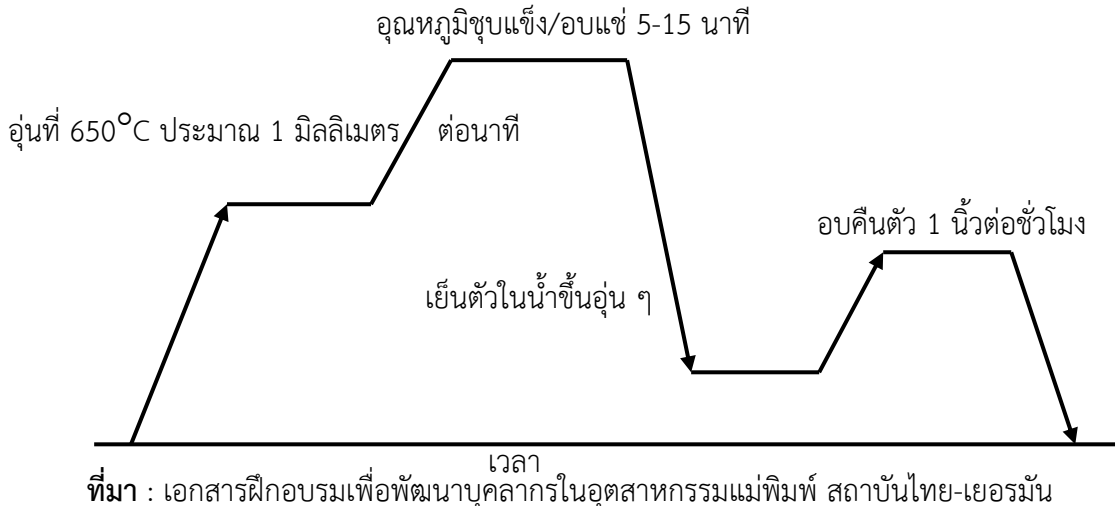
ที่มา : เอกสารฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ สถาบันไทย-เยอรมัน

รูปที่ 6.1 การอบชุบโลหะ (Heat treatment)

2.การอบคืนตัว (Tempering) การอบคืนตัวจะทำเพื่อ ลดความเค้นของชิ้นงานจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วในสารชุบ นอกจากนี้ เหล็กภายหลังจากการชุบแข็งแล้ว ชิ้นงานจะมีความแข็งสูง แต่สิ่งที่ควบคู่กับความแข็งคือ ความเปราะการอบคืนตัวจะทำให้ชิ้นงานมีความแข็งลดลง แต่ความเหนียวและความแข็งแรงทนต่อแรงกระแทกจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงต้องนำชิ้นงานที่ชุบแข็งแล้ว มาอบคืนตัวก่อนนำไปใช้งานเสมอ การอบคืนตัว ทำโดยการอบชิ้นงานที่ชุบแข็งแล้ว โดยใช้อุณหภูมิไม่ให้สูงเกินกว่าอุณหภูมิที่เหล็กจะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นออสเตนไนท์ 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

6.1.4 การชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steels)

1. ขั้นตอนการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน รวมถึงเหล็กกล้าผสมต่ำบางเกรดที่นิยมใช้ทำส่วนประกอบของแม่พิมพ์ด้วย การชุบแข็งเหล็กกล้า จะทำเพื่อให้เหล็กกล้าทนต่อการเสียดสีขณะใช้งาน โดยการทำให้โครงสร้างของเหล็กกล้าเกิดการบิดเบี้ยว ภายหลังการชุบแข็งที่เรียกว่าโครงสร้างมาร์เทนไซด์ ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว เหล็กกล้าคาร์บอนที่จะชุบแข็งจะต้องมีคาร์บอนมากกว่า 0.30% ชิ้นงานที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนจะต้องชุบแข็งด้วยน้ำ แต่ถ้าชิ้นงานที่มีความหนาต่ำกว่า 6.35 มิลลิเมตร สามารถชุบแข็งด้วยน้ำมันได้ รูปที่ 3.9 เป็นแผนภูมิการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนที่ใช้กันทั่วๆ ไป



