บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือเหล็กกล้าธาตุผสมต่ำความแข็งแรงสูงที่ผสมธาตุไนโอเบียมเกรด QStE 450 โดยมีส่วนผสมเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแสดงในตารางที่ 3.1

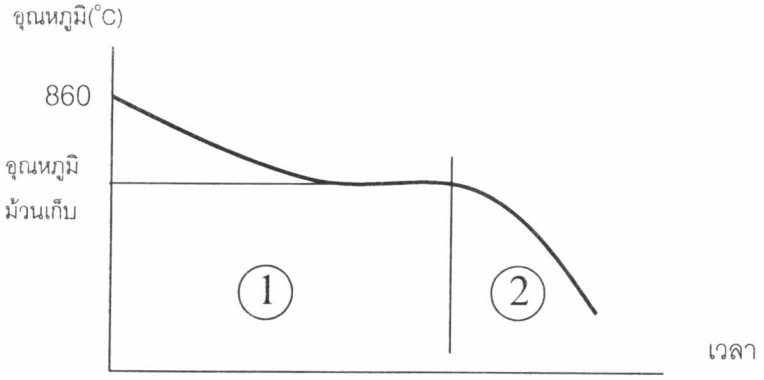
ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าธาตุผสมต่ำความแข็งแรงสูงที่ผสมธาตุไนโอเบียม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

C	Mn	Si	P	S	Al	Cu	Nb	V	N	Ti	Cr
0.091	1.14	0.011	0.008	0.007	0.053	<0.02	0.04	0.004	0.007	0.007	0.006

3.2 การเตรียมชิ้นงาน

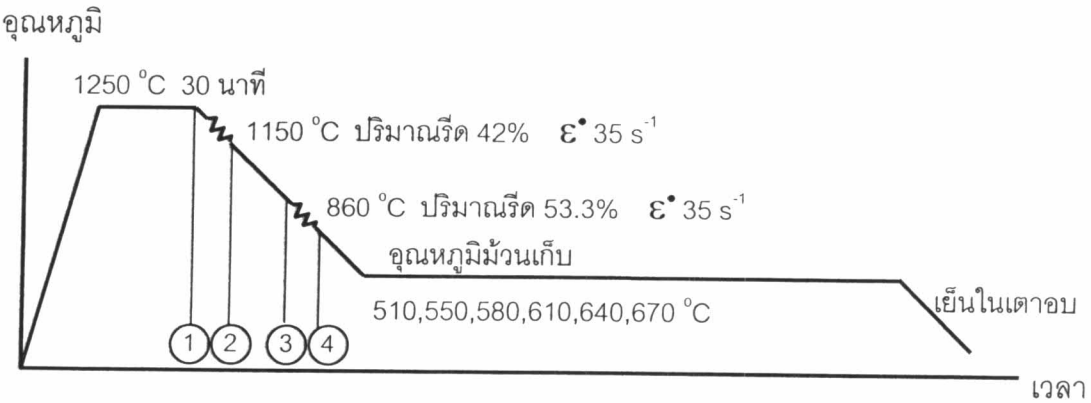
3.2.1 การเตรียมชิ้นงาน การเตรียมชิ้นงานในกระบวนการรีดร้อนในสภาวะจำลอง เตรียมที่ Technical University of Kosice. Slovakia. โดยการจำลองสภาวะการรีดร้อนมีขั้นตอนดังนี้

1. นำชิ้นงานอบให้ร้อนที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
2. รีดลดขนาดจาก 26 มม. เหลือ 15 มม.ที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส
3. รีดลดขนาดจาก 15 มม. เหลือ 7 มม. ที่อุณหภูมิ 860 องศาเซลเซียส
4. จำลองการม้วนเก็บโดยนำชิ้นงานออกจากเครื่องรีดจำลองเข้าสู่เตาอบที่มีอุณหภูมิ 510, 550, 580, 610, 640 และ 670 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงปิดสวิทช์เตา ปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวภายในเตาจนถึงอุณหภูมิห้อง เนื่องจากในทางปฏิบัติลักษณะการเย็นตัวจะเป็นไปตามรูปที่ 3.1 โดย นขณะที่เริ่มม้วนเก็บ การเย็นตัวเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ อัตราการเย็นตัวจะลดลงอีกเมื่อจำนวนรอบม้วนเก็บมากขึ้นและเกือบจะคงที่เมื่อการม้วนเก็บเสร็จสิ้นเป็นระยะเวลาหนึ่ง(สภาวะที่ 1) หลังจากนั้นอัตราการเย็นตัวจะเร็วขึ้นแต่ก็ยังถือว่าเป็นการเย็นตัวอย่างช้า ๆ (สภาวะที่ 2) ซึ่งใช้เวลานานมากกว่าสภาวะที่ 1 มาก



