



## طراحی و ساخت چشمه رادیو ایزوتوپی میله ای برای استفاده در دستگاه دبی سنج جامدات به روش هسته ای

مجتبی، عسکری له داربنی<sup>۱</sup>؛ فائزه، رحمانی<sup>۱\*</sup>؛ رضا، قلی پور پیوندی<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته ای، گروه کاربرد پرتوها

۲- سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشگاه کاربرد پرتوها

### چکیده

استفاده از پرتو گاما و بررسی تضعیف آن در بسیاری از سیستم های صنعتی برای برآورد سطح محصولات و یا تعیین کمیت هایی نظیر جرم، چگالی مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به بزرگ بودن ابعاد مورد بررسی در سیستم های صنعتی بزرگ، استفاده از چشمه های میله ای دارای توزیع اکتیویته به جای چشمه های نقطه ای دقت بیشتری خواهد داشت. در مقاله حاضر، ابتدا به مقایسه بین دو روش ساخت چشمه رادیو ایزوتوپی میله ای با استفاده از کد  $Mcnp$  پرداخته شد و سپس نتایج شبیه سازی و اندازه گیری در دبی سنجی جامدات به روش هسته ای با چشمه میله ای ساخته شده از دانه، ارائه شده است.

**کلیدواژه:** چشمه رادیو ایزوتوپی میله ای گاما، کد مونت کارلو  $Mcnp$ ، دبی سنج جامدات، توزیع اکتیویته

### مقدمه

امروزه چشمه های رادیو ایزوتوپی در صنایع کاربردهای متفاوتی دارند و به طور گسترده ای در سیستم های ارتفاع سنج، دبی سنج جامدات، چگالی سنج و ... مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به هندسه محصول، حجم ماده و هدف اندازه گیری چشمه های رادیو ایزوتوپی در طرح های گوناگون به صورت میله ای و نقطه ای قابل استفاده هستند [۱-۳].

در صورت وسیع بودن گستره اندازه گیری معمولاً از چند چشمه نقطه ای و یا به طور دقیق تر از یک چشمه میله ای رادیو ایزوتوپی برای پوشش کل محیط استفاده می شود.

در این مقاله به طراحی و ساخت یک چشمه میله ای برای قرارگیری در سیستم دبی سنجی جامدات پرداخته



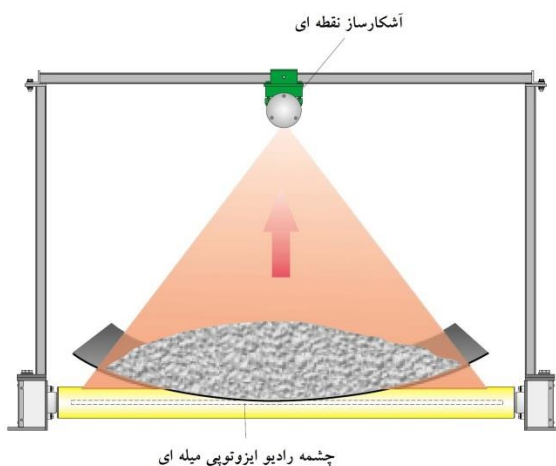
شده است. یک چشمه میله ای به روش های مختلفی قابل طراحی و ساخت است که در ادامه به آن پرداخته می شود.

دبی سنجی جامدات، دستگاهی برای اندازه گیری بر خط جرم مواد عبوری بر روی تسمه نقاله است.

در این دبی سنج می توان از (۱) یک آشکارساز میله ای و یک چشمه نقطه ای (۲) یک آشکارساز میله ای، چشمه میله ای و یا (۳) یک آشکارساز نقطه ای و چشمه میله ای استفاده کرد.

