معرفی روش‌ها و الزامات مهم در بسته‌بندی مواد پرتوزا

مصطفی امام پور[1*]

تاریخ دریافت مقاله: دی‌ماه ۱۳۹۰
تاریخ پذیرش مقاله: بهمن ماه ۱۳۹۰

چکیده

در این مقاله جنبه‌ای از کاربرد بسته‌بندی مطرح می‌شود که نقش اولیه آن حفظ کالا و ایجاد آرامش به محیط است تا باعث شود انسان‌ها از کالا با رعایت اصول و قواعد استانداردی استفاده کنند. در جاهایی که بسته‌بندی کالاها را با آرم خطر می‌بینیم، متوجّه می‌شوییم که در به کارگیری از آن بایستی دقّت کنیم به چنین بسته‌هایی اصطلاحاً بسته‌بندی‌های خطرناک یا مقاوم به خطر می‌گویند. تهدید عوامل میکروبی و شیمیایی نه تنها در میادین نبرد بلکه در جوامع شهری نیز وجود دارد. با گسترش فنّاوری‌های هسته‌ای و به‌کارگیری این عوامل در محیط‌های غیر نظامی و بالاخص مراکز بیمارستانی، ایجاد خطرات میکروبی و شیمیایی را در جوامع شهری افزایش داده است.

آن دسته از عملیاتی که در راستای جابه‌جایی رادیوایزوتوپ‌ها[2]، پسماندهای پرتوزا و محموله‌های چرخه سوخت هسته‌ای انجام می‌گیرد، به عنوان ترابری مواد پرتوزا نام برده می‌شود. سالیانه حدود بین هجده تا بیست میلیون بسته مواد پرتوزا در سراسر جهان جابه‌جا می‌شود. این بسته‌ها از بشکه‌های کوچک تا محموله‌های سنگین را شامل می‌شود که طراحی، ساخت و حمل آن‌ها نیازمند آنست که در مقابل خطرات ناشی از نقل‌وانتقال در شرایط عادی و سانحه مورد حفاظت قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی

پرتوزا، خطرناک، بسته‌بندی و میکروبی.

۱- مقدمه

در این مقاله سعی شده تا با معرفی توصیه‌ها و نکات مهم در بسته‌بندی به بیان الزامات استانداردهای بسته‌بندی مواد خطرناک و ذخیره‌سازی طولانی مدّت نیز پرداخته شود.

با توجّه به کاربرد روز افزون مواد پرتوزا، ضرورت و اهمیت بسته‌بندی این نوع از مواد بیشتر مورد توجّه است. البته با توجّه به اهمیت موضوع و محدودیت‌های منابع علمی، سعی شده با یک تحقیق و جستجو برای معرفی روش‌های موجود بر اساس استانداردهای بین‌المللی مطالب ارایه گردد. قابل ذکر است موادی که با معیارهای الزامات استانداردی مطابقت دارند باید قابلیت ذخیره‌سازی و نگهداری مطمئن به مدّت اسمی حدود ۵۰ سال را[3] داشته باشند.

۱- مهندسی صنایع چوب و کاغذ و مسئول کمیته استاندارد مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی
(* نویسنده مسئول: emampourmos@yahoo.com)

2- Radioisotopes

3- Criteria for packaging and storing uranium-233

۲- تاریخچه

استفاده صلح جویانه از انرژی اتمی پس از برگزاری نخستین کنفرانس بین‌المللی سازمان ملل متحد در پاییز ۱۹۵۵ در ژنو آغاز شد و با شروع آزمایش‌های هسته‌ای در سال‌های گذشته و همچنین انجام انفجارات اتمی در شهرهای هیروشیما و ناکازاکی، ورود مواد پرتوزا مصنوعی به چرخه زندگی بشر و محیط زیست آغاز گردید. به طوری که تنها در سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹٦۰ میلادی انجام حدود ٤۰۰ آزمایش اتمی در جوّ سبب تولید و ریزش صدها نوع عنصر پرتوزا به محیط زیست شد. تعدادی دیگر از رادیو ایزوتوپ‌های ساخته شده توسط انسان، در اثر وقوع حوادث هسته‌ای وارد چرخه طبیعی گشته و باعث آلودگی طبیعت شده‌اند. تعدادی از این گونه حوادث که باعث پخش مواد پرتوزا به محیط زیست گردیده‌اند، عبارتند از:

۱- انفجارات اتمی؛

۲- متلاشی شدن ماهواره‌ها در فضا؛

۳- انفجار در راکتور اتمی(از جمله حادثه در نیروگاه‌های اتمی چرنوبیل[1] و مایل ایسلند[2] و انفجار در ظروف پسماند حاوی مواد پرتوزا)(۱۲).

از آنجایی که مواد پرتوزا را به سادگی با مواد دیگر نمی‌توان حمل نمود، لذا لازم است مقرّرات ایمنی در این خصوص مورد توجّه قرار گیرد. تا پیش از سال ۱۹۵۹ مقرّراتی که توسط دولت آمریکا برای حمل‌ونقل مواد وضع شده بود، توسط کشورهای گوناگون مورد استفاده قرار می‌گرفت. پس از تأسیس آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در سال ۱۹۵۷ این موضوع در دستور کار آژانس قرار گرفت. نخستین کتاب در مورد مقرّرات حمل‌ونقل مواد پرتوزا در سال ۱۹٦۱ نوشته شد و در سال ۱۹۷۳ تجدید نظر کلی در مورد آن به عمل آمد، به طوری که در سال ۱۹۸٦ کتابی در خصوص حمل‌ونقل مواد پرتوزا با در نظر گرفتن فلسفه حفاظت در برابر اشعه به چاپ رسید. در سال ۱۹۹٦ بازنگری آخرین نسخه این کتاب (TSRI)[3] توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی صورت پذیرفت و کشورهای مختلف نیز از جمله فرانسه(در سال ۲۰۰٤) با توجّه به مقرّرات بین‌المللی موجود، قوانین خاص حمل‌ونقل را برای کشور خود وضع نموده‌اند(۲).

۳- هدف از بسته‌بندی مواد پرتوزا

هدف از معرفی و به کارگیری معیارهای بسته‌بندی این مواد، آن است که بسته‌بندی مجدّد مواد پرتوزا در طول مدّت زمان ذخیره‌سازی آن مقدور نمی‌باشد.

از جمله اهداف بسته‌بندی استاندارد مواد مزبور پیشگیری از بروز اثرات قطعی و محدود کردن احتمال بروز اثرات احتمالی ناشی از پرتوهای[4] یونساز[5] است(٤ و ۱۲).

اهداف دیگر مواد پرتوزا عبارتند از:

- محدود کردن ریسک افراد با نگه داشتن پرتوگیری[6] آن‌ها در زیر حدهای دز تعیین شده و...؛

- ایمن‌سازی منبع از طریق:

الف- محدود کردن دزهای پرتوزا ناشی از پرتوگیری بالقوه؛

ب- کاهش دزهای تکی[7]، جمعی و احتمال پرتوگیری تا "هر چه کمتر"؛

- به کارگیری مقرّرات اداری، فنی و اجرایی به منظور اطمینان از ایمنی منبع.

