

ساخت پلی اتیلن بوردار به منظور حفاظ نوترون سریع

مجید زارع زاده^{۱*}، جواد رحیقی^۱، حسین قدس^۱، جعفر قیصری^۲، محمد علی شفایی^۲، غضنفر میرجلیلی^۲

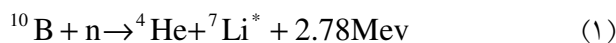
چکیده

حفاظت در برابر پرتو نوترون یکی از مسائل مهم در آزمایشگاه‌های است که از چشمه های نوترونی استفاده می شود. محافظت بویسله پلیمرهایی که با عناصر جاذب نوترون آمیخته شده باشند امروزه کاربرد زیادی پیدا کرده است. ایزوتوپ ^{۱۰}B یکی از مفیدترین عناصر در جذب نوترونهای حرارتی است. در این تحقیق از ایزوتوپ ^{۱۰}B موجود در اسید بوریک B(OH)₃ استفاده شده است و درصد های وزنی مختلف مورد شبیه سازی (توسط کد MCNP4C) و آزمایش قرار گرفت. نتایج در شبیه سازی و آزمایش مخلوط ۱۵٪ وزنی اسید بوریک و پلی اتیلن را به عنوان بهترین جذب و کند کننده نوترون چشمه ²⁵²Cf نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پُر، پلیمر، چشمه ²⁵²Cf، کد MCNP4C، محافظ نوترون

مقدمه

نوترون ذره ای است که در صنعت و پزشکی موارد استفاده زیادی دارد. راکتورها، مراکز پرتو پزشکی، آنالیز مواد توسط فعالسازی نوترونی^۴ و موارد دیگر. با توجه به این مطلب محافظت افراد این مراکز در برابر پرتو نوترون امری لازم و ضروری است که توسط مواد و مصالح مختلف صورت می گیرد. از مواد هیدروژن دار به منظور کند کردن نوترونهای سریع استفاده می شود. برای جذب نوترون از عناصری مانند کادمیم، لیتیم، بر استفاده می شود. ایزوتوپ ^{۱۰}B، به دلیل سطح مقطع جذب نوترون بالایی که دارد یکی از مفیدترین مواد در جذب نوترون است. سطح مقطع جذب آن برای نوترون از ۷۵۹ تا ۲۴۵۰ بارن است. پس از برخورد نوترون به ^{۱۰}B واکنش (۱) رخ می دهد



^۱ گروه فیزیک نوترون سازمان انرژی اتمی تهران

^۲ دانشگاه یزد

یزد، صفییه، شهرک دانشگاه، دانشگاه یزد، پردیس غربی، مجتمع علوم، دانشکده فیزیک تلفن ۰۳۵۱-۸۲۱۰۲۵۰

و ۰۹۱۷۳۶۷۰۶۱۰

Email: majid_zarezadeh_nu@yahoo.com



هسته اتم لیتیم در حالت برانگیخته است و با تابش γ به حالت پایه می رود که این ذره گاما می باید توسط مواد چگال مانند سرب که بعد از حفاظ نوترونی قرار می گیرند جذب شود. با ساخت مواد پلیمری که درصد وزنی بسیار بالایی هیدروژن دارد می توان موادی ساخت که ضریب جذب نوترونی بالایی داشته باشند. مشابه این کار با موادی همچون $B_{10}C$ و LiF و پلی اتیلن در دانشگاه کیوتو ژاپن با نوترونهای حرارتی، فوق حرارتی و سریع مورد آزمایش قرار گرفته است [1]. همچنین در تحقیق دیگری از پلی ونیل استات^۱ و پلی ونیل الکل^۲ برای بررسی کاهش شار و انرژی نوترون استفاده شده است [3] و نمونه های دیگری که با پلیمر و مواد جاذب نوترون صورت گرفته. در این تحقیق نیز از مخلوط اسید بوریک $B(OH)_3$ و پلی اتیلن استفاده شده است. به کمک کد MCNP4C شبیه سازی بلوک های ساخته شده از مخلوط اسید بوریک با درصد های وزنی ۷٪، ۱۵٪، ۲۵٪ و ۳۵٪ و پلی اتیلن با ضخامتهای مختلف انجام گرفت و این شبیه سازی ۱۵٪ وزنی را بهینه درصد وزنی اسید بوریک برای این بلوکهای پلیمری نشان داد. بعد از شبیه سازی این بلوکها توسط کد به ساخت آنها با توجه به نتایج کد پرداخته شد و توسط چشمه نوترون ^{252}Cf موجود در گروه فیزیک نوترون سازمان انرژی اتمی تهران مورد آزمایش قرار گرفت. مطلب مهم در این تحقیق این بود که مخلوط ۱۵٪ وزنی اسید بوریک با ضخامت ۱/۲ سانتی متر که با ضخامتهای موجود در مراجع یکسان بود شار نوترون چشمه ^{252}Cf را به نصف مقدار اولیه رساند.