รูปที่ 3.1 ลักษณะการเย็นตัวของการม้วนเก็บในทางปฏิบัติ (ในความเป็นจริง สภาวะ 2 จะใช้เวลานานกว่าสภาวะ 1 มาก)

ดังนั้นในสภาวะการจำลองการม้วนเก็บ จึงต้องมีการรักษาอัตราการเย็นตัวให้ใกล้เคียงกับสภาวะที่ 1 โดยการนำชิ้นงานเข้าเตาอบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิม้วนเก็บทันทีหลังการรีดละเอียด ระยะเวลาแช่ในเตาจะขึ้นกับขนาดชิ้นงานซึ่งพบว่าขนาดชิ้นงานทดลองนี้จะต้องแช่ในเตาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงปิดสวิตซ์เตา การเย็นในเตาหลังจากนี้จะเป็นการจำลองสภาวะที่ 2 ในรูป ก. เพราะมีอัตราการเย็นตัวที่ใกล้เคียงกัน การใช้เวลาน้อยกว่า 1 ชั่วโมงจะทำให้จำลองสภาวะที่ 1 ไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจมีผลต่อการตกตะกอน ในขณะที่เวลาที่มากกว่า 1 ชั่วโมงก็อาจทำให้ขนาดเกรนใหญ่กว่าสภาวะจริงได้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการจำลองสภาวะการรีดร้อนที่มีอุณหภูมิม้วนเก็บต่างกัน

3.2.2 การตรวจสอบขอบเกรนออสเทนไนท์เดิมระหว่างการเตรียมชิ้นงาน โดยตัดชิ้นงานบางส่วนเพื่อตรวจสอบขอบเกรนเดิมของโครงสร้างออสเทนไนท์ หลังจาก

ผ่านขั้นตอนที่ 1, 2, 3 และ 4 ของการเตรียมชิ้นงาน(รูปที่ 3.2) โดยการนำชิ้นงานตัวอย่างที่ต้องการศึกษา ชุบลงในอ่างสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ทันที

3.3 การทดสอบสมบัติเชิงกล

การทดสอบสมบัติเชิงกลกระทำโดยการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (universal tensile testing machine) เพื่อหาจุดคราก ค่าแรงดึงสูงสุด เปอร์เซ็นต์การยืดตัว เปอร์เซ็นต์การลดลงของพื้นที่

การทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมชิ้นงานทดสอบให้มีลักษณะและขนาด ตามมาตรฐาน ASTM E8M
2. นำชิ้นงานขีดด้วยปากกาปลายแหลม เพื่อแสดงความยาวเริ่มต้น (gage length)
3. ทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง ความเร็วหัวจับ 1 มิลลิเมตรต่อ 1 นาที ทดสอบจนชิ้นงานแยกจากกัน
4. นำชิ้นงานที่แยกจากกันมาต่อเข้ากันใหม่เพื่อวัดความยาวเกจสุดท้าย แล้ววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตำแหน่งที่ขาดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
5. นำข้อมูลที่ได้จากกราฟระหว่างแรงดึง กับระยะที่ยืดตัวโดยเครื่องทดสอบแรงดึง และขนาดของเกจที่วัดไว้มาคำนวณหา จุดคราก ค่าแรงดึงสูงสุด เปอร์เซ็นต์การยืดตัว การลดลงของพื้นที่