برای حصول اطمینان از این که کلیه اهداف و مقاصد ذخیره‌سازی(شکل ۲) طبق استاندارد رعایت شده‌اند، باید بازدیدهای دوره‌ای از بسته‌های مواد پرتوزا صورت

1- Chernobyl
2- Mile Island
3- The Scripps Research Institute
4- Radiation
5- Lonizing
6- Exposure
7- Dose

پذیرد.[1] البته این الزامات استانداردی[2] بیشتر تنها برای مواد پرتوزایی استفاده می‌شود که در آن نوع U ۲۳۳ (و نوع مربوط به U ۲۳۱) بیشترین اهمیت را از لحاظ رادیولوژی داشته باشد(۱).

٤- اهمیت بسته‌بندی مواد پرتوزا

کاربرد روزافزون پرتوهای یونساز و غیر یونساز[3] در رشته‌های مختلف صنایع، علوم پزشکی، کشاورزی و آموزش و پژوهش، امری مفید، اجتناب ناپذیر و بعضاً منحصر به فرد است؛ اما به دلیل عدم رعایت نکات ایمنی به هنگام کار با پرتوها می‌تواند خطرات جدّی برای کارکنان، مردم، محیط زیست و حتّی نسل‌های آینده به همراه داشته باشد. لذا تدوین و اعمال مقرّرات، ضوابط، آیین‌نامه، دستورالعمل‌ها و استانداردهای حفاظت در برابر اشعه، جهت استفاده بهینه از پرتوها در زمینه‌های گوناگون و کاهش هر چه بیشتر خطرات ناشی از اثرات آن‌ها، امری ضروری است. در این رابطه، قانون حفاظت در برابر اشعه ایران در تاریخ بیستم فروردین ماه سال ۱۳٦۸ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید. در این قانون، مسئولیت‌های سازمان انرژی اتمی ایران در زمینه برنامه‌ریزی و کنترل کلیه فعالیت‌های حفاظت در برابر اشعه، اعم از یونساز و غیر یونساز مشخص شده است. این مسئولیت‌ها از طرف سازمان انرژی اتمی ایران به معاونت سازمان در امور نظام ایمنی هسته‌ای کشور به عنوان واحد قانونی تفویض گردیده است. واحد قانونی نیز بر اساس قانون حفاظت در برابر اشعه، موظف به اجرای مقرّرات، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مربوطه می‌باشد. با توجّه به این که کاربردهای گوناگون مواد پرتوزای مصنوعی ساخته دست بشر در علوم و فنون مختلف از قبیل: پزشکی، صنایع، تحقیقات، کشاورزی و غیره رو به گسترش بوده و غیر قابل اجتناب است، از این رو حفاظت رادیوبیولوژیک[4] مردم و به طور کلی محیط زیست در برابر آثار زیانبار پرتوهای شناسایی همزمان با اکوسیستم‌ها[5] و منابع پرتوزا در محیط، حوادثی هستند که در هنگام حمل‌ونقل رخ می‌دهند. از این رو تدوین و به کارگیری قوانین بسته‌بندی مواد هسته‌ای ضرورت پیدا می‌کند. این قوانین با همکاری ارگان‌های بین‌المللی توسط[6](IAEA) آژانس بین‌المللی انرژی اتمی(وابسته به سازمان ملل متحد) تهیه می‌شوند.

این مسأله امری ضروری است و دقّت کامل آن، توسط افرادی صورت گیرد که مسئولیت طبقه‌بندی، محتوا، شناسایی و اسناد کالاهای خطرناک را دارند و در صورت ارتباط با محموله شامل کالاهای خطرناک، علامت‌گذاری، برچسب‌زنی آن‌ها و تمام اطّلاعاتی که باید به حمل‌کننده در زنجیره حمل و تحویل به گیرنده نهایی داده شود، اعمال می‌گردد و احتمال به کارگیری الزامات خاص برای روش‌های مختلف حمل‌ونقل نیز باید مورد توجّه قرار گیرد. عناصر خطرناک به مفهوم هر عنصر، چه بسته‌بندی شده یا به صورت فلّه می‌باشد که برای حمل یا انبار نمودن در نظر گرفته می‌شود و دارای خواصی است که در کد بین‌المللی حمل‌ونقل کالای مواد خطرناک در هر یک از طبقه‌بندی‌های مختلف آن آمده است(٦). تاکنون توسط کشورهای اروپایی کتاب‌هایی با عناوین حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی بسته‌های پرتوزا تدوین و انتشار یافته است. از جمله فرانسه در سال ۲۰۰٤ با توجّه به مقرّرات بین‌المللی موجود، قوانین خاص حمل‌ونقل را برای کشور خود وضع نموده است.

۱- البته این الزام برای اورانیوم ۲۳۳ مایع، ضایعات اورانیوم، سوخت مصرف شده اورانیوم، اورانیوم تشعشع یافته، مواد اورانیومی در حال استفاده و یا مقاصد اورانیوم کم(۱۵ گرم) که برای تحقیق و مطالعه از آن استفاده می‌گردد، به کار نمی‌رود.

2- Requirements standard
3- Non- ionizing
4- Radiobiological
5- Ecosystems
6- International atomic energy agency

۵- معرفی پروفایل محیطی[1] مواد پرتوزا

۵-۱- مواد رادیواکتیو[2]

مواد رادیواکتیو، موادی هستند که به صورت طبیعی و در شرایط معمولی، شروع به تجزیه شدن نموده و از خود پرتوها و اشعه‌هایی با طول موج و فرکانس‌های مختلف تولید می‌کنند. مواد رادیواکتیو نیز جزو طبقه مواد سمّی محسوب می‌گردند. این مواد هوا را آلوده نموده و از راه تماس با بدن، بلع، تنفس یا تشعشع وارد بدن می‌شوند. این مواد آسیب رسان، آثار بسیار بدی بر بدن انسان دارند و ممکن است سبب بروز حوادث جبران ناپذیری از قبیل: سرطان، ناراحتی‌های پوستی، پوکی استخوان و... شوند. این دسته از مواد را می‌توان تحت شرایط خاص، در وسایل و تجهیزات ایمنی مخصوص نگهداری، حمل‌ونقل و حتّی مصرف نمود.

انواع اورانیوم‌های ۲۳۳ قابل ذخیره‌سازی عبارتند از: نوع فلزی، پودرهای اکسید، اکسیدهای یکپارچه و مواد مهندسی نظیر اکسیدهای سرامیکی و سوخت‌های غیر متشعشع.

طبق آنچه که در آزمایشگاه‌های ملّی oak[3] و آزمایشگاه مهندسی ملّی و محیطی آیداهو[4] در گذشته به دست آمده است، اختلاف و تفاوت‌های اساسی در خواص شیمیایی و فیزیکی مواد و انواع اکسیدها و مواد مهندسی وجود دارد.

۵-۲- بسته‌بندی فلز اورانیوم ۲۳۳ و آلیاژهای آن

- قطعات فلزی و آلیاژی بسته‌بندی شده باید دارای یک سطح مساحت ویژه‌ای کمتر از ۲٤/٤ فوت مربع(پوند) باشند. قطعات فلزی بزرگ‌تر از ۸ مِش دارای این ضوابط می‌باشند. قطعات فلزی با یک مساحت سطحی بزرگ‌و فویل‌های نازک، پیچ‌ها(دو راهی) و سیم‌ها باید به منظور ذخیره‌سازی به اکسیدهای پایدار تبدیل شوند(۸).

