

مدل بندی خطوط تنش و اثر آن بر میزان جذب تابش β^- در Al و آلیاژ AZ61

دکتر بهروز صالح پور، مجیدطاهری هاشجین*

دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز

چکیده: در این کار تجربی برای بررسی اثر تنش های مکانیکی وارده به آلیاژ AZ61 و فلز آلومینیوم در میزان جذب ذرات β^- این دو فلز، نمونه هایی با ضخامت های مختلف از مواد یاد شده همزمان با تابش β^- تحت تنش های مختلف قرار داده شد. ضمن ارزیابی تشکیل منحنی های هم تنش در نمونه تحت بارهای مختلف توسط نرم افزار ANSYS9 میزان پرتو های عبوری از نمونه های تحت تنش نیز بوسیله شمارش ذرات عبوری اندازه گیری شد. نتایج حاصل کاهش در میزان جذب تابش β^- برای هر دو نمونه در اثر تنش وارده را نشان میدهد.

واژه های کلیدی: آلومینیوم، آلیاژ AZ61، منحنی های هم تنش، اثر تنش هادر میزان جذب ذرات β^- .

۱- مقدمه: اصول فیزیکی کاهش انرژی ذرات در ماده، به دلیل کاربرد وسیع تابش ها در فن آوری مربوط به بررسی ساختار داخلی 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 استفاده های صنعتی متنوع مانند اندازه گیری و کنترل ضخامت صفحات [۱] و استفاده های تحقیقاتی دیگر حائز اهمیت بوده است. ساز و کارهای مختلفی برای کاهش انرژی ذرات β^- به عنوان باریکه ای از الکترون ها با ماده وجود دارد. از جمله این مکانیسم ها می توان به ایجاد تابش چرنکوف، تابش ترمزی، ایجاد نوسانات شبکه (فونون) و کنش بوسیله پوسته های داخلی، ایجاد نوسانات گروهی الکترونها در مواد جامد (پلاسمون) اشاره کرد. [۲] دو مکانیسم نخست سهم بسیار اندکی در اتلاف انرژی ذرات β^- و الکترونها برای انرژی کمتر از ۱۰ Mev در عناصر فلزی سبک مانند Al و Mg رادارند [۳]. هر چند الکترون در پراکندگی از پوسته های داخلی انرژی زیادی از دست میدهد اما سطح مقطع مربوط به این پراکندگی نیز در مقایسه با پلاسمون ها اندک بوده و معمولا از عوامل محیطی مانند دما مستقل است. ایجاد نوسانات گروهی الکترون در مواد جامد مهمترین عامل اتلاف انرژی الکترون بخصوص در فلزات بشمار می رود [۴]. ایجاد پلاسمون ها مربوط به پراکندگی توسط الکترونها و الانس است و سطح مقطع آن تابع دما است. بررسی اثر هر یک از سازو کارهای یاد

¹ -Bohr

² -Bethe

Email:majid_thp@yahoo.com

*دانشگاه تبریز، دانشکده فیزیک، صندوق پستی: ۵۱۶۶۴

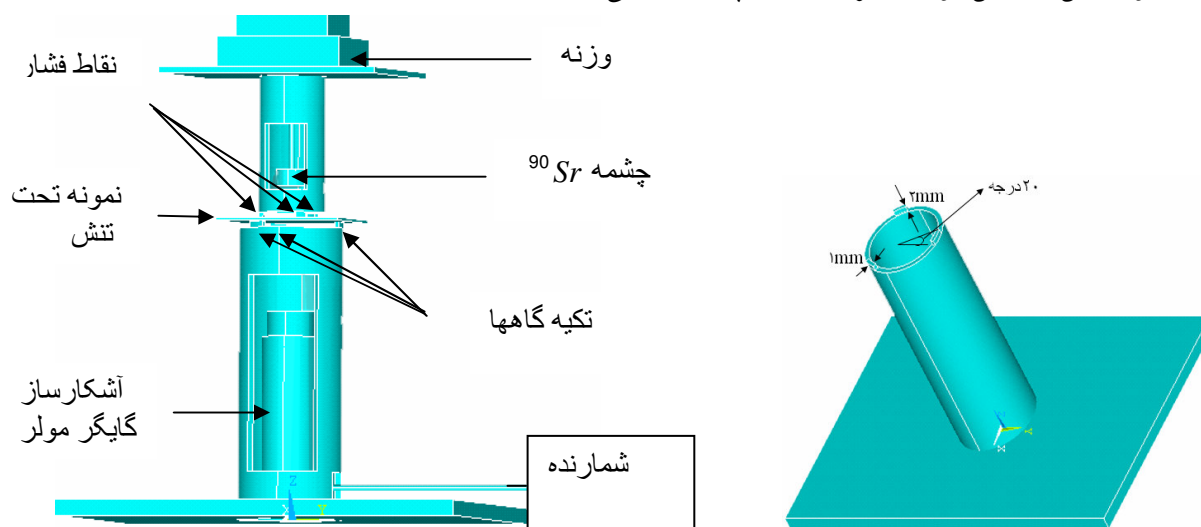
شده بر روی اتلاف انرژی ذرات β^- یا الکترونها و سهم هر یک از این مکانیسم ها در میزان کاهش انرژی، همچنین بررسی اثر پارامترهایی مانند دما بر این فرایند، بخش عمده ای از تحقیقات بر روی توان توقف مواد مختلف برای این ذرات را شامل می شود. اما تا کنون مطالعات چندانی روی اثر تنش های مکانیکی الاستیک و تنش های باقیمانده در این مواد (تغییر شکل پلاستیکی) بر میزان اتلاف انرژی الکترونها و ذرات β^- صورت نگرفته است. حد الاستیک مقدار تنشی است که کمتر از آن کرنش های تغییر شکل به طور کامل برگشت پذیراند. گاه ممکن است رابطه بین تنش و کرنش در محدوده بین حدتناسب و حد الاستیک یک رابطه غیر خطی باشد. اگر مقدار تنش وارده از حد الاستیک بیشتر باشد جسم مورد آزمایش وارد ناحیه تغییر شکل پلاستیکی برگشت ناپذیر خواهد شد. با توجه به نقش گسترده تنش هادر سرنوشت و رفتار قطعات صنعتی حساس مانند صنایع هوا و فضا و نیروگاه ها... و اهمیت بررسی ایجاد تنش ها در حین کار بری مواد، روش های ماکروسکوپی و میکروسکوپی متعددی برای مطالعه تنش های باقیمانده در قطعات توسط پژوهشگران بکار گرفته شده است [۵ و ۶] ولی روش استفاده از میزان گذر ذرات β^- برای تشخیص تنش ها در ماده جاذب کار چندانی صورت نگرفته است و تنها نحوه استفاده از الکترونها برای تشخیص پارامترهای مکانیکی در مواد نانوباروش غیر جذبی اخیراً گزارش شده است [۷]. تلاش دیگر در این مورد مربوط به تاثیر تغییر شکل پلاستیکی در آلومینیوم روی دامنه نفوذ ذرات β^- می باشد [۸]. در کار حاضر سعی شده است تاثیر توزیع تنش های الاستیکی وارده آلومینیوم صنعتی و همچنین آلیاژ AZ61 روی میزان جذب β^- حاصل از چشمه ^{90}Sr به طور تجربی بررسی شود بطوریکه میزان عبور ذرات مزبور همزمان با اعمال تنش روی نمونه با ضخامت های مختلف مورد مطالعه قرار گیرد.

۲- مواد و روشها:

الف) تهیه نمونه: از آلیاژ AZ61 با ترکیب وزنی (Mg ۹۲/۸٪ - AL ۶٪ - Zr ۱٪ - Mn ۰/۲٪) که از آزمایشگاه دانشگاه صنعتی سهند تهیه گردید، صفحه ای نازک به ابعاد $0.033m \times 0.035m$ و ضخامت $0.14 \times 10^{-3}m$ برش دادیم و سپس رویه نمونه ها بوسیله پودر سمباده با مش های مختلف جلا داده شدند. همچنین صفحات آلومینیوم با ضخامت های مختلف محصول شرکت آلومینیوم سازی اراک با درجه خلوص ۹۹/۹۵ تهیه و برش داده شد. انتخاب آلیاژ یاد شده بعلت مشابهت با آلومینیوم با چگالی کم $\frac{gr}{cm^3} = 2.82$ بود.

ب) ساخت پایه برای ایجاد تنش: برای ساخت پایه دولوله فولادی با قطر $0.018m$ و $0.029m$ تهیه و مطابق شکل ۱ انتهای هر لوله سه زایده با ابعاد نشان داده شده در شکل ایجاد کردیم. انتهای دیگر لوله ها نیز صفحات آهنی به عنوان پایه نگهدارنده لوله ها و وزنه هانگام بارگذاری جوش داده شد.

ج) انجام آزمایش: در این مطالعه لوله با قطر بزرگتر به عنوان تکیه گاه و محفظه نگهدارنده لوله آشکار سازگایگر-مولر مورد استفاده قرار گرفت و لوله با قطر کمتر برای اعمال فشار روی صفحه نمونه همچنین به عنوان محفظه نگهدارنده چشمه β^- بکار گرفته شد. برای تولید تابش β^- چشمه ^{90}Sr مورد استفاده قرار گرفت. هندسه این آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است چشمه ^{90}Sr درون لوله 0.18 m قرار داده می شود تعادل لوله حین آزمایش توسط گیره ای روی پایه حفظ می شد



شکل ۲- پیکربندی مورد استفاده در آزمایش و نحوه اعمال فشار به نمونه.

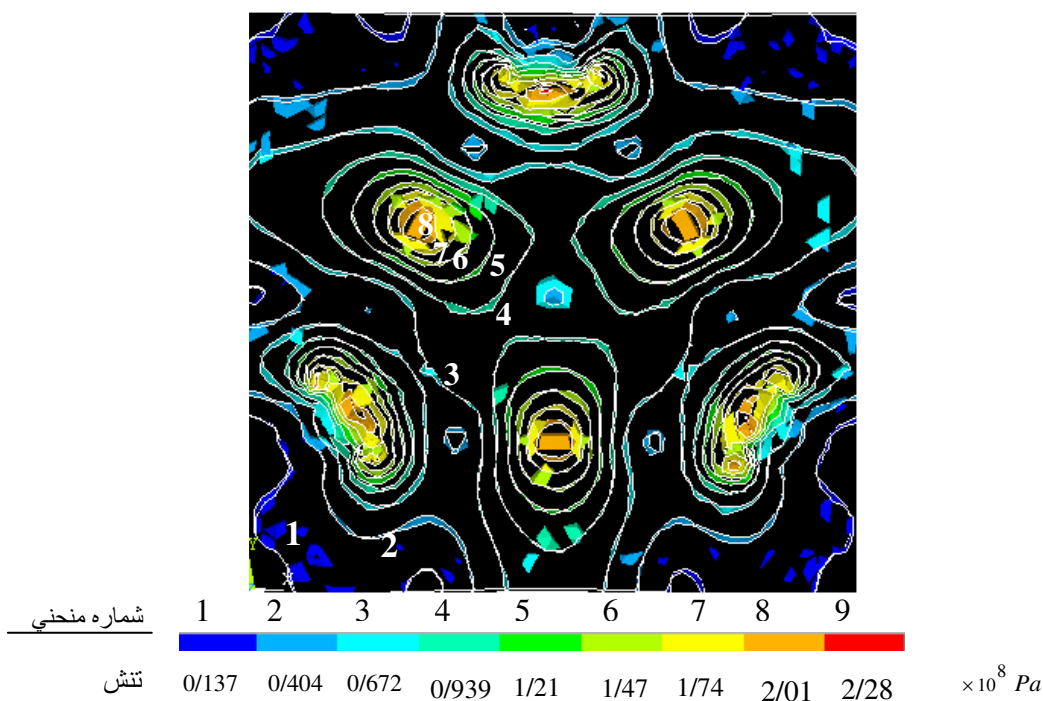
شکل ۱- هندسه زایده برای اعمال فشار همچنین استفاده به عنوان تکیه گاه

طراحی سیستم طوری بود که لوله باریک به همراه چشمه می توانست آزادانه در راستای قائم با حفاظت گیره حرکت کند. برای اعمال بار روی صفحه های نمونه، این صفحات به ترتیب بین دهانه دو لوله مطابق شکل ۲ قرار داده می شدند و وزنه ها با جرم های مختلف بترتیب روی سکوی متصل به لوله باریکتر قرار می گرفت و هر بار ذرات عبوری توسط شمارنده گایگر مولر که درون لوله بزرگتر زیرین قرار گرفته بود در بازه های زمانی ۱۰ ثانیه با حداقل ۱۰۰ بار تکرار شمارش شد و بدین ترتیب انحراف معیار شمارش با توجه به متوسط شمارش به $\pm 2/5$ رسانده شد. برای بدست آوردن توزیع تنش های مکانیکی الاستیک با استفاده از آزمایش 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 نمونه ها منحنی های توزیع تنش در نمونه ها توسط نرم افزار ANSYS9 تحلیل و ترسیم گردید.

۳- نتایج: میانگین ۱۰۰ بار تکرار شمارش تعداد ذرات β^- عبوری حاصل از چشمه ^{90}Sr از نمونه Al با ضخامتهای $0.72 \times 10^{-3} m$ و آلیاژ AZ61 با ضخامت $1.14 \times 10^{-3} m$ بر حسب بار اعمال شده در بازه های زمانی ۱۰s در جدول ۲ و ۱ نشان داده شده است. همچنین به عنوان نمونه کنتورهای توزیع تنش نمونه آلومینیوم به ازای فشار موضعی اعمالی $1.974 \times 10^7 Pa$ و آلیاژ AZ61 به ازای فشار موضعی اعمالی $0.66 \times 10^7 Pa$ به ترتیب در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه میانگین تعداد ذرات β^- عبوری به ازای بارگذاری های مختلف نمونه آلومینیوم به ضخامت $0.72 \times 10^{-3} m$

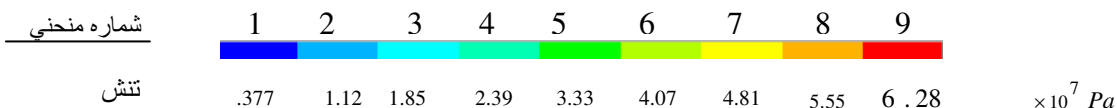
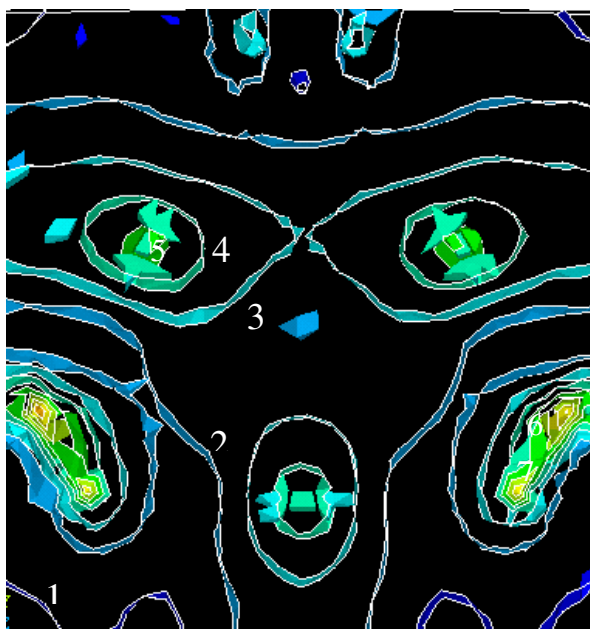
| فشار موضعی اعمالی روی نمونه ($10^7 pa$) | ۰ | ۰/۲۰۷ | ۰/۴۰۸ | ۰/۶۶ | ۰/۸۷ | ۱/۰۸ | ۱/۲۹ | ۱/۵۰۴ | ۱/۶۹۲ | ۱/۹۷۴ |
|--|-----|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| میانگین شمارش ذرات β^- عبوری در ۱۰s | ۶۳۴ | ۶۳۴ | ۶۳۶ | ۶۳۶ | ۶۳۶ | ۶۳۷ | ۶۴۲ | ۶۴۶ | ۶۵۱ | ۶۵۶ |
| تغییرات میانگین شمارش نسبت به تنش صفر | ۰ | ۰ | ۲ | ۲ | ۲ | ۳ | ۸ | ۱۲ | ۱۷ | ۲۲ |



شکل ۳- سطوح هم تنش برای نمونه آلومینیومی به ضخامت $0.72 \times 10^{-3} m$ تحت فشار موضعی اعمالی $1.974 \times 10^7 Pa$. روی خط مقیاس زیر شکل، شدت تنش بر حسب شماره منحنی نموده شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد ذرات β^- عبوری به ازای بارگذاری های مختلف AZ61 به ضخامت $1/14 \times 10^{-3} m$

| فشار موضعی اعمالی روی نمونه ($10^7 pa$) | ۰ | ۰/۲۰۷ | ۰/۴۰۸ | ۰/۶۶ | ۰/۸۷ | ۱/۰۸ | ۱/۲۹ | ۱/۵۰۴ |
|--|-----|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| میانگین شمارش ذرات β^- عبوری در ۱۰S | ۵۴۰ | ۵۴۰ | ۵۴۰ | ۵۴۳ | ۵۴۵ | ۵۵۰ | ۵۵۱ | ۵۵۳ |
| تغییرات میانگین شمارش نسبت به تنش صفر | ۰ | ۰ | ۰ | ۳ | ۵ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۳ |


شکل ۴- سطوح هم تنش آلیاژ AZ91 به ضخامت $1/14 \times 10^{-3} m$ تحت فشار موضعی اعمالی $0.66 \times 10^7 Pa$.

روی خط مقیاس زیر شکل شدت تنش بر حسب شماره منحنی نموده شده است

۴- بحث و نتیجه گیری: حاصل این کاربررسی تغییرات در میزان جذب تابش β^- بر اثر تنش های مکانیکی اعمالی در ناحیه الاستیک می باشد. نتایج بدست آمده حاکی از کاهش محسوس در میزان جذب برای شدت فشار موضعی اعمالی بیشتر از $1/29 \times 10^7 pa$ در نمونه آلومینیوم و بیشتر از $0.66 \times 10^7 pa$ در آلیاژ AZ61 میباشد. در این رابطه بررسی های تجربی قبلی نیز که در مورد اثر تنش های باقیمانده در میزان جذب β^- در آلومینیوم انجام یافته نشان دهنده رابطه مستقیم میزان کاهش جذب با تنش های وارده به نمونه و در انرژی های

مختلف می باشد [۸]. بدیهی است با توجه به مقدار انحراف معیار کمتر از $\pm 2/5$ در میزان شمارشها، کمیت های مربوط به اختلاف در میانگین شمارشها برای نمونه های تنش دیده در جداول ۱ و ۲ کاملاً معنی دارند. بحث در مورد علت پدیده کاهش جذب ذرات در اثر تنش را شاید بتوان چنین بیان کرد که در اثر ایجاد عیوب مختلف بلوری ناشی از تنشهای وارده مقاومت الکتریکی نمونه ها افزایش می یابد [۹] و افزایش مقاومت ویژه نمونه باعث کاهش بسامد نوسانات پلاسمون به عنوان مهم ترین عامل جذب انرژی الکترون در ماده می شود. [۶] از آنجا که انرژی دریافتی پلاسمون از ذره عبوری با بسامد نوسان پلاسمون متناسب است مقدار انرژی دریافتی پلاسمون از ذره عبوری با کاهش بسامد آن کم می شود.

منابع:

- 1- Gardner ,R.P.A.Semiempirical model for ^{90}Sr beta particles transmission thickness gauge for aluminum alloys. NIM B 213(2004) 357-363
- 2-Y.Uchida,O.Spillecke,G.lehmfuhl,K.Wiss,R.Schlogl.Determining of mean absorption potential of Si for Electron By Loss Spectroscopy. Cryst.res. Technol 34(1999) 103-113.
- 3- national Institute of Standards and Technology(nist) <http://physics.nist.gov/PhysRef-Data/Xcom/Text/XCOM.html>
- 4-Dr.peter schattschneider, fundamentals of inelastic electron scattering. springer-verlag wein New york (1986).
- 5- withers,p.j.Bhadeshia,H.K.D.H.2000.Residual stress measurement techniques
- ۶- بری، هال، ورنون، جان. (ترجمه). ۱۳۸۰. آزمون های غیر مخرب. انتشارات دانشگاه صنعتی سهند
- 7- James M. 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(2004) 339-351
- ۸- پایان نامه کارشناسی ارشد، پیر حسینلو، طاهره. ۱۳۸۳. بررسی کیفی تنش های باقیمانده در ضریب جذب ذرات β با انرژیهای مختلف در آلومینیوم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز
- 9-M.W.Thompson ,defect and radiation damage in metals Cambridge University Press(1969).