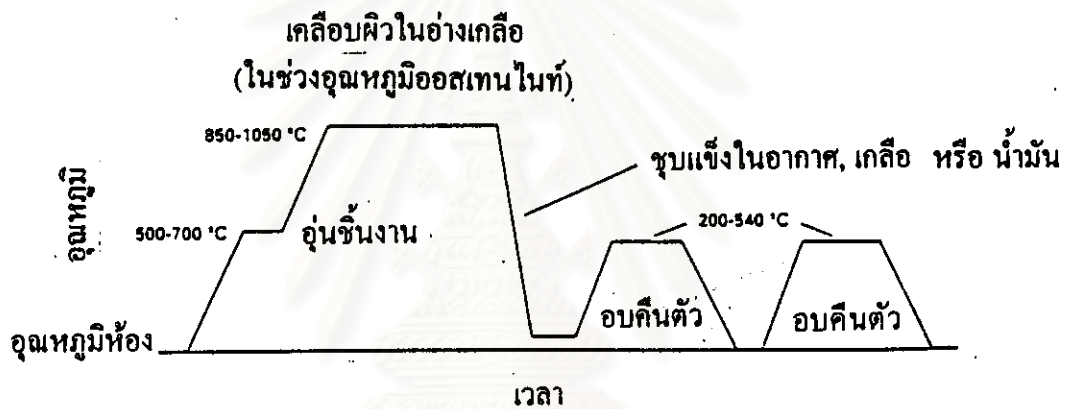


บทที่ 2

ปรีทัศน์วรรณกรรม

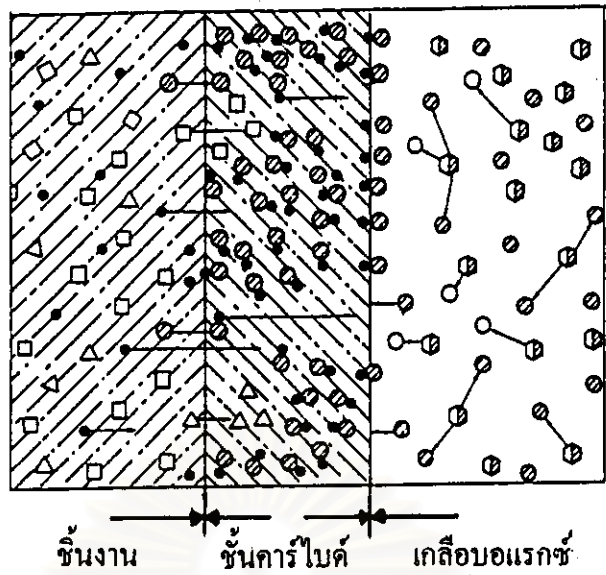
กระบวนการ TD เป็นวิธีการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเคลือบและแพร์ซิมด้วยปฏิกิริยาทางความร้อน ขั้นตอนทั่วไปของการอบชุบความร้อนในกระบวนการ TD สามารถแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนทั่วไปของการอบชุบความร้อนในกระบวนการ TD ⁽³⁾

การเคลือบผิวชิ้นงานด้วยกระบวนการ TD มีการอุ่น (preheat) ชิ้นงานก่อนการเคลือบผิวให้เป็นชั้นคาร์ไบด์เพื่อลดการบิดงอ (distortion) การเคลือบผิวทำในช่วงอุณหภูมิ 850 ถึง 1050 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิออสเทนไนท์ (austenitizing temperature) ของเหล็กกล้าผสมต่ำ เหล็กกล้าคาร์บูไรซิ่ง และเหล็กกล้าเครื่องมือ การชุบแข็งและอบคืนตัว (temper) เนื้อโลหะพื้นสามารถทำได้ทันทีภายหลังการเคลือบผิว

