

تأثیر تنشهای مکانیکی و حرارتی بر مقدار ضریب جذب ذرّات β و دامنه نفوذ آنها در آلومینیوم

بهروز صالح پور*، طاهره پیرحسینلو دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، صندوق پستی: 5166614776، تبریز ـ ایران

چکیدد: در این کار پژوهشی برای مطالعه تجربی تأثیر نقصهای بلوری بر میزان جذب ذرات β در آلومینیوم و دامنه نفوذ آنها، پس از اعمال تنشهای مکانیکی و حرارتی روی نمونهها، آزمایشهای مربوط به تعیین ضریب جذب ذرات β حاصل از چشمههای ³⁵Cl، ³⁶Cl ⁹⁰ صورت گرفته و در هر سری آزمایش، نمونههای تنش دیده و سالمتر (تابکاری شده) با ضخامتهای مختلف بکار رفتهاند. در مقایسه نتایج مربوط به میزان جذب ذرات β با انرژیهای معین در گروه نمونههای یاد شده، تأثیر نسبی نقصهای بلوری بر ضریب جذب درات β حاصل از چشمههای ارقام بدست آمده در کلیه آزمایشها نشان میدهند که تأثیر نقصهای بلوری بر ضریب جذب منفی، و در نتیجه بر دامنه نفوذ مثبت می باشد و این تأثیر گذاری در مورد ذرات بتای پرانرژی بیشتر است.

واژههای کلیدی: نواقص بلور، ضریب جذب، عمق نفوذ، ذرات β، تنشهای حرارتی، اثرات تابشی، آلومینیوم، ساختار بلور

Effects of Mechanical and Thermal Stresses on the Absorption Coefficient and Penetration Range of β-Particles in Aluminum

B. Salehpour*, T. Pirhoseinlu Faculty of Physics, University of Tabriz, P.O. Box: 5166614776, Tabriz – Iran

Abstract: Many results have been obtained in our previous studies on the effects of structural defects on the physical properties of crystalline materials. In this work, we are presenting our experimental results for the influence of the structural deffects on the absorption coefficient and the penetration depth of β -particles in aluminum metal. For this investigation, 3 pieces of Al foils, with different thicknesses. were prepared. Then, one group of samples were annealed to show less defects. Other Al samples were exposed to heavily defect creating work, such as: hammering, rolling, and thermal quenching treatments. Then, by the use of the conventional method, the penetration depth of β -particles of different energies from ⁹⁰Sr, ³⁶Cl, and ¹³Cs sources were determined. Our results show that the measured R-values for the defected samples are higher than those of the annealed ones. Also, it was found that the penetration depth for the defected samples increases as the β -particle's energy increases.

Keywords: Crystal Defects, Absorption Coefficient, Penetration Depth, Beta Particles, Thermal Stresses, Radiation Effects, Aluminum, Crystal Structure