روش کار

بعد از انجام محاسبات شبیه سازی توسط کد MCNP4C ساخت بلوکهای پلیمری با توجه به نتایج محاسبه صورت گرفت. برای این منظور از پلی اتیلن سنگین با چگالی $\frac{gr}{cm^3} 0.85$ و اسید بوریک استفاده شد. با توجه به نتایج تجربی قبل که نشان داده بود اسید بوریک حین آمیخته و سرد شدن در بلوک های پلیمرته نشین می شود این لایه ها در ضخامت ۲mm ساخته شدند تا از ته نشین شدن اسید بوریک در نمونه جلوگیری شود. ابعاد این لایه ها ۱۰cm×۱۵cm×۲mm است.

ساخت در سه مرحله اصلی صورت گرفت که به ترتیب

- ۱- ذوب کردن پلی اتیلن و مخلوط کردن اسید بوریک با آن
- ۲- سرد کردن و خمیری شکل کردن مخلوط
- ۳- دوباره گرم کردن و تحت فشار قرار دادن در چند مرحله

¹ Poly vinyl acetate

² Poly vinyl alcohol

زمان (دقیقه)	مراحل انجام کار
۲۰	ذوب و مخلوط کردن نمونه
۶۰	سرد و خمیری شکل کردن نمونه
۱۵	دوباره گرم و تحت فشار قرار دادن

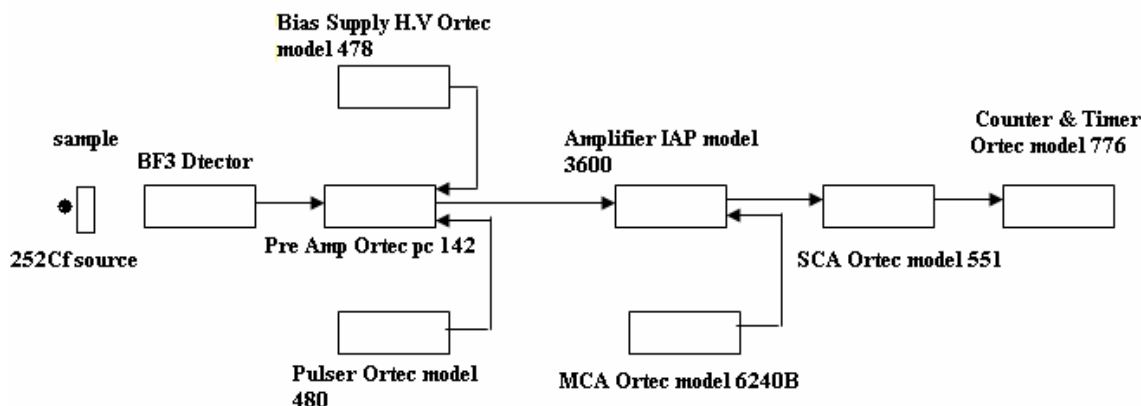
جدول ۱- مراحل کلی ساخت پلیمر و زمان آن

مرحله سوم یعنی دوباره گرم شدن و تحت فشار قرار دادن، خود شامل پنج مرحله جداگانه است که به منظور شکل گیری بهینه پلیمر بعد از چند بار آزمایش بهترین مراحل انتخاب و برای همه لایه های پلیمری مورد استفاده قرار گرفت. مراحل این کارها در جدول ۲ آورده شده است.