ที่มา : เอกสารฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ สถาบันไทย-เยอรมัน

รูปที่ 6.2 การอบชุบโลหะ (Heat treatment)

รูปที่ 6.2 เป็นแผนภูมิการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งมีอุณหภูมิชุบแข็งประมาณ 800-850°C ทำการอุ่นชิ้นงานที่ 650°C ในชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน อาจจะเพิ่มการอุ่นที่ 400°C อีกครั้ง นอกจากนี้ต้องพิจารณาอัตราเร่งอุณหภูมิเตาด้วย เตาที่ได้รับความร้อนจากแก๊สหรือน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีอัตราเร่งที่สูง ดังนั้น อาจจะต้องอบแช่ไว้นานกว่านี้ เมื่อชิ้นงานถึงอุณหภูมิชุบแข็ง โดยทั้งผิวและแกนในมีอุณหภูมิเท่ากันแล้วให้อบแช่ไว้ 5-15 นาที ก็พอ เนื่องจากคาร์ไบด์ที่ได้จากเหล็กและคาร์บอนจะสลายตัวง่าย การจุ่มชุบจะชุบแข็งด้วยน้ำและรีบนำชิ้นงานขึ้นขณะที่ชิ้นงานยังอุ่น ๆ อยู่ ประมาณ 60-120°C

การชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนที่ทำกันในโรงงานชุบแข็ง จะใช้เตาอบที่มีอุณหภูมิใช้งานในช่วง 650-1200°C เตาพวกนี้มักจะมีการควบคุมบรรยากาศห้องอบด้วย เพื่อไม่ให้เกิดผิวเสียกับชิ้นงาน ในที่นี้จะขอแนะนำการอบชุบชิ้นส่วนที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน และเหล็กกล้าผสมต่ำที่ใช้ทำส่วนประกอบของแม่พิมพ์ สำหรับผู้ประกอบการด้านแม่พิมพ์ ซึ่งอาจจะต้องมีการอบชุบชิ้นงานซ่อมสร้างบางชิ้น ซึ่งอาจจะไม่ใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานที่มีขายกันทั่วไป หรืออาจจะเป็นชิ้นส่วนที่หายากและมีราคาแพงต้องสั่งทำหรือนำเข้าจากต่างประเทศ หลักการอบชุบจะนำมาจากการปฏิบัติงานจริงในโรงงานชุบแข็ง เพียงแต่เครื่องมือและอุปกรณ์จะมีขนาดเล็กและสามารถทำขึ้นเองได้ เมื่อเตรียมชิ้นงานแล้วนำชิ้นงานใส่เตาอบ เวลาอบแช่จะต้องมีเวลาเผื่อกับกล่องใส่งานด้วย โดยพิจารณาจากความหนาของกล่อง ถ้าเป็นเตาไฟฟ้าที่มีอัตราเร่งอุณหภูมิไม่เร็วนัก การคำนวณเวลาอบแช่อาจจะคำนวณจากความหนาของชิ้นงาน โดยคำนวณความหนาชิ้นงาน 1 มิลลิเมตร ต่อ 1 นาที เมื่ออบแช่จนชิ้นงานเปลี่ยนเป็นโครงสร้างออสเตนไนท์ โดยสมบูรณ์แล้วนำกล่องออกมาเปิดฝาใช้ตะขอเกี่ยวชิ้นงานลงจุ่มชุบน้ำ จากนั้นนำชิ้นงานขึ้นขณะชิ้นงานยังอุ่นๆ อยู่ เพื่อป้องกันชิ้นงานแตกร้าว สำหรับน้ำมีวิธีคำนวณเวลาการจุ่มชุบง่าย ๆ ได้จากความหนาของชิ้นงานดังนี้ ความหนาชิ้นงาน 3 มิลลิเมตร ต่อวินาที ตัวอย่างเช่น ถ้าชิ้นงานมีความหนา 24 มิลลิเมตร ให้จุ่มชุบในน้ำประมาณ 8 วินาที จากนั้น จึงนำชิ้นงานไปทดสอบความแข็งหลังชุบ เพื่อนำไปกำหนดอุณหภูมิอบคืนตัวให้ได้ความแข็งของชิ้นงาน ตามความต้องการของการใช้งานของชิ้นงานนั้น ๆ