salehpour@tabrizu.ac.ir

Archive of SID

 \odot

1- مقدمه

خواص مواد جامد متأثّر از نوع ريزساختار⁽¹⁾ آنها مي باشند. بنابراین هر عامل خارجی که موجب بهمخوردن نظم یا تغییر ساختارریز یا ترکیب عناصر تشکیلدهنده این نوع مواد شود ممکن است بر خواص فیزیکی و شیمیایی آن تأثّیر گذار باشد. یکی از عوامل خارجی که بطور مؤثّر تغییراتی در نظم شبکهای مواد بلوری ایجاد می کند وارد کردن تنش های مکانیکی یا حرارتی، یا از طریق تابش ذرات پرانرژی است. گرچه در شرایط عادي هم هيچ ماده بلوري كامل و بدون نقص وجود ندارد، ولي عوامل خارجي ياد شده ممكن است فراواني عيوب را بـه شـدت افزایش دهند. در موادی مانند آلومینیوم با ساختار بلوری، عیـوب نقطهای (2) بوسیله جابجایی اتمهای شبکه یا وجود اتمهای ناخالصی، و عیوب خطی⁽³⁾ از طریق حرکت و لغزش صفحات بلوري و با ترکیب و اندر کنش عبوب مذکور نقص های دیگری مانند حفرهها (4) یا غدهها بوجود آیند [1]. هر گاه فراواني نقصهاي بلوري بوسيله عوامل خارجي بمقدار قابل توجه افزایش یابد، تغییرات قابل سنجش در برخی خواص مواد بوجود مي آيد که با اندازه گيري ميزان تغييرات در يک يا چند خاصیت فیزیکی می توان به میزان فراوانی نسبی عیوب و یا تنش های موجود در ساختار این نوع مواد پی برد. این نوع بررسیها در تعیین کیفیت و ضریب اطمینان قطعات صنعتی بسیار مهم است [2 و 3]. چند روش غیرمستقیم فیزیکی برای تشخیص تنش های باقیمانده در مواد بلوری بکار می رود که از جمله آنها مي توان سنجش تغيير در مقاومت الكتريكي را نام برد. در بررسی های قبلی با استفاده از روش های فیزیکی پر توهای X و شیمیایی (DSC) میزان نسبی چگالی تنشهای باقیمانده در آلومینیوم گزارش شده است [4]. در این کار پژوهشی بـه منظـور بكارگیري روش جدیدتري براي تشخیص فراواني نقص هاي بلوري يا تنشهاي موجود در نمونههاي آلومينيوم صنعتي، تغییرات نسبی ضریب جذب و دامنه نفوذ پرتو β با انرژیهای مختلف مربوط به نمونه های تابکاری شده (با کمترین تنش) و نمونه های تنش دیده (چکش کاری شده) بعنوان عامل سنجش چگالی نسبی نقص های بلوری در نمونه ها بکار گرفته شد. نتایج آزمایش های متعدد حاصل از کاربرد نمونه های آلومینیوم و چشمههای مختلف β نشان دهنده این است که بر خلاف انتظار، نمونههای تنش دیده ضریب جذب کمتری را برای ذرات β در

Archive of SID مقایسه با نمونه های تابکاری شده نشان می دهند. در حالیکه تصور می شود وجود عیوب ساختاری در مواد حاجب سبب افزایش میزان پراکنش و بازتاب ذرات تابشی روی نمونه می گردند [5 و 6]. در نتیجه میزان عبور ذرات باید در نمونه های معیوب کمتر باشد. با اینحال هنوز دلیل روشنی برای این پدیده غیرمنتظره ارائه نشده است. از طرف دیگر کاهش ضریب جذب و یا افزایش برد ذرات در نمونه های تنشدیده با انرژی ذرات رابطه مستقیمی را نشان می دهد.

_مجله علوم و فنون هستهاي، شماره 37، 1385

2- مراحل آزمایش

نمونه⁽⁵⁾هایی از آلومینیوم با درجهٔ خلوص Al 99/95 و 0/05 درصد ناخالصی هایی از عناصر Re ،Si ،Zn ،Cu به صورت صفحاتی به ابعاد تقریبی 7cm×7cm و ضخامتهای مختلف از 0/3mm تا 3mm و از هر ضخامتی حداقل سه نمونه از کارخانه آلومینیوم سازی اراک تهیه شد و پس از تمیزکاری متداول، از هر ضخامت یک نمونـه تحت تنش حرارتـی⁽⁶⁾ (بوسيله عمليات quenching از دماي °500 تا دماي اطاق) و نمونه دیگر بوسیله نورد و چکش کاری تحت تنش مکانیکی قرار داده شدند. بدین ترتیب در نمونههای دسته اول نقصهای نقطهای و در نمونههای دسته دوم نقصهای خطی با چگالی بالا ایجاد شدند [1]. دسته سوم نمونهها از هر ضخامت نیز بعنوان شاهد به روش تابکاری $^{(7)}$ در دمای 2^{00} ، به مدت یک ساعت و نیم تنشزدایی شدند و قبل از بکارگیری نمونهها، ضخامت جرمی آنها بر حسب $rac{\mathrm{mg}}{\mathrm{cm}^2}$ با اندازه گیری دقیق جرم و سطح آنها در هر مورد تعیین گردید. پس از آماده شدن سه نمونه از هـر ضخامت، آزمایشهای مربوط به جذب پرتو β با استفاده از آشکارساز Surface-Barrier از نوع SSB.Pips مدل Bu-0/15-0450-500 با قدرت تفکیک انرژی 10keV برای ذرات β و با ترتیب مداری مطابق شکل 1 انجام گرفت. استفاده از آشکارساز نیمرسانا این امکان را می دهد که برای چشمههای β که پرتو گاما نیز گسیل میکنند، به علت ضخامت کم بخش حسگر این نوع آشکارسازها، پرتو گاما آشکارسازی نمیشود. β آزمایش های جذب β بوسیله شمارش میزان ذرات

