

การวิเคราะห์โครงสร้างของโลหะ ด้วยกล้องจุลทรรศน์สำหรับโลหะ (Metal Structure Analysis With Metal Microscope)

สมนึก วัฒนศรียกุล

- 1. ทฤษฎีเบื้องต้น
- 2. การเตรียมชิ้นทดสอบ (preparation of specimen)
- 3. กล้องจุลทรรศน์สำหรับโลหะ (Metal microscope)
- 4. เอกสารอ้างอิง

1. ทฤษฎีเบื้องต้น

สิ่งซึ่งสามารถมองเห็น และวิเคราะห์จากผิวโลหะด้วยกล้องจุลทรรศน์สำหรับโลหะเรียกว่า โครงสร้าง (Structure) หรือเกรน (Grain) การวิเคราะห์วิธีนี้จะทำได้กับชิ้นทดสอบที่ผ่าน การขัดละเอียด ขัดมัน และกัดกรดมาแล้ว ซึ่งวัสดุอาจมีทั้งเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) หรือไม่เนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) รวมทั้งอาจจะเป็นเฟสเดียวหรือหลายเฟส ในการวิเคราะห์โครงสร้างสิ่งสำคัญ คือการตรวจสอบดูถึงจำนวนของเฟส หรือเกรน และสัดส่วนของเกรนแต่ละชนิดของโลหะนั้น รวมทั้งขนาด รูปร่าง และการกระจายตัวของเกรนแต่ละเกรน วัสดุชนิดเดียวกันนั้นอาจจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกันอย่างมากได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเป็นมาของวัสดุนั้น

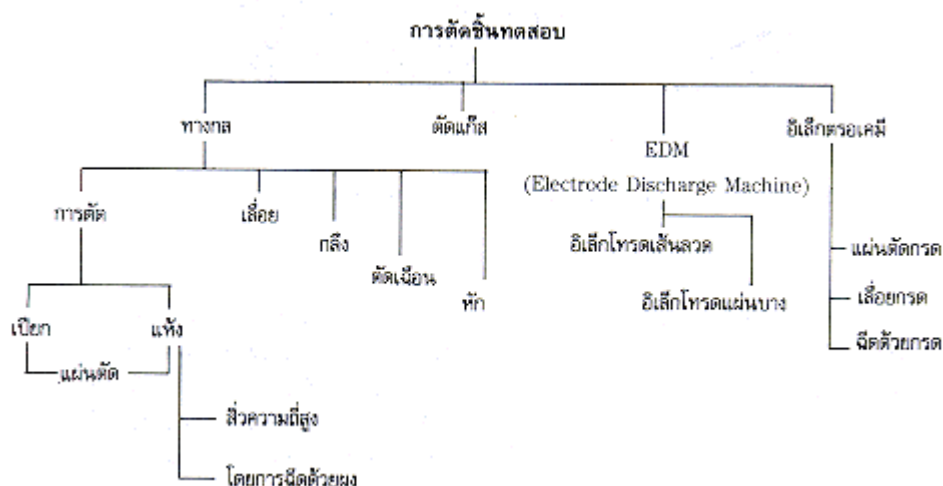
2. การเตรียมชิ้นทดสอบ (preparation of specimen)

ในการทดสอบนี้จะต้องมีการเตรียมชิ้นทดสอบ ซึ่งการเตรียมนี้นับว่ามีความสำคัญยิ่ง โดยมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ทั้งนี้ต้องเลือกวิธีให้เหมาะสมกับวัสดุ และโครงสร้างที่ต้องการวิเคราะห์ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีคุณสมบัติอ่อน ง่ายต่อการแปรรูปเย็นซึ่งอาจจะทำให้เกรนเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ ส่วนเหล็กหล่อ (C = 2 ถึง 4.5%) มีความเปราะสูงสำหรับเหล็กกล้าชุบแข็ง การเตรียมชิ้นทดสอบต้องระวังไม่ให้เกิดความร้อนเพราะมันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เนื่องจากความร้อนได้ นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึงทิศทางของการขึ้นรูปของชิ้นงานด้วย ซึ่งอาจเป็นลักษณะแนวยาวหรือแนวขวาง เพราะในแต่ละทิศทางจะมีลักษณะโครงสร้างแตกต่างกัน

