ลวดเหล็กกล้าแรงดึงสูง สำหรับงานคอนกรีต

ถวัลโรจน์ จรรยานิมิตร์
วิชัย สมเจตนากุล

ปัจจุบัน ประเทศไทยมีความต้องการด้านที่อยู่อาศัยและสำนักงานรวมทั้งระบบสาธารณูปการสูง ทำให้ความต้องการใช้ลวดเหล็กกล้าแรงดึงสูงสำหรับงานคอนกรีตมีความจำเป็นอย่างมากในการพัฒนาประเทศ

ลวดเหล็กกล้าแรงดึงสูงสำหรับงานคอนกรีต มีอยู่ 2 แบบคือ แบบเส้นเดี่ยวเรียกว่า ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง (steel wires for pre-stressed concrete) หรือ PC Wire (มอก.95-2540) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5 - 12.2 มิลลิเมตร และแบบตีเกลียว เรียกว่า ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง (steel wires strands for pre-stressed concrete) หรือ PC Strand (มอก.420-2540) แบ่งออกเป็นชนิด 2 เส้น 3 เส้น 7 เส้น และ 19 เส้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5.8 - 21.8 มิลลิเมตร ลวดเหล็กกล้าฯ ทั้ง 2 แบบแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ ประเภทความล้าธรรมดา และประเภทความล้าต่ำ ความหมายก็คือ ประเภทความล้าธรรมดามีความสามารถในการใช้งานได้สั้นกว่าชนิดความล้าต่ำ หรือจะพูดว่าอายุโครงสร้างที่กำหนดให้ของลวดเหล็กกล้าฯ ประเภทความล้าธรรมดาจะน้อยกว่าประเภทความล้าต่ำ จากประสบการณ์ที่ได้วิเคราะห์หาคุณสมบัติของลวดเหล็กกล้าฯ ประเภทความล้าต่ำมีความล้าอยู่ประมาณไม่เกินร้อยละ 1 เมื่อทำการดึงชิ้นทดสอบที่แรงดึงร้อยละ 80 ของค่าแรงดึงสูงสุดตามที่มาตรฐานกำหนด ส่วนลวดเหล็กกล้าฯประเภทความล้าธรรมดามีความล้าตั้งแต่ร้อยละ 2.5 ขึ้นไปเมื่อใช้แรงดึงและระยะเวลาเท่ากัน ซึ่งลวดเหล็กกล้าฯทั้งสองแบบต้องเป็นไปตามมาตรฐานหรือที่เรียกว่า "มาตรฐานบังคับ" ซึ่งผู้ผลิต ผู้จำหน่ายและผู้นำเข้าจะต้องผลิต จำหน่ายและนำเข้าแต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ประกาศกำหนดเท่านั้น รายละเอียดขั้นตอนในการผลิตลวดเหล็กกล้าแรงดึงสูงสำหรับงานคอนกรีตที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป มีดังนี้

ขั้นตอนการผลิตลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

1. วัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตลวดเหล็กกล้าแรงดึงสูงสำหรับงานคอนกรีตเป็นลวดเหล็กประเภทคาร์บอนสูง (hot rolled high carbon steel wire rod) หรือ wire rod มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 9 - 13 มิลลิเมตร และส่วนประกอบทางเคมีของลวดเหล็กประเภทคาร์บอนสูงตามมาตรฐานของลวดเหล็ก (SWRH 77B SWRH 82B JIS G3506-1980 TIS 349-2532 และ SWRS 82B) วัตถุดิบทั้งหมดจะนำเข้ามาจากแหล่งผลิตในทวีปยุโรป เอเชีย อัฟริกา และอเมริกากลาง

2. การเตรียมวัตถุดิบก่อนการดึง

2.1 ในการเตรียมวัตถุดิบก่อนการดึง จะใช้ขบวนการทางเคมีในการทำความสะอาดลวดเหล็ก โดยการจุ่มแช่ในอ่างที่มีสารละลายกรดเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 หรือ กรดกำมะถันความเข้มข้นร้อยละ 20 (20% HCl หรือ 20% H_2SO_4) จนผิวลวดสะอาดหมดจดปราศจากสารเคลือบผิวและสนิม

2.2 นำลวดเหล็กมาจุ่มล้างด้วยน้ำเย็น หรือการใช้ฉีดน้ำพ่นทำความสะอาด เพื่อกำจัดสารเคมีที่ตกค้างอยู่บนผิวของลวดเหล็ก