- در زمان بسته‌بندی، فلزات باید به طور چشمی بازرسی شوند تا عاری از هر گونه اکسیدهای چسبان، مایع و مواد آلی نظیر پلاستیک و روغن باشند.

۵-۳- بسته‌بندی اکسیدها

- **ضوابط پذیرش پایدارسازی:** مواد فرّار اکسید که در ظروف مهر و موم شده بسته‌بندی می‌شوند باید در زمان بسته‌بندی یا بسته‌بندی مجدّد فاقد اکسید باشند(۱).

۵-۳-۱- شرایط پایدارسازی: اکسیدهایی که ضوابط ذکر شده در بسته‌بندی فلزی اورانیوم را نداشته باشند باید با حرارت دادن مواد در یک محیط اکسیدی و با درجه حرارت بیشتر از ۷۵۰°C برای مواد و به مدّت زمان کافی تحت عمل پایدارسازی قرار گیرند تا بتوانند ضوابط بسته‌بندی فلزی اورانیوم را جوابگو باشند ولی این مدّت زمان نباید کمتر از یک ساعت باشد(۱۰).

۵-۳-۲- تصدیق پایدارسازی: تصدیق این مطالب که مواد بسته‌بندی شده چنان پایدارسازی شده که می‌تواند ضوابط بسته‌بندی فلزی اورانیوم را داشته باشد باید از طریق اندازه‌گیری محتویات مواد فرّار و با استفاده از روش فنی مناسب که توضیح آن ارائه شده باشد، صورت پذیرد نظیر: روش‌ها LOi در درجه حرارت ۸۰۰°C و حداقل یک ساعت(۱۰).

۵-٤- مواد مهندسی

مواد سرامیکی که از دانه‌های اکسید اورانیوم ۲۳۳ تفت داده شده با روکش[5] و یا بسته‌بندی شده با مواد ضد زنگ تشکیل می‌شود و دارای سابقه تضمین کیفیت طبق استاندارد CFR830.120 – 10 و یا طبق برنامه‌های تضمین کیفی قابل استفاده در زمان ساخت می‌باشند و بدون انجام آزمایش‌ها و یا پایدارسازی اضافه، تمامی الزامات بخش

1- Environmental profile
2- Radio active
۳- آزمایشگاه ملی اوک ریج(Laboratory oak ridge national) یک مرکز علمی فدرال در ایالت تنسی آمریکا است.
4- Idaho
5- Zircaloy

اکسید را دارا می‌باشد. قطعات ریز و دانه‌های اورانیومی که از چنین میله‌های اورانیومی ایجاد می‌گردد. تمامی الزامات بخش اکسید را به هنگام برداشتن روکش دارا می‌باشند(۱).

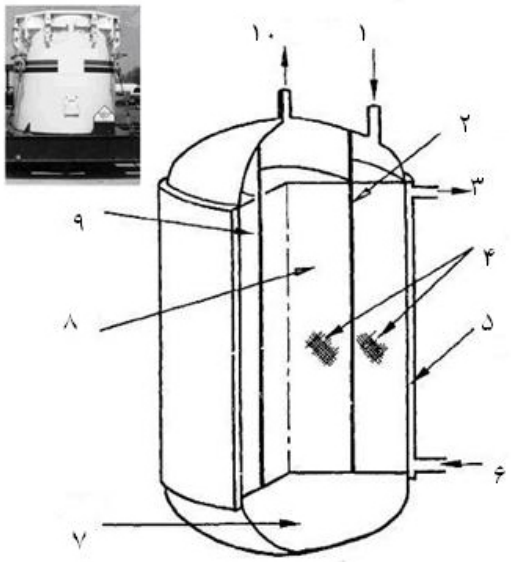
دانه‌های سرامیکی بدون تفت داده شده و غیر روکش داده شده که بتواند الزامات بسته‌بندی فلزی اورانیوم ۲۳۳ بخش اکسید را در بر داشته باشد، می‌تواند الزامات بخش اکسید را بدون هیچگونه عملیات حرارتی اضافه در بر داشته باشد. همچنین دانه‌های اکسیدی که بتوانند الزامات بسته‌بندی فلزی اورانیوم ۲۳۳ بخش اکسید را برآورده سازند باید طبق ضوابط و دستورالعمل‌های بسته‌بندی فلزی اورانیوم بخش اکسید، پایدارسازی شده و بتواند ضوابط بخش اکسید این استاندارد را قبل از بسته‌بندی داشته باشند(۹).

۵-۵- ذخیره‌سازی پس از پایدارسازی - بسته‌بندی با تأخیر

- اکسیدهایی که قبلاً طبق استاندارد دستورالعمل‌های بسته‌بندی مربوطه از بخش اکسید، پایدارسازی شده‌اند، می‌توانند معیارهای ذکر شده در بسته‌بندی بخش اکسید و بسته‌بندی فلز اورانیوم ۲۳۳ و سایر آلیاژها را از بخش اکسید در زمان پایدارسازی داشته باشند. این مواد اکسیدی باید در ظروف درب بسته قرار داده شده و از قسمت درون و بیرون ظرف سیل شده که این سیل کردن بدون انجام عملیات اضافی پایدارسازی باید بسته‌بندی شوند و محتویات آن بدون تغییر حفظ شوند. به طور مثال(شکل ۱) این درصد را می‌توان با وزن‌کشی مجدّد به دست آورد.

٦- معرفی بسته‌بندی مواد پرتوزا

بسته‌بندی‌های مواد پرتوزا باید دارای ویژگی‌هایی باشند تا در انبار یا محل نگهداری از اثرات زیانبارش به اشخاص و یا در تداخل بین بسته‌ها جلوگیری نمایند. باید به این واقعیت توجّه داشت که در مجموعه زنجیره حمل



۱- ورود سدیم
۲- دیواره جداکننده
۳- فضای خنک کننده
٤- توری تقسیم کننده
۵- مجرای خک کننده
٦- ورودی‌های سرد
۷- مخزن تحتانی حاوی پودر
۸- مخزن پودر
۹- میله گردش پودر
۱۰- خروج سدیم

شکل ۱- یک نمونه از ظرف سیل شده حاوی مواد پایدارسازی شده

این نوع کالاها فقط قسمتی در دریا شامل مسیر دریایی و تخلیه و بارگیری در بنادر مبدأ و مقصد است.

رعایت اصول دقیق ذخیره‌سازی صحیح و امن مواد پرتوزا موجب می‌شود تا مشکلات بحران‌ساز در رابطه با مواد هسته‌ای که دارای مواد رادیواکیتو هستند، ایجاد نشود و افراد را از خطرات ناشی از تابش اشعه حفظ نماید و موجب محافظت هر چه بهتر این مواد هسته‌ای خاص شود. امکانات ذخیره‌سازی، نقش پشتاز و اولیه‌ای را در به دست آوردن تمامی این نکات ایمنی به جز خطرات مربوط به آلودگی، ایفا می‌نماید. این امکانات نقش اساسی را در آلودگی مواد پرتوزا دارا می‌باشند. از جمله اهدافی که سازمان های متولی ذخیره‌سازی نگهداری مواد پرتوزا دنبال می‌کنند و در صدد تحقق آن هستند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تثبیت مواد؛
- تحکیم مواد؛
- محدود کردن دسترسی؛
- ذخیره‌سازی با تمهیدات نگهداری کم و قابلیت اعتماد در میزان موجودی.

