مدل بندی خطوط تنش و اثر آن بر میزان جذب تابش −β در AI و آلیاژ AZ61

بهروز صالح پور*، مجید طاهریهشجین دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، صندوق پستی: ۵۱۶۶۴، تبریز ـ ایران

چکیدد: در این کار تجربی برای بررسی اثر تنش های مکانیکی وارد بر آلیاژ AZ61 و فلز آلومینیوم روی میزان جذب ذرات ⁻β در این دو فلز، نمونههایی با ضخامتهای مختلف از مواد یاد شده همزمان با تابش ⁻β تحت تنش های مکانیکی مختلف قرار داده شد. ضمن ارزیابی تشکیل منحنیهای همتنش در نمونه تحت بارهای مختلف که به وسیله نرمافزار ANSYS9 انجام گرفت، میزان جذب پرتوهای تابشی در نمونههای تحت تنش نیز با شمارش ذرات عبوری اندازه گیری شد. نتایج حاصل، کاهش در میزان جذب ذرات ⁻β و در نتیجه افزایش دامنه نفوذ این ذرات در هر دو نمونه در اثر تنش وارده را نشان می دهند.

واژههای کلیدی: آلومینیوم، آلیاژ AZ61، اثر تنش، میزان جذب ذزات -β، منحنیهای هم^رنش

Modulation of Stress Lines and Investigation of Applied Loading Effect on the Absorption Coefficient of β⁻ Particles in Al-Mg-Zn Alloy

B. Salehpour*, M. Taheri Hashjin

Faculty of Physics, University of Tabriz, P.O. Box: 51664, Tabriz – Iran

Abstract: The investigation of β^{-} particle interaction with matter has many applications in nuclear industrial and medical science. In this work, we have impose different loads on Al-Mg-Zn alloy and Al metal sheets with different thickness to investigate the effect of elastic stress on the absorption coefficient of β^{-} particles of 90 Sr. Also, we have modulated and analyzed the loads on specimens, using ANSYS9 program to determine the distribution of stress within the specimens. The results show a valuable increase of μ -value due to loading the specimens by certain amounts of stress, where the μ - value decreases as the stress on the samples increases.

Keywords: Al, Az61 Alloy, Stress Effect, Absorption Coefficient & Particles, Iso Stress Curves

^{*}email: salehpour@Tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۶/۶/۲۶



۱- مقدمه

اصول فیزیکی کاهش انرژی ذرات در ماده، به دلیل کاربرد وسيع تابش ها در فن آوري مربوط به بررسي ساختار داخلي و کاربرد متعددشان در صنعت، توجه بسیاری از فیزیکدانان از جمله پیشگامان فیزیک کوانتومی چون بوهر (۱) و بته (۲) را به خود جلب کرده است. اتلاف انرژی ذرات β در ماده به دلیل اثر این پرتوها بر مواد ساختاری رآکتورها و استفادههای صنعتی متنوع مانند اندازه گیری و کنترل ضخامت صفحات و استفاده های تحقیقاتی دیگر حائز اهمیت بوده است [۱]. ساز و کارهای مختلفی برای کاهش انرژی ذرات - β به عنوان باریکهای از الکترون ها با ماده وجود دارد. از جمله این مکانیسمها می توان به ایجاد تابش چرنکوف، تابش ترمزی، ایجاد نوسانات شبکه (فونون) و کنش بوسیله پوستههای داخلی، ایجاد نوسانات گروهمی الکترونها در مواد جامد (پلاسمون) اشاره کرد [۲]. دو مکانیسم نخست سهم اندکی در اتلاف انرژی ذرات -βو یا الکترون ها برای انرژی کمتر از NMeV در عناصر فلزی سبک مانند Al و Mg دارند [۳]. هر چند الکترون در پراکندگی از پوسته های داخلی انرژی زیادی از دست میدهد اما سطح مقطع مربوط به این پراکندگی نيز در مقايسه با پلاسمون ها اندك بوده و معمولاً از عوامل محيطي مانند دما مستقل است. ايجاد نوسانات گروهي الكترون در مواد جامد مهمترین عامل اتلاف انرژی الکترون بویژه در فلزات بشمار ميرود [۴]. ايجاد پلاسمون،ا بستگي به پراکنـدگي الکترونهای والانس دارد و سطح مقطع آن تابع دما است. بررسی اثر هر یک از ساز و کارهای یاد شده بر اتلاف انرژی ذرات −β و سهم هر یک از این مکانیسمها در میزان کاهش انرژی، همچنین بررسی اثر پارامترهایی مانند دما بر این فرایند، بخش عمدهای از تحقيقات بر روى توان توقف مواد مختلف براى اين ذرات را شامل می شود. اما تاکنون مطالعات چندانی روی اثر تنش های مکانیکی کشسان و تنش های باقیمانده در این مواد بر میزان اتلاف انرژی الکترونها و ذرات β صورت نگرفته است. حد کشسانی مقدار تنشی است که کمتر از آن کرنش های حاصل در ساختار به طور کامل برگشت پذیرند. گاه ممکن است رابطه بین تنش و کرنش در محدوده بین حد تناسب و حد کشسانی غير خطى باشد. اگر مقدار تنش وارده از حد الاستيک بيشتر باشـد جسم مورد آزمايش وارد ناحيه تغيير شكلدهمي يلاستيك برگشتناپذیر خواهد شد. با توجه به نقش گسترده تنش ها در سرنوشت و رفتار قطعات صنعتی حساس مانند صنایع هوا و فضا و

