บทที่ 2
กระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน

การชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน(Hot-dip galvanizing) เป็นการทำให้เหล็กมีความต้านทานต่อการเกิดสนิม โดยการจุ่มชิ้นงานเหล็กซึ่งถูกทำความสะอาดผิวลงไปในสังกะสีที่หลอมเหลว สังกะสีที่หลอมเหลวจะทำปฏิกิริยากับเนื้อเหล็กเกิดเป็นโลหะผสมเคลือบผิวของเหล็กไว้ หลักการนี้มีมาตั้งแต่อดีต และจากการค้นคว้าวิจัยที่ผ่านมาในหลายๆแง่มุมของกระบวนการชุบทำให้การชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนในปัจจุบันสามารถควบคุมได้ในทางเทคนิค

เนื่องจากเหล็กที่มีคราบรอยเปื้อนสนิมหรือคราบน้ำมันไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสังกะสีที่หลอมเหลว เหล็กที่จะนำมาชุบจึงควรผ่านการทำความสะอาดผิว เช่น การต้มล้างไขมัน การยิงทราย และการจุ่มกรดกำจัดสนิม หลังจากนั้นชิ้นงานเหล็กจะถูกนำไปจุ่มฟลักซ์เพื่อทำให้สังกะสีที่หลอมเหลวมาเกาะติดและทำปฏิกิริยากับเนื้อเหล็กในขณะที่จุ่มลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลว ในขณะที่ดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อสังกะสีหลอมเหลวส่วนเกินจะไหลกลับเข้าไปในบ่อชุบ ชิ้นงานที่ผ่านการชุบด้วยสังกะสีแล้วนี้จะถูกทำให้เย็นโดยการจุ่มลงในน้ำ หรือปล่อยให้เย็นในอากาศ

กระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนนี้มี 2 กระบวนการที่แตกต่างกันคือ

ก) กระบวนการแบบเปียก (Wet Process) ชิ้นงานที่ผ่านการจุ่มกรดแล้ว จะนำมาล้างน้ำแล้วจุ่มลงในฟลักซ์ที่ลอยอยู่บนผิวหน้าของสังกะสีที่หลอมเหลว

ข) กระบวนการแบบแห้ง (Dry Process) ชิ้นงานที่ผ่านการจุ่มกรดแล้ว จะนำมาล้างน้ำแล้วนำไปจุ่มลงในฟลักซ์ จากนั้นปล่อยให้ฟลักซ์แห้งบนชิ้นงาน หลังจากนั้นจึงนำชิ้นงานไปจุ่มลงในบ่อสังกะสีที่หลอมเหลวที่ไม่มีอะไรปกคลุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.1 จุดประสงค์ของการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน

จุดประสงค์ของการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนคือเพื่อป้องกันการเกิดสนิม ทั้งนี้เป็นเพราะเหล็กจะเกิดเป็นสนิมได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศ คือ เกิดเป็นเหล็กออกไซด์ขึ้น และสนิมของเหล็กนี้มีลักษณะร่วน หลุดร่วงจากผิวได้ง่าย ซึ่งไม่ได้เป็นการป้องกันเหล็กไม่ให้เกิดสนิมต่อไปอีก สนิมจะเกิดขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งก็คือเกิดการกัดกร่อนไปเรื่อยๆนั่นเอง และเนื้อเหล็กจะค่อยๆหมดไป วิธีการหนึ่งในการป้องกันการเกิดสนิมก็คือ การทาผิวของชิ้นงานเหล็กด้วยสารที่ป้องกันความชื้นและอากาศไม่ให้เข้าไปสัมผัสกับเนื้อเหล็ก เช่น การทาสี การชโลมน้ำมัน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการทาสีก็ป้องกันความชื้นไม่ได้อย่างแท้จริงและเมื่อใช้ไปนานๆ สีก็จะลอก เนื้อโลหะก็เริ่มเกิดสนิมขึ้น

ผิวเคลือบสังกะสีที่ได้จากการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนจะป้องกันผิวหน้าของเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการทาสี เมื่อนำเหล็กที่ผ่านการทำความสะอาดผิวมาแล้วไปจุ่มลงในสังกะสีที่หลอมเหลวจะเกิดผิวเคลือบขึ้นซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสังกะสีที่หลอมเหลวกับผิวเหล็ก ผิวเคลือบนี้เป็นโลหะผสมและมีความทนทานทางกายภาพมากกว่าการทาสี

นอกจากนี้ถึงแม้ว่าจะมี รอยขีด รอยข่วน ผิวเคลือบสังกะสีก็ยังสามารถป้องกันเหล็กจากการกัดกร่อนได้ ทั้งนี้เป็นเพราะแรงเคลื่อนไฟฟ้าเคมีของสังกะสีต่ำกว่าของเหล็กนั่นหมายถึงสังกะสีจะถูกกัดกร่อนไปก่อนเหล็ก ดังนั้นจึงทำหน้าที่ป้องกันเหล็กไม่ให้เกิดการกัดกร่อนได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 อายุการใช้งานของผิวเคลือบ

อายุการใช้งานของผิวเคลือบสังกะสีขึ้นอยู่กับเนื้อมวลหรือความหนาของผิวเคลือบและสภาพแวดล้อมในการใช้งาน ที่สภาพแวดล้อมในการใช้งานเดียวกันผิวเคลือบบางจะมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าผิวเคลือบหนา

เนื้อมวลผิวเคลือบมักแสดงอยู่ในรูปของน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ ตัวอย่างเช่น 305 กรัม/ตร.เมตร ต่อด้าน ซึ่งเทียบเท่ากับความหนา 43 ไมครอนของผิวเคลือบสังกะสี หรือผิวเคลือบขนาด 610 กรัม/ตร.เมตร เทียบเท่ากับความหนา 85 ไมครอน

อายุการใช้งานของผิวเคลือบขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการใช้งานด้วย เช่น ผิวเคลือบหนา 85 ไมครอน ใช้งานกลางแจ้งเมื่อนำไปใช้งานที่สภาพแวดล้อมต่างๆจะมีอายุการใช้งานดังนี้[1]

ชนบท	34 ปี
ชายทะเล	23 ปี
เขตอุตสาหกรรม	19 ปี

2.1.3 วัสดุที่เหมาะสมในการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน[1]

โดยปกติแล้วเหล็กที่ใช้สำหรับงานโครงสร้างสามารถนำมาชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนได้ แต่อย่างไรก็ตามเหล็กที่จะนำมาชุบสังกะสีควรมีส่วนผสมดังนี้

เหล็กกล้า	คาร์บอนไม่เกิน	0.25%
	ซิลิกอน	0.04-0.12%
	แมงกานีสไม่เกิน	1.35%
	ฟอสฟอรัสไม่เกิน	0.05%

ซิลิกอน คือ ธาตุในเหล็กกล้าธาตุที่มีผลต่อความหนาของผิวเคลือบมากที่สุด ซึ่งควรมีค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.12% เพราะจะทำให้ได้ผิวเคลือบที่หนาที่สุดและเกิดผิวเคลือบได้เร็วที่สุด ปริมาณซิลิกอนอาจมีค่ามากถึง 0.2% แต่อย่างไรก็ตามก็ไม่ควรเกิน 0.3% เพราะจะทำให้ไม่เกิดชั้นของโลหะผสมของเหล็กและสังกะสี ผิวเคลือบจะเปราะและแตกได้

---

[1] Galvanizers Association. General galvanizing practice. (n.p.), 1981, pp. 9-10.

เหล็กหล่อ	ซิลิกอนไม่เกิน	3%
	ฟอสฟอรัสไม่เกิน	1%

โดยปกติแล้วเหล็กหล่อจะมีส่วนผสมดังนี้

คาร์บอน	3.3-3.5%
ซิลิกอน	2.0-2.5%
แมงกานีส	0.6-0.9%
ฟอสฟอรัส	0.05%
กำมะถัน	0.03%

สำหรับเหล็กหล่อแล้วสังกะสีหลอมเหลวจะทำปฏิกิริยากับเนื้อเหล็กบริสุทธิ์ได้ยาก เนื่องจากมีธาตุคาร์บอนอยู่มาก ซึ่งธาตุคาร์บอนนี้จะเป็นตัวขัดขวางไม่ให้สังกะสีหลอมเหลวทำปฏิกิริยากับเหล็กบริสุทธิ์ได้ง่าย ดังนั้นจึงเกิดครอสน้อย แต่จะเกิดเป็นชั้นของโลหะผสมได้ง่าย สำหรับซิลิกอนในเหล็กหล่อไม่ค่อยจะมีบทบาท แต่อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณซิลิกอนมีมากกว่า 3% จะไม่เกิดปฏิกิริยาระหว่างสังกะสีหลอมเหลวกับชิ้นงานหล่อ

โดยปกติแล้วเหล็กหล่อจะมีปริมาณฟอสฟอรัสไม่เกิน 1% เนื่องจากถ้าปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 1% จะทำให้น้ำโลหะหนืดซึ่งทำการเทเข้าแบบยาก ทำให้การหล่อทำได้ยากและผิวงานจะไม่เรียบ เพราะฉะนั้นการที่ผิวเคลือบสังกะสีจะเสียเพราะมีปริมาณฟอสฟอรัสในชิ้นงานมากเกินไปนั้นเป็นไปได้ยาก

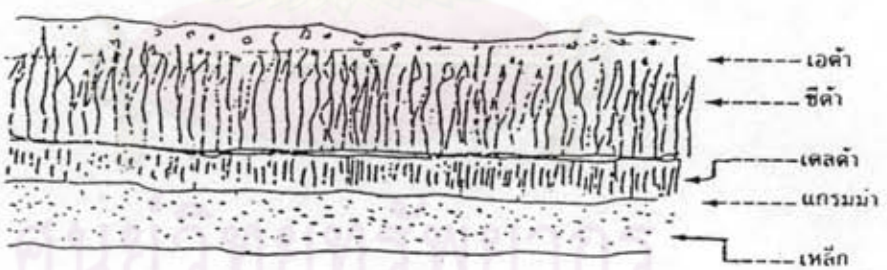
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.4 ลักษณะผิวเคลือบ

ผิวเคลือบจะแบ่งเป็นชั้นๆ ตามรูปที่ 2.1 โดยที่แต่ละชั้นจะมีส่วนผสมของสังกะสีและเหล็กต่างกันไปดังนี้

เอค้า	เป็นสังกะสี	100%		
ซีค้า	มีสังกะสี	94%	เหล็ก	6%
เคลค้า	มีสังกะสี	90%	เหล็ก	10%
แกมม่า	มีสังกะสี	75%	เหล็ก	25%

ปกติชั้นแกมม่าจะบางมาก ส่วนชั้นเคลค้าจะมีความเปราะ และความหนาของชั้นเคลค้าจะแปรผันตรงกับเวลาที่ใช้ในการจุ่มชิ้นงาน ความหนาของผิวเคลือบจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการจุ่มชิ้นงานลงบ่อชุบ เวลาที่แช่ชิ้นงานอยู่ในบ่อและความเร็วในการดึงชิ้นงานขึ้น นอกจากนี้แล้วยังขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุส่วนผสมที่มีอยู่ในชิ้นงานและความหยาบของผิวงานด้วย