الزامات استانداردها، معیارهایی را مطرح می‌سازند تا ما مطمئن شویم که مواد پرتوزا دارای ترکیب بسته‌بندی مناسب(ترکیب نوع مواد و بسته‌بندی) با ایمنی بالا و ذخیره‌سازی بلند مدّت می‌باشند. این بسته‌ها باید تحت نظارت منظم از لحاظ ایمنی و شرایط ذخیره‌سازی و جابه‌جایی قرار گیرند و این کار باید تا زمان جابه‌جایی نهایی آن‌ها ادامه یابد و در این خصوص، می‌توان کار کنترل مواد و شناسایی آن را به طور همزمان انجام داد.

۷- نکات مهم در طراحی بسته‌های مواد پرتوزا

مجموعه ظرف باید همانند مواد پایدار شده در داخل دو لایه مجزای سیل شده باشد. یک ظرف تأمین‌کننده فشار مورد نیاز برای ممانعت از نشت مواد بسته‌بندی شده است و ظرف دیگر تأمین‌کننده یک لایه مرزی ایزولاسیون[1] اضافه می‌باشد. ظروف داخلی و بیرونی باید توسط جوشکاری و یا سایر روش‌هایی که بتواند دارای مشخصات عملکردی بر اساس استاندارد را داشته باشد، سیل شوند. استفاده از سیل‌کاری اضافه و یا ظروف داخلی غیر سیل شده گاهاً ترجیح داده می‌شود که این امر انتخابی می‌باشد(۷).

انواع آن‌ها به شرح ذیل است:

الف- ظرف درونی باید دارای چنان ابعادی باشد که بتواند با رواداری کافی به منظور جوشکاری ظرف بیرونی درون آن جای بگیرد.

ب- ظروف درونی و بیرونی باید چنان باشند که قابلیت بازرسی و شناسایی غیر مخرب محتویات درونی آن را ممکن سازند(همانند: انجام آزمایش از طریق رادیوگرافی و توزین).

ج- حداقل فشار طراحی ظروف درونی و بیرونی باید ۲۰۷۰ کیلو پاسکال باشد(شکل ۲).

شکل ۲- تصویر یک ظرف بیرونی به همراه بسته‌بندی اولیه

د- ظرف درونی و بیرونی باید از فولاد ضد زنگ که کربن سری ۳۰۰ و یا سایر مواد مشابه و یا موادی با عملکرد بهتر(از لحاظ مقاومت، خوردگی و غیره) دارند،

1- Isolation

ساخته شوند. توزین دقیق باید با استفاده از فرایندهای قابل قبول که حساسیت فولاد ضد زنگ را به خوردگی و ترک به حداقل برساند، انجام گیرد(۷).

ه- در ساخت هر یک از ظروف درونی و بیرونی نباید از مواد قابل اشتعال و یا آلی استفاده شود(۷).

و- ظرف مونتاژ شده و یا پر شده بیرونی باید با امکانات ذخیره‌سازی هماهنگ باشد. به عنوان مثال برای یکی از این قطعات(Oak Ridge Building ۳۰۱۹) باید شرایط ذیل فراهم باشد:

۱) قطر نباید بیشتر از ۱۱۲ mm باشد؛

۲) ارتفاع کمتر از ۱۰۲ mm نباشد.

ز- مواد آلی(نظیر واشرهای الاستومتریک[1] و روکش‌های آلی یا کیسه‌های پلاستیکی) نباید در ساخت این ظرف‌ها به کار گرفته شوند(۷).

- مواد مورد استفاده؛

فضای درون هر کدام از ظروف نباید با مواد مورد استفاده جهت سیل کردن و یا مواد درون ظرف، کشش و واکنش معکوس ایجاد نماید. به عنوان مثال از این فضایی که ممکن است، استفاده شود می‌تواند نظیر گاز آرگون[2]، نئون[3]، نیتروژن و هوا باشد؛

- گاز پر کننده ظرف؛

فضای درون ظروف درونی و بیرونی نباید مانع از انجام آزمون نشتی ظرف گردد(۷).

همچنین کل جرم مواد پرتوزا و سایر قطعات مربوطه نباید بیشتر از ۵/٤ Kg برای فلز و یا ۹/۱ Kg برای مواد اکسیدی در هر ظرف باشد و یا این که نباید بیشتر از مقادیر یاد شده که طبق سیاست‌گذاری‌ها و فرایندهای ذخیره‌سازی مشخص شده است، باشد(۱۵).

جرم مواد ظرف باید در مواردی که نیاز به حصول اطمینان از رعایت حدود فشار در قوطی‌های داخلی و خارجی باشد[4] محدود گردد و این فشار همان فشار مخصوص ظرف است.

در مواردی که چند محدودیت وجود داشته باشد پایین‌ترین(سخت گیرانه‌ترین) حد باید رعایت شود(۷).

۸- فرایند بسته‌بندی

در فرایند بسته‌بندی باید از روش و مواد اولیه روز استفاده کرد تا ضمن رعایت الزامات استانداردی به ذخیره‌سازی مطمئن مواد پرتوزا کمک نماید لذا رعایت نکات زیر ضروری است(۸):

الف- مواد خارجی همانند قطعات محکم‌کننده فلزی و سایر مواد نخاله‌ای باید از موادی که قرار است، ذخیره‌سازی شوند، قبل از بسته‌بندی، جدا شده و خارج گردند.

ب- مواد اکسیدی نمونه‌برداری شده باید تا حد امکان نشانگر موادی باشد که به هنگام بسته‌بندی مورد سیل قرار می‌گیرد. اگر موادی که قرار است قبل از بسته‌بندی برای مدّتی در قوطی ذخیره شود[5] باید شرایط و الزامات ذخیره‌سازی بسته‌های اورانیوم را داشته باشد. در این صورت نمونه برداشت شده باید تا حد امکان نشانگر موادی باشد که در قوطی‌های بسته‌بندی شده قرار داده شده‌اند.

ج- مواد باید به گونه‌ای بسته‌بندی شوند که هیچگونه خوردگی و یا سایر اثرات سوء بر روی درون و بیرون قوطی ایجاد ننمایند.

د- تنها مواد شیمیایی و ایزوتوپی[6] مشابه باید در یک ظرف قرار داده شوند و به منظور ذخیره‌سازی بسته‌بندی شوند.