مجله علوم و فنون هستهای، شماره ٤٣، ۱۳۸۷ Archive of SID

> نیرو گاهها و ... اهمیت بررسی ایجاد تنشها در حین کاربری مواد، روشهای ماکروسکوپی و میکروسکوپی متعددی برای مطالعه تنشهای باقیمانده در قطعات توسط پژوهشگران بکار گرفته شده است [۵ و ۶]. ولی دربارهٔ روش استفاده از میزان گذر ذرات آ برای تشخیص تنشهای باقیمانده در ماده جاذب کار چندانی صورت نگرفته است و تنها نحوه استفاده از طیفنمایی الکترونهای والانس برای تشخیص پارامترهای مکانیکی در مواد نانو با روش غیرجذبی اخیراً گزارش شده است [۷]. تلاش دیگر روی دامنه نفوذ ذرات آ میباشد [۸]. در کار حاضر سعی شده است تأثیر توزیع تنشهای الاستیکی وارد به آلومینیوم صنعتی، همچنین آلیاژ AZ61 و AL بر میزان جذب آ حصل از چشمه این تلاش، میزان همچانی آلیاژ ماکما و الا بر میزان جذب آ حصل از چشمه میران خاص مین میزان جذب آ حصل از چشمه میزان میران

۲- مواد و روشها ۲-*۱ تهیه نمونه*

۲-۲ ساخت پایه برای ایجاد تنش

برای ساخت پایه، دو لوله فولادی با قطر ۱۸m و ۰/۰۲۹m و ۰/۰۲۹m تهیه و مطابق شکل ۱ در انتهای هر لولـه سـه زایـده بـا ابعـاد نـشان داده شده در شکل ایجاد کردیم. انتهای دیگر لولهها نیز صفحات آهنی به عنوان پایه نگهدارنده لولهها و وزنههـا هنگـام بارگـذاری جوش داده شد.

۲-۳ انجام آزمایش

در این مطالعه لولهای با قطر بزرگتر به عنوان تکیه گاه و محفظه نگهدارنده و لوله آشکارساز گایگر-مولر (GM) مورد استفاده قرار Archive of SID

3- نتايج

میانگین ۱۰۰ بار تکرار شمارش تعداد ذرات β عبوری از میانگین ۱۰۰ بار تکرار شمارش تعداد ذرات β عبوری از نمونه AI با ضخامت $N^{-1} \times 10^{-7}$ و آلیاژ AZ61 با ضخامت $N^{-1} \times 10^{-7}$ بر حسب بارهای اعمال شده در بازههای زمانی ۱۰۶ در جدولهای ۱ و ۲ نشان داده شده و تغییرات آنها در شکل های ۳ و ۴ رسم شده است. همچنین به عنوان نمونه کنتورهای توزیع تسنش نمونه آلومینیوم به ازای فسشار موضعی اعمالی تسنش نمونه آلومینیوم به ازای فسشار موضعی اعمالی توزیع منحنیهای شدت تنش و ارقام تنش حاصل از نرمافزار یاد شده در شکلهای مزبور نموده شدهاند؛ اما به دلیل محدودیت امکان ایجاد تنش های بالا، برای ضخامتهای بیشتر از M شدت تنش های ایجاد شده در نمونههای ضخیم تر خیلی کم بود.