که از چشمه های جدب ۲ بوسیله سمارس میران دران ۲ که از چشمه های (³⁶Cl(0/709 MeV)، ³⁶Cl(1/17 MeV)، ⁹⁰Sr(2/27 MeV) گسیل شده و از نمونه آلومینیوم مربوطه عبور می کردند بطور جداگانه انجام گرفت.



شکل 1- طرح ساده آزمایشهای مربوط به جذب eta در نمونههای آلومینیوم.

3- نتايج و بحث

بعنوان نمونهای از نتایج حاصل از آزمایش، جذب β در شکل (A-2) بصورت نمودار تغییرات (In(N) بر حسب ضخامت جرمی نمونه آلومینیوم و برای ذرات β گسیلی از ⁹⁰Sr نشان داده شده است که در آن N میزان شمارش ذرات تراگسیلی از نمونههایی با ضخامت جرمی X_m در 10 ثانیه می باشد. این نوع نمودارها برای هر یک از چشمههای β بدست آمده است و برای تعیین ضریب جذب جرمی µ_m از ضریب زاویه برازش خطی منحنیها و جهت محاسبه بُرد⁽¹⁾ نفوذ (R) ذرهٔ β از نقطه تقاطع خط برازش با محور Xها استفاده شده است. بعنوان نمونه، نحوه برازش خطی در شکل (B-2) آورده شده است و بطوری که در این شکل دیده می شود، شیب خط مربوط به نمونه های تابکاری شده تندتر است در نتیجه مقدار برد مربوطه R_a که از تقاطع خط برازشی با محور X_mها بدست آمده کوچکتر از مقدار R_d در نمونههای نورد شده می باشد؛ به همین ترتیب مقدار ضریب جذب برای نمونه های تنش یافته (نورد شده) کمتر از نمونه های سالمتر است. مشابه منحنی های شکل 2 برای سه گروه نمونه آلومینیوم نورد و چکش کاری شده، کواینچ شده و تابکاری شده و برای سه مقدار انرژی ذرات β بصورت تجربی بدست آمد و یارامترهای بُرد و ضریب جذب در هر سه مورد به روش پيش گفته تعيين گرديد. ارقام تجربي نشان ميدهند که: اولاً، اندازه بُرد R_d در نمونههای نورد شده همواره مقدار معنی داری بیشتر از اندازه بُرد R_a در نمونههای تابکاری شده است. یعنی همو ار ه مثبت است. $\Delta R = R_d - R_a$

ثانیاً مقدار ΔR بر حسب افزایش انرژی ذرات نیز در محدوده سه مقدار انرژی یاد شده بصورت خطی افزایش مییابد. خلاصه نتایج مربوط به تغییرات بْرد بر حسب انرژی ذرات و در دو گروه نمونه نورد شده و سالم تر در جدول 1 نشان داده شده است.

Archi



شکل 2-(A) نمودارهای منحنیهای (Ln(N) بر حسب ضخامت جرمی M_x مربوط به ذرات β حاصل از ⁹⁰Sr در آلومینیوم برای دو گروه نمونه معیوب و تابکاری شده (B) برازش خطی منحنیهای (A) برای تعیین برد و ضریب جذب ذرات β.