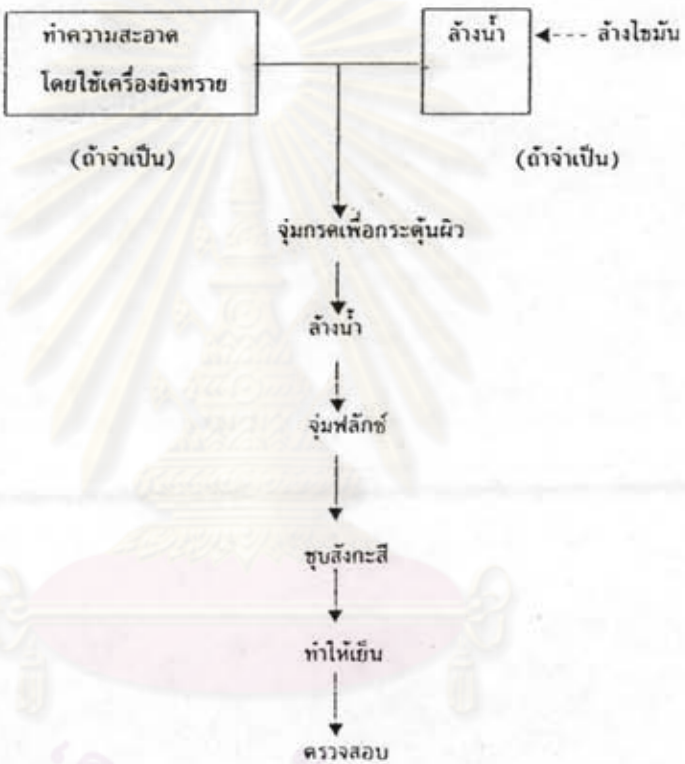


รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของผิวเคลือบสังกะสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 กระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Hot-dip galvanizing process)

กระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนประกอบไปด้วย การล้างคราบไขมัน การกำจัดสนิม การจุ่มฟลักซ์ การจุ่มสังกะสี และการกระทำภายหลังการชุบ ซึ่งได้แสดงดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน

2.2.1 การเตรียมผิวชิ้นงาน

ในกระบวนการชุบสังกะสีนั้นจำเป็นต้องมีขั้นตอนการเตรียมผิวชิ้นงาน จุดประสงค์เพื่อทำความสะอาดผิวชิ้นงานให้สามารถทำปฏิกิริยากับสังกะสีที่หลอมเหลวได้ ปกติแล้วผิวชิ้น

งานที่เปื้อนคราบไขมันหรือคราบสนิมจะไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสังกะสีที่หลอมเหลวได้ ในการเตรียมผิวชิ้นงานนั้นประกอบไปด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

ก) การล้างคราบไขมัน การล้างคราบไขมันทำได้โดยการยิงทราย หรือแช่ลงในน้ำยาล้างไขมัน สำหรับการยิงทรายมักจะทำกับชิ้นงานที่ต้องการให้มีผิวหยาบ ซึ่งมีข้อดีคือ เมื่อทำการชุบจะทำให้ได้ผิวเคลือบที่มีความหนามาก แม้จะใช้เวลาจุ่มลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลวสั้นก็ตาม ในการยิงทรายจำเป็นต้องคำนึงถึงความแข็งของเกรนของโลหะที่จะนำมาเป็นตัวยิงด้วย

สำหรับการแช่ลงในน้ำยาล้างไขมัน ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีการต้มในด่างร้อน โดยด่างที่ใช้คือโซดาไฟ 3-10% ใช้ที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาแช่ประมาณ 5-60 นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพและปริมาณของไขมัน อย่างไรก็ตามมีน้ำยาต้มล้างไขมันอีกหลายชนิดซึ่งควรผสมโดยมีสัดส่วนที่เหมาะสม ในการผสมน้ำยาล้างไขมันขึ้นมาใช้เองซึ่งมีส่วนผสมของสารเคมีเป็นหลัก เช่น โซดาไฟ จะมีอันตรายขณะทำการผสม สารเคมีอาจจะกระเด็นมาถูกผิวหนังทำให้ผิวหนังไหม้ได้

การเตรียมสารละลายโซดาไฟทำได้โดยการเติมโซดาไฟ 4.5-6.8 กิโลกรัม ลงในน้ำ 4.5 ลิตร ในการต้มล้างด่างควรแขวนชิ้นงานลงในด่างร้อน เพื่อให้น้ำด่างสัมผัสทุกส่วนของชิ้นงาน ผิวหน้าของด่างควรทำความสะอาดโดยกวาดพวกเศษสิ่งสกปรกที่ลอยอยู่ออกไป เมื่อทำการล้างด้วยด่างร้อนแล้ว ก็ควรนำชิ้นงานไปล้างด้วยน้ำร้อนโดยทันที แล้วล้างด้วยน้ำเย็นอีกครั้ง ถ้าชิ้นงานที่ผ่านการล้างด้วยด่างร้อนแล้วไม่นำมาล้างด้วยน้ำเมื่อนำลงไปจุ่มลงในสารละลายกรดด่างที่ติดมากับผิวของชิ้นงานจะสามารถทำให้สารละลายกรดเสื่อมสภาพได้

ข) การกำจัดสนิม ชิ้นงานที่นำมาชุบสังกะสีมักจะมีคราบสนิม ซึ่งสามารถกำจัดได้โดยการจุ่มลงในสารละลายกรด กรดที่ใช้อย่างแพร่หลายมี 2 ชนิดคือ กรดกำมะถันกับกรดเกลือ ซึ่งปกติแล้วจะใช้กรดเกลือกับชิ้นงานที่ประกอบเสร็จแล้ว และใช้กรดกำมะถันกับชิ้นงานที่ยังไม่ได้ประกอบ เช่น แผ่นเหล็ก หรือ ท่อ เป็นต้น สำหรับกรดกำมะถันนั้นเวลาใช้งานต้องให้ความร้อนถึง 60-65 องศาเซลเซียส เพื่อให้การกระตุ้นผิวเกิดขึ้นดี

สำหรับการกระตุ้นผิวด้วยกรดกำมะถันนั้น จะไม่สามารถนำชิ้นงานไปจุ่มลงในฟลักซ์ได้ทันที ต้องนำไปล้างน้ำก่อนแล้วค่อยจุ่มฟลักซ์ อย่างไรก็ตามกรดกำมะถันก็มีข้อดี คือ อัตราการกระตุ้นผิวมีมากกว่าการใช้กรดเกลือที่ไม่ร้อน

การชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนโดยทั่วไป จุดประสงค์ของการจุ่มกรดก็คือ การกำจัดคราบสนิม ในกรณีที่จุ่มกรดนานเกินไปจะส่งผลให้ผิวชิ้นงานหยาบ และเมื่อนำไปชุบสังกะสีผิวเคลือบที่ได้จะมีลักษณะพอกหนาได้ จึงจำเป็นต้องใส่สารยับยั้งลงไปในสารละลายกรด สารยับยั้งจะไประงับการทำปฏิกิริยาระหว่างเนื้อกรดกับเนื้อเหล็กที่สะอาดแล้ว โดยที่จะไม่มีผลต่อการกำจัดสนิม ดังนั้นส่วนของชิ้นงานที่ถูกกัดสนิมออกแล้วจะถูกป้องกันจากการกัดกร่อนอีก ในขณะที่สนิมในส่วนที่ยังค้างอยู่ก็จะถูกกำจัดออกไป วิธีนี้จะทำให้ได้ผิวชิ้นงานที่เรียบกว่า เมื่อนำไปชุบสังกะสีก็จะไม่มีสังกะสีมาพอกหนาบางจุด นอกจากนี้สารยับยั้งยังช่วยลดปริมาณของเหล็กที่สะสมอยู่ในสารละลายกรดจึงเป็นการยืดอายุการใช้งานของสารละลายกรดอีกด้วย

ในขณะที่จุ่มชิ้นงานลงไปในสารละลายกรดควรเขย่าชิ้นงานสัก 2-3 ครั้ง จุดประสงค์เพื่อให้ชั้นของสารละลายกรดที่มาสัมผัสกับชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้ากวนกรดมากเกินไปก็จะมีไอกรดฟุ้งออกมาได้

ในกรณีที่ใช้สารละลายกรดเกลือจะเกิดไอกรดขึ้น เนื่องจากความชื้นในบรรยากาศสูง จึงควรลดไอกรดเหล่านี้โดยการควบคุมความเข้มข้นของสารละลายกรดให้ถูกต้อง และไม่ใช้กรดที่มีความเข้มข้นมากเกินไป ความเข้มข้นของกรดเกลือที่ใช้ไม่ค่อยสำคัญมากเท่าใดนัก ถึงแม้ว่าสารละลายกรดที่ใช้จะเจือจางก็ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการกระตุ้นผิวนานไปด้วยเท่านั้น อัตราการกระตุ้นผิวควบคุมได้โดยอุณหภูมิของสารละลายกรดมากกว่าที่จะใช้ความเข้มข้น ตามปกติกรดกระตุ้นผิวที่ใช้คือกรดเกลือที่มีความเข้มข้นประมาณ 14% โดยน้ำหนัก ซึ่งได้มาจากการผสมน้ำลงไปหนึ่งต่อหนึ่งกับกรดเกลือที่ขายกันเป็นเกรดอุตสาหกรรม(ความเข้มข้นประมาณ 27.5% โดยน้ำหนัก) และควรควบคุมความเข้มข้นของกรดไว้โดยการเติมกรดใหม่ๆที่มีความเข้มข้นมากลงไป

ในขณะที่จุ่มชิ้นงานเหล็กลงในสารละลายกรด เหล็กจะละลายลงไปในสารละลายกรดทีละน้อยๆแล้วจะสะสมอยู่ จนในที่สุดสารละลายกรดที่ใช้จะหมดสภาพการใช้งาน จึงไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ ถึงแม้ว่าจะทำการเติมสารละลายกรดใหม่ลงไปอีกก็ตาม หรือกล่าวคือ ปริมาณเหล็กที่อยู่ในสารละลายกรดมีความเข้มข้น 80-100 กรัม/ลิตร ซึ่งจะเหลือกรดอิสระอยู่เพียงเล็กน้อย การกระตุ้นผิวกรดจะช้าลง แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถยืดอายุการใช้งานของสารละลายกรดออกไปอีกได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายกรด

สารละลายกรดที่ใช้ควรอยู่ในสภาพดีที่สุด ซึ่งทำได้โดยการควบคุมส่วนผสมของกรดและวิธีที่ง่ายที่สุดคือ การหาปริมาณความเข้มข้นของกรดและปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่โดยใช้อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องกังวลเรื่องการวิเคราะห์มากนัก และในปัจจุบันมีข้อกำหนดที่เข้มงวดมาก สำหรับส่วนผสมของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกไปสู่ภายนอก ปัญหานี้จะง่ายขึ้นอีกมาก ถ้ามีการควบคุมส่วนผสมของกรดในขณะทำงาน เมื่อรู้ปริมาณของกรดที่แน่นอนแล้ว จะทำให้การเติมปูนขาวหรือสารอื่นที่ทำให้กรดสะเทินมีความถูกต้องแม่นยำ

สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

- กรวยแก้ว
- กระบอกตวงขนาด 25 มล.
- กระบอกตวงขนาด 250 มล.
- บิวเรตต์ขนาด 50 มล.
- ขวดชมพู่ ขนาด 2500 มล.
- เมทิลออเรนจ์อินดิเกเตอร์
- สารละลายมาตรฐาน 0.5 นอร์มัลโซเดียมคาร์บอเนต
- ไฮโดรมิเตอร์ในช่วง 0-35 องศาโบเม
- กระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 41 หนึ่งกล่อง

การหาปริมาณกรดเกลืออิสระ

1. นำสารละลายกรดตัวอย่างมากรองแล้วถ่ายใส่กระบอกตวงให้ได้ 25 มล. พอดี

2. ถ่ายน้ำกรด 25 มล. จากสารลายละลายตัวอย่างในข้อ 1 ลงในกระบอกตวง 250 มล. เติมน้ำสะอาดลงไปให้ถึงขีด 250 มล. กวนให้เข้ากัน

3. ดูดน้ำยา 25 มล. จากขวดในข้อ 2 ถ่ายลงขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.