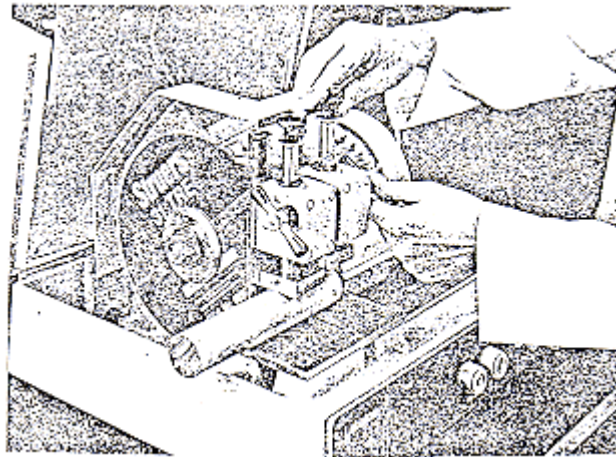
2.1 การตัดชิ้นทดสอบ

การเลือกและการตัดตัวอย่างชิ้นทดสอบ เพื่อทำการทดสอบเป็นการกระทำขั้นแรกของการเตรียมชิ้นทดสอบ ซึ่งนับว่าสำคัญมากการ เลือกตัวอย่างไม่ถูกต้อง ก็จะทำให้การวิเคราะห์ในขั้นต่อไปไม่มีความหมาย และแก้ไขได้ยาก

ชิ้นทดสอบที่ถูกตัด จะต้องสามารถนำผิวตัดไปทำการขัดแต่งต่อไปได้ และจะต้องหลีกเลี่ยงการตัดที่จะทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ การเปลี่ยนแปลงนี้ได้แก่การร้าวหรือการขยายตัวของรอยร้าว และการแตกหัก นอกจากนั้นยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื่องจากความร้อน ซึ่งได้แก่การคืนรูปผลึก (Recrystallisation) การคืนตัว (Tempering) และการหลอมละลาย โดยปกติสามารถป้องกันได้โดยการหล่อเย็น (ด้วยน้ำ น้ำมัน อากาศฉีด ฯลฯ)