هدف از قرار دادن آشکارساز میله ای یا چشمه میله ای، پوشش دادن محدوده وسیع تری از مواد عبوری و به عبارتی اندازه گیری دقیق تر می باشد. در طرح مورد نظر ما که در شکل ۱ نشان داده شده، از یک آشکارساز نقطه ای و چشمه میله ای کبالت استفاده می شود که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر و کار با آن آسانتر خواهد بود.

از الزامات کار با این سیستم طراحی یک چشمه میله ای رادیوایزوتوپی می باشد که با توجه به نوع پخش محصولات بر روی نقاله باید به گونه ای طراحی شود که کمترین تأثیر را بسته به محصولات در مسیر در پاسخ آشکارساز ایجاد کند. برای اندازه گیری مطلوب به عبارتی ایجاد بهترین پاسخ در آشکارساز، اکتیویته چشمه در کل میله نباید یکسان باشد لذا در این کار به تعیین میزان اکتیویته و بررسی توزیع آن در چشمه میله ای پرداخته شده است. سپس چشمه ساخته شده و در یک دبی سنج جامدات تست شده است.



شکل ۱. چیدمان چشمه میله ای و آشکارساز نقطه ای

## روش کار

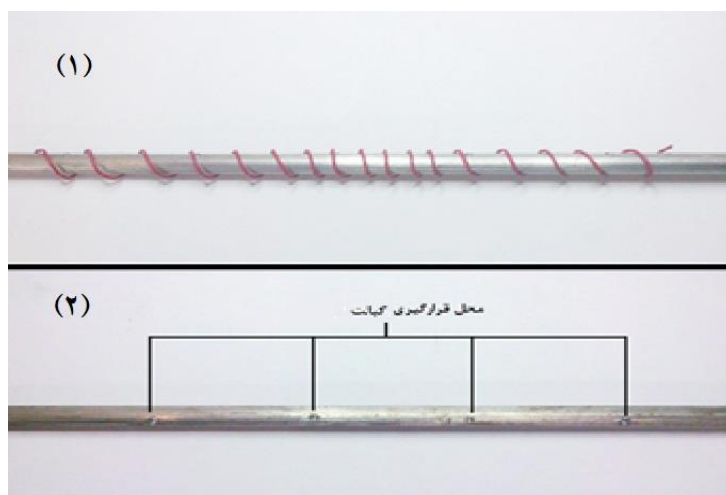
با توجه به آنچه در شکل ۱ مشاهده می شود و به صورت متداول در دبی سنج‌های جامدات، حجم بیشتر محصول در وسط تسمه نقاله بارگیری می شود. با توجه به قرارگیری آشکارساز نقطه ای در بالای تسمه نقاله و نیز موقعیت مرکزی نسبت به میله، بیشترین تضعیف گامای عبوری با توجه به حجم محصول در وسط تسمه، در این قسمت خواهد بود. لذا انتظار می رود در طراحی چشمه میله ای اکتیویته مرکز میله نسبت به سر و ته میله بیشتر باشد تا سهم پاسخ ناشی از گاما‌های عبوری وسط میله با گاما‌های رسیده از اطراف‌های میله در آشکارساز یکسان باشد.

برای ساخت چشمه میله ای از فلز کبالت ۶۰ استفاده می شود. با توجه به اکتیویته موردنیاز (که بر اساس نوع محصول، فاصله آشکارساز از نقاله، نوع آشکارساز و بازدهی آن و... تعیین می شود)، کبالت به صورت سیم یا دانه (grain) با شار نوترونی در مدت زمان مناسب پرتودهی می شود.

برای ساخت چشمه میله ای با توزیع اکتیویته غیریکسان در طول از دو روش می توان استفاده کرد که در شکل ۲ نشان داده شده است.