2.3 นำลวดเหล็กมาชุบเคลือบผิวด้วยสารประกอบประเภท zinc phosphate โดยการใช้อุณหภูมิในการเร่งปฏิกิริยาในการชุบเคลือบประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับสภาพความเข้มข้นของสารเคมีที่ถูกนำมาใช้งาน

2.4 ลวดเหล็กเมื่อได้รับการชุบเคลือบผิวแล้วจะถูก

นำมาจุ่มล้างด้วยน้ำร้อนที่สะอาด อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดสารเคมีที่ตกค้างบนผิวลวดเหล็กเนื่องมาจากขบวนการชุบเคลือบผิว

2.5 นำลวดเหล็กมาจุ่มแช่ด้วยสารเคมีทำให้เป็นกลาง ด้วยน้ำปูนขาวประมาณ 1-2 นาที ที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส

2.6 นำลวดเหล็กไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 120-180 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 นาที เพื่ออบไล่ความชื้นและทำให้ผิวเคลือบมีความหนาแน่นอย่างต่อเนื่อง และง่ายต่อการยึดเกาะของผงหล่อลื่นในขั้นตอนของการดึง

3. การดึงเพื่อลดขนาด

3.1 ลวดเหล็กจะถูกนำมาดึงลดขนาดโดยการดึงผ่านหัวรีด (die) ซึ่งถูกออกแบบไว้อย่างเหมาะสม ในการดึงแต่ละครั้งจะถูกกำหนดให้เปอร์เซ็นต์ในการลดขนาดของลวดเหล็กลงได้ไม่เกินร้อยละ 24 ในระหว่างการดึงขึ้นรูปของแต่ละหัวรีด ซึ่งหัวรีดจะถูกหล่อลื่นด้วยผงเคมีและถูกหล่อเย็นด้วยน้ำเพื่อป้องกันมิให้หัวรีดและลวดเหล็กมีอุณหภูมิสูงเกิน 180 องศาเซลเซียส ส่วนลวดเหล็กจะถูกระบายความร้อนด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังหัวรีดและโลหะที่เป็นแม่พิมพ์ (mold) ซึ่งจะถูกหล่อเย็นด้วยน้ำหล่อเย็นหรือการระบายความร้อนด้วยลม หรืออาจใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน โดยปกติจะควบคุมให้อุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 90-120 องศาเซลเซียส

3.2 ในขณะดึงลดขนาดในขั้นตอนสุดท้ายซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดลวดเหล็กกล้าฯ ที่เราต้องการ ลวดเหล็กจะถูกทำให้เป็นแบบเรียบ แบบมีรอยย้ำ แบบมีบั้ง และแบบหยักไปด้วยเลย โดยลวดเหล็กจะถูกดึงให้ตึงด้วยค่าแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 45-50 ของแรงดึงขาดของลวดเหล็ก แรงดึงจะเกิดขึ้นระหว่างหัวรีดกับชุดดึง (capstan)

3.3 เมื่อดึงลดขนาดได้ตามที่ต้องการแล้ว ลวดเหล็กจะถูกเก็บไว้ในม้วนขดลวด (Bobbin) เพื่อนำไปผลิตในขบวนการผลิตลวดเหล็กกล้าฯ ตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง วัตถุประสงค์ในการดึงลดขนาดเพื่อให้ได้ขนาดลวดเหล็กตามที่เราต้องการแล้ว ยังเพิ่มสมบัติทางกลของลวดเหล็กด้วย

4. การคลายความเครียด

4.1 ลวดเหล็ก ที่ผ่านการดึงลดขนาดมาแล้ว จะถูกนำมาดัดให้เหยียดตรงโดยการใช้ชุดลูกดัด (roller) เป็นตัวดัดให้ตรง

4.2 ลวดเหล็ก จะถูกทำความสะอาดด้วยน้ำที่ปรับอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ และทำให้แห้งโดยลมขณะที่ถูกดึงด้วยชุดดึง ผ่านชุดเหนี่ยวนำความถี่สูง (induction height frequency unit) ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดการเกิดผลึกใหม่ (recrystallization temperature) ของลวดเหล็กซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 360-390 องศาเซลเซียส เพื่อคลายความเครียดหลังจากลวดเหล็กถูกทำให้เย็นตัวด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง

5. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ในขั้นตอนสุดท้ายเมื่อลวดเหล็กถูกทำให้เย็นตัวด้วยน้ำแล้ว ลวดเหล็กจะถูกดึงส่งไปโดยล้อยางแล้วนำมาเก็บไว้ในขดลวด (coil) ขดลวดหนึ่งจะมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 350-450 กิโลกรัม หรืออาจสูงถึง 1000 กิโลกรัม หรือตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย จากนั้นลวดเหล็กจะถูกม้วนและห่อ (packing) พร้อมทั้งการติดแผ่นป้ายแจ้งรายละเอียดต่างๆ ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจน แล้วนำไปชั่งน้ำหนักซึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

ขั้นตอนการผลิตลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

หลังจากลวดเหล็กผ่านขั้นตอนในการดึงลดขนาดแล้ว ถ้าเป็นการผลิตลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง จะมีขั้นตอนในการผลิตดังต่อไปนี้

1- 3. เหมือนขั้นตอนการผลิตลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

4. การตีเกลียว

ในการผลิตลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง เครื่องตีเกลียว ที่ใช้กันอยู่ในขณะนี้จะทำงานเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้คือ ขั้นตอนที่ 1-6 เป็นการนำลวดเหล็กพันรอบเส้นแกนอยู่เส้นรอบนอก ส่วนขั้นตอนที่ 7 จะเป็นเส้นแกนซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นพันรอบนอก (เส้นพันรอบนอกจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันหมด)

5. การคลายความเครียด

5.1 หลังจากลวดเหล็กผ่านการตีเกลียวมาแล้ว ลวดเหล็กตีเกลียวจะถูกดึงผ่านชุดดึง ตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 โดยใช้แรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 45-50 ของแรงดึงขาดของลวดเหล็กตีเกลียวแต่ละขนาด ผ่านชุดเหนี่ยวนำความถี่สูง ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดการเกิดผลึกใหม่ ของลวดเหล็กตีเกลียวซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 360-390 องศาเซลเซียส เพื่อคลายความเครียด

5.2 ลวดเหล็กตีเกลียว จะถูกดึงผ่านน้ำที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำให้ลวดเหล็กตีเกลียวเย็นตัวลง

6. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

ลวดเหล็กตีเกลียวจะถูกดึงโดยล้อยาง แล้วจะถูกม้วนเก็บเป็นชั้นๆ ด้วยเครื่องม้วน (layer winder) เพื่อเรียงให้ลวดเหล็กตีเกลียวเป็นชั้นๆ โดยน้ำหนักเฉลี่ยต่อขดจะถูกกำหนดไว้ประมาณ 3000 กิโลกรัม จากนั้นทำการม้วนและห่อแล้วติดป้ายแจ้งรายละเอียดต่างๆ ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจน แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ซึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

ลวดเหล็กกล้าฯ และลวดเหล็กกล้าตีเกลียวฯ เหมาะสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงทั่วๆ ไป เช่น งานหล่อเสาเข็ม งานสร้างทางด่วน งานสร้างเขื่อน และงานสร้างสะพาน เป็นต้น เพราะลวดเหล็กกล้าฯ และลวดเหล็กกล้าตีเกลียวฯ เป็นลวดเหล็กที่ผลิตจากลวดเหล็กคาร์บอนสูง นำมาทำความสะอาดก่อนแล้วจึงอบให้แห้ง นำมารีดลดขนาดแล้วมาอบคลายความเครียดเพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานความล้า สามารถรีดออกมาให้มีขนาดตามความต้องการด้วยหัวรีดและมีขนาดยาวเท่าไรก็ได้ตามความต้องการของผู้ใช้ เพราะเป็นลวดเหล็กที่สามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้ก่อนที่จะผลิตออกมาเป็นลวดเหล็กกล้าฯ เนื่องจากเป็นลวดเหล็กที่ถูกอบคลายความเครียด จึงทำให้สามารถรับแรงดึงได้สูงมากเมื่อเทียบกับวัสดุใช้งานประเภทเดียวกัน ตลอดจนที่ผิวของลวดเหล็กจะมีผิวเรียบเป็นมันและทำเป็นแบบต่างๆ ได้แก่ แบบเกลี้ยง แบบมีรอยย้ำ แบบมีบั้ง และแบบหยัก เป็นต้น จึงทำให้สามารถยึดเกาะกับปูนได้เป็นอย่างดี ทำให้อายุโครงสร้างมีอายุการใช้งานได้นานกว่าและยังมีให้เลือกใช้ทั้งชนิด แบบ และประเภทต่างๆ ที่สามารถเลือกใช้ได้ตามต้องการ ส่วนลวดเหล็กกล้าตีเกลียวฯ เป็นลวดเหล็กตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป ตีเกลียวเข้าด้วยกัน อาจจะตีเกลียวทางขวาหรือตีเกลียวทางซ้ายให้มีระยะช่วงเกลียวสม่ำเสมอ ยังมีทั้งชนิด แบบ และประเภทต่างๆ ให้เลือกใช้ได้ตามความต้องการของผู้ใช้อีกด้วย