ข้อมูลการชุบแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำที่มักใช้ทำชิ้นส่วนแม่พิมพ์ ข้อมูลต่อไปนี้จะเป็นข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทาง เพื่อการตัดสินใจเลือกใช้อุณหภูมิในการชุบแข็งและอบคืนตัวชิ้นงาน ซึ่งจะแสดงในรูปของตาราง ค่าที่ได้จากตารางอาจจะมีความคลาดเคลื่อนกับการทำงานจริงเนื่องจากชิ้นงานจริง

อาจจะมีคาร์บอนที่แตกต่างกันเช่น ในเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S50C จะมีคาร์บอนในช่วง 0.48-0.55% ในขณะที่ชิ้นงานตัวอย่างที่แสดงในตารางจะใช้ตัวอย่างชิ้นงานที่มีคาร์บอน 0.50% ดังนั้น การทำงานจริง ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้ค่าในตารางเป็นแนวทางในการกำหนดอุณหภูมิสำหรับอบคืนตัวเท่านั้น

ตารางที่ 6.1 ตารางสรุปการชุบแข็ง และ การอบคืนตัวเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กล้าผสมต่ำ

เกรด	อุ่นที่ (°C)	อุณหภูมิชุบแข็ง (°C)	สารชุบ	อุณหภูมิอบคืนตัว (°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
SCM 440	600-650	845-870	น้ำมัน	57	53	50	47	45	41	36	33

6.1.5 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการอบชุบแข็ง

6.1.5.1 การแตกร้าวของชิ้นงาน

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

2. การปล่อยชิ้นงานให้เย็นตัวในสารชุบจนอุณหภูมิต่ำเกินไป ชิ้นงานชุบแข็งที่ปล่อยชิ้นงานเย็นตัวในถังชุบจนถึงอุณหภูมิห้องจะทำให้ชิ้นงานเสี่ยงต่อการแตกหักสูง ในทางปฏิบัติจะต้องนำชิ้นงานขึ้นจากสารชุบในขณะที่ชิ้นงานยังอุ่น ๆ อยู่ โดยปกติถังชุบน้ำมันจะมี Heater อุ่นน้ำมัน อุณหภูมิน้ำมันจะตั้งไว้ประมาณ 60-150°C เมื่อนำชิ้นงานลงจุ่มชุบจนอุณหภูมิชิ้นงานลดลงจนถึงอุณหภูมิน้ำมันที่ 60-150°C แล้ว จะนำชิ้นงานไปอบคืนตัว แต่ในทางปฏิบัติ ในที่ที่ไม่มีอุปกรณ์สำหรับอุ่นน้ำมัน ทำให้ไม่สามารถทราบอุณหภูมิที่แน่นอนได้ อาจจะปฏิบัติได้ ดังต่อไปนี้

- สำหรับชิ้นงานที่ชุบแข็งด้วยน้ำให้สังเกตจากการเดือดของน้ำ เมื่อนำเอาชิ้นงานที่ร้อนแดงลงจุ่มชุบในน้ำ น้ำจะเดือดในตอนแรก จากนั้นอาการเดือดจะลดความรุนแรงลง จนการไหลเวียนของน้ำจะเริ่ม