4. เติมเมทิลออเรจน์ 2-3 หยด สารละลายจะเป็นสีแดง

5. ติเตรตกับ 0.5 นอร์มัลโซเดียมคาร์บอเนต จนกว่าสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

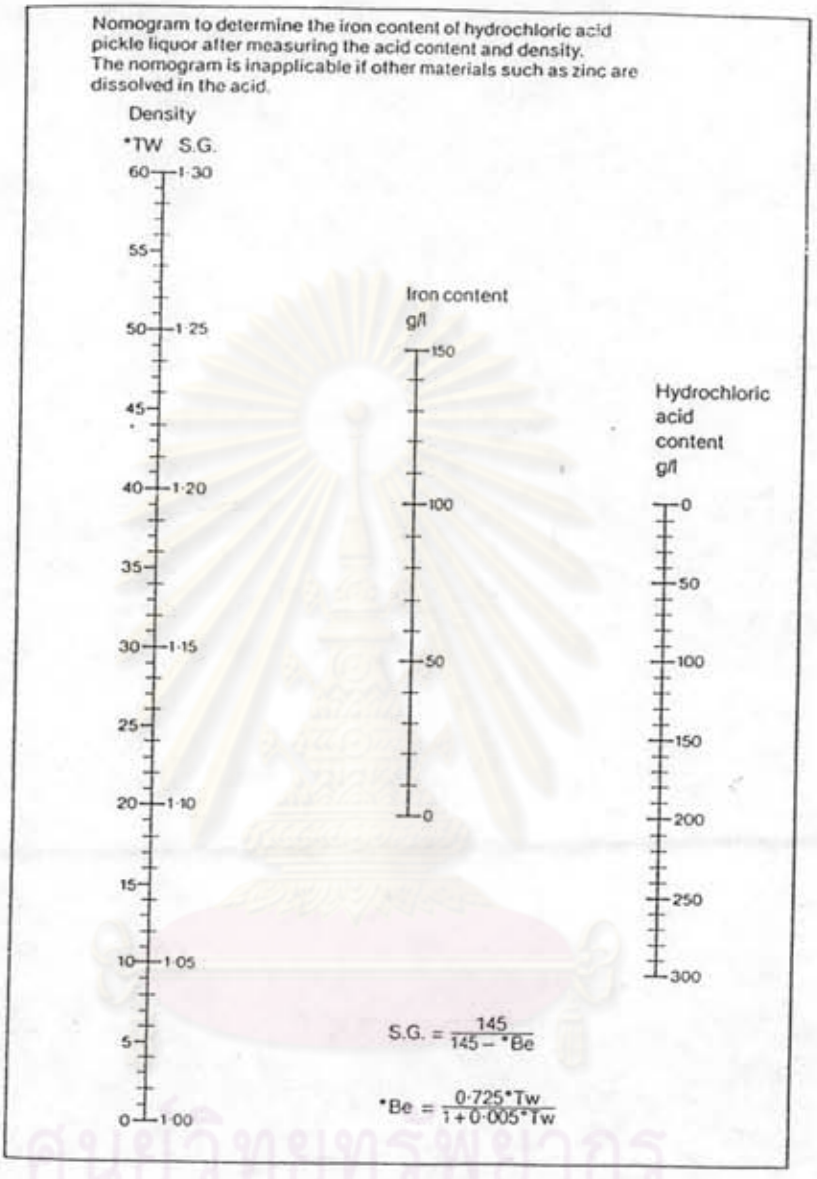
การคำนวณ ทำได้โดยทราบปริมาณของโซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้ไปเป็น Y มล. จะได้ว่าปริมาณกรดเกลือคือ Y x 7.3 กรัม/ลิตร

การหาปริมาณเหล็กในสารละลายกรดเกลือ

การหาปริมาณเหล็กในกรดกระตุ้นผิว ทำได้โดยการวัดค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายกรดตัวอย่างโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ หลังจากนั้นจึงใช้ รูปที่ 2.3 ช่วยในการวิเคราะห์ โดยใช้ไม้บรรทัดทาบระหว่างความเข้มข้นของกรดที่วิเคราะห์ได้ ตามแนวขวามือกับความถ่วงจำเพาะของกรดตามแนวซ้ายมือ ค่าที่ได้ตรงกลางคือ ปริมาณของเหล็กที่มีอยู่ในกรด

จากรูปที่ 2.3 ค่าความถ่วงจำเพาะ หมายถึง คุณสมบัติของของเหลว หรือของแข็ง ว่าสารนั้นหนักเป็นกี่เท่าของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ค่าความถ่วงจำเพาะมีชื่อย่อว่า ถ.พ. หรือ S.G. ค่าความถ่วงจำเพาะไม่มีหน่วย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.3 แผนภูมิการหาปริมาณเหล็กในกรดเกลือ[1]

ความหนาแน่นหมายถึง คุณสมบัติของสารนั้นว่าหนักเท่าใด ภายในปริมาตรที่แน่นอน เช่น 1 กรัม/ลบ.ซม. เป็นต้น ความหนาแน่นมีหน่วยที่ใช้วัดหลายอย่าง เช่น TW หมายถึง องศาทวินเดิล และ Be หมายถึง องศาโบเม

---

[1] Galvanizers Association, General galvanizing practice, p. 24.

การวัดความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์

จากความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะกับความหนาแน่นในหน่วยขององศาโบเม แสดงได้ดังสมการ

$$S.G. = 145 / (145 - Be)$$

ตัวอย่างเช่น น้ำบริสุทธิ์มีความหนาแน่นสูนย์องศาโบเม จะมีความถ่วงจำเพาะ

$$S.G. = 145 / (145 - 0)$$
$$= 1$$

ฉะนั้น น้ำมีความถ่วงจำเพาะ 1

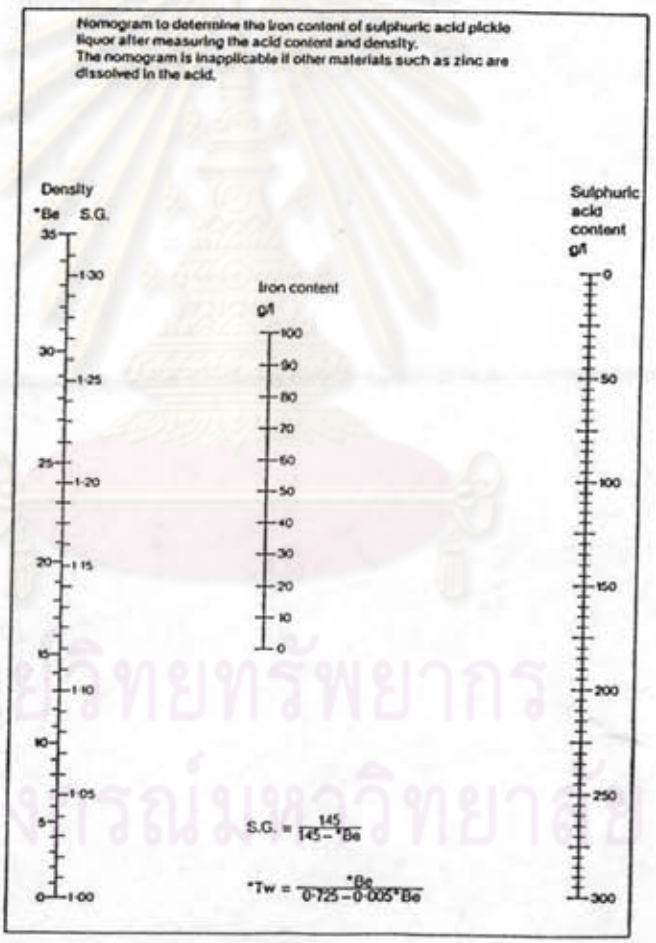
การคำนวณหาปริมาณของกรดกำมะถันอิสระ

สารละลายกรดกำมะถันที่เป็นกรดอุตสาหกรรมจะมีความเข้มข้น 75-78% การใช้กรดกำมะถันนี้ทำได้โดยการผสมให้ได้ความเข้มข้นประมาณ 10-14% ในการผสมนั้นให้ใช้น้ำเป็นตัวตั้ง และเติมกรดลงไป ความเข้มข้นของสารละลายกรดต้องรักษาไว้ให้คงที่ โดยการเติมกรดใหม่ที่มีความเข้มข้นมากลงไป

อุณหภูมิของกรดกำมะถันที่ใช้คือ 60-65 องศาเซลเซียส การพิจารณาระดับความเข้มข้นของเหล็กในกรดกำมะถันว่าควรทำการเปลี่ยนใหม่หรือไม่ จะขึ้นอยู่กับว่าจะมีอุปกรณ์ที่จะนำกรดกลับคืนมาใช้อีกหรือไม่ รวมถึงว่าความเข้มข้นของกรดที่ใช้เป็นเท่าใด และอุณหภูมิในการใช้งานด้วย ในกรณีที่ต้องการใช้สารละลายกรดแล้วทิ้งเลยก็ควรหยุดการเติมกรดใหม่ลงไปเมื่อความเข้มข้นของเหล็กมีค่าถึง 50 กรัม/ลิตร แล้วใช้งานไปเรื่อยๆจนเหล็กมีสูงถึง 80-120 กรัม/ลิตร แต่ถ้ามีอุปกรณ์ที่สามารถนำกรดมาหมุนเวียนใช้อีกก็ปล่อยให้ปริมาณเหล็กสูงกว่านี้ได้ แต่จะเกิดฟิล์มเหนียวๆมาเกาะที่ชิ้นงาน ซึ่งควรล้างชิ้นงานด้วยน้ำให้สะอาด

การหาปริมาณของกรดกำมะถัน สามารถใช้วิธีเดียวกับการหาปริมาณของกรดเกลือ เพียงแต่สูตรที่ใช้ในการคำนวณเป็นดังนี้ คือ ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้ไป Z มล. จะได้ว่า ปริมาณกรดกำมะถัน Z x 9.8 กรัม/ลิตร

สำหรับการหาปริมาณเหล็กในกรดกำมะถันทำได้โดยใช้รูปที่ 2.4 โดยการลากเส้นเชื่อมระหว่างปริมาณของกรดทางขวามือ กับความถ่วงจำเพาะทางซ้ายมือ จุดตัดตรงเส้นตรงกลางคือค่าปริมาณของเหล็กที่ละลายอยู่ในสารละลายกรด



รูปที่ 2.4 แผนภูมิการหาปริมาณเหล็กในกรดกำมะถัน[1]

[1] Galvanizers Association, General galvanizing practice, p. 26.