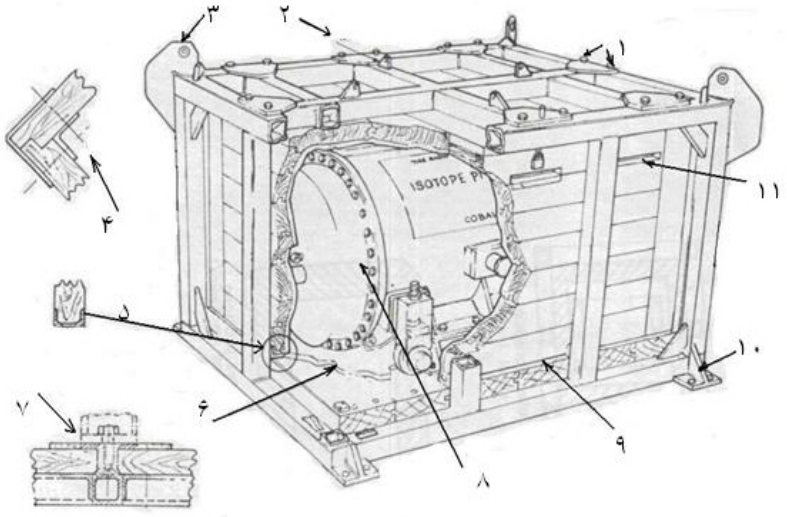
1- Alastvmtryk
2- Argon
3- Neon

4- Criteria for packaging and storing uranium – 233 Bearing
5- Criteria for packaging and storing uranium –233– bearing
6- Isotopic

در ساخت و آماده‌سازی بسته‌ها جهت حمل باید ضوابط خاصی مد نظر قرار گیرند که همواره بتوان از ایمنی آن‌ها در حین جابه‌جایی و حمل اطمینان حاصل نمود(شکل ۳). دستیابی به هدف مورد نظر از طریق زیر محقق می‌گردد.

- محدود نگه داشتن محتویات مواد پرتوزا؛
- کنترل سطوح پرتوهای خارجی؛
- جلوگیری از ایجاد حالت بحرانی؛
- جلوگیری از صدمات ناشی از گرما.

می‌باشند. به منظور حمل مواد پرتوزا، ابتدا این مواد بر اساس میزان پرتوزایی در بسته‌های گوناگون(آزاد، صنعتی، A، B و C) جای می‌گیرند(۵). سپس جهت اطمینان از میزان مقاومت بسته‌ها در برابر سوانح، آزمایش‌هایی از قبیل آزمایش دوش آب، سقوط آزاد، فشار، نفوذ مکانیکی، حرارت و غوطه‌وری صورت می‌گیرد و پس از آن برچسب‌گذاری بر پایه استانداردهای بین‌المللی جابه‌جایی انجام می‌پذیرد(۳).



۱- غلّاف نگهدارنده در مرکز ثقل بدنه
۲- غلّاف نگهدارنده در مرکز ثقل جعبه
۳- غلّاف نگهدارنده در گوشه
٤- نمونه اتصال نبشی به دو قید
۵- محافظ نبشی به دو قید چوبی
٦- پوسته نگهدارنده به دور سیلندر
۷- نحوه پیچ کردن بست فلزی روی جعبه چوبی
۸- سیلندر حاوی مواد پرتوزا
۹- نبشی
۱۰- بست‌های نگهدارنده پایه
۱۱- نبشی

شکل ۳- ساختار یک بسته تکمیلی براساس استاندارد BS 3895

۹- بسته‌بندی مواد پرتوزا

بسته‌بندی محموله‌های رادیواکتیو باید به گونه‌ای باشد که در برابر خطرات ناشی از نقل و انتقال در شرایط عادی و سانحه حفاظت شوند. آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، مقرّرات و استاندارد ویژه‌ای جهت حمل و نقل مواد پرتوزا تهیه و تدوین نموده که همه کشورهای عضو در آژانس برای تضمین ایمنی در حمل‌ونقل، ملزم به رعایت بندهای آن

مجموعه این اجزا جهت محصور کردن مواد پرتوزا عبارتند از(۷ و ۱۱):

- مواد جاذب؛
- فضا سازی مناسب؛
- حفاظت در برابر تابش و تجهیزات جانبی برای پُر و یا خالی کردن؛
- تهویه؛

- سوپاپ فشار؛
- سیستم‌های خنک‌کننده؛
- ضربه‌گیرهای مکانیکی؛
- گیره‌هایی جهت حمل و نگهداری؛
- عایق حرارتی.

این قسمت باید در کمیت‌های A1 و A2 معرفی گردند. این کمیت‌ها، خصوصیاتی از مواد پرتوزا می‌باشند که از نظر مقرّرات برای تعیین نوع بسته مورد استفاده قرار می‌گیرند و بسیاری از حدود بر مبنای آن تعریف شده است. به عبارت ساده‌تر، کمیت‌های A1 و A2 حداکثر پرتوزایی هستند که می‌توان در بسته‌های نوع A حمل کرد.

کمیت A1 برای شکل ویژه و کمیت A2 برای سایر اشکال به کار می‌رود. به طور کلی شش نوع بسته‌بندی برای مواد پرتوزا وجود دارد:

۹-۱- بسته‌های آزاد

بسته‌های آزاد حاوی مقادیر کمی از مواد رادیواکتیو هستند. موادی که حاوی اورانیوم[1] طبیعی، اورانیوم تهی شده یا توریم[2] طبیعی هستند و در بسته های آزاد قابل حمل می‌باشند. حمل در شرایطی صورت می‌گیرد که سطح خارجی اورانیوم یا توریم با حفاظی از فلز یا مواد دیگر محصور شود. میزان پرتوزایی در سطح خارجی بسته‌ها نباید از ۰/۱ SVμ/h تجاوز کند. اگر مواد رادیواکتیو به صورت ابزار باشند میزان پرتوزایی آن‌ها نباید از ۰/۱ در هر نقطه به مساحت ۱۰۰ mm تجاوز کند(شکل ٤).

شکل ٤- یک نمونه از بسته آزاد

1- Uranium
2- Thorium

۹-۲- بسته‌های صنعتی

این بسته‌ها به سه نوع IP-1, IP-2 و IP-3 تقسیم می‌شوند:

۹-۲-۱- بسته‌های صنعتی نوع ۱(IP-1)

این بسته‌ها شامل مواد LSA-I جامد، LSA-I مایع و SCO-I هستند. LSA-I جامد(مواد پرتوزایی پایین) کم‌ترین میزان خطر را داراست. حجم‌های زیادی از پسمان‌های سطح پایین می‌توانند در گروه LSA-I طبقه‌بندی شوند، SCO-I یک طبقه از دو طبقه آلودگی سطحی است. این مواد دارای آلودگی سطحی هستند. در(شکل ۵) موادی مانند قلوه سنگ ساختمانی، لوله و ماشین‌های ابزار می‌توانند در گروه SCO-I قرار گیرند. در صورتی که میزان آلودگی سطحی از ۰/٤ Bq/cm2 برای تابش‌کننده‌های بتا[3] و گاما[4] و از ۰/۰٤ Bq/cm2 برای تابش‌کننده‌های آلفا[5] بیشتر باشد سطح جسم آلوده است. مواد SCO-I و SCA-I و یا مجموعه‌ای از آن‌ها باید در یک بسته IP-1 طوری محصور شوند که میزان پرتوزایی خارجی این مواد در فاصله سه متری از 10μsv/h تجاوز نکند. مواد LSA-I و SCO-I ممکن است بدون بسته‌بندی حمل شوند مانند اورانیوم و توریم معدنی.