เป็นไปอย่างช้าๆ ให้รีบยกชิ้นงานขึ้น ลักษณะของน้ำที่เกาะที่ชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นไอน้ำกรุ่นๆ แล้วค่อย ๆ แห้งหายไปจากชิ้นงาน ลักษณะดังกล่าวจะเป็นอุณหภูมิที่พอเหมาะในการนำชิ้นงานขึ้น หรืออาจใช้การคำนวณโดยคิดจากความหนาชิ้นงาน 3 ม.ม. ต่อ วินาที เช่น เพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร ใช้เวลาจุ่มชุบในน้ำประมาณ 8 วินาที เป็นต้น

- สำหรับชิ้นงานที่ชุบน้ำมันต้องระมัดระวังเป็นอย่างมากถ้าทำการยกชิ้นงานขึ้นจากน้ำมันขณะที่ยังร้อนเกินไปอาจเกิดไฟลุกไหม้ได้ในทางปฏิบัติเมื่อนำชิ้นงานลงจุ่มชุบในน้ำมัน น้ำมันจะเดือดระยะเวลาของการเดือดจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและขนาดของชิ้นงาน เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง การเดือดจะลดความรุนแรงลง รอจนน้ำมันไหลวนอย่างช้าๆ จึงยกชิ้นงานขึ้นสังเกตลักษณะของน้ำมันที่เกาะชิ้นงานจะเป็นไอน้ำมันบาง ๆ จากนั้น จึงรีบนำชิ้นงานไปอบคืนตัวต่อไป

3. การแตกที่เกิดจากชิ้นงานมีความแข็งที่ไม่ถูกต้อง การแตกของชิ้นงานในกรณีที่ชิ้นงานมีความแข็งมากเกินไป จะสังเกตได้จากรอยแตกของชิ้นงานที่มีลักษณะการแตกโดยไม่มีการยืดตัวออกก่อนแตกสามารถแก้ไขได้โดยการลดความแข็งของชิ้นงานลง โดยเพิ่มอุณหภูมิการอบคืนตัวให้สูงขึ้น ถ้าลักษณะการแตกมีการยืดตัวออกก่อนแตกหรือขาด แสดงว่าความแข็งของชิ้นงานไม่เพียงพอนอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน งานบางชนิดต้องการทั้งความแข็งและความเหนียว เช่น เฟือง เพลา สลัก ชิ้นงานเหล่านี้ต้องการความแข็งที่ผิวเพื่อทนการเสียดสีและความเหนียวของแกนเพื่อรับแรงในการส่งกำลัง ดังนั้น ชิ้นงานประเภทนี้จึงมักจะนำไปชุบผิวแข็ง เช่น การเสริมคาร์บอนที่ผิว การทำอินดั๊กชั่น หรือใช้การชุบผิวแข็งด้วยเปลวไฟ เป็นต้น ถ้าทำการชุบแข็งชิ้นงานให้มีความแข็งลึกมากเกินไป หรือชิ้นงานแข็งทั้งตัวจะทำให้ชิ้นงานแตกได้ขณะใช้งาน ส่วนชิ้นงานที่ต้องทนต่อการเสียดสีสูงแต่ไม่ได้รับแรงกระแทกสูงนัก เช่น พิมพ์ตัด พิมพ์เจาะรูเหล็กบาง ๆ คัตเตอร์ มักจะชุบแข็งทั้งชิ้น และใช้ความแข็งสูงเพื่อให้ชิ้นงานรักษาคมตัดไว้ได้นาน หรือคมไม่ที่อเร็วเกินไปนั่นเอง

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

5. การแตกของชิ้นงานเนื่องจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น การไม่นำชิ้นงานเข้าทำการอบคืนตัวทันทีหลังการชุบแข็ง การวางชิ้นงานชุบแข็งที่ยังร้อนลงบนพื้นที่มีความชื้น เช่น พื้นปูน เนื่องจากความชื้นของพื้นปูนทำให้ผิวชิ้นงานที่สัมผัสกับพื้นปูนเกิดความเย็น จะทำให้ชิ้นงานเกิดความเค้น นอกจากนี้การกระแทกกันของชิ้นงานที่ชุบแข็งแล้วขณะเคลื่อนย้าย ก็อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้นได้