مرحله	دما (سانتی گراد)	زمان (ثانیه)	فشار (بار)
۱	۱۲۰	۵۰	۱۰
۲	۱۸۰	۶۵	۲۰
۳	۱۸۰	۱۰۰	۲۵
۴	۱۸۰	۱۴۰	۱۵
۵	۲۰	۱۲۰	۰

جدول ۲- مراحل بازپخت و فشار نمونه ها

این نکته قابل ذکر است که دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد دمای ذوب پلی اتیلن سنگین است و در مرحله پنجم نیز مرحله شکل گیری نهایی و سرد شدن نمونه و تشکیل شبکه های پلیمری می باشد. بعد از ساخت نمونه ها برای آزمایش جذب نوترون در این مواد از چشمه ^{252}Cf با قدرت $1.5 \times 10^6 \text{ Bq}$ استفاده شد و با توجه به مرجع موجود در زمینه الکترونیک آزمایش [3]، الکترونیک شکل ۱ مورد استفاده قرار گرفت



شکل ۱- الکترونیک مورد استفاده برای انجام آزمایش

به منظور موازی کردن پرتو نوترون چشمه ^{252}Cf را درون موازی ساز^۱ که به شکل استوانه ای از فلز کادمیم و پارافین ساخته شده بود قرار گرفت همچنین برای کاهش نوترونهای پس زمینه و شمردن آن توسط آشکار سازگازی تناسبی BF_3 این آشکار ساز درون محافظی که از داخل به خارج سرب، کادمیم و پلی اتیلن بود قرار گرفت و تنها قسمتی روبروی چشمه باز گذاشته شد که نوترونهایی که از روبرو می آیند شمردن شوند. چشمه ^{252}Cf دارای یک طیف انرژی از 0.3MeV تا 12MeV می باشد که یک قله حول انرژی 2MeV دارد و با توجه به این انرژی، محاسبات برای اندازه گیری لایه نصف مقدار^۲ استفاده شده است. البته این چشمه طیف گاماهایی در بازه انرژی KeV نیز دارد که بعد از مشاهده کل طیف روی دستگاه MCA ^۳ ناحیه جدا شده طیف گاما و نوترون، توسط مولد پالس^۴ این نقطه پیدا شده و به کمک دستگاه SCA از این کانال به بعد شمارش انجام شد تا بدین وسیله تنها شمارش ذرات نوترون صورت گیرد. برای تحقیق درباره اثر پیر شدگی^۵ پلیمر این آزمایش در چند فاصله زمانی مورد تکرار شد که نتایج تا حد قابل قبولی یکسان بود و می توان گفت در مقطع چند ماه پرتو دهی این پلیمر توسط نوترون تاثیری در کیفیت آن ندارد. با اینکه آشکار ساز BF_3 نسبت به پرتو گاما حساسیت چندانی ندارد اما ممکن بود گاماهای حاصل از واکنش (n, γ) در شمارش تاثیر بگذارند، بعد از محاسبه توسط کد MCNP4C یک لایه 0.5cm سرب بعد از نمونه ها قرار گرفت طوری که هم گاماها را جذب و تضعیف کند و هم در شمارش نوترونها تاثیر نداشته باشد. آزمایش نشان داد که این لایه سرب تنها باعث کاهش 0.24% درصد در شمارش نوترونها می شود که مقداری قابل چشمپوشی بود.

¹ Collimator

² Half Value Layer (HVL)

³ Multi Channel Analyzer
















⁴ Pulser

⁵ Single Channel Analyzer

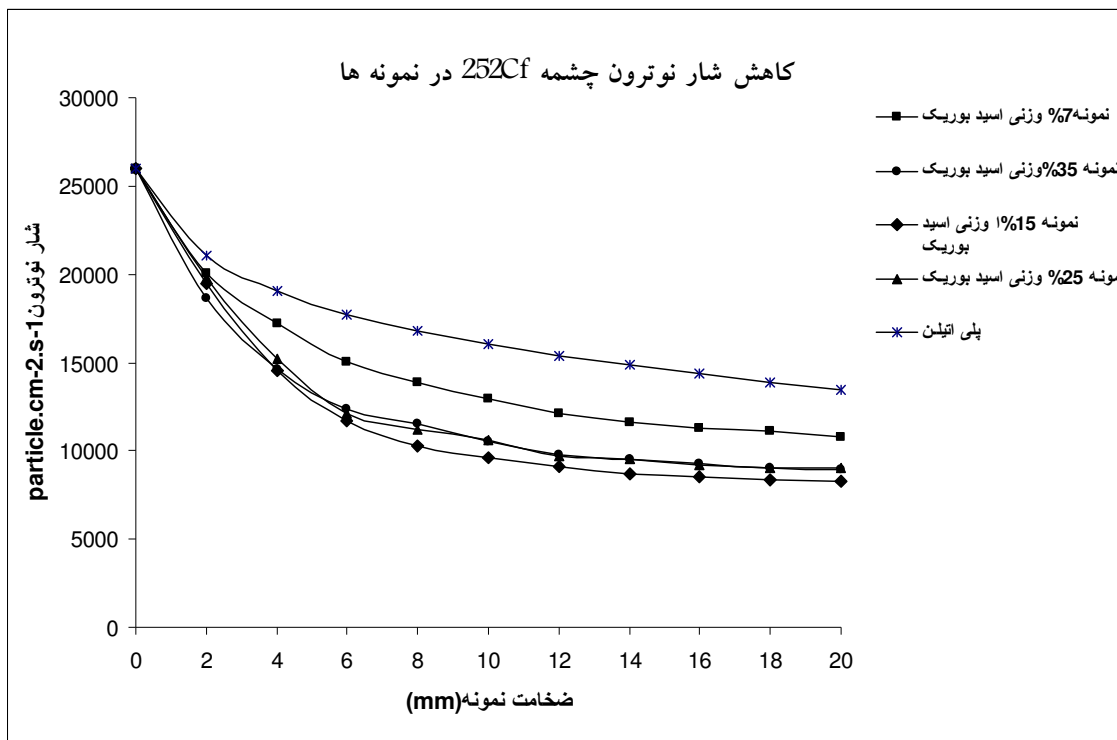
⁶ Aging

نتایج

بعد از اندازه گیریهای انجام شده و تکرار آزمایش در چندین مرحله به منظور کاهش خطاء نمودار مربوط به کاهش شار نوترون بر حسب تغییر ضخامت بدست آمد. با توجه به اندازه گیری های انجام شده با میانگین انرژی 2MeV نتایج مربوط به HVL و چگالی مربوطه در جدول شماره ۳ آورده شده است.

HVL(cm) شبیه سازی	HVL(cm) آزمایش	چگالی $\frac{gr}{cm^3}$	نوع نمونه
			پلی اتیلن
			مخلوط پلی اتیلن و ۷٪ وزنی اسید بوریک
			مخلوط پلی اتیلن و ۱۵٪ وزنی اسید بوریک
			مخلوط پلی اتیلن و ۲۵٪ وزنی اسید بوریک
			مخلوط پلی اتیلن و ۳۵٪ وزنی اسید بوریک

جدول ۳- چگالی نمونه ها و مقدار HVL برای هر نمونه



شکل ۲- نمودار مربوط به کاهش شار نوترون در نمونه ها با درصد های مختلف

بحث و نتیجه گیری:

این نکته رامی باید مدنظر داشت که مقدار HVL به انرژی نوترونها بستگی دارد زیرا میزان هیدروژن موجود در ماده است که در ابتدا باعث کند شدن نوترونها و سپس جذب آنها توسط برمی شود و با توجه به این نکته می توان گفت به منظور کاهش شار نوترونهای پرانرژی می باید از نمونه هایی بادر صدوزنی کمتر اسید بوریک و یا نمونه هایی که در ابتدا لایه های پلی اتیلن به منظور کند کردن نوترونها و سپس نمونه مخلوط های پلی اتیلن واسید بوریک به منظور جذب نوترونها مورد استفاده قرار گیرد. شبیه سازی این محافظ نوترونی برای نوترونهای 14 MeV توسط نویسندگان این مقاله توسط کد MCNP4C در حال انجام است.

سپاسگزاری:

در انتها جا دارد از همکاری صمیمانه کارکنان و مهندسان مرکز فیزیک نوترون سازمان انرژی اتمی تهران به ویژه خانم مهندس کاشیان که در تمام مراحل انجام این پروژه همکاری صمیمانه ای با نویسندگان داشتند تشکر و قدردانی نماییم.

مراجع:



- [1] *Development of neutron shielding material using metathesis-polymer matrix* Y.Sakurai ,A.Sasaki ,T.Kobayashi *Nuclear Instrument s and Method in Physics Research A* 522(2004) 455-461
- [2] *www.thermo.com*
- [3] *Application of hydrogel system for neutron attenuation* , S.C Gupta ,G.L.Baheti ,B.P. Gupta *Radiation Physics and Chemistry* 59(2000)103-107