3.4 วิธีการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

3.4.1 การตัดและเตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

1) ตัดชิ้นงานที่จะนำมาตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยใบตัดหินเจียรที่มีน้ำหล่อเย็น โดยผิวระนาบที่ทำการตรวจสอบจะต้องขนานกับทิศทางการรีด
2) นำชิ้นงานใส่ใน castable epoxy
3) ขัดชิ้นงานบนกระดาษทรายน้ำซิลิกอนคาร์ไบด์ ตั้งแต่เบอร์ 240 320 400 600 800 1000 แล้วล้างน้ำให้สะอาด

4) ขัดชิ้นงานบนผ้ากำมะหยี่ โดยใช้ผงขัดอะลูมินาขนาด 1 ไมครอนที่แขวนลอยในน้ำ

5) ล้างน้ำให้สะอาด แล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ และเป่าให้แห้งด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

3.4.2 การกัดผิวหน้าชิ้นงานด้วยสารละลายเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

โครงสร้างจุลภาคที่ต้องการตรวจสอบในที่นี้คือ ขอบเกรนเดิมของโครงสร้างออสเทนไนท์ โครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4.2.1 การตรวจสอบขอบเกรนเดิมของโครงสร้างออสเทนไนท์ในระหว่างการจำลองการรีดร้อน

1) ทำโดยการนำผงกรดพิคริก (picric acid) ละลายในน้ำกลั่นจนอิ่มตัว (ประมาณ 40 กรัมต่อน้ำ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นเติมสารเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส (surfacant) 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล $FeCl_2$ 2-3 หยดต่อสารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมในบิกเกอร์ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผงกรดพิคริกละลายอิ่มตัวในน้ำได้ง่ายขึ้น คนจนเป็นเนื้อเดียวกัน ในขั้นตอนนี้ควรระวังการระเบิดของกรดพิคริก เมื่อถูกให้ความร้อนจนแห้ง และการสูดดมไอระเหยจากการผสมสูตรข้างต้นนี้เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ
2) นำบิกเกอร์ใส่สารละลายพิคริกนี้ไปอุ่นบนแผ่นทำความร้อน (hot plate) จนมีอุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียส
3) นำชิ้นงานแช่ในสารละลายพิคริกโดยหงายหน้าชิ้นงานขึ้น
4) ในระหว่างการแช่ในสารละลายนี้ ใช้ไม้พันด้วยสำลีถูผิวหน้าชิ้นงานบ่อย ๆ จะช่วยทำให้สามารถมองเห็นโครงสร้างจุลภาคได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 10 – 20 นาที
5) ล้างกรดและเศษผงจากการทำปฏิกิริยาของผิวหน้าชิ้นงานกับกรดที่ติดอยู่ด้วยน้ำประปาให้สะอาด จากนั้นล้างอีกครั้งด้วยแอลกอฮอล์ และเป่าให้แห้งสนิทด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

3.4.2.2 **การตรวจสอบโครงสร้างเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์หลังการจำลองการม้วนเก็บ**

1) นำชิ้นงานชุบลงในสารละลายไนตอล (nital) ที่มีความเข้มข้นของกรดไนตริก 2% ในเอทานอล ใช้เวลาประมาณ 5 – 10 วินาที
2) ล้างกรดและเศษผงจากการทำปฏิกิริยาของผิวหน้าชิ้นงานกับกรดที่ติดอยู่ ด้วยน้ำประปาให้สะอาด จากนั้นล้างอีกครั้งด้วยแอลกอฮอล์ และเป่าให้แห้งสนิทด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

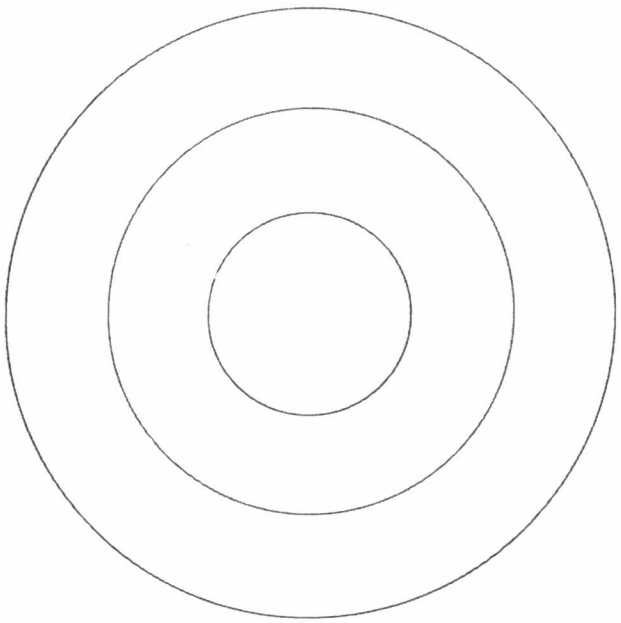
3.5 วิธีการวัดขนาดเกรน

3.5.1 วิธีการวัดขนาดเกรนแบบรียาว

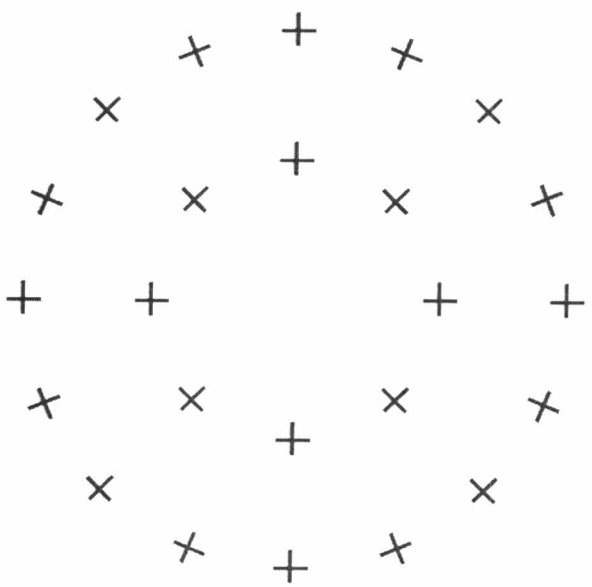
การวัดขนาดเกรนใช้วิธีการใช้เส้นตรง (Heyn linear intercept procedure) โดยการลากเส้นผ่านรูปโครงสร้างจุลภาคแล้วนับจุดตัดระหว่างเส้นทดสอบกับขอบเกรน เส้นตรงทดสอบจะต้องตัดผ่านขอบเกรนอย่างน้อย 50 เกรนต่อ 1 เส้น การนับจุดตัดระหว่างเส้นทดสอบกับขอบเกรนจะนับจุดตัดระหว่างรอยต่อของ 3 เกรนเป็น 1.5

3.5.2 วิธีวัดขนาดเกรนสมมาตร (equiaxed grain)

ลากวงกลม 3 วง โดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 79.58, 53.05 และ 26.53 มิลลิเมตรซึ่งทำให้มีความยาวรวมของเส้นรอบวงจากวงกลม 3 วงรวมเป็น 500 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.3 การนับจุดตัดระหว่างเส้นทดสอบกับขอบเกรนจะนับจุดตัดระหว่างรอยต่อของ 3 เกรนเป็น 2 วิธีนี้เหมาะสำหรับเกรนที่มีรูปทรงหลายเหลี่ยม และมีข้อดีคือสามารถช่วยลดการเบี่ยงเบนของข้อมูลจากทิศทางการลากเส้นตรงในกรณีวัดขนาดเกรนโดยการใช้วิธีการลากเส้นตรงทดสอบในกรณีที่มี 2 เฟส จะใช้ grid มาตรฐานจำนวน 24 จุด ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เพื่อหาสัดส่วนปริมาตรของแต่ละเกรน



รูปที่ 3.3 วงกลม 3 วงที่มีเส้นรอบวงของวงทั้ง 3 ยาว 500 มิลลิเมตรสำหรับวัดขนาดเกรนสมมาตร



รูปที่ 3.4 grid มาตรฐานจำนวน 24 จุดสำหรับหาสัดส่วนปริมาตรของแต่ละเกรนในการวัดขนาดเกรนสมมาตร