6.1.5.2 ชิ้นงานเกิดการคดงอ

การอบชุบด้วยความร้อนจะทำให้ชิ้นงานเปลี่ยนขนาดและรูปร่างเสมอ การเสียรูปของชิ้นงานชุบแข็ง เกิดจากความเค้นภายในชิ้นงานที่เกิดจากการใช้ความร้อนอบชิ้นงานที่อุณหภูมิสูงและบังคับให้ชิ้นงานเย็นตัวอย่างรวดเร็วขณะทำการชุบแข็ง ถ้าทำการอบชุบชิ้นงานไปที่อุณหภูมิสูงอย่าง

ช้า ๆ และสม่ำเสมอ จากนั้นปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวลงมาอย่างช้า ๆ ชิ้นงานจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งผิวด้านนอก และแกนในที่สม่ำเสมอกัน 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 ชิ้นงานโกร่ง คด บิด งอ เป็นต้น

การที่ชิ้นงานเกิดการคดงอภายหลังการชุบแข็งมักเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. วางชิ้นงานภายในเตาอบไม่ถูกต้อง เช่น วางที่รองรับชิ้นงานบนพื้นเตาไม่ถูกต้องและเพียงพอ การวางชิ้นงานเกยกัน เป็นต้น การวางชิ้นงานไม่ถูกต้องทำให้ขณะอบชิ้นงานไปที่อุณหภูมิสูงจนชิ้นงานร้อนแดง ชิ้นงานจะอ่อนและทรุดตัวลงมาได้ ดังนั้น ต้องวางที่รองรับชิ้นงานให้เพียงพอและให้ถูกตำแหน่ง เช่น ชิ้นงานยิ่งยาวยิ่งต้องวางที่รองรับมาก เป็นต้น
2. ลักษณะการจุ่มชุบไม่ถูกต้อง การจุ่มชุบชิ้นงานต้องคำนำถึงรูปร่างและลักษณะของชิ้นงาน เช่น ชิ้นงานที่มีลักษณะยาว ต้องนำลงจุ่มชุบในแนวดิ่ง ชิ้นงานที่มีลักษณะกลมยาว เช่น เพลา อาจให้ชิ้นงานหมุนลงในสารชุบลักษณะคล้ายการกลิ้งท่อนซุงลงน้ำ ชิ้นงานที่มีรูปร่างไม่สมมาตร ต้องนำส่วนที่หนาของชิ้นงานลงจุ่มชุบก่อน เป็นต้น การจุ่มชุบที่ดีจะต้องทำให้การระบายความร้อนของชิ้นงานเป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั้งผิวและแกนในมากที่สุด

ที่มา : เอกสารฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ สถาบันไทย-เยอรมัน

รูปที่ 6.3 การอบชุบโลหะ (Heat treatment)

3. ออกแบบชิ้นงานไม่เหมาะสม เช่น ชิ้นงานมีความหนาบางแตกต่างกันมาก หรือชิ้นงานที่เป็นครีบ สิ่งเหล่านี้ จะทำให้ความแตกต่างกันของการรับความร้อนขณะอบขึ้นไปที่อุณหภูมิสูง หรือการระบายความร้อนขณะจุ่มชุบจะไม่สม่ำเสมอกัน การหดหรือขยายตัวขณะทำการอบชุบหรือ

บังคับให้เย็นตัวก็จะไม่สม่ำเสมอเช่นกัน ทำให้เกิดการคดงอกับชิ้นงานได้ วิธีการแก้ไขอาจออกแบบชิ้นงานออกเป็นชิ้น ๆ ระหว่างส่วนที่หนากับส่วนที่บาง แล้วมาสวมต่อกันภายหลัง หรือชุบแข็งเฉพาะส่วนที่ใช้งานเท่านั้น โดยการใช้เปลวไฟเผาเฉพาะที่ หรือเปลี่ยนเป็นเหล็กชุบลมแทน