หลักการของการเกิดชั้นเคลือบแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 ผงเฟอร์โรอัลลอยที่เติมลงในอ่างเกลือละลายอยู่ในเกลือบอแรกซ์หลอมเหลว ทำให้อะตอมหรือไอออนของธาตุที่จะฟอร์มคาร์ไบด์กระจายอยู่ในเกลือบอแรกซ์และรวมตัวกับอะตอมของธาตุคาร์บอนที่แพร์ซิมจากเนื้อโลหะมาที่ผิวเกิดเป็นชั้นคาร์ไบด์ขึ้น และชั้นคาร์ไบด์ค่อยๆหนาขึ้นตามปริมาณคาร์บอนที่แพร์ซิมอย่างต่อเนื่อง



- ผงเฟอร์ไรต์ลอย
- ธาตุคาร์บอน
- ▲ ธาตุผสม
- ⊖ ธาตุฟอร์มคาร์ไบด์
- ธาตุเหล็ก
- ธาตุผสม

รูปที่ 2.2 หลักการของการเกิดเกลือชั้นคาร์ไบด์บนผิวเหล็กกล้าด้วยกระบวนการ TD⁽³⁾

เนื่องจากเนื้อโลหะมาที่ผิวชั้นเกลือที่เกิดขึ้นก่อน ในชั้นเกลือคาร์ไบด์อาจมีธาตุผสมของเนื้อเหล็กและธาตุเหล็กบางส่วนแพร่ซึมออกมา ความหนาของชั้นเกลือที่ได้ขึ้นกับอุณหภูมิของอ่างเกลือ เวลาในการเคลือบผิว ชนิดของวัสดุที่นำมาเคลือบและชนิดของชั้นคาร์ไบด์

H.C. Child, S.A. Plumb และ J.J. McDermott⁽⁴⁾ ศึกษาการละลายของเฟอร์โรวานเดียมในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลว พบว่าวานเดียมในเฟอร์โรวานเดียมถูกออกซิไดซ์และละลายอยู่ในเกลือบอแรกซ์ในรูปของออกไซด์ ในกรณีที่วานเดียมละลายอยู่ในรูปของ V_2O_5 ซึ่งเป็นออกไซด์ที่มีเสถียรภาพน้อย (ค่าพลังงานอิสระในการเกิดออกไซด์ -109 กิโลแคลอรีต่อกรัมโมลของวานเดียม) สามารถเกิดเป็นชั้นวานเดียมคาร์ไบด์บนผิวชั้นงาน ส่วนกรณีที่วานเดียมละลายอยู่ในรูป V_2O_5 (vanadium pentoxide) เกิดขึ้นในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนสูงและเป็นออกไซด์ที่มีเสถียรภาพสูง (ค่าพลังงานอิสระในการเกิดออกไซด์ -124 กิโลแคลอรีต่อกรัมโมลของวานเดียม) สามารถเกิดได้ในอ่างเกลือบอแรกซ์ขนาดเล็ก ไม่สามารถรวมตัวกับอะตอมคาร์บอนเกิดเป็นชั้นคาร์ไบด์ได้ทันที ค่าความสามารถในการละลายของธาตุวานเดียม ในโอเบียมและโครเมียม ในรูปของออกไซด์ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่อุณหภูมิต่างๆกัน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสามารถในการละลายของสารที่ใช้ฟอร์มคาร์ไบด์ในบอแรกซ์หลอม
เหลวที่อุณหภูมิ 900 ถึง 1050°C⁽⁴⁾

อุณหภูมิ (°C)	วานาเดียม (wt%)	ไนโอเบียม (wt%)	โคโรเมียม (wt%)
900	1.4	-	1.4
950	1.8	3.5	3.6
1000	2.4	-	-
1050	2.8	3.9	4.5