นอกจากจะใช้สารละลายกรดเกลือและสารละลายกรดกำมะถันยังมีกรดอีกบางชนิดที่สามารถใช้ในการกำจัดสนิมได้ เช่น กรดกัดแก้ว เป็นต้น กรดกัดแก้วมีชื่อทางเคมีว่า ไฮโดรฟลูออริก มีสูตรทางเคมีคือ HF ซึ่งเป็นกรดที่อันตรายมาก ไม่ว่าจะเป็นการสูดดมเข้าไป หรือสัมผัสผิวหนัง ตลอดจนมีความรุนแรงถึงขั้นกัดแก้วให้ทะลุได้ กรดชนิดนี้ใช้ในการกระตุ้นผิวชิ้นงานที่ได้จากการหล่อ ซึ่งใช้แบบทรายหล่อ ในตอนที่เทโลหะหลอมเหลวลงไปในแบบทรายหล่อนั้น อุณหภูมิที่สูงของโลหะหลอมเหลวจะไปหลอมละลายทราย เมื่อโลหะหลอมเหลวแข็งตัวเป็นชิ้นงาน ทรายที่หลอมละลายติดอยู่จึงกลายเป็นฟิล์มแก้วบางๆ โดยที่ส่วนผสมในทราย คือ สารเคมีที่มีชื่อเรียกว่า ซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) ซึ่งเป็นสารเคมีตัวเดียวกับที่อยู่ในแก้วนั่นเอง ดังนั้นการกระตุ้นผิวของชิ้นงานหล่อที่ได้จากแบบทราย ซึ่งมีสภาพเหมือนมีฟิล์มแก้วบางๆติดอยู่นั้น จึงควรใช้กรดกัดแก้วเพื่อกัดฟิล์มบางๆเหล่านี้ออกไป ถ้าใช้กรดตัวนี้ควรใส่ถุงมือยาง รองเท้ายาง และแว่นตานิรภัย ในขณะทำงานด้วย

โดยปกติกรดกัดแก้วความเข้มข้น 30% จะบรรจุอยู่ในขวดตะกั่ว หรือขวดเหล็กหรือขวดพลาสติก แล้วนำมาผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ส่วน น้ำ 59 ส่วน สำหรับการกระตุ้นผิวอย่างอ่อนๆ จนไปถึงอัตราส่วนกรด 1 ส่วน น้ำ 9 ส่วน สำหรับการกัดผิวที่มากขึ้น เวลาที่ใช้ในการจุ่มกรดกระตุ้นผิวก็ยาวนานถึง 24 ชั่วโมง ถ้าใช้กรดเจือจาง แต่อาจใช้เวลาแค่ 10-30 นาที เมื่อใช้กรดเข้มข้น เมื่อชิ้นงานหล่อถูกยกขึ้นมาจากการกระตุ้นผิวด้วยกรดกัดแก้วแล้ว จะมีฟิล์มบางๆติดอยู่ที่ผิวของชิ้นงาน จะต้องกำจัดออกโดยใช้น้ำและขัดด้วยแปรง หลังจากนั้นจึงยกชิ้นงานไปจุ่มในบ่อกระตุ้นผิว ด้วยกรดแบบธรรมดา และจุ่มฟลักซ์ต่อไป

โดยปกติจะมีตะกอนตกอยู่ก้นอ่างกรดกัดแก้วที่ใช้ในการกระตุ้นผิวนี้ และควรกำจัดตะกอนออกเป็นครั้งคราว

ค) การล้างน้ำ

หลังจากการจุ่มน้ำกรดกระตุ้นผิวเพื่อกำจัดสนิมแล้ว จะต้องทำการล้างชิ้นงานด้วยน้ำ การล้างน้ำควรทำในอ่างที่มีน้ำไหลเวียนตลอดเวลา มิฉะนั้นแล้วเกลือของเหล็กจะสะสมอยู่ในบ่อน้ำอย่างรวดเร็ว การล้างน้ำอาจใช้บ่อน้ำล้าง 2 บ่อ โดยที่น้ำไหลจากบ่อที่ 2 เข้าบ่อที่ 1 และ

น้ำบริสุทธิ์จะถูกปล่อยให้ไหลเข้าบ่อที่ 2 ในการล้างนั้นชิ้นงานจะถูกจุ่มลงในบ่อที่ 1 ก่อน ซึ่งน้ำในบ่อนี้จะไม่ค่อยสะอาดเพราะมีเกลือของเหล็กละลายอยู่ หลังจากนั้นนำชิ้นงานมาจุ่มลงในบ่อที่ 2 น้ำซึ่งน้ำในบ่อนี้ค่อนข้างจะสะอาด เนื่องจากใช้น้ำบริสุทธิ์ไหลเวียนเข้าบ่อนี้ และควรให้น้ำไหลเข้าทางใต้บ่อ และเมื่อน้ำล้นจากบ่อ 2 เข้าบ่อ 1 จะได้มีสภาพการเคลื่อนที่ของผิวน้ำชิ้นงานจึงถูกทำความสะอาดทั้งตอนที่จุ่มลงไป และยกขึ้นมา

ง) การจุ่มฟลักซ์

จากที่กล่าวมาแล้วว่ากระบวนการชุบสังกะสีมี 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแบบแห้ง และ กระบวนการแบบเปียก ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กระบวนการแบบเปียก (Wet Galvanizing Process)

กระบวนการแบบเปียกนี้คือจะนำชิ้นงานที่ถูกทำความสะอาดผิวแล้ว มาจุ่มลงในบ่อสังกะสีที่กำลังหลอมเหลวโดยที่มีฟลักซ์ลอยอยู่บนผิวสังกะสีที่หลอมเหลว ซึ่งเรียกว่า ฟลักซ์ลอย วิธีการนี้มีข้อดีคือ จะประหยัดเนื้อที่ในโรงชุบ และในการจุ่มชิ้นงานผ่านฟลักซ์จะช่วยลดการกระเด็นของน้ำสังกะสีได้ แต่ก็มีข้อเสียคือผิวเคลือบสังกะสีที่ได้ค่อนข้างบางเพราะตอนยกชิ้นงานขึ้นจากบ่อต้องผ่านฟลักซ์ ฟลักซ์จะทำหน้าที่เป็นตัวรีดให้สังกะสีที่เกาะอยู่บางลง ข้อเสียอีกประการคือ อาจมีฟลักซ์ติดอยู่ที่ชิ้นงานซึ่งถ้าล้างน้ำไม่หมดจะทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นงานได้

2. กระบวนการแบบแห้ง (Dry Galvanizing Process)

กระบวนการแบบแห้งนี้ยังแบ่งออกได้เป็นอีกสองอย่าง คือ วิธีแบบเก่า คือการจุ่มกรดกระตุ้นผิวแล้วก็จุ่มชิ้นงานลงไปในบ่อสังกะสีหลอมเหลวเลย เกลือของเหล็กที่เกาะอยู่บนชิ้นงานจะทำหน้าที่เป็นเสมือนฟลักซ์ แต่ถ้ายังไม่ได้ผลที่น่าพอใจจึงทำการชัดฟลักซ์แบบผง คือเหล็กคลอไรด์ลงไปในชิ้นงานอีก วิธีเก่านี้จะทำให้เกิดดรอสซึ่งมีที่มาดังนี้

เกลือของเหล็ก + สังกะสี = เกลือของสังกะสี + เหล็ก

เหล็ก 1 ส่วน + สังกะสีหลอมเหลว 25 ส่วน = ดรอส

ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือ วิธีแบบใหม่ วิธีนี้จะทำการกำจัดเกลือของเหล็กและกรดที่ติดมาจากการล้างกรดให้หมดโดยการล้างน้ำ จากนั้นจึงจุ่มชิ้นงานลงในสารละลายของสังกะสีแอมโมเนียมคลอไรด์(ฟลักซ์) แล้วทำชิ้นงานที่ผ่านการจุ่มฟลักซ์แล้วให้แห้งสนิท จึงนำไปจุ่มลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลว วิธีนี้ชิ้นงานก่อนชุบลงบ่อสังกะสีหลอมเหลวจะไม่มีเกลือของเหล็กเหลืออยู่จึงทำให้เกิดดรอสน้อยกว่าวิธีแบบเก่า และมีการจุ่มชิ้นงานลงฟลักซ์ก่อนทำให้ควบคุมฟลักซ์ได้และผิวเคลือบที่ได้จะดีกว่า สำหรับวิธีแบบใหม่นี้ เรียกว่า วิธีฟลักซ์แยก

การผสมฟลักซ์แบบแยกนี้ทำได้โดยการผสม แอมโมเนียมคลอไรด์ 170 กรัม/ลิตร และซิงก์คลอไรด์ 160 กรัม/ลิตร ซึ่งจะได้ความถ่วงจำเพาะ 1.15-1.16 หรือ 19-20 องศาโบเม อุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ในช่วงอุณหภูมิห้องจนถึง 80 องศาเซลเซียส เมื่อจุ่มชิ้นงานลงในฟลักซ์แล้วยกขึ้นมาก็ต้องปล่อยให้ฟลักซ์แห้งก่อนหย่อนชิ้นงานชุบลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลว ควรใช้ฟลักซ์ที่ร้อนเพื่อที่จะได้แห้งเร็ว และเมื่อฟลักซ์แห้งแล้วควรจุ่มลงในบ่อสังกะสีทันที เพราะถ้าปล่อยทิ้งไว้ จะรวมกับความชื้นในอากาศและเกิดการออกซิเดชั่นขึ้นได้

การควบคุมฟลักซ์แบบฟลักซ์แยก

ในระหว่างการชุบจุ่มฟลักซ์จะมีเนื้อฟลักซ์ติดไปกับชิ้นงาน และประกอบกับมีความร้อนจึงทำให้น้ำระเหยไป ดังนั้นความเข้มข้นของฟลักซ์ก็จะลดลงด้วย ในทางปฏิบัติจึงควรควบคุมความหนาแน่นของฟลักซ์ไว้ที่ 19-20 องศาโบเม หรือความถ่วงจำเพาะ 1.15-1.16

ในบางครั้งต้องทำการตรวจสอบปริมาณของกรดอิสระที่ปนอยู่ในสารละลายฟลักซ์ เนื่องจากการล้างชิ้นงานที่ไม่สะอาดหรือการจุ่มกรดกระตุ้นผิวนานเกินไป กรดที่เกาะติดมากับชิ้นงานจะละลายปนอยู่ในฟลักซ์ สำหรับการควบคุมปริมาณกรดก็ทำเหมือนการวิเคราะห์ปริมาณกรดอิสระในกรดกระตุ้นผิวทุกประการ คือ ติเตรตกับ 0.5 นอร์มัลโซเดียมคาร์บอเนตเพียงแตกต่างตรงที่ ปริมาณของสารละลายฟลักซ์ที่นำไปวิเคราะห์นั้นเป็น 100 มล. เนื่องจากมีกรด

อิสระอยู่น้อย จึงต้องดูดน้ำยาไปวิเคราะห์มาก และปริมาณกรดที่มีอยู่ หน่วยเป็นกรัม/ลิตร หาได้จาก การนำเอาปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้ไปคูณกับ 0.1825 ถ้ากรดอิสระในรูปกรดเกลือนี้มีมากกว่า 2 กรัม/ลิตร ก็ควรทำให้เป็นกลางโดยการเติมแอมโมเนียลงไป

ในบ่อฟลักซ์จะมีเกลือของเหล็กสะสมอยู่ เนื่องจากการล้างน้ำในขั้นตอนที่ผ่านมาไม่สะอาด ถ้าปริมาณของเหล็กมีอยู่มากจะทำให้เกิดตะกอนในบ่อฟลักซ์ วิธีการกำจัดเหล็ก คือ ถ่ายฟลักซ์ไปไว้ในบ่อสำรอง แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งแล้วนำฟลักซ์ด้านบนที่ใสกลับไปใช้งานอีก

ในกระบวนการชุบแบบแห้ง ชิ้นงานที่ผ่านการจุ่มฟลักซ์ต้องแห้งจริงๆ ก่อนที่จะนำลงไปจุ่มในบ่อสังกะสีหลอมเหลว เพราะถ้าชิ้นงานเปียกจะทำให้สังกะสีหลอมเหลวกระเด็นจนอาจเกิดรอยที่ชิ้นงาน หรือถ้าการกระเด็นเกิดขึ้นอย่างรุนแรงก็จะเป็นการระเบิดได้ ในการทำให้แห้งอาจใช้อุปกรณ์ในการอบแห้งหรือผึ่งไว้ให้แห้งก็ได้ แต่ถ้าไม่มีอุปกรณ์ในการอบแห้งเลยก็ยังสามารถใช้วิธีการจุ่มฟลักซ์แยกได้ โดยการนำชิ้นงานที่ผ่านการจุ่มฟลักซ์แยกแล้วมาจุ่มลงในบ่อสังกะสีที่มีฟลักซ์ผงลอยคลุมอยู่เป็นการป้องกันไม่ให้สังกะสีหลอมเหลวกระเด็นออกมา

อุปกรณ์ในการทำความร้อนสำหรับการอบแห้งอาจเป็นแผ่นความร้อน หรือเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรเกิน 150 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้ฟลักซ์สลายตัว

การควบคุมฟลักซ์แบบฟลักซ์ลอย

วิธีการนี้เป็นการใช้ผงแอมโมเนียคลอไรด์คลุมอยู่บนสังกะสีที่กำลังหลอมเหลวนั่นเอง โดยมีความหนาประมาณ 1-5 เซนติเมตร ฟลักซ์จะคลุมปิดผิวหน้าของสังกะสีทั้งหมด หรือคลุมเป็นบางส่วน ชิ้นงานจะถูกจุ่มผ่านฟลักซ์ไปสัมผัสกับสังกะสีที่หลอมเหลวด้านล่าง หลังจากนั้นจึงทำการปาดฟลักซ์ออกแล้วดึงชิ้นงานขึ้นมา หรือจะดึงชิ้นงานสวนฟลักซ์ขึ้นมาเลยก็ได้ แล้วนำชิ้นงานไปล้างน้ำเพื่อล้างฟลักซ์ที่ติดอยู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้าที่ของฟลักซ์

- ทำความสะอาดชิ้นงานเพื่อให้สังกะสีหลอมเหลว และชิ้นงานที่เป็นเหล็กทำปฏิกิริยากัน

- ลดอันตรายที่จะเกิดจากการกระเด็นของสังกะสีที่หลอมเหลว เมื่อสัมผัสกับชิ้นงานที่เปียก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำการอบแห้ง ถ้าชิ้นงานบาง

- ฟลักซ์ลอยจะเป็นตัวรีดสังกะสีหลอมเหลวที่ติดมากับชิ้นงาน ทำให้ผิวเคลือบบางลง

- ป้องกันการรวมตัวของสังกะสีที่หลอมเหลว กับออกซิเจนในอากาศ จึงลดการเกิดขี้เถ้าลงได้

- ป้องกันการไหม้เนื่องจากความร้อนสูง ในกรณีที่ชุบชิ้นงานใหม่ หรือกรณีที่ชุบชิ้นงานครั้งที่ 2

- ป้องกันการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน โดยเปรียบเสมือนการอุ่นชิ้นงานให้ร้อนก่อนการจุ่มสังกะสี

ฟลักซ์จะต้องไหลได้อย่างอิสระบนบ่อและสามารถเกาะติดกับชิ้นงานได้ในขณะที่กำลังจุ่มชิ้นงาน ในช่วงแรกที่ทำการเติมฟลักซ์จำเป็นต้องใส่เป็นจำนวนมากพอ เพื่อว่าเมื่อจุ่มชิ้นงานลงไปแล้วจะมีฟลักซ์บริเวณอื่นไหลเข้ามาแทนที่

ประสิทธิภาพของฟลักซ์ขึ้นอยู่กับแอมโมเนียคลอไรด์ที่ผสมอยู่ เมื่อใช้งานนานเข้าส่วนผสมทางเคมีของฟลักซ์จะเปลี่ยนไป โดยปกติจะเกิดสารประกอบของสังกะสีมีจุดหลอมตัวสูงขึ้น ทำให้ฟลักซ์จะเหนียวขึ้น การทำให้ฟลักซ์ไหลตัวดีทำได้โดยการเติมแอมโมเนียคลอไรด์ลงไปทีละน้อย เพราะฟลักซ์ที่เติมลงไปครั้งหลังนี้จะมีอายุการใช้งานนานกว่าฟลักซ์ที่เติมลงไปเมื่อตอนเริ่มต้น บางครั้งก็มีการเติมสารที่ทำให้เกิดฟองลงไปในฟลักซ์เพื่อเพิ่มระยะความลึกของฟลักซ์ ซึ่งมีประโยชน์ดังนี้

- ทำให้เกิดการอบแห้งได้มากกว่า เพราะว่าชิ้นงานใช้เวลานานกว่าจะผ่านไปตลอดชั้นของฟลักซ์

- ทำให้ฟลักซ์แตกตัวช้า เพราะด้านบนของฟลักซ์ยังคงเย็นกว่า

- ลดปริมาณของการเกิดครอสลง ครอสเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างฟลักซ์ และชิ้นงานในขณะการจุ่ม ปฏิกิริยานี้ว่องไวต่ออุณหภูมิ คือ อุณหภูมิสูงจะเกิดครอสมาก แต่ถ้าเราทำให้ฟลักซ์เย็นตัว คือ อุณหภูมิต่ำก็จะเกิดครอสน้อยไปด้วยนั่นเอง

สารที่ทำให้เกิดฟองน้อยนี้ ได้แก่ กลีเซอรีน ส่วนผสม 1-2% ขี่เลื่อย, รำข้าว เป็นต้น ปกติแล้วฟลักซ์ที่ประกอบด้วยซิงก์คลอไรด์และแอมโมเนียคลอไรด์จะสามารถใช้ได้กับสังกะสีหลอมเหลวที่มีอะลูมิเนียมปนอยู่ถึง 0.007% แต่ประสิทธิภาพของฟลักซ์จะลดลงถ้าปริมาณอะลูมิเนียมมีมากกว่านี้ อะลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะละลายยากและฟลักซ์จะทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมเกิดเป็นอะลูมิเนียมคลอไรด์ซึ่งระเหยไปได้ ในกรณีที่ทำการชุบสังกะสีในบ่อที่มีอุณหภูมิสูงควรเติมครีโอไลต์ซึ่งก็คือโซเดียมอะลูมิเนียมฟลูออไรด์ลงในฟลักซ์ สารประกอบตัวนี้มีความสามารถละลายอะลูมิเนียมออกไซด์ในบ่อสูงถึง 0.04% ในโรงงานที่มีการเติมอะลูมิเนียมลงไปเล็กน้อย ก็ควรมีครีโอไลต์เก็บไว้บ้างเพื่อใช้เติมลงไปในฟลักซ์เมื่อปริมาณอะลูมิเนียมในบ่อสูงขึ้นมาโดยไม่ได้ตั้งใจจนเกินขีดความสามารถของฟลักซ์ปกติจะทำงานได้ผลดี

วัสดุที่ใช้ในฟลักซ์

ฟลักซ์ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายคือแอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกสีขาว สามารถละลายได้ในน้ำและและในกลีเซอรีน มีความถ่วงจำเพาะ 1.54 ระเหิดที่ 350 องศาเซลเซียส และมีราคาถูกกว่าฟลักซ์ชนิดอื่น สามารถทำปฏิกิริยาได้ว่องไว และง่ายต่อการขนย้ายและเก็บรักษา เหตุผลที่นำมาใช้เป็นฟลักซ์ก็เพราะสามารถทำปฏิกิริยากับสังกะสีหลอมเหลวเกิดเป็นของผสมระหว่างแอมโมเนียคลอไรด์กับซิงก์คลอไรด์ โดยปกติแล้วนิยมใช้แอมโมเนียคลอไรด์เป็นฟลักซ์ลอยในการชุบ

ข้อจำกัดที่สำคัญของการใช้แอมโมเนียคลอไรด์ก็คือแอมโมเนียคลอไรด์มีแนวโน้มที่จะระเหิดได้ซึ่งจะทำให้เกิดไอหนา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบระบายอากาศที่ดี อย่างไรก็ตามก็ยังมีฟลักซ์ชนิดใหม่ๆอีก เช่น ซิงก์แอมโมเนียคลอไรด์ ซึ่งเป็นเกลือเชิงซ้อน 2 ตัว มีสูตรทางเคมีคือ $ZnCl_2 \bullet 3NH_4Cl$ แต่ก็ยังสูตรทางเคมีของเกลือตัวนี้อีกหลายสูตร เช่น $ZnCl_2 \bullet 2NH_4Cl$

ซึ่งจะมีแอมโมเนียมคลอไรด์น้อยไปทำให้ทำหน้าที่ของฟลักซ์ไม่ค่อยดี และ $ZnCl_2 \bullet 6NH_4Cl$ ซึ่งจะมีซิงก์คลอไรด์น้อยไป จะส่งผลให้เยิ้มง่ายและยากต่อการเก็บรักษา ซิงก์แอมโมเนียมคลอไรด์จะมีไอออกมาน้อยกว่าแอมโมเนียมคลอไรด์ แต่อย่างไรก็ตามสารตัวนี้ทำออกมาขายเป็นเชิงการค้านั้นทำปฏิกิริยาช้า ไม่เหมาะกับงานที่ต้องใช้ฟลักซ์ซึ่งต้องทำปฏิกิริยาเร็ว

นอกจากแอมโมเนียมคลอไรด์และซิงก์แอมโมเนียมคลอไรด์แล้ว ยังมีสารตัวอื่นอีกที่เติมลงไปเป็นฟลักซ์ และมีจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น โซเดียมคลอไรด์ และ โพแทสเซียมคลอไรด์ เมื่อใช้สารดังกล่าวแล้วจะทำให้เกิดไอน้อย สำหรับฟลักซ์ที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งานจะประกอบด้วย ซิงก์คลอไรด์ 65% รวมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ 35% เมื่อใช้เป็นฟลักซ์แยกจะผสมให้เป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 300 กรัม/ลิตร และใช้งานที่อุณหภูมิ 75 - 80 องศาเซลเซียส

การควบคุมไอฟลักซ์

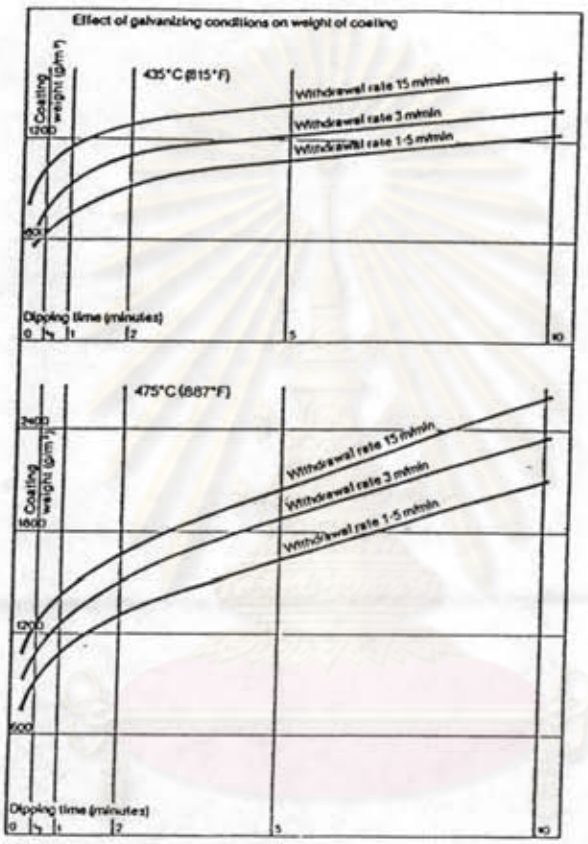
ไอของฟลักซ์จะเกิดขึ้นมาเป็นจำนวนมากเมื่อซิงก์แอมโมเนียมคลอไรด์หรือแอมโมเนียคลอไรด์สัมผัสกับสังกะสีที่หลอมเหลว ถึงแม้ว่าไอฟลักซ์จะไม่เป็นพิษก็ตามควรจะทำให้เหลือน้อยที่สุด และไม่ควรใช้ฟลักซ์ชนิดนี้ชัดลงไปบนชิ้นงานอย่างพร่ำเพรื่อ ในการเติมฟลักซ์ลงไปก็เช่นกันควรเติมไปยังจุดที่จำเป็นเท่านั้น และควรมีปล่องระบายไอนี้ออกไปสู่อากาศภายนอก