جدول 1: مقدار بُرد R ذرات β با انرژیهای مختلف در دو گروه نمونههای معبوب و تابکاری شده آلومینیوم.

| R(mg/ | چشمهها و انرژی | | |
|------------------------|----------------|-------------|--------------------------|
| نورد و چکش کاری شده | كواينچ شده | تابكارى شده | ذرات بتا |
| 1163/0 | 1079/0 | 1047/0 | ⁹⁰ Sr-2/27MeV |
| 549/6 | 508/4 | 506/6 | Cs-1/17MeV |

مجله علوم و فنون هستهای، شماره 37، 1385 Archive of SID

> باقیمانده در ساختار بلوری، دامنه نفوذ ذرات را افزایش میدهد. لذا برای نمونههای مشابه از لحاظ ترکیب شیمیایی یکسان و چگالی نقصهای ساختاری متفاوت، احتمالاً رابطه نیمه تجربی جداگانهای برای محاسبهٔ دامنه نفوذ ذرات β باید در نظر گرفت.

> > یینوشتھا:

Microstructure
Point Defects
Dislocations
Voids
Voids
مشخصات ترکیبی نمونه ها بنابر گزارش کارخانه اراک می باشد -6- Quenching
Annealing
Range

References:

- 1. B. Henderson, "Defects in Crystalline Solids," Edward Arnold Press (1972).
- M.W. Thompson, "Defects and radiation damage in metals," Cambridge University Press (1969).
- G.P. Pells, "Radiation effects and damage mechanism in ceramic insulators and window materials," J. Nucl. Mat, 155-157/1, 67-76 (1988).
- 4. B. Salehpour, "Studies of residual stresses in Al using DSC and XRD methods," J. Ultra Science, **12**(3), 412-415 (2000).
- R. Jasezek, "Carrier scattering by dislocations in semiconductors," J. Mat. Sci, 12, 1-9 (2001).
- C.D.A.I. Ryazonav and Etal, "Instability of interstitial clusters under ion and electron irradiation in ceramic materials," J. Nucl. Sci, 23, 372-379 (2003).

| | | | 136 |
|-------|-------|-------|-------------------|
| 286/0 | 275/4 | 258/4 | Cl-0/709MeV 36 |

در این جدول مقادیر R مربوط به نمونههای کواینچ شده نیز آورده شده است. بطوریکه مشاهده میشود احتمالاً به علّت چگالی بالای نقصها در نمونههای چکش کاری شده نسبت به نمونههای کواینچ شده میزان افزایش R در نمونههای اولی بیشتر است. همچنین نوع نقصها هم مؤثرند، زیرا در نمونههای است. همچنین نوع نقصها هم مؤثرند، زیرا در نمونههای چکش کاری شده عمدتاً عیوب خطی غالباند و در نمونههای کواینچ شده عیوب نقطهای بیشترند [1 و 2]. شکل 2–B برازش خطی نمودارهای شکل 2–A میباشد. از برازش خطی شکل 2–B مربوط به هر یک از چشمههای مورد استفاده β رابطههای نیمه تجربی بین مقادیر بُرد R و انرژی ذرات E برای دو گروه نمونه تنش دیده و سالمتر بترتیب ذیل ارائه می گردد.

R

(•)

بدیهی است این روابط در مورد نمونههای آلومینیوم صنعتی با ترکیب یاد شده صادق است و برای سایر آلیاژهای آلومینیوم با ترکیب شیمیایی دیگر، این معادلات تجربی احتمالاً متفاوت خواهند بود. در نهایت برای اطمینان از کاهش ضریب جذب β در نمونههای تنش دیده در موادی غیر از آلومینیوم، آزمایشهای کیفی اولیه جذب β در مورد ورقههای نازکی از مس و آهن چکش کاری شده و نمونههای عادی از آنها نمونههای چکش کاری شده کوچکتر از نمونههای عادی بدست آمد که مؤید دامنه نفوذ بزر گتر ذره β در نمونههای عادی بدست در مقایسه با نمونههای عادی است.

4- نتیجه گیری از این کار پژوهشی می توان نتیجه گرفت که حداقل در محدوده انرژی ذرات β (0/7-2/3MeV) وجود تنش های

Ø