شکل ۲– پیکربندی مورد استفاده در آزمایش و نحوه اعمال فشار به نمونـه بـه وسیله نقاط تکیهگاه و نقاط فشار.

مدلبندی خطوط تنش و اثر آن بر میزان ... _____ 2mm



شكل 1- هندسه سه نقطه تكيه گاه روى يايه محافظ آشكارساز.

گرفت و لولهای هم با قطر کمتر بـرای اعمـال فـشار روی صـفحه نمونه همچنین به عنوان محفظه نگهدارنده چشمه ⁻β بکار رفت.

جشمه Sr به عنوان چشمه یر تو β^- مورد استفاده قرار گرفت. هندسه این آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است چشمه ⁹⁰Sr درون لوله ۱۸۳ ۰/۰ قرار داده می شد و تعادل لوله حین آزمایش به وسیلهٔ یک گیره روی پایهای برقرار میشد. طراحی سیستم طوري بود که لوله باريک به همراه چشمه آزادانه در راستاي قائم با حفاظت گیره روی یایه حرکت می کرد. برای اعمال بار روی صفحه های نمونه، این صفحات به ترتیب بین دهانه دو لوله مطابق شکل ۲ قرار داده میشدند و وزنهها با جرمهای مختلف بترتیب روى صفحه متصل به لوله باريكتر قرار مي گرفتند و هر بار ذرات عبوري به وسيلهٔ شمارنده گايگر مولر که درون لوله بزرگتر زیرین قرار گرفته بود در بازههای زمانی ۱۰ ثانیه با حداقل ۱۰۰ بار تكرار شمارش شد. بدين ترتيب انحراف معيار شمارش با توجه به میانگین شمارش ها به ۲/۵±رسانده شد. برای بدست آوردن توزيع تنش هاي مكانيكي الاستيك با استفاده از آزمايش کشش نمودار تنش-کرنش نمونه آلومینیوم بدست آمد و مشخصات مکانیکی آلیاژ AZ61 نیز از سازنده قطعه گرفته شد و در نهایت با استفاده از مشخصات مکانیکی نمونهها منحنیهای توزیع تنش در نمونهها به وسیله نرمافزار ANSYS9" تحلیل و ترسیم شد.

بحدول المسيقة ميادين معاد درات م جبوري بداراي بالا ماري مي منطق الوسييوم بد مناصب المسالم الم									
10/04	17/9	۱۰/۸	A/Y	۶/۶	۴/۰۸	۲/۰۷	•	فشار موضعی اعمالی روی نمونه (MPa)	
۵۵۳ ±۲/۳	۵۵۱ ±۲/۳	۵۵۰ ±۲/۳	545 ±7/3	۵۴۳ ±۲/۳	۵۴۰ ±۲/۳	۵۴۰ ±۲/۳	۵۴۰ ±۲/۳	میانگین شمارش ذرات [−] β عبوری در ۱۰S	
14	11	۱.	۵	٣	٠	٠	٠	تغییرات میانگین شمارش نسبت به تنش صفر	

جدول ۱- مقایسه میانگین تعداد ذرات -β عبوری به ازای بارگذاریهای مختلف نمونه آلومینیوم به ضخامت m¬۰۱×۲۷/۰.



مجله علوم و فنون هسته ای، شماره ٤٣ ، ۱۳۸۷ Archive of SID

19/74	19/98	10/04	17/9	۱۰/۸	A/¥	۶/۶	۴/۰۸	۲/۰۷	•	فشار موضعی اعمالی روی نمونه (MPa)
929 ±7/2	901 ±7/0	949 ±7/0	947 ±7/5	937 ±7/5	989 ±7/5	939 ±7/0	939 ±7/5	РТР ±7/0	986 ±1/0	میانگین شمارش ذرات ⁻β عبوری در ۱۰S
۲۲	١٧	١٢	٨	٣	٢	٢	٢	•	•	تغییرات میانگین شمارش نسبت به تنش صفر

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد ذرات ⁻β عبوری به ازای بار گذاری های مختلف AZ61 به ضخامت ^۳m⁻⁻۱×۱/۱۴.



شکل ۳- تغییرات شمارش برحسب فشار موضعی اعمالی حاصل از بارگذاری در نمونه آلومینیوم به ضخامت ۰/۷۲mm.



شکل ۴- تغییرات شمارش برحسب فشار موضعی اعمالی حاصل از بارگذاری در نمونه آلیاژ AZ61 به ضخامت ۱/۱۴ mm.



Stress Intensity 0/137 0/404 0/672 0/939 1/21 1/47 1/74 2/01 2/28 ×10⁸ Pa

شکل ۵- سطوح هم تنش برای نمونه آلومینیومی به ضخامت m ۲۰۰۳×۰/۷۲

تحت فشار موضعی اعمالی N•^vPa.ا. روی خط مقیاس زیر شکل، شدت تنش برحسب شماره منحنی نموده شده است.



 Curve No
 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9

 Stress Intensity
 .377
 1.12
 1.85
 2.39
 3.33
 4.07
 4.81
 5.55

شکل 9- سطوح همتنش آلیاژ AZ61 به ضخامت m⁻⁻۱۰۱×۱۰۱۴ تحت فشار موضعی اعمالی ۱۰^۷Pa. روی خط مقیاس زیر شکل شدت تنش برحسب شماره منحنی نموده شده است.

6.28 ×10⁸ Pa

۴- بحث و نتیجه گیری

حاصل این کار بررسی تغییرات در میزان جذب تابش $^{\beta}$ بر اثر تنشهای مکانیکی اعمالی در ناحیه الاستیک میباشد. نتایج بدست آمده حاکی از کاهش محسوس در میزان جذب برای شدت فشار موضعی اعمالی بیشتر از م^۷ ۱۰×۲۹/۱۹ در نمونه آلومینیوم و بیشتر از م^۷ ۱۰×۶۹/۰ در آلیاژ AZ61 میباشد. در این رابطه بررسیهای تجربی قبلی نیز که در مورد اثر تنشهای باقیمانده در میزان جذب $^{\beta}$ در آلومینیوم انجام یافته است نشاندهنده رابطه مستقیم میزان کاهش جذب با تنشهای وارد به نمونه و در انرژیهای مختلف میباشد [۸]. بدیهی است با توجه به مقدار انحراف معیار کمتر از ۲/۵± در میزان شمارشها، کمیتهای مربوط به اختلاف در میانگین شمارش ذرات عبوری از نمونههای تنش دیده در جداول ۱ و ۲ کاملاً معنی دارند.

۵- بحث نظری

نتایج کار قبلی [۸] نشانگر این بود که ضریب جذب ذرات -β با انرژی های مختلف در نمونه های تنش دیدهٔ آلومینیو می بطور محسوس کمتر از نمونه های تابکاری شده است، به عبارت دیگر مقدار این ضریب در نمونه های دارای عیب کریستالی کمتر بوده و یا مقدار دامنه نفوذ ذرات، در نمونه های معیوب بزرگتر از نمونه های سالم تر است. نتایج کار حاضر نیز در رابطه با اثر تغییر شکل الاستیکی نمونه آلومینیوم و آلیاژ منیزیوم، مؤید افزایش محسوس گذر ذرات -β در نمونه های مختلف فیزیک است در توجیه نسبی این پدیده از دیدگاههای مختلف فیزیک کلاسیک و کوانتومی می توان موارد ذیل را یاد آور شد:

- بررسی های متعدد نشان می دهد که ثابت بلوری بویژه
 آلومینیوم در اثر تنش وارده افزایش می یابد [۹ و ۱۰] این
 افزایش موجب ازدیاد نسبی حجم واحد بلوری و در نتیجه
 کاهش ضریب فرد گی (packing factor) در نقاط
 تنش دیده می شود و در نهایت سبب کاهش میزان اندر کنش
 ذره عبوری با ذرات ساختاری نمونه شده و دامنه نفوذ آن
 بیشتر می شود.
- نقص های بلوری بویژه خطوط نابجایی (dislocations) که
 در اثر تنش های وارده تولید می شوند، خود بعنوان مراکز
 بارهای مثبت نسبی عمل می کنند [۱۱]. لذا با ایجاد نیروهای

جاذبه کولنی در ذرات باردار منفی، شانس نفوذ بیشتر ایـن ذرات در ساختار نمونه فراهم میشود.