รูปที่ 1 : วิธีการตัดชิ้นทดสอบ

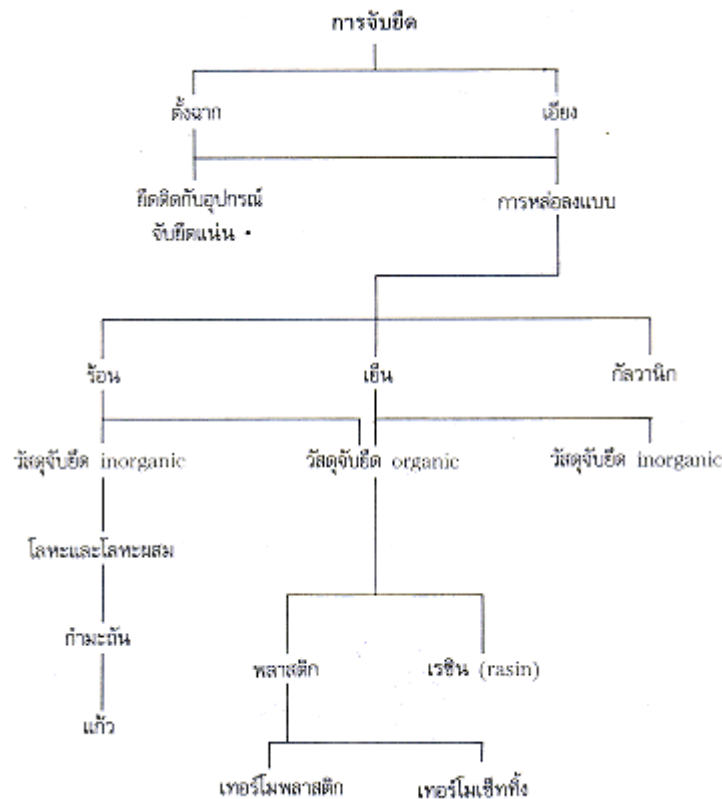


รูปที่ 2 : เครื่องตัดชิ้นทดสอบด้วยแผ่นตัด

การตัดด้วยแก๊สไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างที่ผิวตัดได้ ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องใช้วิธีนี้ควรตัด เพื่อให้ชิ้นทดสอบมีขนาดใหญ่ไว้ก่อน จากนั้นจึงกำจัดผิวตัดแก๊สออกด้วยวิธีอื่น ซึ่งต้องใช้วิธีที่ไม่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ซึ่งได้แก่การตัดทางกล การตัดด้วยวิธี DEM และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผิวตัดที่ได้สามารถนำไปขัดละเอียดต่อได้ทันที และบางครั้งอาจนำไปขัดมันต่อได้ทันทีเลย ดังนั้นในการตัด จึงควรพยายามเลือกตัดด้วยวิธีเหล่านี้ เพราะจะทำให้ได้ชิ้นทดสอบโดยตรงจากชิ้นงาน แต่ส่วนใหญ่จะยุ่งยากเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง

การตัดด้วยใบตัดก็เป็นวิธีการตัดที่ใช้เวลาไม่มากนักซึ่งขึ้นกับความหนาของชิ้นงาน แผ่นตัดจะทำด้วย อะลูมิเนียมอัลลอยด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ หรือเพชร ซึ่งจะถูกยึดติดกับด้วยวัสดุอย่าง คือ ยาง พลาสติก โลหะ แผ่นตัดจะ แบ่งได้เป็นสองลักษณะ คือประเภทที่วัสดุตัดหลุดออกจากวัสดุยึดได้ง่ายเรียกว่า แผ่นตัดอ่อน (สึกเร็ว) หรือ ประเภทแข็ง (สึกช้า) โดยปกติจะเลือกใช้แผ่นตัดแข็งกับวัสดุอ่อน และใช้แผ่นตัดอ่อนกับวัสดุแข็ง

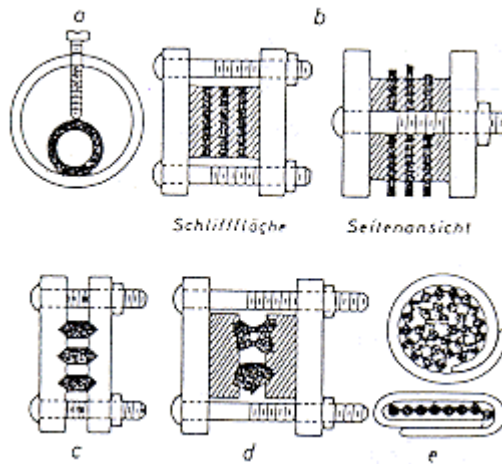
2.2 การจับยึดชิ้นทดสอบ



รูปที่ 3 : วิธีการจับยึดแบบต่าง ๆ สำหรับชิ้นทดสอบในงานวิเคราะห์โครงสร้าง

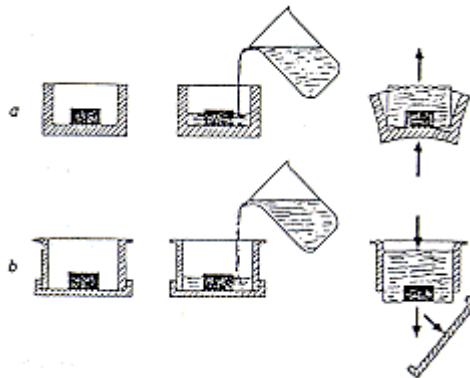
การจับยึดชิ้นทดสอบมีความจำเป็นในกรณีที่ชิ้นทดสอบ มีขนาดเล็ก อ่อนมาก เปราะ หรือเป็นรูพรุน และเมื่อต้องการให้ได้ความคมที่ขอบชิ้นทดสอบ นอกจากนั้นถ้าต้องการจับยึดชิ้นทดสอบหลาย ๆ ชิ้นพร้อม ๆ กัน หรือในกรณีที่ต้องการทำงานกับเครื่องขัดอัตโนมัติ

ส่วนใหญ่จะทำการจับยึดชิ้นทดสอบหลังจากการตัด แต่ในบางครั้งอาจทำการจับยึดก่อนการตัดก็ได้ เช่น ชิ้นทดสอบเล็ก ๆ ซึ่งมีจำนวนมาก ชิ้นทดสอบที่ถูกจับยึดแล้วจะสามารถทำให้การทำงานกับชิ้นทดสอบได้อย่างสะดวก การจับยึดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3



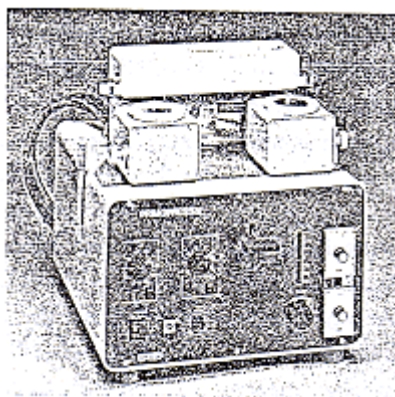
รูปที่ 4 : ตัวอย่างการจับยึดด้วยอุปกรณ์จับยึด

- a) ท่อกลม
- b) โลหะแผ่น
- c) เป็นท่อน
- d) รูปรางไม้แน่นอน
- e) เส้นลวด



รูปที่ 5 : การหล่อลงแบบวิธีเย็น

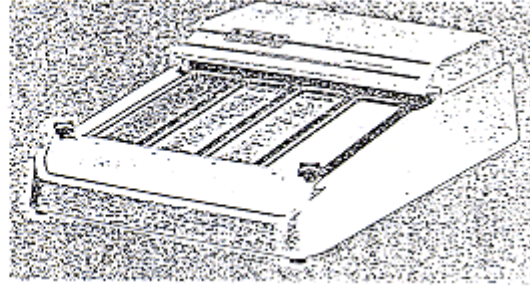
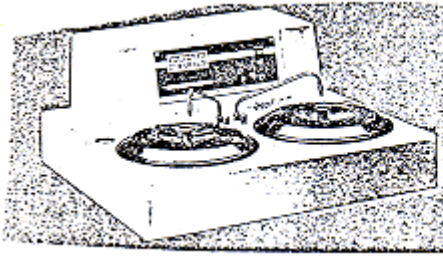
- a) แบบเป็นพลาสติกอ่อนหรือยาง
- b) แบบเป็นพลาสติกแข็ง



รูปที่ 6 : เครื่องจับยึดชิ้นทดสอบแบบร้อน (hot mounting machine)

2.3 การขัดละเอียด (Grinding)

หลังจากการตัดชิ้นทดสอบอย่างถูกต้อง และถ้าจำเป็นอาจต้องจับยึดชิ้นทดสอบเพื่อให้สะดวกต่อการเตรียมต่อไป การขัดละเอียดจะขัดด้วยกระดาษทราย โดยเริ่มจากกระดาษทรายหยาบ และเพิ่มความละเอียดขึ้นเรื่อย ๆ ความหยาบละเอียดของกระดาษทรายจะกำหนดเป็นเบอร์ เช่น เบอร์ 150 จะหยาบกว่า เบอร์ 280 หรือเบอร์ 400 จะหยาบกว่า เบอร์ 1200 ขณะที่เปลี่ยนเบอร์ของกระดาษทรายจากหยาบไปละเอียดจะต้องหมุนชิ้นทดสอบไป 90° เพื่อให้รอยขีดใหม่ที่เกิดขึ้นทับกับรอยขีดเก่า และจะทำให้สามารถรู้ได้ว่า รอยขีดเก่าถูกขัดออกหมดหรือยัง ในขณะที่ขัดควรจะใช้ น้ำช่วย เพื่อไม่ให้เกิดความร้อน แล้วยังทำให้เม็ดทรายที่หลุดและเศษของชิ้นทดสอบสามารถไหลออกไปได้ การขัดละเอียดควรขัดไปจนถึง กระดาษทรายเบอร์ 800 ถึง 1000



รูปที่ 7 : เครื่องขัดละเอียดด้วยกระดาษทราย แบบจานหมุน (ซ้าย) และแบบสายพาน (ขวา)

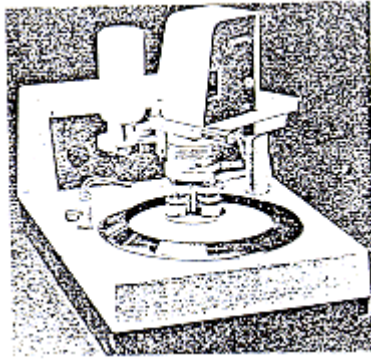
การขัดกระดาษทรายสามารถขัดด้วยมือโดยวางกระดาษทรายลงบนแผ่นเรียบเช่นแผ่นกระจก โดยใช้มือจับชิ้นทดสอบขัดไปทางเดียว หรือจะขัดโดยใช้เครื่องขัด เครื่องขัดจะมีลักษณะเป็นจานหมุน กระดาษทรายจะถูกวางไว้บนจานหมุน และมีท่อฉีดน้ำคอยฉีดน้ำอยู่ตลอดเวลา

2.4 การขัดมัน (Polishing)

หลังจากขัดละเอียดด้วยกระดาษทรายจนถึงเบอร์ 800 หรือ 1000 แล้วจะเห็นว่าผิวของชิ้นทดสอบมีลักษณะเป็นเส้นตามแนวของการขัด ซึ่งเมื่อนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์จะยิ่งเห็นชัดเจขึ้น ฉะนั้นในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์จึงยังไม่เพียงพอต้องทำให้ผิวของชิ้นทดสอบ มีความเรียบมากกว่านี้ ซึ่งจะได้ทำได้โดยการขัดมัน การขัดมัน โดยจะขัดบนเครื่องขัด และมีผงขัดช่วยในการขัด ผงขัดที่ใช้มีหลายประเภทที่นิยมใช้ได้แก่ อลูมินา (อลูมิเนียมออกไซด์ Al_2O_3) ผสมน้ำหรือเป็นครีม การขัดควรขัดเปียก นอกจากนั้นยังนิยมใช้ผงเพชรซึ่งมี ขนาดระหว่าง 7 ถึง $1 \mu m$ ซึ่งเหมาะสำหรับวัสดุที่มีเนื้อแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) เช่น เหล็กหล่อสีเทา ซึ่งสามารถตรวจดูรูปร่างของแกรไฟต์ได้ทันที หลังจากการขัดมันโดยยังไม่ต้องกัดกรด ผ้าสักหลาดที่ใช้ยังสามารถแยกออกเป็นประเภทที่มีขนยาว ซึ่งมีความนุ่มสูงทำให้สามารถขัดผิวได้ความเรียบมันสูง แต่ผลเสียคือ ทำให้บริเวณขอบกลายเป็นผิวโค้ง ข้อเสียนี้ จะสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ผ้าที่มีขนสั้น และมีความนุ่มน้อยกว่า แต่ผิวที่ได้อาจจะมียอยขีดหลงเหลืออยู่บ้าง



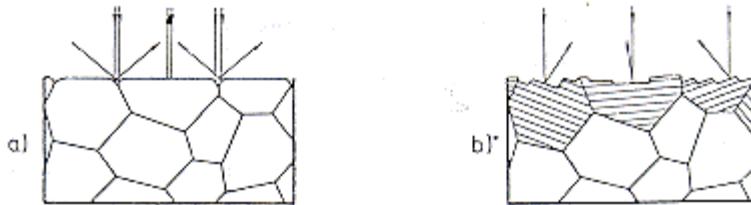
รูปที่ 8 : รูปร่างของแกรไฟต์ในเหล็กหล่อหลังจากการขัดมัน



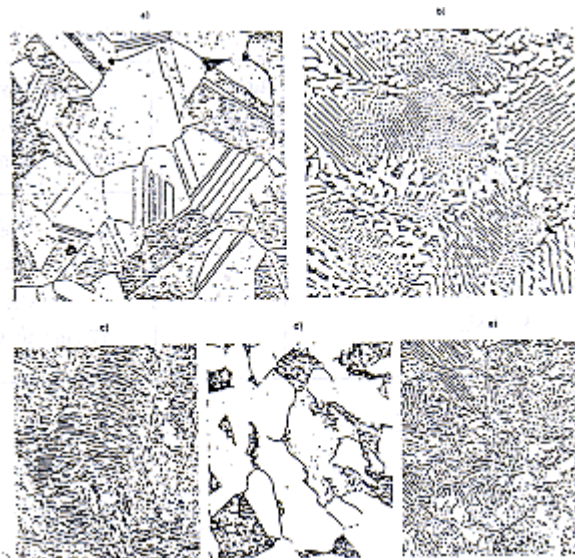
รูปที่ 9 : เครื่องขีดมันชั้นทดสอบ แบบอัตโนมัติ

2.5 การกัดกรด (Etching)

หลังจากการขีดมัน ถ้านำชิ้นทดสอบมาดูที่กล้องจุลทรรศน์ ก็จะไม่สามารถเห็นเกรนของเหล็กได้ จึงจำเป็นต้องทำให้มองเห็นซึ่งทำได้โดยการกัดด้วยกรด เนื่องจากเกรนแต่ละชนิดมีความสามารถทนต่อกรดได้ไม่เท่ากัน หลังจากถูกกรดกัดเกิดเป็นผิวไม่เรียบและเกิดเงาขึ้น บริเวณขอบเกรนจะถูกกัดกัดมากกว่าบริเวณเกรน จึงทำให้สามารถมองเห็นเกรนได้



รูปที่ 10 แสดงถึงการสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบตั้งฉาก
 a) การกัดกรดบริเวณของเกรน b) การกัดกรดบริเวณผิวเกรน



รูปที่ 11 : ตัวอย่างเกรนชนิดต่าง ๆ ของเหล็กผสมคาร์บอน
 a) ออสเตไนต์ 200 : 1 d) เฟอร์ไรต์และเพอร์ไลต์
 b) ลีดิบรูไรต์ 100 : 1 e) เฟอร์ไลต์และซีเมนไทต์ 500 : 1
 c) เฟอร์ไลต์ C = 0.8% 500 : 1

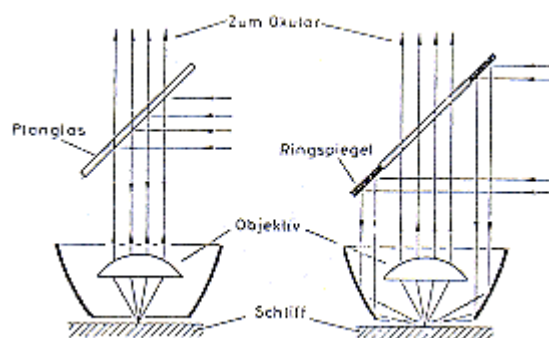
ตารางที่ 1 : ตัวอย่างชนิดของกรดผสมที่ใช้ในการกัดกรด

วัสดุ	ชนิดของกรดผสม	วัสดุ	ชนิดของกรดผสม
เหล็ก-เหล็กกล้าผสม	1.5 cm ³ กรดไนตริก (Nitric HNO ₃) (f= 1.40 g/cm ³) 100 cm ³ แอลกอฮอล์	ทองแดง-ทองแดงผสม	10 g แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammonium persulphate (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈) 90 cm ³ น้ำกลั่น
	4 g ผง Picric acid (C ₆ H ₃ N ₃ O ₇) 100 cm ³ แอลกอฮอล์		50 cm ³ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide NH ₃ +H ₂ O) 20-50 cm ³ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide H ₂ O ₂) 50 cm ³ น้ำกลั่น
อลูมิเนียม-อลูมิเนียมผสม	0.5 cm ³ (Hydrofluoric acid HF) ความเข้มข้น 40% 100 cm ³ น้ำกลั่น	นิกเกิล-นิกเกิลผสม	10 cm ³ กรดไฮดรอกลอริก (Hydrochloric HCL) 100 cm ³ น้ำกลั่น
	30 cm ³ กรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้น 40% 10 cm ³ กรดไนตริก 30 cm ³ กรีเซอริน (Glycerin C ₃ H ₈ O ₃)		65 cm ³ กรดไนตริก 18 cm ³ กรดน้ำส้ม (Acetic acid CH ₃ COOH) 17 cm ³ น้ำกลั่น

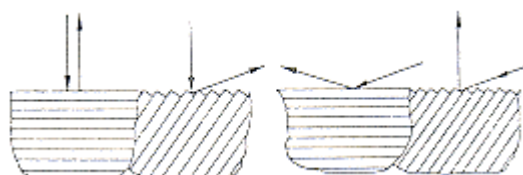
3. กล้องจุลทรรศน์สำหรับโลหะ (Metal microscope)

หลังจากกัดกรดเรียบร้อยแล้ว ชิ้นทดสอบจะถูกล้างด้วยน้ำ และแอลกอฮอล์แล้วจึงเป่าให้แห้งด้วยลมร้อน เนื่องจากกล้องจุลทรรศน์สำหรับโลหะมีความชัดลึกล้น้อยมาก ดังนั้นชิ้นทดสอบจึงต้องถูกวางให้ขนานเมื่อวางอยู่ใต้เลนซ์ โดยใช้เครื่องกดให้ขนาน

กล้องจุลทรรศน์สำหรับโลหะจะแตกต่างกับกล้องจุลทรรศน์ทั่ว ๆ ไปเพราะจะทำงานโดยการส่งแสงกระทบกับผิวชิ้นทดสอบซึ่งมีทั้งแสงตกกระทบตั้งฉาก ซึ่งจะให้ได้ภาพสว่าง (Bright field) หรือแสงตกกระทบเป็นมุมเอียง ซึ่งจะได้ภาพมืด (Dark field) การเปลี่ยนมุมของแสงตกกระทบนี้ทำให้สะดวกมากโดยการปรับคันโยก ที่ตัวกล้องจุลทรรศน์บางครั้งอาจจะเป็นประโยชน์มาก ถ้าภาพส่วนใหญ่มีลักษณะมืด การปรับให้เป็นภาพอีกประเภทจะช่วยให้ส่วนซึ่งมืดกลายเป็นส่วนสว่าง ซึ่งจะทำให้เห็นความแตกต่างของผลึกของโลหะได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สาเหตุที่ทำให้เกรนเปลี่ยนแปลงความสว่างไปนั้น แสดงให้เห็นดังรูปที่ 13 สีของชิ้นทดสอบจะเห็นเป็นธรรมชาติมากที่สุด ในภาพมืด เพราะการให้แสงลักษณะนี้มีลักษณะคล้ายกับการมองจากแสงสีขาวทั่ว ๆ ไป



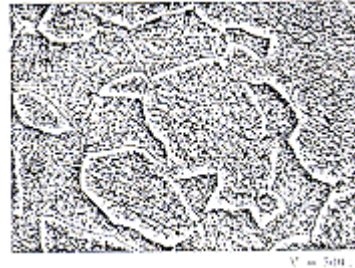
รูปที่ 12 : ภาพสว่าง (Bright field) (ซ้าย) และภาพมืด (Dark field) (ขวา)



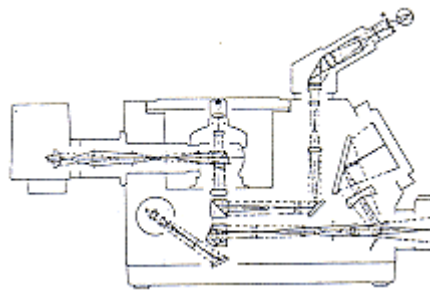
รูปที่ 13 : ความแตกต่างของการสะท้อนของแสง สำหรับภาพสว่างและภาพมืด



รูปที่ 14 : เหล็กกล้า ส่วนผสม 0.2% C 17% Cr, 1% Mo 1200°C ชุบน้ำ เฟอไรต์+ออสเตไนต์ ภาพสว่าง



รูปที่ 15 : วัสดุชนิดเดียวกับรูปที่ 14 แต่เป็นภาพมืด เฟอไรต์อยู่เล็ก ออสเตไนต์ซึ่งแข็งแรงกว่า จะเป็นรอยนูน



รูปที่ 16 : กล้องจุลทรรศน์สำหรับโลหะ

4. เอกสารอ้างอิง

1. Domke ; Werkstoffkunde and Werkstoffpruefung
2. Boese, Werner, Wirtz ; Das Verhalten der Staehle beim Schweißen, Teil 1
3. Schumann : Metallographie
4. Macherauch ; Praktikum in Werkstoffkunde

This document was last modified on