คุณสมบัติของลวดเหล็กกล้าแรงดึงสูงสำหรับงานคอนกรีต (ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรงและลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง) ดังนี้

1. มีขนาดที่แน่นอนเท่ากันตลอดทั้งเส้น
2. มีผิวเรียบมัน
3. รับแรงดึงได้สูงมากเมื่อเทียบกับวัสดุใช้งานประเภทเดียวกัน
4. ทำให้โครงสร้างมีขนาดเล็กลงและประหยัดต้นทุนการผลิต
5. อายุโครงสร้างมีอายุการใช้งานได้นานกว่า
6. โครงสร้างมีความปลอดภัยสูง
7. การขนส่งกระทำได้ง่ายเนื่องจากเป็นขด
8. กรณีลวดเหล็กกล้าตีเกลียวฯ หากมีลวดเส้นหนึ่งเส้นใดมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมหรือชำรุด เส้นที่เหลือยังสามารถรองรับการใช้งานได้
9. ใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า

ลักษณะการใช้งาน

1. งานคอนกรีตอัดแรง จำพวกหล่อเสาเข็ม เสาเข็มเหวี่ยง คานและเสาไฟฟ้า
2. งานสร้างอาคาร
3. งานสร้างทางด่วน
4. งานสร้างอาคารบ้านเรือน เช่น เสาหรือแผ่นพื้น
5. งานสร้างเขื่อนและเขื่อนกันคลื่น
6. งานสร้างสะพาน
7. งานอื่นๆ

จะเห็นได้ว่าลวดเหล็กกล้าฯ และลวดเหล็กกล้าตีเกลียวฯ เป็นลวดเหล็กที่มีขนาดที่แน่นอนเท่ากันตลอดทั้งเส้น มีความยาวที่ต่อเนื่อง มีผิวเรียบมัน ซึ่งลวดเหล็กกล้าฯ นี้ผลิตจากลวดเหล็กคาร์บอนสูงชนิดมีลิขสิทธิ์ (patenting) หรือเรียกว่าลวดเปียโน (piano wire) และลวดสตีลเมอร์ (steelmor wire) เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการทำลวดเหล็กกล้าฯ โดยการทำความ

สะอาดลวดเหล็กคาร์บอนสูงด้วยสารเคมี แล้วนำมาล้างน้ำและอบไล่ความชื้นออก นำมาดึงลดขนาดแล้วอบคลายความเครียดเพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานความล้า หมายถึงความเสื่อมสูญของแรงดึงตามระยะเวลาของลวดเหล็กกล้าฯ และลวดเหล็กกล้าตีเกลียวฯ ที่มีความยาวคงที่ คิดเป็นร้อยละของแรงดึงเริ่มแรกที่ใช้กับลวดเหล็กกล้าฯ หรือลวดเหล็กกล้าตีเกลียวฯ ดังนั้น เราจะเห็นว่าลวดเหล็กกล้าฯ และลวดเหล็กกล้าตีเกลียวฯ เป็นลวดเหล็กที่สามารถรับแรงดึงได้สูงมากเมื่อเทียบกับวัสดุที่ใช้ในงานประเภทเดียวกัน ทำให้โครงสร้างมีขนาดเล็กลงประหยัดต้นทุนการผลิต ตลอดจนอายุของโครงสร้างมีอายุการใช้งานได้นานกว่า และโครงสร้างมีความปลอดภัยสูง จึงเหมาะกับงานก่อสร้างต่างๆ เป็นอย่างมาก ถือได้ว่าเราได้ใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า

เอกสารอ้างอิง

Gruppo Redaellitecna. **Process document of redaelli tecnameccanica spa.** Milano : n.p., n.d.

Japanese Standards Association. Uncoated stress-relived steel wire and stands for prestressed concrete. **JIS** G 3536 . 1999

The Wire Association International. **Steel wire handbook . Volume 4.** n.p. : The Wire Association International., 1980. p68-69, 72-73, 114-115.