Archive of SID

- ایجاد تنش در مواد پلی کریستال، موجب تغییر پتانسیل شیمیایی در مرزدانه ها شده و سبب تستدید ضریب خود نفوذی اتم های ناخالصی و اتم های خودی جابجا شده در مرزهای دانه بندی بلوری می گردد [۱۲]. در مجموع، تشدید جریان نفوذ اتم ها در راستای تنش های وارده باعث ایجاد مؤلفه سرعت کششی (Drift) برای ذرات تابشی شده و در نهایت دامنه نفوذ آنها در نمونه افزایش می یابد.
- از نقطهنظر كوانتومي مي توان گفت كه با عبور الكترون ها از درون ماده نوسانات گروهی الکترون ها (نوسانات پلاسمون) رخ میدهید. این نوسانات در محیط غیرمغناطیسی در بسامدی رخ میدهد که در آن میزان گذردهی الکتریکی صفر است. برای موادی که از مدل الکترون آزاد درود تبعیت می کنند، ایس بسامد با $W_{p}^{2} - \frac{1}{\tau^{2}}$ داده $W = \sqrt{W_{p}^{2} - \frac{1}{\tau^{2}}}$ میشود که در آن W_P بسامد پلاسما و T زمان واهلش نوسان الکترون های محیط است [۴ و ۱۳]. مقدار 1 در بسامدهای کم، با مقاومت ویژه محیط متناسب است [۴] و با افرایش مقاومت ویژه نمونه ناشمی از تنشهای وارده، مقدار <u>1</u> و بسامد W نوسانی محیط پلاسمای فلز کاهش مییابد و از این طریق کوانتوم تبادل انرژی ذرات ⁻β، hw کوچکتر شده و میزان اتلاف انرژی این ذرات در عبور از محيط پلاسما كم مي شود. از آنجا احتمال عبور ذره از محيط افزايش يافته و ضريب جـذب كـاهش مـييابـد، بـه عبارت ديگر، دامنه نفوذ ذرات -β بيشتر مي شود.

پینوشتھا:

۱- Bohr

۲- Bethe

نرمافزار توسط دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی سهند تهیه و ارائه –۳ شد.

مجله علوم و فنون هستهای، شماره ٤٣ ، ۱۳۸۷ Archive of SID

References:

- R.P. Gardner, "A. Semiemprical model for ⁹⁰Sr beta particles transmission thickness gauge for aluminum alloys," NIM B 213, 357-363 (2004).
- 2. Y. Uchida, O. Spillecke, G. lehmfuhl, K. Wiss, R. Schlog,l "Determining of mean absorption potential of Si for Electron By Loss Spectroscopy," Cryst.res. Technol **34**, 103-113 (1999).
- 3. National Institue of Standards and Technology (nist), http://physics.nist. gov/PhysRef-Data/Xcom/Text/XCOM.html.
- 4. P. Schattschneider, "Fundamentals of inelastic electron scattering," springer-verlag wein New York (1986).
- P.J. Withers, H.K.D.H. Bhadeshia, "Residual stress measurement techniques," Materials science and Technology 17,355-364 (2000).
- بری، هال. ورنون، جان (ترجمه). "آزمونهای غیرمخرب. .6 انتشارات دانشگاه صنعتی سهند،" (۱۳۸۰).
- 7. M. James. Howe, laVdimir P. Oleshko, "Application of valence electron energy-loss spectroscopy and plasmon energy mapping for determining material properties at the nanoscale," Journals of Electron Microscopy **53**, 339-351 (2004).

ب. صالح پور، ط. پیر حسینلو، "بررسی کیفی تنش های باقیمانده در .8 ضریب جذب ذرات β با انرژیهای مختلف در آلومینیوم، "مجله علوم و فنون هستهای، شهاره ۳۷، صفحات ۹-۶ (۱۳۸۵).

•

- 9. M.W. Thompson, "Defect and radiation damage in metals," Cambridge University Press (1969).
- 10.B. Salehpour, "Studies of the residual stress in Al using DSC and XRD methods," Ultra Scientist of phys.sci. **12** (3), 412-415 (2000).
- Vignaud, J.L. Faruacque, "charged dislocation include optical absorption in GaAs," J. Apple. Phy. 653, 1261-1264 (1998).
- 12.L. Klinger and E. Rabkin, "The effect of stress on grain boundary interdiffusion in semi-infinit Crystal," Acta Materiala, 55, 4689-4698 (2007).
- 13. Chanchal uberci, "Introduction to unmagnetized plasmons," prence hall (1988).