شکل ۵- یک نمونه از بسته صنعتی

3- The beta radiation
4- The gamma radiation
5- The alpha radiation

۹-۲-۲- بسته‌های صنعتی نوع ۲(IP-2)

این بسته‌ها برای حمل‌ونقل مواد با پرتوزایی پایین و اشیاء دارای آلودگی سطحی استفاده می‌شوند. این بسته‌ها شامل، LSA-II جامد، LSA-II مایع یا گاز، LSA-III و SCO-II می‌باشند. مواد LSA دارای سه طبقه از مواد با اکتیویته[1] پایین هستند. باید توجّه داشت که اشیاء دارای آلودگی سطحی(SCO) به دو طبقه(SCO-I و SCO-II) تقسیم می‌شوند که به صورت سطوح دارای آلودگی تثبیت شده و تثبیت نشده مشخص می‌شوند. مقدار ماده LSA یا SCO-II در بسته‌های منفرد صنعتی نوع دو باید به صورتی محدود شوند که آلودگی خارجی در سه متری از ماده بدون حفاظ به 10μsv/h نرسد. پسمان‌های پرتوزای سطح پایین اغلب دارای مقادیر کمی از رادیونوکلئیدهای[2] حاوی ß و γ هستند که شامل مواد آلوده بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها و نیروگاه‌های هسته‌ای می‌باشند. چنین پسمان‌هایی ممکن است شامل دستکش‌های پلاستیکی، لباس‌های محافظ، کاغذ، مقوا، دستمال کاغذی، ظروف بلور و خرده فلز باشند. پسمان‌های پرتوزای مایع سطح پایین در بسیاری از کشورها به صورت مایع حمل نمی‌شوند. آن‌ها در سایر مبادی به منظور کم شدن حجم به حالت جامد در می‌آیند. تجهیزات و پسمان‌های وسایل هسته‌ای نیز در گروه SCO-II طبقه‌بندی می‌شوند.

۹-۲-۳- بسته‌های صنعتی نوع ۳ (IP-3)

این بسته‌ها شامل LSA-III مایع و گاز و LSA-III غیر قابل حمل می‌باشند. این مواد باید در بسته‌های نوع ۳ محدود شوند به طوری که پرتوزایی خارجی در سه متری از مواد بدون حفاظ از 10μsv/h ۱۰ تجاوز نکند.

در مجموع این بسته‌ها برای حمل مواد با پرتوزایی ویژه کم[3] و یا لوازم آلوده[4] مورد استفاده قرار می‌گیرند. سه نوع بسته برای حمل این گونه مواد در نظر گرفته شده که متداول‌ترین آن‌ها بشکه‌ها و ظروف ساخته شده از استین لس استیل[5] است. بیشترین ماده‌ای که در این ظروف حمل می‌شوند، پسمان‌های با پرتوزایی ویژه کم و سوخت‌های مصرف شده هستند. برای برخی مواد مانند سنگ‌های معدنی اورانیوم و توریم و اورانیوم تهی شده[6] مقدار ماده پرتوزایی که در بسته حمل می‌شود، محدودیتی ندارد ولی در مورد موادی مانند پسمان‌های پرتوزا مقدار پرتوزایی بسته محدود است.

۹-۳- بسته نوع A

متداول‌ترین نوع بسته در حمل‌ونقل مواد پرتوزا هستند. در طراحی و ساخت این بسته‌ها علاوه بر مقرّراتی که در حالت کلی وجود دارد، مسائل ایمنی و اقتصادی هر دو در نظر گرفته می‌شوند. این بسته‌ها تحت آزمایش‌های خاصی از نظر استحکام و مقاومت قرار می‌گیرند. فرض بر آن است که این بسته‌ها در حوادث شدید آسیب می‌بینند و بخشی از محتویات آن‌ها بیرون می‌ریزد. این نوع بسته‌ها جهت حمل رادیو داروها و رادیو ایزوتوپ‌های تحقیقاتی مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرند.

در بسته‌های نوع A از دو کمیت A1 و A2 استفاده می‌شود. اگر مواد دارای شکل ویژه باشند محدوده A1 قابل اجراست در غیر این صورت از A2 استفاده می‌شود. به منظور حمل چشمه‌های رادیوایزوتوپ از کمیت A1 استفاده می‌شود. در کشورهای صنعتی روزانه صدها و حتّی هزاران بسته رادیوایزوتوپ حمل می‌شود. پرتوزایی این ایزوتوپ‌ها می‌تواند از چند کیلو بکرل[7] به منظور استفاده پزشکی تا ده‌ها گیگا بکرل[8] تغییر کند(۷).

1- Activity
2- Radionucleid
3- Activity SpeSific Low

4- Contam Object inated Surface
5- Los Steele Stein
6- Depleted Uranium
7- Kilo Becquerel
8- Giga Becquerel

۹-٤- بسته نوع B

بسته‌های نوع(B) جهت جلوگیری از رها شدن مواد در تصادفات شدید و برای موادی که مقدار ماده پرتوزای آن‌ها بیشتر از بسته‌های دیگر باشد، استفاده می‌شوند. این بسته‌ها تحت مجوز مقامات مسئول هر کشور[1] ساخته می‌شوند و آزمایش‌های مختلفی جهت برآورد مقاومت و استحکام آن‌ها انجام می‌گیرد. چنانچه این بسته‌ها توسط مقامات مسئول کشور مبدأ تأیید شوند با علامت(U) B مشخص می‌شوند. اگر این بسته‌ها را مقامات مسئول کشور مقصد نیز تأیید کرده باشند علامت(M) B دارند. این بسته‌ها شامل کانتینرهای کوچک جهت حمل، فلاسک‌ها[2] و کاسک‌های[3] بزرگ جهت حمل پسمان‌ها و سوخت‌های مصرف شده می‌باشند(۷).

۹-۵- بسته‌های نوع C

این بسته‌ها در ویرایش نوین قوانین حمل‌ونقل در سال ۱۹۹٦(TS-R-I) معرفی شدند و استحکام ویژه‌ای دارند. در صورت تصویب ایکائو[4] و قوانین ملی می‌توان مقادیر نسبتاً زیادی از مواد پرتوزا را توسط این بسته‌ها از طریق هوا حمل کرد؛ اما معمولاً توسط کشتی و کامیون ترابری می‌شوند. حدود مواد پرتوزا در این بسته‌ها عبارتند از: ۳ هزار A1 یا ۱۰۰ هزار A2 برای مواد با شکل ویژه و ۳ هزار A2 برای فرم‌های دیگر مواد رادیواکتیو.

موادی که توسط این چشمه‌ها حمل می‌شوند عبارتند از: پلوتونیوم و اکسیدهای مخلوط و چشمه‌های بسیار بزرگ است.

۱۰- قفسه‌بندی انبارها

قفسه‌بندی انبارها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و دو عامل باید در پایداری قفسه‌بندی‌ها در نظر گرفته شود. نسبت ضخامت به ارتفاع قفسه‌بندی که بهترین استاندارد آن یک به شش است. از عوامل مهم در نگهداری مواد در انبارها، مسأله علائم و راهنماها می‌باشد. این علائم بایستی طوری طراحی و در محل‌های مناسب نصب شوند که هر فرد تازه واردی بتواند با مشاهده آن‌ها پی به منظور آن علائم برده و از آن دستور اطاعت نماید.