۱. پیچاندن سیم کبالت ۶۰ اکتیو به دور یک میله آلومینیومی با گام‌های نامساوی: گام‌های نزدیکتر در وسط میله و گام دورتر در دو انتهای میله

۲. استفاده از کبالت ۶۰ دانه ای: قرار دادن دانه های ریز کبالت ۶۰ با فاصله‌های کوچک در مرکز میله و افزایش فاصله دانه‌ها با دور شدن از مرکز میله به سمت دو انتهای آن



شکل ۲. نمونه ای از (۱) روش پیچاندن سیم کبالت و (۲) استفاده از دانه



برای ساخت چشمه میله ای رادیویزوتوپی کبالت ۶۰، از روش دانه استفاده شده است زیرا روش کار آسانتر بوده و از نظر فیزیک بهداشت فرد سازنده دز کمتری را دریافت می کند [۴].

از میان چشمه های گامای صنعتی با توجه به شدت، انرژی گاما و نیمه عمر،  $^{137}\text{Cs}$  و  $^{60}\text{Co}$  متداولترین چشمه ها هستند [۵].

با توجه به اینکه سزیم به صورت پودر است و قابلیت شکل دهی ندارد، استفاده از کبالت ۶۰ متداولتر است که ما نیز از این چشمه استفاده کرده ایم.

برای ساخت چشمه میله ای از دانه های کبالت ۵۹ استفاده شده است.

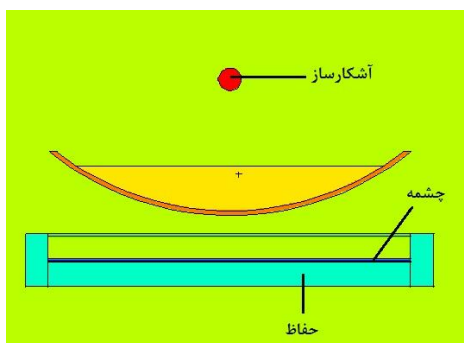
کبالت موجود در دسترس به صورت سیمی با قطر ۰,۵ mm بود که هر سانتی متر آن ۰,۰۱۷۲ gr وزن داشت و خلوص آن ۹۹,۹۹ درصد بود. برای ساخت دانه سیم ها طوری بریده شدند که وزن قطعات بریده شده یکسان باشد ( وزن دانه های بریده شده ۲,۵ mg ).

با توجه به شار حرارتی راکتور  $5 \times 10^{13} \text{ n/m}^2 \cdot \text{s}$  و وزن هر کدام از دانه ها، نیمه عمر کبالت، فراوانی رادیویزوتوپی، عدد اتمی آن، مدت زمان ۱۳,۵ ساعت برای رسیدن به اکتیویته ۸ میلی کوری انتخاب شد [۶].

## نتایج

در گام نخست توزیع اکتیویته در امتداد چشمه میله ای معین شد. برای تعیین این توزیع، سیستم دبی سنج به طور کامل شبیه سازی شد. آشکارساز شبیه سازی شده از نوع یدور سدیم ۲ اینچی است و برای شمارش، پنجره آشکارساز در بازه بین ۱۵۰۰-۳۰۰ keV در نظر گرفته شد.

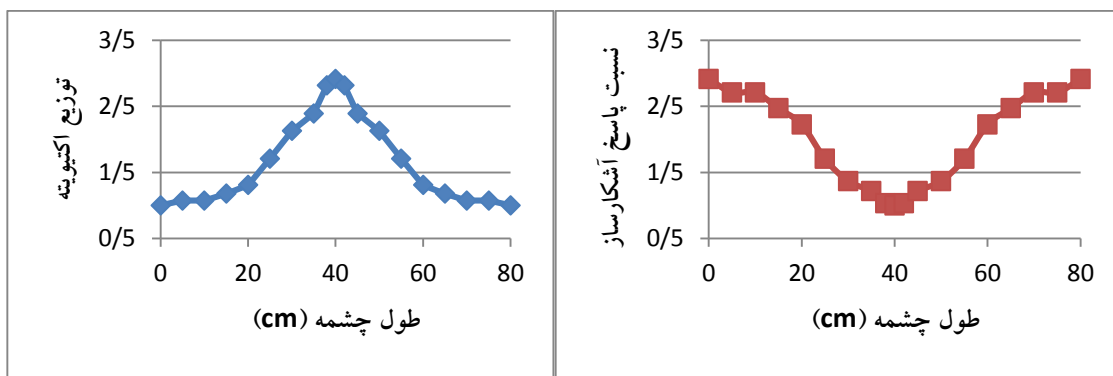
برای آنکه پاسخ آشکارساز به تمام نقاط چشمه خطی از موقعیت قرارگیری و نیز ضخامت ماده در مسیر عبوری گاما مستقل باشد، پاسخ آشکارساز ناشی از چشمه های نقطه ای مجزا در امتداد چشمه میله ای بررسی شد.



شکل ۳. هندسه شبیه سازی شده در کد Mcnp



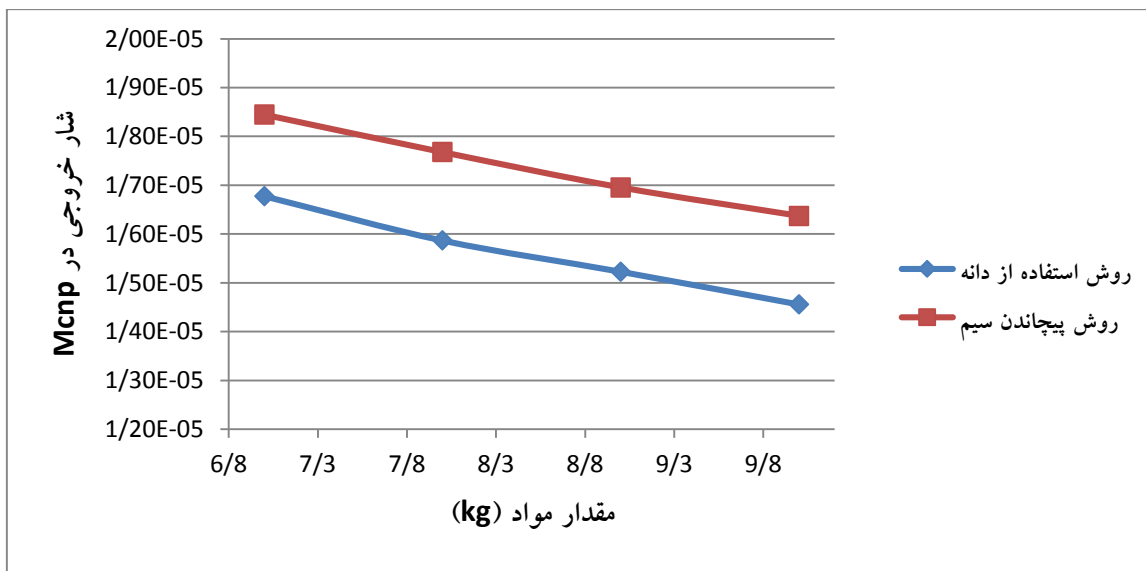
پاسخ آشکارساز در نقاط مختلف در شکل ۴- الف نشان داده شده است که توزیع اکتیویته در چشمه، در امتداد میله باید با این نسبت رابطه عکس داشته باشد که در شکل ۴- ب نشان داده شده است.



شکل ۴-ب. توزیع اکتیویته در طول چشمه

شکل ۴-الف. نسبت پاسخ آشکارساز در طول چشمه

سپس نتایج دو روش پیچاندن سیم و استفاده از دانه توسط کد Mcnp مقایسه شد و در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که در شکل زیر مشخص است رفتار دو نمودار شبیه به هم است و این اختلاف جزئی در شار خروجی ناشی از تضعیف آلومینیومی است که دانه‌ها در داخل آن قرار گرفته‌اند.

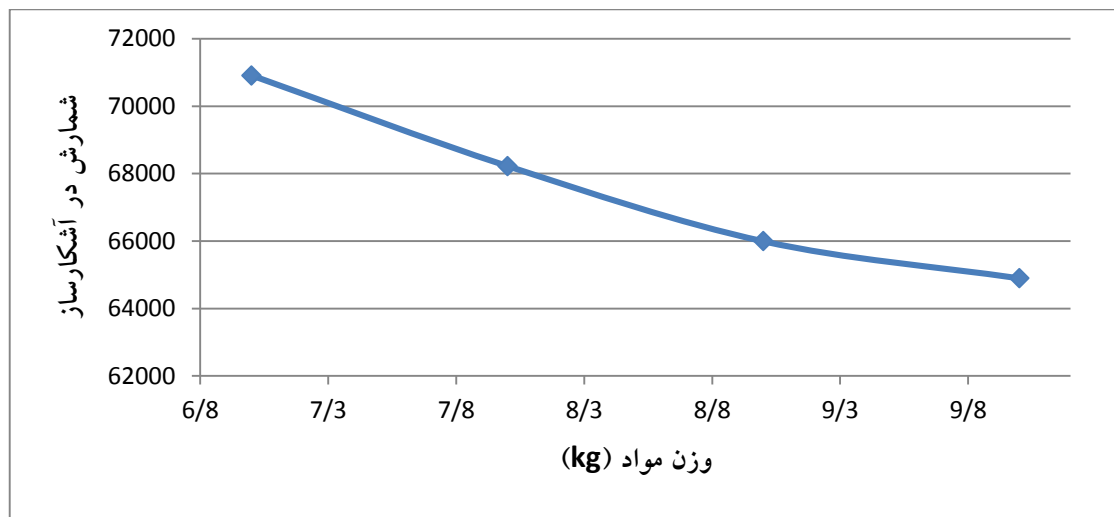


شکل ۵. شار خروجی به ازای یک فوتون

نتایج به دست آمده از آزمایش با چشمه ساخته شده به صورت دانه در شکل ۶ نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشخص است رفتار به دست آمده همانند نتایج شبیه سازی است.



برای تست واقعی نیز، پنجره شمارش همانند شبیه سازی در فاصله ۱۵۰۰-۳۰۰ keV تنظیم شد.



شکل ۶. نتایج به دست آمده از تست دبی سنج جامدات

### بحث و نتیجه گیری

همانطور که از شکل ها مشخص است تفاوتی در رفتار پاسخ در روش ساخت چشمه با دانه و پیچاندن سیم وجود ندارد و تنها با تغییر اندکی در اکتیویته می توان جواب یکسان از آنها گرفت.

پس روش معرفی شده استفاده از دانه می تواند جایگزین خوبی برای روش پیچاندن سیم باشد چون از نظر ساخت آسانتر است و از نظر فیزیک بهداشت فرد سازنده دز کمتری را دریافت می کند.

### مراجع

- [۱] G.FOLDIAK – INDUSTRIAL APPLICATION OF RADIOISOTOPES –AKADEMIAI KIADO,PUDAPEST ۱۹۸۶ – ۱۰۱-۱۰۲-۱۹۸۶
- [۲] Technical information – level gauge – LB ۴۴۰ –Berthold Technologies
- [۳] Technical information - Radiometric Bulk Flow Meter - LB ۴۴۲ –Berthold Technologies
- [۴] Herman Cember , THOMAS E JHONSON - INTRODUCTION TO HealthPhysics FOURTH EDITION - ۲۰۰۸- ۵۱۳-۲۰۰۸
- [۵] M. Hussein - Handbook on Radiation Probing, Gauging, Imaging and Analysis – Volume I: Basics and Techniques - Kluwer Academic Publisher - ۲۰۰۴
- [۶] JAMES E MARTIN – Physics for radiation protection - John Wiley & Sons, Inc. ۲۰۰۰ -۳۲۳