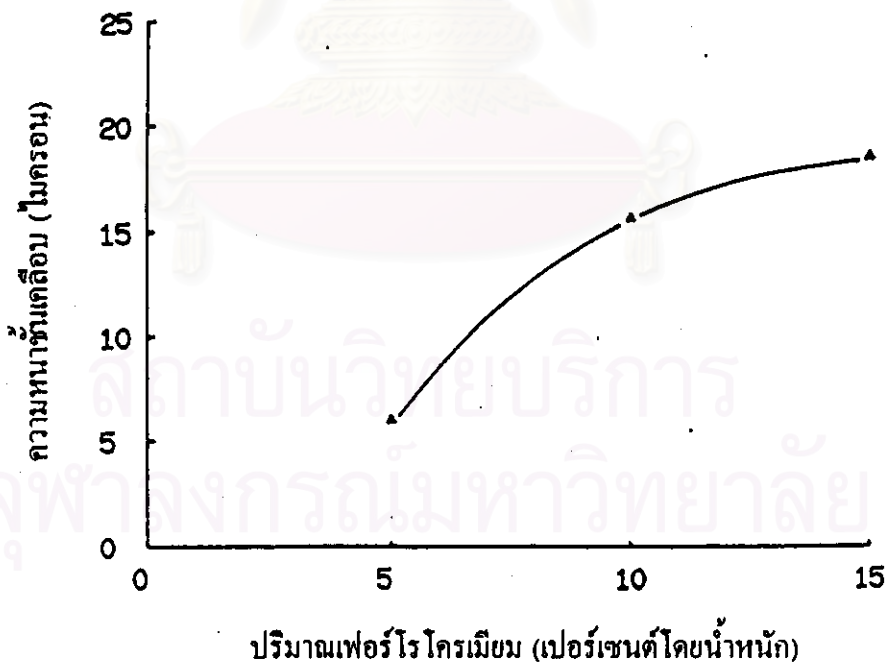
T. Arai และ S. Harper⁽²⁾ ได้กล่าวถึงกรณีใช้ออกไซด์ของธาตุที่ต้องการเกิดเป็นชั้นคาร์ไบด์เติมลงในอ่างเกลือบอแรกซ์ในกระบวนการเคลือบผิว TD จำเป็นต้องเติมสารที่ทำหน้าที่เป็นรีดิวเซอร์ ซึ่งสารที่ใช้เป็นรีดิวเซอร์ที่ยกตัวอย่างไว้ คือ โบรอนคาร์ไบด์และอะลูมิเนียม เช่น กรณีที่ใช้สาร V_2O_5 เป็นสารให้วานาเดียมเพื่อให้เกิดเป็นชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์บนผิวชิ้นงาน จำเป็นต้องเติม B_4C ลงไปจำนวนหนึ่ง เพื่อทำหน้าที่รีดิวซ์ V_2O_5 ให้อยู่ในรูปที่พร้อมทำปฏิกิริยากับอะตอมคาร์บอนที่แพร่ซึมจากเนื้อเหล็กเกิดเป็นชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์

ประสงค์ และคณะ⁽⁵⁾ ศึกษาอิทธิพลของอะลูมิเนียมต่อการเกิดชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์บนผิวเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 ด้วยกระบวนการ TD ในอ่างเกลือที่เติมเฟอร์โรวานาเดียมผสมในอัตราส่วน 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าชิ้นงานที่จุ่มลงในอ่างเกลือที่เติมอะลูมิเนียมเกิดชั้นเคลือบขึ้น ส่วนชิ้นงานที่จุ่มลงในอ่างเกลือที่ไม่เติมอะลูมิเนียมไม่เกิดชั้นเคลือบขึ้น และคาดว่าอะลูมิเนียมที่เติมลงในอ่างเกลืออาจทำหน้าที่เป็นสารรีดิวเซอร์ แสดงว่าวานาเดียมละลายอยู่ในเกลือบอแรกซ์อยู่ในรูปของ V_2O_5 และจำเป็นที่ต้องใช้สารรีดิวเซอร์เพื่อให้ได้ชั้นวานาเดียมคาร์ไบด์

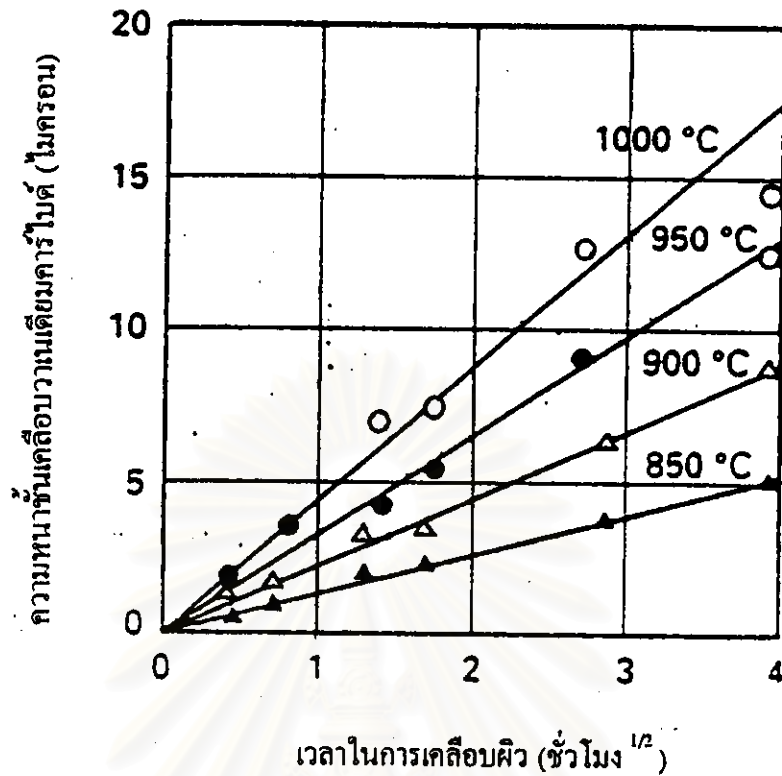
การเคลือบผิวเป็นชั้นคาร์ไบด์ด้วยกระบวนการ TD นั้น ปริมาณเฟอร์โรอัลลอยของธาตุที่จะฟอร์มคาร์ไบด์ที่ใช้ ต้องมีปริมาณมากเกินกว่าปริมาณที่เข้าร่วมตัวกับคาร์บอนที่แพร่ซึมจากเนื้อชิ้นงาน สำหรับการเคลือบผิวเป็นวานาเดียมคาร์ไบด์ T. Arai และ S. Harper⁽²⁾ แนะนำให้ใช้ปริมาณเฟอร์โรวานาเดียมมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก หรือ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ V_2O_5 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ B_4C ถ้าปริมาณเฟอร์โรอัลลอยที่ใช้ไม่เพียงพอหรือ

อ่างเกลือที่ใช้ไม่อ้อมตัวด้วยสารที่จะฟอร์มคาร์ไบด์ ทำให้ชั้นเคลือบที่ได้มีความหนาลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงอิทธิพลของปริมาณเฟอร์โรโครเมียมที่ใช้ต่อความหนาชั้นเคลือบโครเมียมคาร์ไบด์ที่ได้ในการเคลือบผิวเหล็กกล้า En8 ที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

T. Arai และ S. Harper ⁽²⁾ ได้แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาต่อความหนาของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ ในการเคลือบผิวเหล็กกล้าเครื่องมือ W1 โดยใช้อ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมผงเฟอร์โรวานาเดียม 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดังแสดงในรูปที่ 2.4 พบว่าความหนาของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามรากที่ 2 ของเวลาที่ใช้ในการเคลือบผิวและเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ประสงค์ และคณะ ⁽⁵⁾ ได้ทดลองเคลือบผิวเหล็กกล้า D2 เป็นวานาเดียมคาร์ไบด์ในอ่างเกลือบอแรกซ์ที่เติมเฟอร์โรวานาเดียม 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและอะลูมิเนียม 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เคลือบผิวชิ้นงานที่อุณหภูมิ 1000°C โดยแปรผันเวลาที่ใช้ในการเคลือบ 1 ถึง 9 ชั่วโมง แสดงว่าอัตราการเกิดชั้นเคลือบถูกควบคุมด้วยอัตราการแพร่ซึมของอะตอมคาร์บอน

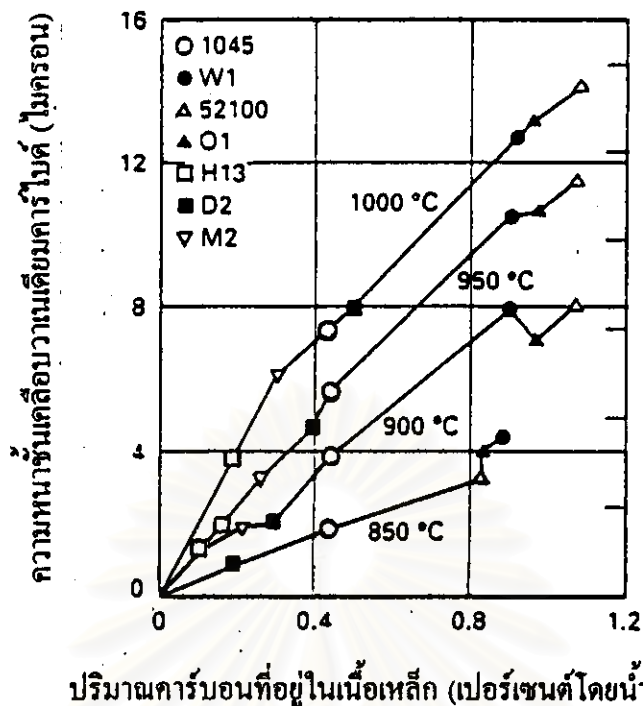


รูปที่ 2.3 อิทธิพลของปริมาณเฟอร์โรโครเมียมที่ใช้ต่อความหนาชั้นเคลือบโครเมียมคาร์ไบด์ ในการเคลือบผิวเหล็กกล้า En8 ที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ⁽⁴⁾

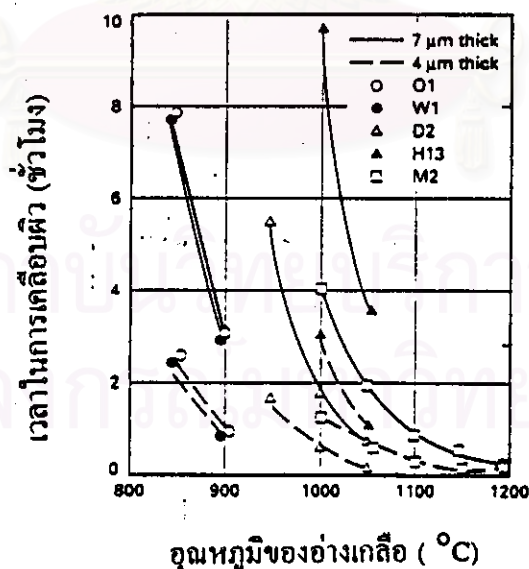


รูปที่ 2.4 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการเคลือบผิวเหล็กกล้า W1 ต่อความหนาของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ โดยเติมเฟอร์โรวานาเดียม 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก⁽²⁾

T. Arai⁽⁶⁾ ได้แสดงผลของปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อพื้นออสเทนไนท์ (austenite matrix) มีผลกระทบต่อความหนาชั้นเคลือบคาร์ไบด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 พบว่าความหนาของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์เพิ่มขึ้นตามปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอนที่อยู่ในเนื้อพื้นของเหล็กกล้าชนิดต่างๆ และตามอุณหภูมิการเคลือบที่สูงขึ้น ในกรณีของเหล็กกล้าผสม อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเพิ่มปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อพื้นออสเทนไนท์ มีผลเพิ่มอัตราการแพร่ซึมของอะตอมคาร์บอนในเนื้อเหล็กและในชั้นคาร์ไบด์ทำให้ได้ชั้นเคลือบคาร์ไบด์หนามากขึ้น นอกจากนี้ T. Arai และ S. Harper⁽²⁾ ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอ่างเกลือและเวลาการเคลือบผิวที่ใช้เพื่อให้ชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์สำหรับเหล็กกล้าชนิดต่างๆ มีความหนาเป็น 4 และ 7 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 ผลของปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อพื้นของเหล็กกล้าชนิดต่างๆ ต่อความหนาชั้นเคลือบคาร์ไบด์ โดยเคมเฟอร์โรวานเดียมลงในอ่างเกลือบอแรกซ์ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เวลาในการเคลือบ 4 ชั่วโมง⁽⁶⁾



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอ่างเกลือและเวลาการเคลือบผิวที่ใช้ เพื่อให้ความหนาของชั้นเคลือบคาร์ไบด์มีค่าเป็น 4 และ 7 ไมครอน ของเหล็กกล้าชนิดต่างๆ⁽²⁾

กระบวนการเคลือบผิว TD เป็นกระบวนการเคลือบผิววัสดุที่อุณหภูมิสูงในช่วง $850-1050^{\circ}\text{C}$ เวลาที่ใช้ในการเคลือบ 1-10 ชั่วโมง เป็นไปได้ว่า ชิ้นงานที่นำมาทำการเคลือบผิวเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด (dimension change or size distortion) และการบิดเบี้ยวรูปร่าง (shape distortion) ภายหลังจากการเคลือบผิว

การเปลี่ยนแปลงขนาด เกิดจากความหนาชั้นเคลือบที่เกิดขึ้นและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชิ้นงานในระหว่างการอบชุบความร้อนของเนื้อพื้นวัสดุ เนื่องจากออสเทนไนต์มีปริมาตรจำเพาะน้อยกว่ามาร์เทนไซต์ทำให้มีความแตกต่างของปริมาตรจากการเปลี่ยนโครงสร้างหรือเกิดจากความแตกต่างของปริมาณออสเทนไนต์เหลือค้างทั้งก่อนและหลังทำกระบวนการ TD ในกรณีนี้ T. Arai และ S. Harper⁽³⁾ แนะนำให้ควบคุมปริมาณออสเทนไนต์เหลือค้างทั้งก่อนและหลังทำกระบวนการ TD ให้เท่ากัน หรือทำให้ปริมาณออสเทนไนต์เหลือค้างเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ ทั้งก่อนและหลังการเคลือบผิว ซึ่งสำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือ D2 สามารถทำได้โดยอบคืนตัวที่อุณหภูมิในช่วง 520 ถึง 535°C เพื่อสลายออสเทนไนต์เหลือค้าง

การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เกิดจากความเค้นเนื่องจากความร้อนในกระบวนการและจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โครงสร้างของชิ้นงานที่ขึ้นกับทิศทาง (anisotropy) และความเค้นที่ตกค้างในเนื้อวัสดุ ซึ่งสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างให้น้อยลงได้โดย ให้อุ่นชิ้นงานเป็นขั้นๆ เพื่อให้มีการปรับอุณหภูมิทั้งภายนอกและภายในชิ้นงานให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดก่อนให้ความร้อนถึงอุณหภูมิการชุบแข็ง ลดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานให้น้อย ใช้เหล็กกล้าเครื่องมือที่สามารถชุบแข็งด้วยอากาศ และคลายความเค้นเนื่องจากการกลึงและการขัดผิว

R. Wilson⁽⁷⁾ ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดของเหล็กกล้าเครื่องมือ O1, O2, D2, D3, M2 และ M3 ที่มีรูปทรงลักษณะเป็นขั้นบันได (step-form punch) และลักษณะเป็นวงแหวน โดยทำการอบชุบความร้อนที่สภาวะต่างๆกัน และวัดขนาดชิ้นงานก่อนและภายหลังการอบคลายความเค้นเนื่องจากการกลึงขึ้นรูป รวมทั้งวัดขนาดภายหลังการชุบแข็งและอบคืนตัว พบว่า ชิ้นงานที่ต้องการให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้อยที่สุดจำเป็นต้องอบคลายความเค้นหลังการกลึงขึ้นรูปหยาบหรือก่อนการแต่งผิวสุดท้าย และสำหรับเหล็กกล้า D2 การอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 520°C 2 ครั้งภายหลังการอบชุบความร้อน ให้ผลการเปลี่ยนแปลงขนาดชิ้นงานที่น้อยที่สุด