4. ไม่มีการอบคลายความเค้นของชิ้นงานก่อนการชุบแข็ง ชิ้นงานโดยเฉพาะแม่พิมพ์ที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล เช่น การกลึง ไส กัด เจาะ เกรนชิ้นงานตรงบริเวณผิวที่ถูกกระทำจะมีความเค้นคงเหลืออยู่ภายใน และอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการบิดงอได้ในระหว่างชุบแข็ง ดังนั้นชิ้นงานแม่พิมพ์ก่อนการชุบแข็งควรทำการอบคลายความเค้นตกค้าง เพื่อช่วยลดการบิดงอของชิ้นงานจากการชุบแข็งให้น้อยลง การอบคลายความเค้นตกค้าง ทำได้โดยการอบชิ้นงานที่อุณหภูมิระหว่าง 550-650°C และอบแช่ไว้ในเวลาที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากรูปร่างและขนาดของชิ้นงาน แล้วปล่อยให้เย็นตัวช้า ๆ ในอากาศนอกเตา หรือในกรณีที่ไม่ต้องการให้เกิดความเค้นซ้ำจากการเย็นตัวขึ้นอีก อาจจะปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวภายในเตาจนอุณหภูมิลดลงถึง 400°C แล้วจึงปล่อยให้เย็นตัวในอากาศนอกเตา

5. อุณหภูมิเตาอบขึ้นเร็วเกินไป การอบไม่ควรเร่งอุณหภูมิให้สูงขึ้นเร็วเกินไป เนื่องจากชิ้นงานจะได้รับความร้อนในอัตราที่แตกต่างกัน ผิวของชิ้นงานย่อมได้รับความร้อนก่อนและอุณหภูมิจะสูงกว่าในชั้นถัด ๆ ไป ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีการอุ่นชิ้นงานไปที่อุณหภูมิก่อนการเปลี่ยนแปลงไปเป็นโครงสร้างออสเทนไนท์ การอุ่นชิ้นงานนอกจากจะช่วยลดการคดงอที่เกิดจากความเค้นจากการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เท่ากันระหว่างผิวและแกนในชิ้นงานแล้ว การอุ่นชิ้นงานยังช่วยลดความเค้นตกค้างจากการขึ้นรูปชิ้นงานลงด้วย การพิจารณาว่าจะอุ่นชิ้นงานที่อุณหภูมิใดขึ้นอยู่กับรูปร่าง และเกรดเหล็กของชิ้นงานนั้น ๆ โดยทั่วไปชิ้นงานที่ชุบแข็งที่อุณหภูมิในช่วง 800-850°C จะอุ่นที่ 650°C สำหรับชิ้นงานที่ชุบแข็งที่อุณหภูมิในช่วง 980-1040°C จะอุ่นที่ 650°C 1 ช่วง และ 850°C อีก 1 ช่วง หรือตามข้อกำหนดของเหล็กในแต่ละเกรด

6. สารชุบแข็งไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน สารชุบต้องมีอัตราการเย็นตัวที่เหมาะสมกับเกรดเหล็ก และรูปร่างของชิ้นงานนั้น ๆเช่นเหล็กกล้าคาร์บอนจะชุบแข็งด้วยน้ำ แต่ถ้าชิ้นงานมีขนาดเล็ก หรือ มีความหนาไม่เกิน 6.35 ม.ม. อาจใช้น้ำมันในการชุบแข็ง จะทำให้ชิ้นงานลดการคดงอลงได้

7. ชิ้นงานได้รับความร้อนไม่ทั่วถึงและไม่สม่ำเสมอทั้งนี้ต้องระมัดระวังที่จะไม่ให้ชิ้นงานได้รับความร้อนมากหรือน้อยไปเป็นจุด ๆ โดยสังเกตได้จากสีของชิ้นงานขณะนำลงจุ่มชุบแข็ง ถ้ามีสีไม่สม่ำเสมอกันมีจุดทึบเป็นหย่อม ๆ แสดงว่าชิ้นงานได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดจากชิ้นงานใหญ่เกินไป หรือคำนวณเวลาอบแช่ไม่ถูกต้อง ในทางปฏิบัติ สังเกตง่าย ๆ ขณะเปิดฝาเตาเพื่อนำชิ้นงานไปจุ่มชุบ สีห้องอบของเตากับสีของชิ้นงานต้องเป็นสีเดียวกัน