2.2.2 การชุบสังกะสีหลอมเหลว

จุดมุ่งหมายของการเตรียมผิวชิ้นงานก็เพื่อให้ได้ผิวชิ้นงานที่มีความสะอาดปราศจากคราบไขมันและคราบสนิม ชิ้นงานที่สะอาดจะทำปฏิกิริยากับสังกะสีหลอมเหลวเกิดเป็นผิวเคลือบขึ้น ถ้าชิ้นงานผ่านการเตรียมผิวมาเป็นอย่างดีแล้วคุณภาพของผิวเคลือบขึ้นอยู่กับ

- คุณภาพของสังกะสีที่ใช้
- อุณหภูมิในบ่อสังกะสีหลอมเหลว

- เวลาในการจุ่ม
- อัตราเร็วในตอนดึงชิ้นงานออก



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของผิวเคลือบสังกะสีกับอุณหภูมิของสังกะสีหลอมเหลวและเวลาในการจุ่มแช่และอัตราการดึงชิ้นงานออก โดยที่วัสดุชิ้นงานคือเหล็กกล้าละมุน

ก) คุณภาพของสังกะสีที่ใช้

คุณภาพของแท่งสังกะสีที่ใช้ โดยมากมักใช้แท่งสังกะสีเบอร์ 4 ตามมาตรฐาน BS 3436:1961 ซึ่งมีตะกั่วประมาณ 1% หรือตามมาตรฐาน JIS H2107 Distilled Zinc Metal, Class 1 ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้

สังกะสีอย่างน้อย		98.5%
ตะกั่ว	ไม่เกิน	1.3%
เหล็ก	ไม่เกิน	0.025%
แคดเมียม	ไม่เกิน	0.4%

ในบ่อชุบสังกะสีนั้นปกติแล้วจะวางแท่งตะกั่วไว้ด้านล่างของบ่อ จุดประสงค์เพื่อป้องกันการเกิดครอส ดังนั้นสังกะสีหลอมเหลวจะอิ่มตัวด้วยตะกั่วซึ่งจะละลายอยู่ในบ่อสังกะสีหลอมเหลวจนมีปริมาณถึง 1.2% การชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนจะทำได้ยาก ถ้าในบ่อสังกะสีหลอมเหลวมีตะกั่วปนอยู่ต่ำกว่า 0.5% ในกรณีที่ใช้แท่งสังกะสีที่มีตะกั่วเกินกว่า 1% ก็ยังสามารถใช้ได้เนื่องจากตะกั่วจะแยกตัวออกและตกตะกอนอยู่ใต้ของบ่อ

แท่งสังกะสีที่ใช้ไม่ควรมีอะลูมิเนียมมากเกินไปและเหล็กไม่ควรเกิน 0.05% เพราะจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดครอสมากตามหลักที่ว่า เหล็ก 1 ส่วนจะทำให้เกิด ครอสถึง 25 ส่วน ถ้าใช้แท่งสังกะสีใหม่ๆก็จะไม่มีอะลูมิเนียมผสมอยู่ แต่ถ้าสังกะสีที่ใช้แล้วและนำมาหลอมใหม่จะมีอะลูมิเนียมปนอยู่ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้จนต้องใช้สังกะสีที่มีอะลูมิเนียมอยู่ก็ควรใช้อย่างระมัดระวัง

การชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนนี้ควรเติมอะลูมิเนียมลงในบ่อเป็นจำนวน 0.005% จุดประสงค์เพื่อเป็นการลดการเกิดออกซิเดชั่นของสังกะสี ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียสังกะสีด้วย และยังเป็นการทำให้ชิ้นงานมีความเงา นอกจากนี้อะลูมิเนียมยังช่วยปรับปรุงผิวเคลือบให้มีความราบเรียบเสมอกันและจะไม่เกิดการพอกหนาของสังกะสีตามมุมของชิ้นงาน

แต่ถ้าเติมอะลูมิเนียมลงไปมากกว่า 0.005% จะส่งผลให้อัตราการเกิดชั้นของโลหะผสมบนผิวของชิ้นงานช้าลง ถ้าเติมอะลูมิเนียมมากเกิน 0.007% จะส่งผลให้การชุบเป็นไปอย่างยากลำบาก ถ้าปริมาณอะลูมิเนียมมีมากถึง 0.03% จะส่งผลให้เกิดจุดดำขึ้น ตรงบริเวณนี้จะไม่ถูกเคลือบจากผิวเคลือบสังกะสี

เพื่อให้อะลูมิเนียมสามารถละลายในสังกะสีหลอมเหลวได้อย่างรวดเร็ว ควรเติมอะลูมิเนียมในรูปของโลหะผสมสังกะสี-อะลูมิเนียม ซึ่งจะมีอะลูมิเนียมผสมอยู่ 20% การเติม

โลหะผสมลงไปในบ่อสังกะสี ควรใช้อุปกรณ์ช่วยเติมโลหะนี้โดยกดแท่งโลหะนี้ลงไปก้นบ่อ และควรเติมอะลูมิเนียมใหม่ๆบ้างเป็นบางครั้ง เพื่อเป็นชดเชยการลดลงของอะลูมิเนียม ปริมาณที่เติมและความบ่อยขึ้นอยู่กับบ่อชุบแต่ละบ่อ กรณีที่ทำการเติมแบบลองผิดลองถูก ควรป้องกันไม่ให้เติมอะลูมิเนียมลงไปมากเกินไป ดังนั้นจึงควรเติมทีละน้อยแต่เติมบ่อยๆ วิธีที่สะดวกที่สุดในการตรวจสอบปริมาณอะลูมิเนียม ทำได้โดยการโรยผลึกของแอมโมเนียมคลอไรด์ลงบนผิวของสังกะสีหลอมเหลวที่เกิดเป็นออกไซด์บางๆอยู่ ถ้าปริมาณอะลูมิเนียมมีอยู่ต่ำกว่า 0.007% แล้วฟิล์มออกไซด์นั้นจะละลาย และผนึกแอมโมเนียมคลอไรด์เคลื่อนไหวไปมา แต่ถ้ามีอะลูมิเนียมมากกว่า 0.007% ผลึกจะนอนติดอยู่กับผิวหน้าของสังกะสีหลอมเหลวและค่อยๆระเหยไป

ครอสเป็นโลหะผสมของสังกะสีและเหล็ก ซึ่งเกิดขึ้นในการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน ครอสมีลักษณะเป็นของแข็งมีสีเทาปนอยู่ในบ่อสังกะสี และควรทิ้งให้ตกตะกอนอยู่ก้นบ่อ และไม่ควรไปรบกวนให้มันฟุ้งกระจายขึ้นมาระหว่างการชุบชิ้นงาน การกำจัดครอสทำได้โดยการกวาดเศษครอสที่อยู่ก้นบ่อเป็นครั้งคราว โดยการตักออกด้วยอุปกรณ์ตักครอส ครอสที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนไม่มีประสิทธิภาพ บ่อชุบจะมีความร้อนเฉพาะจุดและอุณหภูมิตามผนังบ่อจะสูงมาก

ข) อุณหภูมิของบ่อชุบ

การชุบสังกะสีควรใช้อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่ยังสามารถทำให้สังกะสีหลอมเหลวหยดจากชิ้นงานได้ เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำนี้จะส่งผลให้เกิดครอสที่น้อยที่สุด และยังเป็นการยืดอายุการใช้งานของบ่อชุบอีกด้วยและยังเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงอีกด้วย ปริมาณครอสที่เกิดขึ้นเมื่อจุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีเป็นเวลา 30 วินาที จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า ถ้าอุณหภูมิของบ่อสังกะสีเพิ่มขึ้นจาก 450 องศาเซลเซียสเป็น 470 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของบ่อชุบที่สูงขึ้นจะส่งผลให้เกิดผิวเคลือบที่มีความหนามากเพิ่มขึ้น จึงควรควบคุมอุณหภูมิของบ่อชุบไว้ถ้าต้องการชิ้นงานที่มีคุณภาพและใช้สังกะสีอย่างประหยัด

อุณหภูมิวิกฤตของปฏิกิริยาระหว่างสังกะสีที่หลอมเหลวและเหล็ก ก็คือ 480 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 480 องศาเซลเซียสเล็กน้อย อัตราการเกิดของชั้นโลหะผสม

ระหว่างเหล็กกับสังกะสีที่ผิวชิ้นงานจะลดลงและหยุดไปในที่สุด และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 480 องศาเซลเซียส ชั้นของโลหะจะเกิดการแตกตัวเป็นผลึกอิสระและไม่ยึดเกาะกับผิวชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้สังกะสีหลอมเหลวสัมผัสโดยตรงกับผิวเหล็กและจะส่งผลให้เกิดครอสเป็นจำนวนมาก

การควบคุมอุณหภูมิผนังของบ่อชุบมีสำคัญมาก และอุณหภูมิไม่ควรเกิน 480 องศาเซลเซียส บ่อชุบที่มีการควบคุมอุณหภูมิของบ่อชุบแบบอัตโนมัติ โดยการควบคุมเชื้อเพลิงผ่านทางเทอร์โมคัปเปิลที่จุ่มอยู่ในบ่อสังกะสีหลอมเหลว สำหรับเหล็กที่มีปริมาณซิลิกอนสูงควรทำการชุบที่ช่วงอุณหภูมิ 530-560 องศาเซลเซียส

ค) อัตราการจุ่ม

ในการจุ่มชิ้นงานควรจุ่มชิ้นงานลงบ่อสังกะสีให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความปลอดภัยของผู้ทำงานเป็นสำคัญ สำหรับกระบวนการแบบเปียกควรทำการจุ่มชิ้นงานลงบ่ออย่างรวดเร็ว เพราะถ้าชิ้นงานสัมผัสกับฟลักซ์ที่อยู่บนผิวหน้าของสังกะสีหลอมเหลวเป็นเวลานานจะทำให้เกิดครอสเป็นจำนวนมาก อัตราการจุ่มก็มีผลต่อความสม่ำเสมอของผิวเคลือบด้วย โดยเฉพาะกับชิ้นงานที่มีความยาวมากซึ่งจะมีความแตกต่างระหว่างส่วนที่ลงไปในบ่อครั้งแรกสุดกับส่วนที่จุ่มลงในบ่อครั้งหลังสุดซึ่งจะส่งผลให้ผิวเคลือบไม่สม่ำเสมอได้ และในการดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อก็ไม่ควรดึงด้วยอัตราที่เร็วกว่าการหยดของสังกะสีหลอมเหลว เพราะจะทำให้ได้ผิวเคลือบที่ไม่สม่ำเสมอได้ ในการดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อด้วยอัตราที่เร็วเกินกว่าที่สังกะสีหลอมเหลวจะหยดลงจากชิ้นงาน หยดสังกะสีจะแข็งตัวอยู่บนชิ้นงานและทำให้ผิวเคลือบไม่สม่ำเสมอ

ง) อัตราการดึงชิ้นงานออก

อัตราการดึงชิ้นงานขึ้นจะมีผลต่อความหนาของผิวเคลือบโดยตรง จากที่กล่าวมาแล้วว่าโครงสร้างของผิวเคลือบชั้นนอกสุดจะเป็น โลหะสังกะสี 100% ผิวเคลือบชั้นนี้เกิดมาจากการไหลตัวของน้ำสังกะสีในขณะที่ดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อชุบ ถ้าดึงชิ้นงานขึ้นมาด้วยความรวดเร็วจะส่งผลให้ผิวเคลือบมีความหนาเนื่องจากเวลาที่น้ำสังกะสีที่ติดขึ้นมากับชิ้นงานจะไหลกลับลงสู่บ่อมี

เวลาน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าดึงชิ้นงานขึ้นอย่างช้า ความหนาของผิวเคลือบจะลดลงด้วยเหตุผลเดียวกัน ทั้งนี้สามารถพิจารณาจากรูปที่ 2.5 กรณีที่เป็นเหล็กละมุน

2.2.3 การกระทำภายหลังการชุบ

ชิ้นงานที่ดึงขึ้นจากบ่อสังกะสีหลอมเหลวจะพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้เปื้อนฟลักซ์ อย่างไรก็ตามการดึงชิ้นงานโดยผ่านฟลักซ์ที่คลุมสังกะสีหลอมเหลวอยู่ก็จะทำให้ได้ผิวงานที่เรียบเท่ากันสม่ำเสมอ เนื่องจากฟลักซ์จะทำหน้าที่กวาดเอาสังกะสีหลอมเหลวส่วนเกินออกจากผิวหน้าของชิ้นงาน แต่ต้องทำการดึงขึ้นมาอย่างรวดเร็ว สำหรับชิ้นงานเล็กๆ เมื่อทำการชุบแล้วสามารถทำการกำจัดสังกะสีหลอมเหลวส่วนเกินได้โดยใช้เครื่องเหวี่ยง เพื่อให้ได้ผิวที่สวยที่สุดควรนำชิ้นงานไปเข้าเครื่องเหวี่ยงโดยเร็วที่สุด หลังจากยกชิ้นงานขึ้นจากบ่อชุบ

โดยส่วนมากชิ้นงานที่ผ่านการชุบสังกะสีนั้นจะมีขนาดโตขึ้นซึ่งอาจจะส่งผลต่อวัตถุประสงค์การใช้งานของชิ้นงาน ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนการชุบไว้ก่อน ตัวอย่างเช่น การชุบแป้นเกลียวและสลักเกลียว ซึ่งขนาดของแป้นเกลียวและสลักเกลียวจะเปลี่ยนไปและอาจจะไม่สามารถนำไปใช้งานได้ สลักเกลียวที่จะนำไปชุบสังกะสีควรขึ้นรูปเกลียวไว้ก่อนตามมาตรฐานแล้วจึงนำไปชุบตามปกติ สำหรับแป้นเกลียวนั้นควรชุบสังกะสีก่อนการขึ้นรูปเกลียวใน หลังจากชุบเสร็จแล้วจึงทำการขึ้นรูปเกลียวในโดยให้มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน 0.4 มม.

การขัดฟลักซ์แบบผงลงบนชิ้นงานเป็นสิ่งที่ไม่ควรทำเป็นอย่างยิ่ง เพราะฟลักซ์จะเข้าไปในผิวเคลือบและอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการผุกร่อนในระหว่างการเก็บรักษาได้ เพื่อให้ผิวเคลือบแข็งตัวและป้องกันไม่ให้ชิ้นงานติดกันเองควรทำการจุ่มน้ำทันที ทั้งนี้ก็เพื่อกำจัดฟลักซ์ที่ติดอยู่ด้วยและยังเป็นการหยุดการเติบโตของชั้นโลหะผสมของสังกะสีกับเหล็กซึ่งอาจเกิดขึ้นถ้าชิ้นงานเย็นตัวช้าและนำไปสู่การเกิดผิวเคลือบสีเทาได้

I17358553

สำหรับกระบวนการชุบแบบเปียกนั้นจะทำการดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อสังกะสีโดยผ่านฟลักซ์ที่ปกคลุมอยู่บนผิวหน้าของสังกะสีหลอมเหลว ดังนั้นฟลักซ์จะติดมากับชิ้นงาน ซึ่งจะส่งผลให้น้ำที่ใช้ในการลดอุณหภูมิมีฟลักซ์ปนอยู่ด้วย และจะสามารถกัดกร่อนชิ้นงานได้จึงควรเปลี่ยนน้ำที่ใช้จุ่มชิ้นงานนี้บ่อยๆ เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของฟลักซ์

ชิ้นงานที่ผ่านการชุบและจุ่มน้ำแล้วควรทำให้แห้ง ซึ่งถ้าเป็นชิ้นงานชิ้นเล็กๆควรจุ่มน้ำลดอุณหภูมิเป็นระยะเวลาสั้นๆ แล้วยกขึ้นทันที ความร้อนที่เหลืออยู่จะทำให้ชิ้นงานแห้งอย่างรวดเร็ว สำหรับงานชิ้นใหญ่ๆนั้น อาจจะจุ่มน้ำเป็นเวลานานกว่าได้เนื่องจากชิ้นงานใหญ่จะมีความร้อนหลงเหลืออยู่มากพอที่จะทำให้ตัวมันเองแห้ง และไม่ควรทำให้ชิ้นงานแห้งโดยการอังไฟเพราะอาจจะทำให้ผิวของชิ้นงานเสียเนื่องจากได้รับความร้อนมากเกินไปได้

การเก็บชิ้นงานต้องเก็บไว้ในที่แห้งหรือไม่มีความชื้นมากเกินไป เนื่องจากจะทำให้เกิดขี้เกลือขาวๆขึ้นได้ และไม่ควรเก็บชิ้นงานให้ชิดติดกัน ขี้เกลือขาวนี้จะเกิดขึ้นจากความชื้นทำปฏิกิริยากับโลหะสังกะสีเกิดเป็นออกไซด์ของสังกะสีขึ้น ขี้เกลือขาวที่มองไม่เห็นในตอนแรกอาจจะปรากฏให้เห็นในภายหลัง และสามารถทำให้ผิวเคลือบร่อนได้ นอกจากนี้ขี้เกลือขาวอาจจะเกิดขึ้นได้ในขณะทำการขนส่ง เช่น ชิ้นงานเปียกน้ำในขณะเดินทาง หรือชิ้นงานได้รับความชื้นจากชั้นบรรยากาศ หรือชิ้นงานสัมผัสกับสิ่งที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน เช่น ไอกรด ไอน้ำเค็ม เป็นต้น

การป้องกันการเกิดขี้เกลือในขณะทำการขนส่งทำได้โดยการเก็บชิ้นงานไว้โดยมีสิ่งห่อหุ้มและเก็บไว้ในที่แห้งหรือในที่เก็บควรมีเครื่องให้ความร้อนเพื่อไล่เอาน้ำออกไป ในระหว่างชิ้นงานก็มีวัสดุคั่นไว้ไม่ให้ชิ้นงานติดกัน และวัสดุที่ใช้คั่นก็ไม่ควรเป็นไม้ที่มียางเพราะจะทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

สำหรับวิธีทางเคมีในการป้องกันการเกิดขี้เกลือ คือ การทำโครเมต ซึ่งก็คือ การจุ่มชิ้นงานลงในสารเคมีบางประเภทเพื่อทำให้เกิดฟิล์มบางๆ เคลือบบนผิวของผิวเคลือบสังกะสีอีกชั้นหนึ่ง ฟิล์มเคลือบนี้จะมีสีเหลืองอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาล หรือจะใช้ฟิล์มชนิดที่ไม่มีสีก็ได้ ซึ่งสามารถป้องกันผิวเคลือบสังกะสีไม่ให้เกิดขี้เกลือขาวได้เกือบทุกสภาพแวดล้อม

สำหรับการทำโครเมตนี้ทำได้โดยการจุ่มชิ้นงานที่ผ่านการชุบสังกะสีแล้วลงในสารละลายโซเดียมไดโครเมต ที่มีความเข้มข้น 0.15% อย่างทันที ฟิล์มโครเมตที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้สีไม่ยึดเกาะกับผิวชิ้นงาน เพราะฉะนั้นจึงไม่ควรทำโครเมต ถ้าต้องการทาสีบนผิวชิ้นงานด้วย

ในกรณีที่ต้องการทาสีบนผิวชิ้นงานควรใช้กรรมวิธีฟอสเฟต ซึ่งฟิล์มที่ได้จากการทำฟอสเฟตจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันขี้เกลือน้อยกว่าฟิล์มไดโครเมต แต่การทำฟอสเฟตจะทำให้สีสามารถเกาะบนผิวชิ้นงานได้ และการทำฟอสเฟตก็คือ การจุ่มชิ้นงานลงในสารเคมีที่ประกอบด้วย กรดฟอสฟอริก และโลหะฟอสเฟต ตลอดจนสารที่ช่วยเร่งให้เกิดฟิล์ม ปกติการทำฟอสเฟตจะกระทำที่อุณหภูมิสูง

ในการขนส่งชิ้นงานเป็นระยะทางไกลควรจุ่มชิ้นงานลงในแลกเกอร์ซึ่งสามารถป้องกันความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจะทำให้เกิดขี้เกลือขาวได้ยาก แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะมีต้นทุนที่สูงมาก

2.2.4 การขนถ่าย

เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการขนถ่ายวัสดุควรมีความสามารถในการใช้งานดังนี้

- มีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องเพราะจะมีผลในตอนที่จุ่มชิ้นงานลงบ่อสังกะสีหรือดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อสังกะสี
- สามารถใช้งานต่อเนื่องได้ตลอดเวลา

การไหลของชิ้นงานชุบควรเป็นไปอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือไม่ควรไปหยุดคอยไว้ที่ใดที่หนึ่ง การจุ่มชิ้นงานลงบ่อชุบควรจุ่มลงให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้แต่มีข้อแม้ว่าผู้ที่ปฏิบัติงานยังคงมีความปลอดภัยอยู่ สำหรับในการดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อควรทำการดึงขึ้นมาอย่างช้าๆและอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราความเร็ว 1.5 เมตร/นาที รอกที่ใช้ควรมีเกียร์อย่างน้อยสองระดับ

ความเร็ว สำหรับชิ้นงานเองต้องมีรูสำหรับระบายอากาศด้วย ห้ามชุบชิ้นงานที่ไม่มีทางออกของสังกะสีหลอมเหลว และห้ามชุบชิ้นงานที่เป็นรูปทรงปิดทุกด้านแต่ภายในมีช่องอากาศอยู่ เช่น ชิ้นงานกลวง เพราะอาจเกิดการระเบิดได้เนื่องจากการขยายตัวของอากาศ

ในการชุบนี้ควรมีการวางแผนการชุบล่วงหน้าทุกครั้ง ควรวางแผนไว้ก่อนแล้วว่าจะเอาด้านไหนของชิ้นงานลงบ่อชุบก่อน เวลาในการจุ่มจะเร็วหรือช้า เวลาในการยกชิ้นงานขึ้นควรจะเป็นเท่าใด เป็นต้น การวางแผนการชุบก็เป็นวิธีการป้องกันการบิดงอได้ โดยพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิตามแนวยาวของชิ้นงาน

2.3 สิ่งที่เกิดขึ้นจากการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน

ในการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนจะทำให้เกิดผิวเคลือบสังกะสีไปเคลือบอยู่บนผิวของชิ้นงานซึ่งเป็นเหล็ก นอกจากนี้แล้วยังมีสิ่งอื่นๆเกิดขึ้นมาพร้อมกันด้วย ซึ่งจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติอันได้แก่ ครอส ขี้เถ้า และฟลักซ์เหนียว

2.3.1 ครอส

ครอสเป็นโลหะผสมซึ่งประกอบไปด้วยธาตุสังกะสี 96% และธาตุเหล็ก 4% ครอสมีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิในการชุบประมาณ 450 องศาเซลเซียส แต่จะอยู่ในสภาพที่เปียก เนื่องจากครอสจะประกอบไปด้วยผลึกของสังกะสีและเหล็กสานกันเป็นตาข่ายซึ่งดูดซับโลหะสังกะสีหลอมเหลวไว้เป็นจำนวนมาก

ครอสเกิดจากสิ่งต่างๆดังนี้

- เกลือของเหล็ก ซึ่งจะเกิดในขณะที่ทำการจุ่มกรดกระตุ้นผิวและเกลือของเหล็กนี้จะติดมากับผิวชิ้นงานและมาทำปฏิกิริยากับสังกะสีหลอมเหลวเกิดเป็นครอสในที่สุด

- จากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟลักซ์และชิ้นงานที่กำลังทำการชุบจะทำให้เกิดเกลือของเหล็กขึ้นและเกลือของเหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะทำปฏิกิริยาต่อไปและเกิดครอสขึ้น

- จากการทำปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างสังกะสีหลอมเหลวกับเหล็กที่ใช้ทำบ่อชุบ

- จากการทำปฏิกิริยาระหว่างอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้าย เช่น โซ่ ตะขอ ที่จับยึดชิ้นงาน ตะกร้า ลวดเหล็ก เป็นต้น

สำหรับบ่อสังกะสีหลอมเหลวที่มีครอสอยู่เป็นจำนวนมากจะทำให้มีความร้อนมากเกินไปเป็นจุดๆในบ่อ เนื่องจากการนำความร้อนที่ไม่ดีของครอส และจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการให้ความร้อนอีกด้วย

วิธีการป้องกันการเกิดครอสสามารถทำได้ดังนี้

- ไม่ควรจุ่มชิ้นงานลงในสารละลายกรดนานเกินไป

- ใช้อุณหภูมิในการชุบต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้และใช้เวลาในการจุ่มชิ้นงานลงไปให้สั้นที่สุดโดยที่ยังทำให้ได้ผิวชุบที่ดี

- รักษาอุณหภูมิของบ่อชุบให้อยู่ในช่วงแคบๆ โดยใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

2.3.2 เถ้า

เถ้าจะประกอบไปด้วยสังกะสีออกไซด์และโลหะสังกะสีอิสระ โลหะสังกะสีอิสระนี้คิดเป็น 80% ของน้ำหนักทั้งหมด ส่วนใหญ่แล้วเถ้าเกิดขึ้นโดยการไปรบกวนผิวหน้าของสังกะสีหลอมเหลวซึ่งทำให้สังกะสีหลอมเหลวบริสุทธิ์เกิดการรวมตัวกับออกซิเจนเกิดเป็นสังกะสีออกไซด์ขึ้นและจะมีโลหะสังกะสีเข้าไปอยู่ในการห่อหุ้มของออกไซด์นี้ด้วย

การป้องกันการเกิดเถ้าทำได้ยากมาก แต่วิธีที่ง่ายที่สุดคือพยายามลดการเกิดเถ้าให้มากที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยอย่าไปรบกวนผิวหน้าของสังกะสีหลอมเหลวโดยไม่จำเป็น และควรใช้อุปกรณ์กวาดฟลักซ์ทำการกวาดฟลักซ์ไปมาด้วย แผ่นกวาดฟลักซ์ควรมีน้ำหนักเบาเพื่อให้สะดวกต่อการถือและการควบคุม แผ่นกวาดฟลักซ์ควรทำมาจากแผ่นเหล็กหรือแผ่นไม้ และก่อนที่จะนำชิ้นงานลงชุบในบ่อควรทำการกวาดโดยใช้แผ่นกวาดใบใหญ่ แต่ถ้าชิ้นงานลงบ่อไปแล้วควรใช้แผ่นกวาดใบเล็กๆจะคล่องตัวกว่า และควรมีอุปกรณ์ในการตักเอาเถ้าออก และเมื่อเกิดเถ้าขึ้นแล้วก็อาจนำเอาสังกะสีกลับคืนมาได้อีก โดยการหลอมเอาสังกะสีออกมาจากสังกะสีออกไซด์

2.3.3 ฟลักซ์เหนียว

สำหรับการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนโดยใช้กระบวนการแบบฟลักซ์ลอย เมื่อเริ่มทำงานชุบไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ฟลักซ์ลอยที่ใช้จะเริ่มมีความเหนียวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการใช้งานลดลงจึงจำเป็นต้องกำจัดทิ้ง สำหรับฟลักซ์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วควรทำการกวาดทิ้งอย่างระมัดระวัง ควรใช้อุปกรณ์พิเศษเพื่อให้สังกะสีหลอมเหลวได้ไหลออกไป จากการทดลองวิเคราะห์ส่วนผสมของฟลักซ์พบว่ามีโลหะสังกะสีปนอยู่ 35% หรือมากกว่า ทั้งที่ตามปกติแล้วควรมีสังกะสีปนอยู่เพียง 7% เท่านั้น และอาจมีสังกะสีสูงถึง 50% ซึ่งก็เป็นการยืนยันว่าถ้าใช้ไม้กวาดฟลักซ์อย่างระมัดระวังในตอนกวาดฟลักซ์ออกแล้ว จะทำให้มีการสูญเสียสังกะสีน้อยลง

2.3.4 การบิดงอ

การบิดงอของชิ้นงานเมื่อนำชิ้นงานจุ่มลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลว จะมีสาเหตุมาจากความเค้นภายในชิ้นงานที่มีมาก่อนการจุ่มชิ้นงานลงในสังกะสีหลอมเหลวที่มีอุณหภูมิ 445-465 องศาเซลเซียสและถูกทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ความเค้นเหล่านี้แบ่งได้ดังนี้

- ความเค้นภายในเนื้อเหล็ก
- ความเค้นที่เกิดจากการขึ้นรูป หรือ การประกอบ

- ความเค้นที่เกิดจากการขนส่ง
- ความเค้นที่เกิดจากการจุ่มลงในน้ำสังกะสี และการเย็นตัว

ก) ความเค้นภายในเนื้อเหล็ก

ผู้ประกอบการทางด้านการขึ้นรูปโลหะและผู้ที่ทำงานทางด้านชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน ต้องหาทางควบคุมสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการบิดงอของชิ้นงาน โดยปกติแล้วเหล็กที่ขายในท้องตลาดจะเป็นแผ่นเรียบหรือเส้นตรง และภายในเนื้อเหล็กจะมีความเค้นตกค้างอยู่หลายอย่างจึงควรทำการอบด้วยความร้อนเพื่อลดความเค้นภายใน ซึ่งจะส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นจึงไม่เป็นที่ยอมรับกันในทางปฏิบัติ และความเค้นภายในเหล่านี้จะลดลงในขณะที่จุ่มชิ้นงานลงในบ่อสังกะสีหลอมเหลว และจะทำให้เกิดการบิดงอขึ้น

ข) ความเค้นที่เกิดจากการขึ้นรูปหรือประกอบ

ความเค้นที่เกิดจากการขึ้นรูปหรือประกอบมีสาเหตุมาจาก

- การเชื่อม

การเชื่อมจะทำให้เกิดความเค้นตกค้างภายใน เนื่องมาจากระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็นอย่างมากระหว่างพื้นที่ตรงรอยเชื่อมกับพื้นที่บริเวณอื่นของชิ้นงาน และถ้าไม่มีการอบเพื่อคลายความเครียดก็จะมีความเค้นภายในตกค้างอยู่ และจะไปมีบทบาทในตอนชุบสังกะสีซึ่งจะส่งผลให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวได้

ความเค้นที่เกิดจากการเชื่อมสามารถถูกทำให้ลดลงได้ โดยการใช้กรรมวิธีต่างๆ เช่น กรรมวิธีทางความร้อน เป็นต้น และสำหรับชิ้นงานเหล็กโครงสร้างที่มีความหนาไม่ควรทำการเชื่อมเป็นจุดๆ หรือช่วงๆ สำหรับชิ้นงานที่บางนั้นการเชื่อมโดยไม่ต่อเนื่องจะทำให้เกิดความเค้นน้อยกว่าการเชื่อมแบบต่อเนื่องกันไป

การประกอบชิ้นงานนั้นไม่ควรใช้กรรมวิธีการกด กระแทก หรือการดัดชิ้นงานในระหว่างการเชื่อม สำหรับกรณีที่ใช้วัสดุที่มีความแตกต่างกัน เช่น การต่อชิ้นงานเล็กกับชิ้นงานใหญ่ก็จะทำให้เกิดการบิดงอหลังการชุบได้ การบิดงอนี้เป็นผลมาจากอัตราการดูดกลืนและคายความร้อนของหน้าตัดที่บางและหนาแตกต่างกัน

ค) ความเค้นที่เกิดจากการขนส่ง

การขนส่งในที่นี้ก็คือ การเคลื่อนย้ายชิ้นงานในระหว่างการชุบ เช่น การแขวนชิ้นงาน ซึ่งควรต้องพิจารณาไว้ล่วงหน้าก่อน และถ้าเป็นไปได้ควรแขวนชิ้นงานไว้ที่ขอบหรือรูซึ่งเจาะไว้เพื่อแขวนโดยเฉพาะ และการบิดงออาจเกิดของเหลวจากแต่ละบ่อ เช่น น้ำ น้ำกรด หรือสังกะสีหลอมเหลวไปขังอยู่ในชิ้นงาน ซึ่งเกิดจากการดึงชิ้นงานขึ้นอย่างผิดวิธีหรือการดึงชิ้นงานขึ้นมาเร็วเกินไป และนอกจากนี้แล้วก็ควรมีรูระบายน้ำอยู่ใกล้ๆบริเวณที่เป็นส่วนบิดหรือทรงกระบอกของชิ้นงานเพื่อว่าจะได้ไม่ต้องใช้แรงมากเกินความจำเป็นในการกดชิ้นงานเพื่อจุ่มลงในบ่อต่างๆ

ง) ความเค้นที่เกิดจากการจุ่มลงในน้ำสังกะสี

ในขณะที่จุ่มชิ้นงานลงบ่อสังกะสีหลอมเหลวจะเกิดความเค้นขึ้นเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของชิ้นงานส่วนที่อยู่ข้างใต้กับส่วนที่ยังอยู่ด้านบนของบ่อชุบ ในกรณีจุ่มชิ้นงานลงบ่อช้าเกินไปก็จะเกิดการบิดเบี้ยวได้แม้ว่าจะจุ่มชิ้นงานลงบ่อหมดแล้วก็ตาม โดยทั่วๆไปจะทำการจุ่มชิ้นงานลงบ่อให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยที่ผู้ปฏิบัติยังคงมีความปลอดภัยอยู่ วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการลดการบิดงอให้เหลือน้อยลงในระหว่างการชุบ

ควรมีการวางแผนในเรื่องการเคลื่อนที่ของชิ้นงานทั้งในระหว่างการชุบและการดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อสังกะสี และไม่ควรหยุดชิ้นงานไว้โดยที่บางส่วนยังจุ่มอยู่ในสังกะสีหลอมเหลว และไม่ควรปล่อยให้ชิ้นงานอยู่เหนือสังกะสีหลอมเหลวเพียงชีกเดียว เพราะว่าจะสามารถทำให้เกิดการบิดงอได้ เนื่องจากด้านที่ไม่ได้สัมผัสสังกะสีหลอมเหลมจะมีความร้อนสูงและส่งผลให้

ฟลักซ์ไหม้ติดอยู่บนชิ้นงานได้ ในการดึงชิ้นงานขึ้นจากบ่อสังกะสีควรดึงขึ้นจากส่วนของชิ้นงานที่ได้เสริมเอาไว้เพื่อรับแรงหรือดึงจากส่วนหนาของชิ้นงาน และการเย็นตัวลงของชิ้นงานควรเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

การบิดงอจากสาเหตุดังที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ จะสามารถป้องกันได้โดยการออกแบบอย่างถูกต้องตั้งแต่ก่อนการประกอบชิ้นงาน ผู้ออกแบบ ผู้ประกอบชิ้นงานและผู้ทำการชุบควรนำเอาความรู้มารวมกันเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาในการชุบสังกะสี และเพื่อเป็นการป้องกันการบิดงอในระหว่างการชุบ รูปทรงของชิ้นงานที่บิดงอยาก คือ ชิ้นงานที่มีรูปทรงแบบทรงกระบอก ส่วนชิ้นงานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือรูปรีๆจะมีโอกาสบิดงอมากกว่า และในทำนองเดียวกันชิ้นงานที่รูปร่างสมมาตร เช่น คานรูปตัวไอต่างๆ จะบิดงอน้อยกว่าชิ้นงานที่มีรูปร่างไม่สมมาตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย