

מטלוגרפיה

מטלוגרפיה 1

מטרה

לימוד שלבי הכנת דגמים לבדיקה מטלוגרפית: השחזה, ליטוש ואיכול.

רקע תיאורטי

הנחה יסודית בהנדסת חומרים היא שקיימים קשרים הדוקים בין מבנה החומר ותכונותיו.

ידיעת קשרים אלה מאפשרת לדעת את תכונות החומר על פי מבנהו ולהיפך. אם נבין היטב את הקשרים בין המבנה והתכונות ניתן יהיה באופן עקרוני לתכנן את המבנה של החומר שיהיה בעל תכונות רצויות.

המיקרוסקופיה האופטית מאפשרת לנו לאבחן בצורה פשוטה יחסית חלק נרחב מפרטי המבנה שקובעים את תכונות החומר.

על מנת להכין דגם לבדיקה מטלוגרפית יש תחילה לבצע מספר שלבים בסיסיים:

חיתוך – לבדיקה מיקרוסקופית מספיק בדרך כלל מידגם קטן מהחומר (סדר גודל של 5x5 מ"מ). יש לבחור את האזור בחומר המיועד לבדיקה ואת כיוון החתך.

החיתוך צריך להיעשות בזהירות כדי למנוע עוות וחימום שגורמים לשינויים במבנה החומר.

כינון – דגמים הקטנים מידי לאחיזה ביד בעת הליטוש יש לקבע אותם על מנת שניתן יהיה לאחוז בהם.

מכסים את הדגם באבקת כינון וכובשים אותה בחום (קיים גם כינון קר). חומר הכינון יוצר גוף קשה סביב הדגם הנבדק.

השחזה וליטוש – חיתוך של חומרים גורם בדרך כלל עיוותים מכניים נראים לעין בפני השטח ותלישת חלקיקים של פאזות משניות. בנוסף נגרמים עיוותים פלסטיים פנימיים שניתן לגלותם במיקרוסקופ.

גם השחזה גורמת לשינויים מכניים ותרמיים ולעיתים אף ליטוש עדין יכול לגרום לשינויים.

מכיוון שבבדיקה מטלוגרפית אנו מתבוננים רק בפני השטח שחשפנו בעת החיתוך – אנו עלולים לראות מבנה שאינו מייצג את מבנה החומר האמיתי. זו הסיבה שאי אפשר לעבור ישירות משלב הכינון לשלב הליטוש ולשלב התצפית במיקרוסקופ.

יש תחילה להסיר באופן מחושב את שכבות החומר שניזוקו בפני השטח.

מבחינים בשלוש שיטות להסרת חומר באמצעות גרגרים קשים :

א. השחזה (Grinding) – חומר השחיקה קבוע למצע.

ב. ליטוש יבש (Lapping) – הגרגרים השוחקים מתגלגלים על מצע קשה.

ג. ליטוש רטוב (Polishing) - הגרגרים השוחקים יכולים לעלות ולרדת במצע שהוא בדרך כלל בד.

תהליך אופייני של הכנת דגמים כולל 4-5 שלבי השחזה ו- 2-3 שלבי ליטוש רטוב.

כדי להבחין בפרטי המבנה יש לגרום לכך שהם יחזירו אור במידה שונה מסביבתם. הבדל זה ניתן לגרום באמצעות איכול בררני.

איכול הוא שימוש בתמיסה בה מתמוססים אטומים מפרטי מבנה מסויימים בהעדפה ברורה, יחסית לקצב המסת אטומים מפרטי מבנה אחרים.

מאכל רצוי הוא כזה שקצב התגובה נוח למשתמש, כלומר האיכול ימשך 5 עד 60 שניות.

מרבית המאכלים ממיסים מהר את החומר בגבולות בין גבישים או פאזות וכך חושפים את צורתם וגודלם.

ספרות מקצועית חובה

1. Metallurgical Microscopy, by Helfrid Modin and Sten Modin,
Ch. 1 pages 1-23

מטלוגרפיה 2

מטרות:

- הכרת המבנה, עקרונות הפעולה והשימוש במיקרוסקופ אור.
- הכרת התכונות והמיגבלות של מיקרוסקופ אור.
- הכרת מנגנוני הניגודיות ושיטות תצפית שונות.

רקע תיאורטי

פרטי מבנה רבים כגון גודל גרעינים, חלקיקים של פאזות, קיום של הלחמה, ריתוך, ציפוי ופגמים שונים בחומר ניתנים לגילוי באמצעות מיקרוסקופ אור.

ניתן להבחין בשלושה סוגים של מיקרוסקופי אור:

- א. מיקרוסקופ העברה – האור הנצפה הוא האור העובר דרך הדגם.
- ב. מיקרוסקופ החזרה – האור הנצפה הוא האור המוחזר מפני הדגם.
- ג. מיקרוסקופ אור סטריאוסקופי – האור המוחזר מפני הדגם מאפשר ראייה תלת מימדית של הדגם.

כדי להבחין בפרטי מבנה צריך להיות הבדל בין עוצמת האור המגיעה לעדשה מפרטי המבנה לעוצמת האור המגיעה מסביבתם. הבדל זה נקרא **ניגודיות (Contrast)**. על מנת ליצור הבדל זה מאכלים את פני השטח של הדגם.

יכולתנו להבחין בפרטים מותנת גם ב**בהירות (Brightness)** של הדמות. היחס בין הניגודיות לבהירות חשוב על מנת לקבל תמונה ברורה.

קיימות שיטות שונות של תאורה המשמשות לקבלת פרטים שונים מהדגם: **תאורת שדה בהיר (Bright Field)** – אלומת קרניים פוגעת בניצב לפני השטח של הדגם. שטחים ניצבים לציר האופטי של המיקרוסקופ מחזירים אור ומופיעים בהירים בעוד ששטחים נטויים לציר המיקרוסקופ מחזירים פחות אור ונראים כהים יותר.

תאורת שדה אפל (Dark Field) – חסימת החלק המרכזי וההיקפי של אלומת האור יוצרת תאורה שפוגעת בדגם בצורה אלכסונית. זווית הפגיעה של האור בדגם היא

כזו ששטחים הניצבים לציר האופטי של המיקרוסקופ מחזירים פחות אור ונראים כהים לעומת שטחים נטויים לציר המיקרוסקופ שמחזירים יותר אור ונראים בהירים.

אור הוא גל רוחבי – תנודות השדה החשמלי והשדה המגנטי ניצבות לכוון התקדמות הגל. ברגע קצר השדה החשמלי מתנודד בכוון מסויים במרחב, אולם מכוון שמקורות אור רגילים אינם קוהרנטיים כוון זה משתנה באקראי ובפרק זמן הניתן למדידה אפשר למצוא בגל אור את כל כיווני התנודה האפשריים.

אור בו השדה החשמלי או המגנטי מתנודד במישור אחד בלבד נקרא

אור מקוטב מישורית (Plane Polarized Light).

במערכות אופטיות רבות דרוש אור מקוטב והוא מופק מאור רגיל באמצעות מקטב המעביר רק את רכיב התנודה (חשמלית או מגנטית) המקביל לכיוון מסויים אחד. אור מקוטב יכול לשמש להבחנה בין גרעינים של חומרים אנאיזוטרופיים.

כאשר שתי קרני אור קוהרנטיות מתאבכות התוצאה היא קרן אור שעוצמתה נשלטת על ידי הפרש הפאזות בין הקרניים שנפגשו. קרני אור המוחזרות מדגם שפני השטח שלו מכילים פרטים שגובהם שונה עוברות דרך אופטית שונה ולכן יש ביניהן הפרש פאזות.

הפרש זה ניתן לפיענוח ומאפשר מדידה של גובה הפרטים השונים וליצור תמונה רגילה עם ניגודיות גבוהה באמצעות מיקרוסקופית **אינטרפורמטריה**.

ספרות מקצועית חובה

1. Metallurgical Microscopy, by Helfrid Modin and Sten Modin, Ch. 2 pages 81-94. Ch. 3 pages 113-127.

מהלך ניסוי למעבדת מטלוגרפיה

הכנת דגמי פלדה

1. המדריך יחלק שני דגמי פלדה בעלי אחוז פחמן לא ידוע.
2. חתוך את שני הדגמים במסור חיתוך על מנת להוציא חתיכה מייצגת מן הדגם (חדר 131)
3. השלבים הבאים יבוצעו בחדר 134.
4. כן את הדגמים.
5. בצע השחזה על סדרת ניירות סיליקון קרביד – 320 ו- 600 באופן ידני, 1200 ו- 2500 במהירות של 150 סל"ד.
6. בין שלבי ההשחזה השונים יש לבדוק את מקבילות השריטות ולוודא ששכבת הדפורמציה הקודמת ירדה – באמצעות שימוש במיקרוסקופ אור.
7. שטוף את הדגמים היטב במים בין שלב לשלב. החל מנייר 1200 יש לשטוף במים וסבון.
8. אכל את הדגמים באמצעות תמיסת ניטל 3% למשך 5-10 שניות (על פי שיקולכם). לאחר האיכול יש לשטוף את הדגמים במים וסבון, ולאחר מכן באתנול ולייבש בלחץ אוויר.
9. בדוק במיקרוסקופ האור האם המיקרו מבנה נחשף – אם לא חזור סעיף 7.

אפיון מיקרוסקופי (יבוצע בחדר 36)

9. צלם במיקרוסקופ החזרה את המיקרו מבנה של הדגמים השונים בהגדלות שונות.
10. מדוד את גודל הגרעין של הפלדות השונות בשתי שיטות שונות.
11. מדוד את כמות הפאזות השונות בכל פלדה.
12. התבונן במיקרוסקופ העברה וסטריאוסקופ על דגמים שונים שיינתנו על ידי מדריך המעבדה.
13. התבונן בדגם אנאיזוטאופי אופטי במיקרוסקופ החזרה.
14. התבונן בגם בשיטת DIC.

15. מדוד עומק שריטה ועומק מדרגה באמצעות שיטת TIC.