6.1.5.3 เกิดผิวเสีย

ผิวเสียที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานเกิดจากการอบหรือเผาชิ้นงานขึ้นไปที่อุณหภูมิสูง โดยไม่มีการควบคุมบรรยากาศห้องอบของเตา ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างผิวชิ้นงานกับออกซิเจนในบรรยากาศห้องอบ ทำให้เกิดผลเสีย 2 ประการ คือ

1. เกิดออกไซด์ที่ผิว (สนิมที่อุณหภูมิสูง) ออกไซด์ที่ผิวชิ้นงานจะทำให้ผิวชิ้นงานเกิดเป็นสะเก็ดล่อน (Oxidation) ซึ่งมีผลให้ขนาดชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไป และยังต้องเสียเวลา และค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดผิว

2. เกิดการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวชิ้นงาน (Decarburization) ทำให้ภายหลังการชุบแข็ง เมื่อวัดความแข็งชิ้นงานจะได้ความแข็งต่ำ แต่ภายในชิ้นงานไม่ได้เกิดการสูญเสียคาร์บอนเหมือนที่ผิว ทำให้ภายในชิ้นงานมีความแข็งปกติ ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานมักเข้าใจผิด และกำหนดอุณหภูมิอบคืนตัวเพื่อปรับความแข็งของชิ้นงานไม่ถูกต้อง ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งเกินกำหนด เมื่อนำชิ้นงานไปใช้งานได้ไม่นานมักจะเกิดการแตกร้าวขึ้นกับชิ้นงานได้

วิธีการป้องกัน หรือลดผิวเสียของชิ้นงานทั้งสองประการสามารถทำได้หลายวิธี ดังเช่น

1. อบชิ้นงานในเกลือกลาง
2. โดยการควบคุมบรรยากาศห้องอบเช่นปล่อยแก๊สที่ไม่ทำปฏิกิริยากับผิวชิ้นงาน แก๊สที่นิยมใช้คือแก๊สไนโตรเจน สำหรับแม่พิมพ์เกรด SKD 11 และ SKD 61 ส่วนใหญ่จะอบในเตาสุญญากาศ เพื่อป้องกันผิวเสียกับชิ้นงานแม่พิมพ์
3. บรรจุชิ้นงานลงในกล่องสเตนเลสใส่ถ่านหุงต้มตำหยาบ ๆ หรือเศษขี้กลึงเหล็กหล่อลงไปพร้อมกับชิ้นงานเล็กน้อย จากนั้น ปิดฝาผนึกด้วยดินทนไฟ หรือดินเหนียว แล้วจึงนำชิ้นงานไปอบตามขบวนการ
4. การเผื่อขนาดไว้สำหรับการเจียรนัยผิวเสียทิ้งในภายหลัง

6.1.5.4 ข้อแนะนำขั้นตอนการปฏิบัติงานชุบแข็งและอบคืนตัว

1. ขั้นตอนผูกชิ้นงานด้วยลวด เพื่อสะดวกในการเกี่ยวชิ้นงานขึ้นชุบแข็ง
2. เตรียมชิ้นงานใส่กล่อง ใส่ผงถ่านที่ใช้สำหรับการเสริมคาร์บอนที่ผิว 3-4 กำมือ ผงถ่านจะช่วยให้ผิวชิ้นงานไม่เกิดสะเก็ดร่อน และไม่เสียคาร์บอนที่ผิว
3. ปิดฝากล่อง อุดด้วยปูนทนไฟ เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปทำปฏิกิริยากับผิวชิ้นงาน
4. นำชิ้นงานเข้าเตาอบ ตั้งอุณหภูมิอุ่นที่ 815°C เมื่ออุณหภูมิถึงอบแช่ไว้ 40 นาที ความจริงควรอบแช่ 25-30 นาที แต่เนื่องจากชิ้นงานใส่กล่อง จึงต้องเผื่อเวลากล่องด้วย
5. เมื่ออุ่นชิ้นงานแล้วปรับไปที่อุณหภูมิชุบแข็งระหว่าง 1000-1025°C เวลาอบแช่ 35 นาทีคำนวณมาจากเวลาอบชิ้นงานประมาณ 25 นาที เผื่อกล่องอีก 10 นาที ที่ใช้เวลาน้อยกว่าเวลาอุ่นเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงเหล็กจะนำความร้อนได้ดีขึ้น
6. เมื่อถึงเวลาที่กำหนด นำชิ้นงาน 10 ชิ้น จุ่มชุบในน้ำมันและอีก 10 ชิ้น นำมาแขวนไว้ โดยใช้พัดลมเป่า
7. เมื่อชิ้นงานเย็นพอที่จะวัดความแข็งได้ ให้นำชิ้นงานมาวัดความแข็งหลังการชุบแข็งทั้งหมด
8. นำชิ้นงานมาอบคืนตัวที่ 205°C เวลาอบแช่ 2 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยเย็นตัวในอากาศ แล้ววัดความแข็งเปรียบเทียบระหว่าง ชิ้นงานหลังชุบแข็งไม่ได้คืนไฟ กับความแข็งชิ้นงานชุบลมอบคืนตัวและชิ้นงานชุบน้ำมันอบคืนตัว เพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าความแข็งชิ้นงานที่ชุบด้วยสารชุบที่ต่างกัน

แบบทดสอบประจำหน่วยที่ 6

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. แล้วเผาแช่ไว้ระยะหนึ่ง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ ภายในเตาจนถึงระดับอุณหภูมิห้องหมายถึงกรรมวิธีใด
   - ก. การอบให้อ่อน (Annearing)
   - 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. สารจุ่มชุบเหล็กกล้าคาร์บอน คือข้อใด
   - ก. ลม
   - ข. น้ำ
   - ค. น้ำมัน
   - ง. ไนโตรเจน

7. การจุ่มชุบเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยน้ำให้รีบนำชิ้นงานขึ้นขณะที่ชิ้นงานยังอุ่นอยู่ โดยมีอุณหภูมิประมาณเท่าใด

ก. 300-350°C

ข. 250-280°C

ค. 180-220°C

ง. 60-120°C

8. ชิ้นงานชุบแข็งเกิดการแตกร้าว เนื่องมาจากสาเหตุใด

ก. เวลาอุ่นชิ้นงานยาวนานเกินไป

ข. อุณหภูมิภายในเตาชุบไม่เหมาะสม

ค. ตัวชิ้นงานเกิดการแตกร้าวก่อนชุบแข็ง

ง. การปล่อยชิ้นงานให้เย็นตัวในสารชุบจนอุณหภูมิต่ำเกินไป

9. ข้อใด**ไม่ใช่**สาเหตุที่ชิ้นงานเกิดการคดงอภายหลังการชุบแข็ง

ก. ไม่มีการอบคลายความเค้นของชิ้นงานก่อนการชุบแข็ง

ข. วางชิ้นงานภายในเตาอบไม่ถูกต้อง

ค. ลักษณะการจุ่มชุบไม่ถูกต้อง

ง. ออกแบบชิ้นงานไม่เหมาะสม

10. การป้องกันอย่างง่ายเพื่อลดผิวเสียของชิ้นงานภายหลังชุบแข็งคือข้อใด

ก. การลดอุณหภูมิในการชุบแข็ง

ข. การเพิ่มอุณหภูมิในการชุบแข็ง

ค. การเผื่อขนาดไว้เพื่อเจียระไนผิวเสียทิ้ง

ง. การใส่ผงถ่านเข้าไปในเตาชุบแข็ง