بسته‌بندی می‌تواند به شکل جعبه، بشکه، ظروفی مشابه، کانتینر حمل، مخزن یا کانتینر حجیم واسط باشد[5](۷).

۱۱- الزامات عمومی برای تمام بسته‌بندی‌ها و بسته‌های مواد پرتوزا

آگاهی از ویژگی‌ها، مشخصات و نیازهای بسته‌بندی‌های مواد پرتوزا در به‌کارگیری از مواد اولیه و روش‌های بسته‌بندی هنگام طراحی کمک می‌کند. بدین منظور در ابتدا باید از پایه‌های اصلی این الزامات آگاه باشد که به شرح زیر می‌باشد:

الف- بسته با توجّه به جرم، حجم و شکل آن باید به گونه‌ای طراحی گردد که به طور آسان، ایمن و مطمئن در داخل یا روی وسیله نقلیه حمل شود.

ب- طراحی باید به گونه‌ای باشد تا اتصالاتی را که برای بلند کردن بسته تعبیه شده است به هنگام جا به جا کردن آسیب نبیند و اگر چنانچه بسته آسیب ببیند تا اندازه ای بتواند سایر الزامات بسته‌بندی را برآورده سازد. ضمناً عامل ایمنی اتصالات باید در طراحی مد نظر قرار گیرد.

ج- اتصالات و هر قطعه‌ای که برای بلند کردن بسته مورد استفاده قرار می‌گیرد باید به گونه‌ای طراحی شود که مطابق با الزامات استانداردها، وزن آن را تحمل نماید.

د- تا آنجایی که امکان‌پذیر است بسته‌بندی باید طوری طراحی شود که سطوح خارجی آن عاری از هر گونه برآمدگی بوده و به آسانی بتوان آن را رفع آلودگی کرد.

1- Authority Competent
2- Flasks
3- By Kask
4- International civil aviation organization
5- Regulations for the safe Transport of radioactive material

ن- تا حد امکان لایه بیرونی بسته باید طوری طراحی شده باشد که آب روی سطح خارجی باقی نماند.

ه- بسته باید توانایی مقاومت در برابر اثرات ناشی از شتاب، ارتعاش یا تشدید ارتعاشی را که ممکن است در شرایط عادی حمل رخ دهد بدون هیچگونه نقصان در کارایی داشته باشد. مخصوصاً در مورد پیچ‌ها، مهره‌ها و سایر وسایل بالابر باید به گونه‌ای طراحی شده باشد تا مانع از شل شدن یا رها شدن آن‌ها به طور ناخواسته حتّی پس از استفاده مکرّر نشود.

ی- موادی که در ساخت بسته مورد استفاده قرار می‌گیرند و هر یک از اجزاء یا ساختار آن باید از نظر فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر و همچنین با مواد پرتوزای داخل بسته سازگار باشند. رفتار این مواد در شرایطی که تحت تابش قرار می‌گیرند نیز باید در نظر گرفته شود.

ل- تمامی شیرهایی که محتویات پرتوزا ممکن است از طریق آن‌ها خارج گردند باید در برابر استفاده غیر مجاز محافظت گردند.

م- طراحی بسته باید با در نظر گرفتن شرایط دمایی و فشار مشابه با شرایط متداول حمل باشد.

ی- برای مواد پرتوزایی که ویژگی‌های خطرناک دیگری نظیر قابلیت انفجار، اشتعال خود به خود، سمیّت شیمیایی و خورندگی نیز دارند باید مقرّرات حمل‌ونقل مربوط به کالاهای خطرناک وزارت راه و ترابری نیز در طراحی بسته آن‌ها در نظر گرفته شوند.

۱۲- برچسب‌گذاری روی بسته‌های مواد پرتوزا

توجّه داشتن به علائم خطرناک و هشداردهنده، رعایت ایمنی، برچسب‌ها و بسته‌بندی‌های حمل‌ونقلی مناسب برای حفظ و نگهداری مواد پرتوزا وابسته به قوانین خاص خودش است. یکی از این قوانین را می‌توان با عنوان دستورالعمل سوسو[1] نام برد. شکل مواد در انتخاب روش نگهداری و حمل‌ونقل و جابه‌جا کردن آن‌ها بسیار نقش دارد.

1- Seveso

علامت‌گذاری و طبقه‌بندی بسته‌ها بر اساس حداکثر میزان دز در سطح بسته و در فاصله یک متری از آن و اندیس[2] انتقال طبق جدول زیر انجام می‌گیرد. اندیس انتقال (TI) شماره‌ای است که به هر بسته داده می‌شود و با استفاده از آن می‌توان کنترل لازم را جهت کاهش پرتوگیری انجام داد. این اندیس برای بسته‌هایی که مواد قابل شکافت ندارند ۱۰۰ برابر میزان دز برحسب msv /h در فاصله یک متری از بسته می‌باشد. اگر اندازه (TI) کوچک‌تر از ۵٪ باشد، آن را صفر در نظر می‌گیریم. بسته‌های آزاد جزء طبقه‌بندی نبوده و بر روی آن‌ها فقط کلمه رادیواکتیو درج می‌شود(۲).

به طور کلی مواد پرتوزا در کلاس هفت کالاهای خطرناک سازمان ملل قرار گرفته‌اند.

به جزء بسته‌های آزاد که روی آن‌ها فقط کلمه رادیواکتیو نوشته می‌شود، سایر بسته‌ها برحسب میزان غلظت ماده در سطح بسته و اندیس انتقال، طبقه‌بندی و به صورت زیر برچسب زده می‌شوند:

طبقه الف- برچسب سفید: در صورتی که معادل غلظت ماده[3] در سطح بسته از ۵ میکروسیورت[4] در ساعت تجاوز نکند و اندیس انتقال صفر باشد.

طبقه ب - برچسب زرد با دو خط قرمز: در صورتی که میزان معادل غلظت ماده در سطح بسته از ۰/۵ میلی‌سیورت[5] در ساعت و اندیس انتقال از یک تجاوز نکند.

طبقه ج - برچسب زرد یا سه خط قرمز : در صورتی که میزان غلظت ماده در سطح بسته از ۲ میلی سیورت و اندیس انتقال از ۱۰ تجاوز نکند.

برای بسته‌هایی که به صورت اختصاصی[6] حمل می‌شوند میزان غلظت ماده در سطح بسته می‌تواند تا ۱۰ میلی سیورت برسد و اندیس انتقال محدودیت ندارد(۱۳).

2- Index
3- Dosis
4- Concentration material
5- Microcerot
6- Exclusive

برخی اطّلاعات که لازم است به صورت ثبت شده در فرم‌های مربوطه به عنوان مدرک با محموله باشد عبارتند از:

- اسم بار که معرّف شکل کلی ماده است؛
- کلمه رادیواکتیو(اگر در اسم بار ذکر نشده است)؛
- نام و یا علامت اختصاری رادیونوکلئیدهای داخلی بسته؛
- شکل فیزیکی و شیمیایی ماده؛
- کل رادیوپرتوزایی[1] موجود در بسته؛
- طبقه‌بندی بسته؛
- اندیس انتقال؛
- نوع بسته؛
- هر نوع اطّلاعات دیگری که به نظر ضروری می‌رسد به ویژه در مورد بسته‌های نوع B.

