

דיפוזיה

1. רקע תיאורטי

בצורה פשטנית אפשר להגדיר את הדיפוזיה כנדידה של חומר הנגרמת ע"י תנודות מיקרוסקופיות של אטומים בודדים. ניתן להתחקות אחר תופעת הדיפוזיה בשני אופניים:

- (א) בדיקת קינטיקת התהליך, כלומר מציאת פונקציה המתארת כיצד תהליכים כמו חמצון, התבדלות, התמצקות וקריסטליזציה, מתקדמים עם הזמן.
- (ב) בדיקת המנגנונים ברמה האטומית האחראיים לשטף נטו של מסה בתהליכי דיפוזיה.

הטיפול בשני הכיוונים הללו מאפשר שליטה בפתרון בעיות הדיפוזיה שהן בעיות בסיסיות במטלורגיה פיסיקלית. קינטיקת תהליכי הדיפוזיה ניתנת לפיתרון ע"י החוק הראשון והשני של Fick, כמוצג במשוואות (1) ו-(2).

$$(1) \quad J = -D \left(\frac{dc}{dx} \right)_t$$

כאשר J - שטף אטומים, D - מקדם דיפוזיה, c - ריכוז, x - מרחק, t - זמן.

$$(2) \quad \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial c}{\partial x} \right)$$

הפיתרונות האנליטיים של חוקי Fick תלויים כמובן בתנאי הסף של הבעיה.

לדוגמא, במקרה של תהליך פחמן בפאזה גזית הפיתרון הוא:

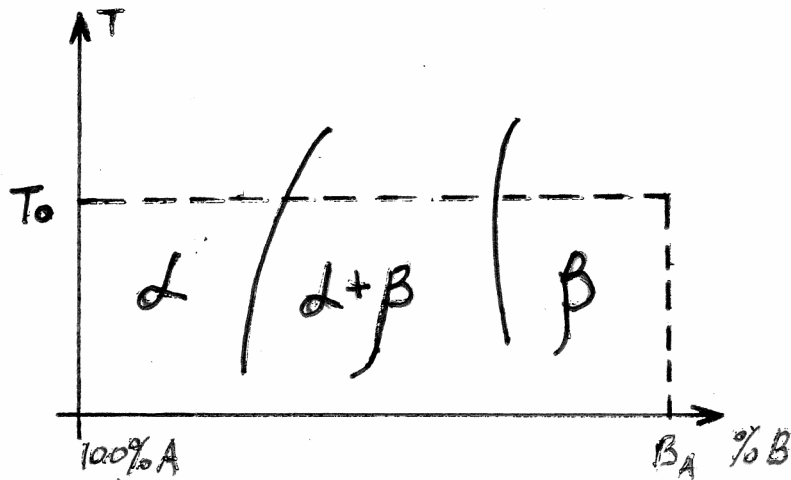
$$(3) \quad \frac{c_2 - c(x,t)}{c_2 - c_1} = \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right)$$

כאשר c_2 - ריכוז הפחמן בגז, c_1 - ריכוז הפחמן בחומר, erf - פונקציה השגיאה המוגדרת כ:

$$(4) \quad \operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-y^2} dy$$

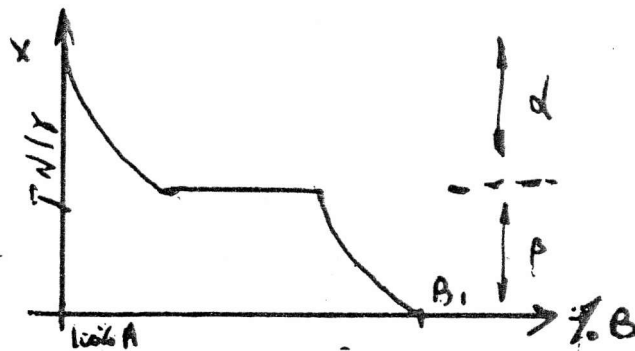
הפיתרון נתון עבור מוצק חצי אין סופי, וכמות אין סופית של גז.

לעיתים הדיפוזיה מתרחשת במערכת דו פאזית, באיור 1 נתונה דיאגרמת פאזות בינארית של אלמנטים A,B.



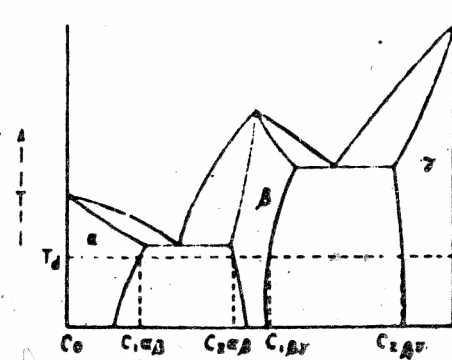
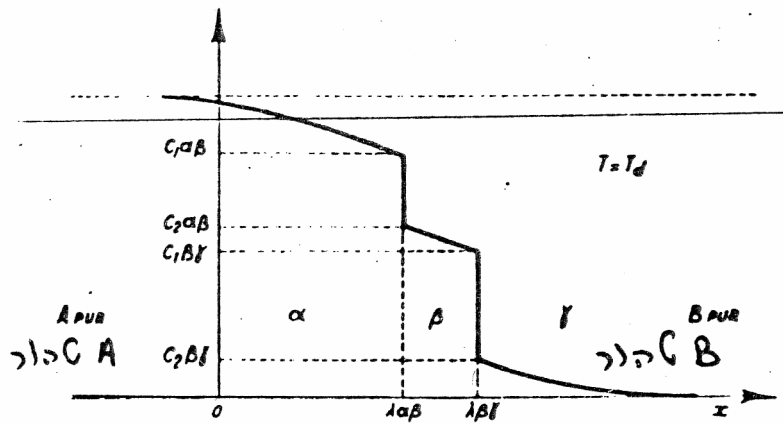
איור 1: מקטע מדיאגרמת פאזות בינארית של האלמנטים A,B

נתון חלק המכיל 100%A שלתוכו מדפזים אטומים של חומר B. הריכוז בפני השטח של החלק יהיה B_1 והרחק מפני השטח הריכוז נותר 100%A. כתוצאה מתהליך דיפוזיה של t שעות בטמפרטורה T_0 (איור 1) מקבלים פילוג ריכוזים כמתואר באיור 2.



איור 2: פילוג הריכוזים של B לאחר תהליך הדיפוזיה בטמפרטורה T_0 לזמן t

במערכת במכילה שלוש פאזות דיפוזיה בין A טהור ל- B טהור גורמת לקבלת עקומת ריכוז כתלות במרחק כפי המתואר באיור 3.



איור 3: דיפוזיה במערכת המכילה שלוש פאזות

הערות:

- א. לצורך ההכנה התיאורטית למעבדה זו יש להכיר את החומר שנלמד בפרק דיפוזיה, במסגרת הקורס במטלורגיה פיסיקלית.
- ב. יש להסביר בדוח הסופי את פרופילי הריכוז המתוארים באיורים 2 ו- 3.

2. מהלך הניסוי

הניסוי מתחלק לשלושה חלקים:

- (1) קרבוריזציה של פלדות ובדיקת התכונות לאחר טיפול זה.
- (2) דקרבוריזציה של פלדות שונות והשפעתה על התכונות.
- (3) דיפוזיה במערכת נחושת-אבץ (ראה נספח).

(1) קרבוריזציה

מקבלים דגמים מוכנים ומבצעים בדיקות מטלוגרפיה וקשיות.

(2) דקרבוריזציה

יש לבצע את הטיפול המפורט להלן:

- א. הכנס שני דגמים (פלדת 1040) לתנור ב- $T = 900^{\circ}C$, לזמנים: $1, 1/2$ [h].
- ב. דגם נוסף של פלדת 1080 מקבלים מוכן.
- ג. בצע בדיקות מטלוגרפיה וקשיות.

(3) נחושת אבץ

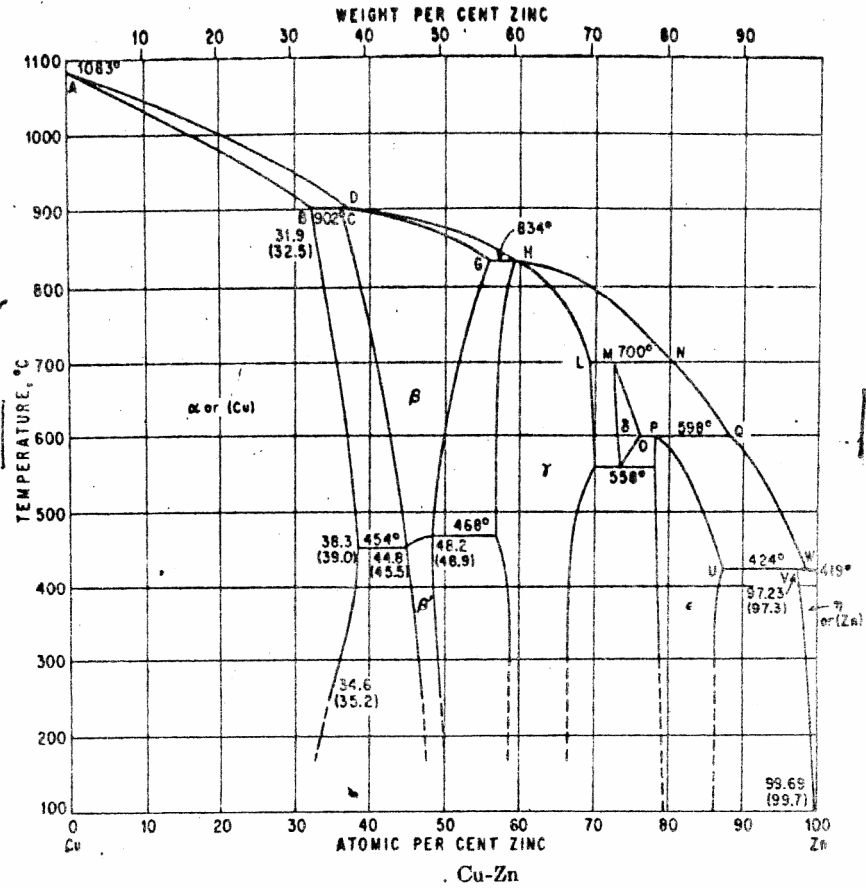
לרשותך כורית ובה אבץ מותר.

- א) טבול מוט נחושת בכורית, הכנס לתנור ב- $T_1 = 500^{\circ}C, T_2 = 600^{\circ}C$ והשהה למשך $1/2$ שעה.
- ב) הוצא את הכורית, וקרר באיטיות את הדגם.
- ג) בצע בדיקות מטלוגרפיה.

List of references:

1. J.D Verhoeven, Fundamentals of Physical Metallurgy, chapter 10, J. Wiley (TN 690 V46).
2. R.E Smallman and R.J Bishop "Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering, Butterworth – Heinemann a division of Reed educational and professional publishing Ltd.

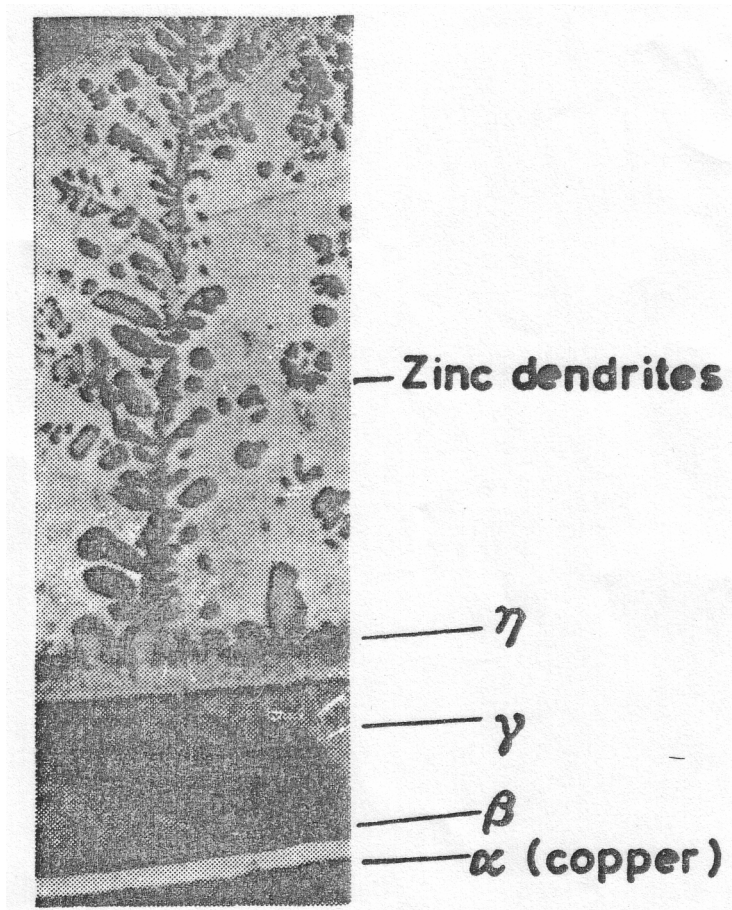
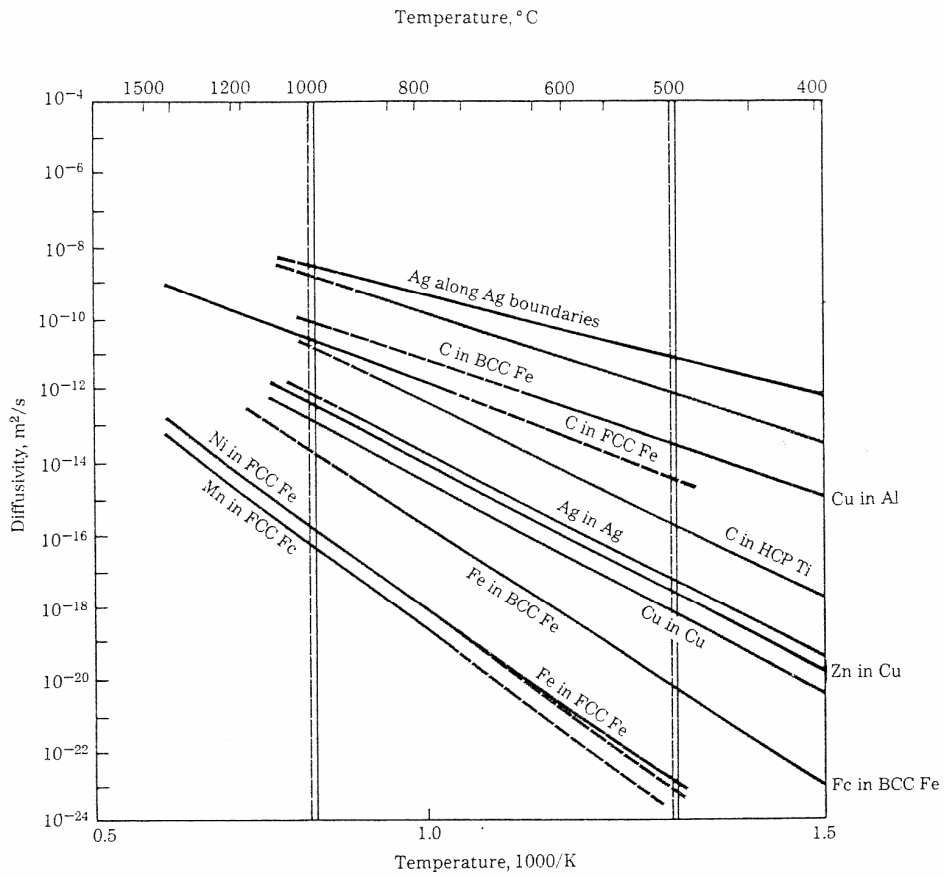
נוסח



דיאגרמת פאזות נחושת-אבץ

הערה:

כתוצאה מדיפוזית הנחושת לאמבט האבץ הנוזלי מתקבלים כל פאזות הביניים הנתונות בדיאגרמת הפאזות נחושת-אבץ הנתונה לעיל. פאזות אלו מתוארות גם ע"י הצילום המטלוגרפי הנתון בדף הבא במקביל לדיאגרמה המתארת את נתוני הדיפוזיה בין שני האלמנטים.



Zinc diffused into copper × 100