

Вивчення металів та сплавів методом внутрішнього тертя

Вінницький національний технічний університет

ЗФ

Анотація

Показано можливість застосування методу внутрішнього тертя для дослідження властивостей металів і сплавів.

Ключові слова:

Внутрішнє тертя, дислокація, термоцикування, амплітудна залежність, температурна залежність, коефіцієнт дифузії.

Abstract

The possibility of using the internal friction method to study the properties of metals and alloys is shown

Keywords:

Internal friction, dislocation, thermal cycling, amplitude dependence, temperature dependence, diffusion coefficient.

Вступ

Внутрішнє тертя – це перетворення механічної енергії в теплову. Вивчення його ведеться в двох напрямках:

1. дослідження демпфуючої здібності металів і сплавів(великі амплітуди та напруги);
2. дослідження впливів структурних процесів на внутрішнє тертя при малих амплітудах.

За останні роки показано, що на внутрішнє тертя при малих амплітудах та напругах, а особливо на його температурну залежність, сильно впливають навіть незначні зміни структурного стану.

Результати дослідження

При вивченні температурної залежності внутрішнього тертя вдалось виявити такі незначні зміни кристалічної решітки, які в багатьох випадках не можна виявити навіть рентгеноструктурним аналізом. Наявність мізерного числа домішкових атомів в кристалічній решітці, ранні стадії розпаду твердого розчину, процеси дифузії, змінна щільності дефектів кристалічної решітки під впливом силового поля чи термічних факторів, рекристалізаційні процеси – ось далеко не весь список питань, які можна вивчати спостерігаючи за температурною і амплітудною залежністю внутрішнього тертя.

Використовуючи методи внутрішнього тертя можна не тільки теоретично досліджувати властивості цих матеріалів, а й вирішувати такі важливі питання, як визначення структурного стану сплавів під час їх експлуатації, обґрунтовувати вибір режимів рекристалізаційного відпалу та термоцикування.

Ідеальний кристал являє собою ідеально пружне тверде тіло. Вся робота, затрачена при пружній деформації, повертається після повного циклу навантаження і розвантаження. В реальних кристалах, маючих дефекти, спостерігається механічний гістерезис, який свідчить про розсіювання енергії.

За міру внутрішнього тертя приймають величину

$$tg\alpha = Q^{-1} = K \frac{\omega\tau}{1 + (\omega\tau)^2}$$

Де ω - частота коливань;

τ - час релаксації(відповідає процесу внутрішньої перебудови атомів до рівноважного стану);

K - коефіцієнт

Максимальне значення внутрішнього тертя досягає при $\omega\tau = 1$, отже,

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = Q_{\max}^{-1} = \frac{1}{2} K$$

$\operatorname{tg} \alpha$ - тангенс кута втрат – кут зсуву фаз напруги та деформації.

При наявності яких-небудь релаксаційних процесів на криві температурної залежності внутрішнього тертя з'являються піки. Положення і висота піків характеризує релаксаційні процеси, внаслідок яких вони з'явилися. Важливе значення мають не тільки піки, а і весь хід кривої поза піком (так званий «фон»). На цей фон безпосередній вплив здійснюють дислокаційні процеси і концентрація вакансій, котрі сприяють розсіюванню пружної енергії.

Збільшення частоти коливань зміщує пік на кривій внутрішнього тертя в сторону більш високих температур, отже, при двох різних частотах

$$\omega_1 \tau_1 = \omega_2 \tau_2 \quad \text{або} \quad \omega_1 A e^{H/RT_1} = \omega_2 A e^{H/RT_2}$$

Звідки

$$H = \frac{\ln \frac{\omega_1}{\omega_2}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$$

Це дає можливість визначити енергію активації.

Вивчення температурної залежності внутрішнього тертя дозволяє визначити навіть незначну рухливість атомів, та встановити вплив на процес дифузії вакансій та дислокацій.

Коефіцієнт дифузії D можна визначити з залежності:

$$D = \frac{1}{\alpha} \frac{\beta a^2}{\tau}$$

Де α - безрозмірний коефіцієнт;

β - коефіцієнт, залежний від типу решітки;

a - період решітки;

τ - час релаксації;

Для твердих розчинів впровадження $\alpha = 2/3$

$$D = \frac{3}{2} \frac{\beta a^2}{\tau}$$

Визначивши при зміні внутрішнього тертя час релаксації можна обрахувати коефіцієнт дифузії розчинених атомів.

Висновки

Метод внутрішнього тертя застосовують для вивчення рухливості дефектів в металах, визначення енергії активації груп вакансій, одиноких вакансій і дислокацій. Він також дає можливість вивчення кінетики зародження і накопичення різноманітних дефектів під час деформації при різних температурних режимах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевеля В.В, Соколан Ю.С. Металлофізика износостойкости // Шевеля В.В, Соколан Ю.С. – Хмельницький, 2017. – 232с.

Мельник Олександр Леонідович – студент групи 1Е-19б, факультету електроенергетики, електромеханіки та електротехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sasha.m20020914@gmail.com

Науковий керівник: **Лисий Михайло Вікторович** – доцент кафедри фізики, кандидат фізико-математичних наук, Вінницький національний технічний університет.

Melnyk Oleksandr L. – student of 1E-19b, Department of Electricity, Electromechanics and Electrical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sasha.m20020914@gmail.com

Lysiy M. – Cand. Sc. (Phys. And Math.), Ass. Prof. with the Department of Physics.