۱۳- الزامات اجرایی و توصیه‌های راهبردی در موفقیت بسته‌بندی مواد پرتوزا

- در تدوین استانداردها استفاده از اسناد بین‌المللی از قوانین و مقرّرات داخل کشور نیز استفاده شود(نظیر قوانین حمل‌ونقل، گمرک، قوانین مجلس شورای اسلامی و سیاست‌گذاری‌های کلان کشوری)؛
- به لحاظ اهمیت این نوع مواد، لازم است در حین اجرا و پیاده کردن استانداردهای بسته‌بندی از آزمون‌های تخصصی با ایجاد شرایط مناسب استفاده شود؛
- اطّلاع‌رسانی از اهمیت میزان مشکلات این نوع مواد در محیط پیرامون با نصب علائم و توصیه‌های مربوطه بیشتر مدنظر قرار گیرد؛
- سایر الزامات استاندارد محیطی پیرامون محیط نگهداری این نوع بسته‌بندی‌ها نیز سخت‌گیرانه‌تر مورد توجّه قرار گیرد؛
- به لحاظ جدید بودن صنعت بسته‌بندی در داخل کشور استفاده از فنّاوری روز و همکاری افراد خبره و متخصص با جدّیّت بیشتری مدنظر قرار گیرد.

۱۴- نتیجه‌گیری

ایمنی در حمل و نقل، جابه‌جایی و ذخیره‌سازی مواد پرتوزا،زمانی محقّق می‌گردد که به همراه استفاده از بسته‌بندی استاندارد،تمامی عوامل دیگر محیطی در کنار هم در نظر گرفته شوند و یک سیستم مدیریت جامع در این بخش به وجود آید.

بر این اساس،وجود پرسنل غیر مجرّب ولی برخوردار از پیشرفته‌ترین تجهیزات یا داشتن پرسنل مجرّب ولی فاقد تجهیزات مناسب هر دو مشکل آفرین خواهند بود. لذا با رفع این نواقص(تجهیزات+ عوامل انسانی) می‌توان اجرای این امر را با اطمینان کامل پیش‌بینی نمود.

همچنین باید به مواردی چون افزایش ایمنی از طریق کاربرد ابزارهای مدیریتی، تبادل اطّلاعات و تجربیات در زمینه ایمنی، توسعه و گسترش فرهنگ استفاده از مقرّرات و استانداردهای موجود، برگزاری سمینارها و کارگاه‌های آموزش ایمنی، استفاده از خدمات مشاوره‌ای و فنّاوری‌های نوین، رفع نواقص فنی و شاخص‌های انسانی، بررسی و بازنگری در روش‌ها و مقرّرات فعلی و به روز در آوردن آن‌ها وستفاده از نیروهای جوان و آموزش دیده توجّه نموده و در صورت لزوم در روش‌های قدیمی بسته‌بندی خود تجدید نظر کنیم.

لزوم اهمیت و توجّه به بسته‌بندی مواد پرتوزا، تأکید بر آن دارد که جهت حفظ و سلامت مصرف‌کنندگان و محیط نگهداری و استفاده از آن همیشه باید ضریب ایمنی بالا را در نظر گرفت. بدین جهت ممانعت از نشت و خروج مواد پرتوزا از داخل بسته به محیط خارج خود باید شدیداً مورد توجّه قرار گیرد تا در مراحل طراحی و انتخاب مواد مناسب بسته‌بندی از بسته‌های مطمئن استفاده کرد.

امروزه با فنّاوری‌های جدید تولید مواد بسته‌بندی، کاهش حمل‌ونقل و جابه‌جایی کالا با بهره‌گیری از وسایل و تجهیزات جدید می‌توان به این مهم رسید. استفاده از مواد مقاوم و نفوذ ناپذیر به عبور گازها از جمله نکات

1- Radio radiation

مهم در انتخاب مواد با ویژگی ایمنی می‌باشد. رعایت ضوابط ساخت و استفاده از استانداردهای جهانی مدّون شده برای تولید بسته‌بندی از جنس مواد فلزی و چند لایه‌ها می‌تواند کمک مؤثری برای تهیه یک بسته‌بندی مطلوب و به دور از هر گونه نشت‌پذیری باشد. با بهره‌گیری از اتصالات مقاوم و نقطه جوش‌های مناسب در بسته‌بندی حاوی مواد پرتوزا می‌توان مخازن ذخیره‌سازی را به صورت طولانی مدّت حفظ و نگهداری کرد. در ضمن برای ایمنی بخشیدن به محیط پیرامون، کاهش خسارات و به حداقل رساندن تلفات انسانی لازم است تا از علائم و برچسب‌های هشداردهنده در محل‌های ذخیره‌سازی یا ذکر وجود مواد پرتوزا استفاده کرد.

۱۵- منابع

۱. سازمان انرژی اتمی ایران – نظام ایمنی هسته‌ای کشور در امور حفاظت در برابر اشعه – تاریخ ۸۵/٤/۲۷ – شماره شناسه : INRA RP6 RE08 .

۲. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران شماره‌ی استاندارد ایران ۲۹۲٤ – صفحات ۱ – ۷ تا ۱۱.

۳. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران شماره‌ی استاندارد ایران ۲۹۲۸ – بسته‌بندی و حمل‌ونقل مواد خطرناک روش های آزمون – صفحه ۱ تا ٤.

٤. استاندارد ملی ایران – شماره ۷۷۵۱.

۵. مقاله همایش: کتاب اولین همایش ملی ایمنی در بنادر تهران ۲۵ – ۲٤ بهمن ماه ۱۳۸۳.

6. “Publications whithin the IAEA sRADwass program (Safety series no, 111) on the safe management of radioactive waste”.

7. **“**Class 9 – Miscellaneous hazardous Material**”.** Afman 24 – 204(I)/TM38-250/Navsup PUB 505/MCO P4030, 19H/DLAI 4145.3. 11 December 2001.

8. “Attachment 11 class 7–radioative materials”. Afman 24 – 204(I)/ TM38-250/ Navsup PUB 505/MCO P4030, 19H/DLAI 4145.3.11 DECEMBER 2001.

9. AFMAN 24 – 204 (I)/TM38-250 / Navsup PUB 505/mc0 P4030. 19H/DLAI 4145 . 3. “Class 6 – Toxic (Poisonous) Materials and infectious substances”.

10. Preparing hazardous materials for military air shipments. TM 38 – 250 11 December 2001.

11. “Guide to the design, testing and use of packaging for the transport of radioactive materials”. BS 3895: 1976.

12. “DOE standard criteria for packaging and storing uranium– 233–bearing materials”. DOE– STD– 3028–2000. July 2000.

13. “International atomic anergy agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources”. safety series No.115, IAEA, Vienna (1996).

14. “International atomic agency agency. Report on radioactive waste disposal”. IAEA, Vienna, (IAEA Technical Report Series TRS No.349). 1993.

15. “Regulations for the safe transport of radioactive material”. IAEA Safety standards (Safety requirements No. TS-R-1). 2005.

آدرس نویسنده

تهران– میدان صنعت– خیابان هرمزان– خیابان پیروزان جنوبی– نبش کوچه پنجم– ساختمان اسراء– مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی.