Journal of Nondestructive Testing Technology Doi: 10.30494/JNDT.2024.426144.1134
Online ISSN: 2676-6655

Improving Fire Safety: Feasibility of performance of measurement system based on transmitted gamma ray and linear pixelated detector for inspection of fire extinguishers

Mojtaba Askari [1]✉| Amirmohamamd Beigzadeh[2]

1. Corresponding Author, Radiation Applications Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran. E-mail: moasgari@aeoi.org.ir
2. Radiation Applications Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran. E-mail: abeigzadeh@aeoi.org.ir

Article Information:
Research Article
Received 21 Nov. 2023
Revised 05 Dec. 2023
Accepted 01 Feb. 2024
Keywords:
Fire extinguisher,
Gamma radiation,
Radiography,
Detector,
Image processing.

ABSTRACT

A fire extinguisher is a critical piece of safety equipment used to suppress or extinguish small fires in emergencies to prevent large and deadly fires. This study examines the possibility of using a measurement system based on a transmitted gamma ray and a linear pixel needle detector of a vehicle cargo scanner based on gamma-ray technology to inspect fire extinguishers.. The aim is to determine the effectiveness and accuracy of this approach in detecting any defects or irregularities in fire extinguishers, which would enhance the safety and reliability of these crucial emergency devices. The study involves testing the system on four different models of fire extinguishers and analyzing the results to assess its viability as an inspection method. The results were analyzed, with output in the form of images and intensity profiles recorded in one direction from the images . The findings of this research could have a significant impact on the field of fire safety. They could help to contribute to the development of more advanced and efficient inspection techniques for fire extinguishers, in conjunction with other non-destructive inspection methods. In this study, the capabilities, limitations, and potential applications of a transmission gamma-based imaging system for fire extinguisher inspection were investigated. The imaging unit utilized a gamma source of cesium-137 and a linear detector array .The study discusses the potential applications of this technology in the field of fire safety and its limitations. The research highlights the importance of developing more advanced and efficient inspection techniques for fire extinguishers, as well as the need for ongoing research in this field. Ultimately, this study provides valuable insights into the potential use of vehicle cargo scanner systems for the inspection of fire extinguishers, and its findings have important implications for the field of fire safety. The results provide valuable insights into the feasibility of using gamma-ray technology-based automotive cargo scanner systems and pixel linear detectors as a reliable method for fire extinguisher inspection, ultimately enhancing public safety and emergency preparedness.

Cite this article: Askari, A., Author, B. B., & Beigzadeh, A. (2023). Improving Fire Safety: Feasibility of performance of measurement system based on transmitted gamma ray and linear pixelated detector for inspection of fire extinguishers. *Journal of Nondestructive Testing Technology*, 3 (3), 70-83. http//doi.org/10.30494/JNDT.2024.426144.1134

مجله فناوری آزمون‌های غیرمخرب
شاپای الکترونیکی: ۶۶۵۵-۲۶۷۶
Doi: 10.30494/JNDT.2024.426144.1134

بهبود ایمنی در مقابله با حریق: امکان‌سنجی عملکرد سامانه اندازه گیری مبتنی بر پرتوی گامای عبوری و آشکارساز خطی پیکسلی برای بازرسی کپسول‌های آتش‌نشانی

مجتبی عسکری[1]✉ | امیرمحمد بیگ زاده[2]

۱. پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران، رایانامه: moasgari@aeoi.org.ir
۲. پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران، رایانامه: abeigzadeh@aeoi.org.ir

اطلاعات مقاله:
مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۸/۳۰
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۱۱/۱۲
کلیدواژگان:
کپسول آتش‌نشانی،
تابش گاما،
پرتونگاری،
آشکارساز،
پردازش تصویر.

چکیده:

کپسول آتش‌نشانی یک قطعه حیاتی از تجهیزات ایمنی است که برای سرکوب یا خاموش کردن حریق‌های کوچک در شرایط اضطراری استفاده می‌شود تا از ایجاد آتش‌سوزی‌های گسترده و مرگبار جلوگیری کند. این مطالعه امکان استفاده از یک سامانه اندازه گیری مبتنی بر پرتوی گامای عبوری و آشکارساز سوزن خطی پیکسلی جهت بازرسی کپسول‌های آتش‌نشانی بررسی می‌کند. هدف این تحقیق تعیین‌کننده این مسئله است که آیا این رویکرد می‌تواند به طور مؤثر و دقیق هرگونه نقص یا بی‌نظمی احتمالی در کپسول‌های آتش‌نشانی را تشخیص دهد، و در صورت برآورده‌شدن این موضوع، ایمنی و قابلیت اطمینان کلی این دستگاه‌های اضطراری بحرانی را بهبود می‌بخشد. این مطالعه شامل آزمایش بر روی ۴ مدل مختلف از کپسول آتش‌نشانی و تجزیه و تحلیل نتایج برای ارزیابی پتانسیل آن به عنوان یک روش بازرسی مناسب است. یافته‌های این تحقیق می‌تواند پتانسیل اثرگذاری قابل‌توجهی بر حوزه ایمنی آتش‌نشانی داشته باشد و در کنار سایر بازرسی‌های غیرمخرب به توسعه تکنیک‌های بازرسی پیشرفته‌تر و کارآمدتر برای کپسول‌های آتش‌نشانی کمک می‌کند. در این مطالعه قابلیت‌ها، محدودیت‌ها و کاربردهای بالقوه یک سامانه تصویربرداری مبتنی بر گامای عبوری برای بازرسی کپسول آتش‌نشانی مورد بررسی قرار گرفت. واحد تصویربرداری مذکور متشکل از یک منبع پرتوزای رادیوایزوتوپی مبتنی بر پرتوهای گامای چشمه سزیوم-۱۳۷ و یک آرایه آشکارساز خطی بود. نتایج برای ۴ نمونه مورد بررسی قرار گرفت و به‌صورت تصاویر و پروفایل شدت ثبت شده در یک راستا از تصاویر استخراج شد. تفاوت‌های مشاهده شده از قبیل ساختار داخلی، حالت قرارگیری ماده خاموش‌کننده در داخل کپسول‌ها، بخش‌های چگال در ساختار نمونه‌ها در تصاویر پرتونگاری آنها با یکدیگر مورد بحث قرار گرفت. نتایج بینش‌های ارزشمندی را در مورد امکان‌سنجی استفاده از سیستم‌های تصویربرداری مبتنی بر فناوری اشعه گاما و آشکارسازهای خطی پیکسلی به عنوان روشی قابل اعتماد برای بازرسی کپسول‌های آتش‌نشانی ارائه می‌کند که در نهایت ایمنی عمومی و آمادگی اضطراری را افزایش می‌دهد.

استناد: عسکری، مجتبی؛ بیگ زاده، امیرمحمد. (۱۴۰۲). بهبود ایمنی در مقابله با حریق: امکان‌سنجی عملکرد سامانه اندازه گیری مبتنی بر پرتوی گامای عبوری و آشکارساز خطی پیکسلی برای بازرسی کپسول‌های آتش‌نشانی. *مجله فناوری آزمون‌های غیرمخرب*، ۳ (۳)، ۸۳-۷۰.
http//doi.org/10.30494/JNDT.2024.426144.1134

۱- مقدمه

کپسول آتش‌نشانی یک قطعه حیاتی از تجهیزات ایمنی است که برای سرکوب یا خاموش کردن حریق‌های کوچک در شرایط اضطراری استفاده می‌شود تا از ایجاد آتش‌سوزی‌های گسترده و مرگبار جلوگیری کند[۱]. ساختار آنها معمولاً یک سیلندر فلزی است که حاوی یک عامل خاموش‌کننده تحت‌فشار مانند آب، فوم، مواد شیمیایی خشک یا دی‌اکسیدکربن است. کپسول‌های آتش‌نشانی به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که سبک وزن، قابل‌حمل و استفاده آسان باشند و در مواقع آتش‌سوزی قابل دسترسی باشند. آنها معمولاً در خانه‌ها، شرکت‌ها، کارخانه‌ها و ساختمان‌های عمومی یافت می‌شوند و ابزار مهمی برای ایمنی و پیشگیری از آتش‌سوزی هستند. انواع مختلفی از کپسول‌های آتش‌نشانی وجود دارد که برای مقابله با انواع آتش‌سوزی طراحی شده‌اند. این کلاس‌ها عبارت‌اند از:

کلاس A: برای آتش‌سوزی‌هایی که شامل مواد قابل‌احتراق معمولی مانند چوب، کاغذ و پارچه است.

کلاس B: برای آتش‌سوزی‌هایی که شامل مایعات قابل‌اشتعال مانند بنزین، روغن و گریس می‌شود.

کلاس C: برای آتش‌سوزی‌های مربوط به تجهیزات و لوازم الکتریکی.

کلاس D: برای آتش‌سوزی‌های فلزات قابل‌احتراق.

کلاس K: برای آتش‌سوزی‌های مربوط به روغن و چربی‌های پخت‌وپز.

انتخاب نوع مناسب کپسول آتش‌نشانی برای خطر آتش‌سوزی خاص مهم است[۲]. علاوه بر این، راهنمایی و آموزش صحیح در مورد نحوه استفاده از کپسول آتش‌نشانی برای واکنش مؤثر در برابر حریق بسیار مهم است. تعمیر و نگهداری منظم و بازرسی کپسول‌های آتش‌نشانی برای اطمینان از اینکه در شرایط کاری بدون خطا عمل خواهند کرد ضروری است. این بازرسی‌ها شامل بررسی گیج فشار، اطمینان از شفاف‌بودن و بدون مانع بودن نازل و تأیید اینکه ماده خاموش‌کننده آسیب دیده یا منقضی نشده است، می‌شود[۳]. آزمون غیرمخرب[1] کپسول‌های آتش‌نشانی یک جنبه حیاتی برای اطمینان از قابلیت اطمینان و اثربخشی آنها در شرایط اضطراری است[۴]. روش‌های آزمون غیرمخرب برای ارزیابی یکپارچگی ساختاری، عملکرد و ایمنی کپسول‌های آتش‌نشانی بدون آسیب رساندن به تجهیزات استفاده می‌شود. با انجام آزمون غیرمخرب، می‌توان عیوب احتمالی در خاموش‌کننده را تشخیص داد که امکان انجام تعمیرات لازم را فراهم می‌کند، بنابراین اطمینان حاصل می‌شود که خاموش‌کننده در شرایط بهینه برای استفاده قرار دارد. یکی از روش‌های متداول آزمون غیرمخرب که برای کپسول‌های آتش‌نشانی استفاده می‌شود، بازرسی بصری است. این شامل بررسی کامل اجزای خارجی خاموش‌کننده مانند سیلندر، سوپاپ، شیلنگ، پارگی و نازل است تا هرگونه علائم قابل مشاهده آسیب، خوردگی یا سایش را شناسایی کند. علاوه بر این، بازرسی بصری می‌تواند مسائلی مانند فرورفتگی، ترک یا نشتی را که ممکن است یکپارچگی خاموش‌کننده را به خطر بیندازد، کشف کند. یکی دیگر از تکنیک‌های آزمون غیرمخرب که برای کپسول‌های آتش‌نشانی یا هر سیلندر گاز دیگر استفاده می‌شود، آزمایش هیدرواستاتیک است. این آزمایش شامل قراردادن خاموش‌کننده با فشار بالا با استفاده از آب یا مایع مناسب دیگر برای ارزیابی توانایی آن در تحمل فشار و شناسایی هرگونه ضعف یا نشتی در سیلندر است. آزمایش هیدرواستاتیک برای اطمینان از یکپارچگی ساختار خاموش‌کننده و جلوگیری از پارگی یا خرابی احتمالی در حین کار بسیار مهم است. آزمون اولتراسونیک نیز برای آزمون غیرمخرب کپسول‌های آتش‌نشانی استفاده می‌شود. این روش شامل استفاده از امواج صوتی با فرکانس بالا برای تشخیص عیوب داخلی مانند خوردگی، سوراخ شدن یا نازک شدن دیواره سیلندر است که ممکن است در طول بازرسی بصری قابل مشاهده نباشد و با بهره گیری از روشهای آزمون آلتراسونیک یک فرد ماهر میتواند تخریب بدنه را تشخیص دهد.[۶ و ۵]. با تجزیه و تحلیل امواج اولتراسونیک که از خاموش‌کننده عبور می‌کنند، تکنسین‌ها می‌توانند وضعیت سیلندر را به طور دقیق ارزیابی کنند و هر بخش مشکوک و نگران‌کننده را شناسایی کنند. علاوه بر این، آزمایش ذرات مغناطیسی و بازرسی نافذ رنگ، تکنیک‌های آزمون غیرمخرب دیگری هستند که می‌توانند برای تشخیص ترک‌های سطحی، عیوب یا عیوب در اجزای فلزی

[1] Non Destructive Test (NDT)

کپسول‌های آتش‌نشانی استفاده شوند. این روش‌ها به‌ویژه برای شناسایی نقاط ضعف احتمالی در مناطق بحرانی خاموش‌کننده که می‌تواند ایمنی و عملکرد آن را به خطر بیندازد مفید است. با استفاده از روش‌های مختلف آزمون غیرمخرب مانند بازرسی بصری، آزمون هیدرواستاتیک، آزمون اولتراسونیک، آزمون ذرات مغناطیسی و بازرسی نافذ رنگ، می‌توان وضعیت کپسول‌های آتش‌نشانی را به طور کامل ارزیابی کرد و هرگونه تعمیر و نگهداری یا تعمیرات لازم را انجام داد و اطمینان حاصل نمود که خاموش‌کننده‌ها برای استفاده در مواقع اضطراری آتش‌سوزی آماده هستند[۷]. آزمون اولتراسونیک شامل استفاده از امواج صوتی با فرکانس بالا برای تشخیص ناپیوستگی‌های درون مواد کپسول آتش‌نشانی، مانند خوردگی، ترک‌ها یا تغییرات ضخامت مواد است[۸]. آزمون جریان گردابی برای ارزیابی رسانایی و یکپارچگی مواد غیرآهنی مانند آلومینیوم یا اجزای کامپوزیت موجود در طرح‌های خاص کپسول‌های آتش‌نشانی استفاده می‌شود و ارزیابی خواص مواد و تشخیص عیوب سطحی یا زیرسطحی را بدون نیاز به تماس مستقیم با مواد آزمایش شده امکان‌پذیر می‌کند[۹ و ۱۰].

از جمله آزمون‌های اصلی کپسول‌های اطفای حریق انجام می‌شود آزمون هیدرواستاتیک است که به‌صورت دوره‌ای برای مطلع شدن از سالم بودن کپسول انجام می‌شود. آزمون هیدرواستاتیک یک روش برای آزمون استحکام و عدم وجود نشتی مخازن تحت فشار می‌باشد. برای اطمینان از وجود فشار کافی در درون یک کپسول اطفاء حریق آزمایشهایی از قبیل وزن کردن، بررسی فشار با فشارسنج، آزمایش محلول‌ها صورت می‌گیرد و بدنه کپسول اطفاء حریق، را از نظر مقاومت مکانیکی بررسی می‌کنند که شامل آزمایش مکانیکی نشت کردن، آزمایش ضخامت بدنه، آزمایش از هم پاشیدگی و آزمایش فشار کارکرد است[۱۳-۱۱].

آزمون غیرمخرب (آزمون غیرمخرب) کپسول‌های آتش‌نشانی با استفاده از اشعه ایکس و گاما روشی پیشرفته و مؤثرتر برای ارزیابی وضعیت داخلی و یکپارچگی خاموش‌کننده بدون آسیب رساندن به تجهیزات است. پرتونگاری[1] اشعه ایکس و گاما برای شناسایی عیوب داخلی، عیوب و ناهنجاری‌های ساختاری که ممکن است از طریق بازرسی بصری سنتی قابل مشاهده نباشند، استفاده می‌شود. با عبور اشعه ایکس یا اشعه گاما از خاموش‌کننده، یک تصویر پرتونگاری تولید می‌شود که به تکنسین‌ها اجازه می‌دهد تا اجزای داخلی مانند سیلندر، شیر و لوله‌های داخلی را برای هر گونه نشانه خوردگی، نازک شدن، ترک یا سایر پتانسیل تجزیه‌وتحلیل کنند. مسائلی که می‌تواند ایمنی و عملکرد خاموش‌کننده را به خطر بیندازد. این تکنیک آزمون غیرمخرب به‌ویژه برای تشخیص عیوب پنهانی که می‌تواند منجر به عملکرد نادرست و شکست عملیاتی فاجعه‌بار در هنگام آتش‌سوزی شود، ارزشمند است. علاوه بر این، پرتونگاری اشعه ایکس و اشعه گاما می‌تواند برای بررسی سطح پر شدن مناسب ماده خاموش‌کننده در داخل سیلندر استفاده شود و اطمینان حاصل شود که خاموش‌کننده کاملاً شارژ شده و آماده استفاده است. به‌طورکلی، آزمون غیرمخرب کپسول‌های آتش‌نشانی با استفاده از اشعه ایکس و پرتوهای گاما، ارزیابی جامعی از وضعیت داخلی تجهیزات ارائه می‌دهد که امکان تعمیر و نگهداری پیشگیرانه را فراهم می‌کند و اطمینان حاصل می‌کند که خاموش‌کننده قادر است به طور مؤثر آتش را در صورت نیاز سرکوب کند.

پرتونگاری اشعه ایکس و اشعه گاما تکنیک‌های بسیار تخصصی آزمون غیرمخرب هستند که به تکنسین‌های ماهر و تجهیزات تخصصی نیاز دارند. تصاویر پرتونگاری تولید شده توسط این روش اطلاعات دقیقی در مورد اجزای داخلی خاموش‌کننده مانند ضخامت دیواره سیلندر، موقعیت سوپاپ و یکپارچگی لوله‌کشی داخلی ارائه می‌دهد. تصاویر را می‌توان برای شناسایی مسائل بالقوه‌ای که ممکن است در طول بازرسی بصری قابل مشاهده نباشد، مانند خوردگی زیر رنگ یا آسیب به میل‌سوپاپ، تجزیه‌وتحلیل کرد. این اطلاعات برای اطمینان از اینکه خاموش‌کننده در شرایط کار خوب قرار دارد و می‌تواند در شرایط اضطراری آتش‌سوزی همان‌طور که در نظر گرفته شده است عمل کند بسیار مهم است. با تجزیه‌وتحلیل تصویر پرتونگاری، تکنسین‌ها می‌توانند تعیین کنند که آیا خاموش‌کننده سالم است یا خیر و آیا به هر طریقی دست‌کاری شده یا اصلاح شده است. این امر به‌ویژه برای اطمینان از عدم استفاده از خاموش‌کننده‌های تقلبی یا نامرغوب در کاربردهای ایمنی

[1] Radiography

آتش‌سوزی مهم است. این تکنیک اطلاعات دقیقی در مورد اجزای داخلی خاموش‌کننده فراهم می‌کند و به تکنسین‌ها اجازه می‌دهد تا مسائل بالقوه‌ای را که ممکن است ایمنی و عملکرد آن را به خطر بیندازند، شناسایی و در جهت رفع آنها اقدامات لازم را انجام دهند[۱۴].

در مطالعاتی به بازرسی کپسول‌های اطفای حریق پرداخته شده است که در ادامه به آنها اشاره می‌کنیم. اندازه‌گیری فشارسنج مبتنی بر بینایی کامپیوتری برای بازرسی کپسول آتش‌نشانی توسط پارک و همکارش انجام شد. در این کار، اندازه‌گیری سنجشگر فشار با استفاده از تقسیم رنگ برای مدیریت ایمنی کپسول آتش‌نشانی پیشنهاد شده است[۱۵]. یک بستر هوشمند برای نظارت بر کپسول‌های آتش‌نشانی و محیط ساختمان آنها توسط گارسیا و همکارش توسعه داده شد. برای اطمینان از ایمنی بیشتر و کاهش هزینه‌های اقتصادی مربوط به نگهداری کپسول‌های آتش‌نشانی، لازم است سیستمی ایجاد شود که امکان نظارت بر وضعیت آنها را فراهم کند. یکی از مزایای نظارت بر کپسول‌های آتش‌نشانی این است که می‌توان فهمید چه عوامل خارجی بر آنها تأثیر می‌گذارد (مثلاً دما یا رطوبت) و چگونه این اتفاق می‌افتد. به همین دلیل، این مقاله سیستمی را ارائه می‌دهد که وضعیت خاموش‌کننده‌ها را نظارت کرده، تاریخچه‌ای از وضعیت خاموش‌کننده و عوامل محیطی را جمع‌آوری می‌کند و درصورتی‌که پارامتری در محدوده مقادیر نرمال نباشد، اعلان هشدار ارسال می‌کند[۱۶]. در کار دیگر هیباخ[1] و همکارش بازرسی مبتنی بر یادگیری ماشین را جایگزین بازرسی جزئی بصری تجهیزات ایمنی آتش‌نشانی کردند. آنها در کار خود به محدودیت‌های بازرسی ایمنی آتش‌سوزی دستی در ساختمان‌ها اشاره کردند که معمولاً توسط مدیران ایمنی آتش‌سوزی با استفاده از چک‌لیست‌های بازرسی انجام می‌شود. این بازرسی‌ها معمولاً وقت‌گیر و مستعد خطا هستند. برای کاهش این مسائل، یک نیمه‌خودکار را پیشنهاد کردند تا فرایند بازرسی را با خطای کمتر و در زمان کوتاه‌تر ارائه دهد[۱۷]. در کار دیگر توسط جیانگ و همکارانش خرابی سیلندر اطفاء حریق با فشار بالا مورد بررسی قرار گرفت. شکست توسط خوردگی سطح داخلی و ترک‌خوردگی تنشی[۲] به دلیل تراکم اسیدکربنیک ایجاد شد. در سطح داخلی، به‌ویژه ناحیه نزدیک به پایین سیلندر منفجر شده، خوردگی شدید توسط گودال‌های موضعی مشخص می‌شود. محصولات خوردگی ایجاد شده بر روی سطح شکست در درجه اول کربنات آهن ($FeCO_3$) بودند. تعیین رطوبت در گاز اطفاء حریق نیز مورد بررسی قرار گرفت[۱۸].

در مطالعه حاضر امکان استفاده از یک سامانه اندازه گیری رادیوایزوتوپی مد عبوری، مبتنی بر پرتوهای گامای سزیوم-۱۳۷ و آشکارساز سوسوزنی خطی پیکسلی که به طور معمول در سامانه های اسکنر خودرویی استفاده می گردد، برای بازرسی کپسول‌های آتش‌نشانی، بررسی گردید. هدف این تحقیق تعیین‌کننده این مسئله است که آیا این رویکرد می‌تواند به طور مؤثر و دقیق هرگونه نقص یا بی‌نظمی احتمالی در کپسول‌های آتش‌نشانی را تشخیص دهد.

۲- روش‌ها

در این کار تجربی ساختار درونی کپسول‌های اطفای حریق با بهره‌گیری از سیستم کارگو اسکنر خودرویی مبتنی بر چشمه گاما بررسی شد. چشمه مورد نظر چشمه گامازای سزیوم-۱۳۷ با انرژی ۶۶۷ کیلوالکترون ولت بود. فعالیت چشمه ۴۰ میلی کوری بود. برای این منظور کپسول‌های آتش‌نشانی با ابعاد مختلف تهیه گردید. نمایی از کپسول‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. تمامی کپسول‌ها پر بوده و حاوی ماده خاموش‌کننده است و از لحاظ مکانیکی سالم و قابل استفاده بودند.

[1] Heibach

[2] Stress corrosion cracking

شکل ۱) تصویری از نمونه کپسول‌های آتش‌نشانی شماره ۱ تا ۴ به ترتیب از راست به چپ.

مشخصات سیلندرها و مواد داخل آنها در جدول ۱ لیست گردید.

جدول ۱) مشخصات سیلندرها

شماره سیلندر	وزن سیلندر/حجم	فشار گاز داخل(بار)	نوع سیلندر	کاربرد
۱	۶ کیلوگرم	~۱۳	پودر و گاز	مخصوص اطفا مایعات قابل اشتعال
۲	۱۲ کیلوگرم	۲۵	پودر و گاز، پودر خشک BCE با نیروی محرکه گاز ازت	مخصوص اطفا مایعات قابل اشتعال
۳	۶ کیلوگرم	۱۵	پودر و گاز(پودر خشک BCE)	مخصوص اطفا مایعات قابل اشتعال
۴	۷/۵ لیتر	۶۰	دی اکسید کربن	مخصوص اطفا دستگاههای الکترونیکی

نمایی از هندسه تجربی در شکل ۲ نشان داده شده است.

اجزای اصلی سیستم پرتونگاری به ترتیب عبارت‌اند از:

۱. آشکارساز سوسوزن

آشکارسازهای سوسوزن ابزاری برای تشخیص و اندازه‌گیری پرتوهای یون‌ساز با استفاده از اثر برانگیختگی پرتوی فرودی بر روی یک ماده سوسوزن و آشکارسازی پالس‌های نور حاصله است. این بخش شامل یک سوسوزن است که در

پاسخ به تابش‌های فرودی، فوتون تولید می‌کند، یک آشکارساز نوری حساس معمولاً یک تقویت‌کننده نوری[1]، یک دوربین دستگاه همراه با حسگر CCD یا یک دیود نوری) که نور را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند و الکترونیک برای پردازش این سیگنال. آشکارسازهای سوسوزن به طور گسترده در حفاظت در برابر تابش، سنجش مواد رادیواکتیو و تحقیقات فیزیک استفاده می‌شوند، زیرا می‌توان آن‌ها را با قیمت مناسب و درعین‌حال با راندمان کوانتومی خوب که برای یک سوسوزن نوعی ۱۵ الی ۲۰ درصد است ساخت و هم شدت و هم انرژی تابش تابشی را اندازه‌گیری کرد[۱۹]. در این کار از یک آشکارساز کریستال سوسوزن آرایه‌های خطی از جنس CdWO4 کوپل با دیودهای سیلیکونی بهره برده شد. این آرایه متشکل از ۱۲۸ عدد آشکارساز با ابعاد پیکسل ۸ میلی‌متر بود. این نوع از کریستال‌های سوسوزنی دارای چگالی بالا ۷/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب، عدد اتمی بالا و نیز بهره نوری نسبتاً بالا هستند. گسیل بیشینه این کریستال در طول‌موج ۴۷۵ نانومتر است. خروجی نور بالا و پستابی[2] کمی که دارد آن را برای استفاده با فوتودیودهای سیلیکونی در آشکارسازهای اسکنرهای مقطع‌نگارهای کامپیوتری (CT) پزشکی و صنعتی ایده آل می‌کند[۲۰]. مقاومت پرتوی بسیار خوبی دارد و وابستگی دمایی آن در محدوده ۰ تا ۶۰ درجه سلسیوس کم است. چگالی بالای آن، آن را به گزینه مناسبی برای تصویربرداری از اجسام توسط سیستمهایی که مولد انرژی آنها انرژیهای بالاتر از ۳۰۰ کیلوالکترون ولت تولید می کند برای مباحث امنیتی در بازرسی چمدان، کانتینر و اسکن خودرو تبدیل کرده است[۲۱]. یک فوتودیود سیلیکونی از اثر فوتوالکتریک داخلی استفاده می‌کند، پدیده‌ای که در آن خواص الکتریکی آشکارساز با برخورد نور به آن تغییر می‌کند. همان‌طور که از نام آن پیداست، فوتودیود سیلیکونی یک نیمه‌هادی است. هنگامی‌که نور به این نیمه‌هادی برخورد می‌کند، اگر انرژی نور بیشتر از شکاف نواری باشد، الکترون‌های باند ظرفیت به نوار رسانایی برانگیخته می‌شوند و حفره‌هایی در نوار ظرفیت اصلی باقی می‌مانند. این جفت‌های الکترون - حفره در سراسر نیمه‌هادی ایجاد می‌شوند، اما در ناحیه تخلیه، میدان الکتریکی باعث می‌شود که الکترون‌ها به سمت ناحیه N- و حفره‌ها به سمت ناحیه P شتاب بگیرند. در نتیجه، الکترون‌ها در ناحیه N و حفره‌ها در ناحیه P تجمع می‌یابند و این دو ناحیه به ترتیب دارای بار منفی و مثبت می‌شوند. اگر این به یک مدار متصل شود، جریان می‌یابد. شکاف نواری سیلیکون تقریباً ۱/۱۲ الکترون ولت است، بنابراین جریان فقط برای طول‌موج‌هایی جریان می‌یابد که انرژی نوری بیشتر از این دارند[۲۲]. فوتودیودهای سیلیکونی دارای مزایایی نسبت به لوله‌های فوتومولتی پلایر از قبیل قیمت کمتر، عدم نیاز به منبع تغذیه اختصاصی هستند.

۲. سیستم جمع‌آوری داده و پردازش تصویر

برای داده‌برداری از کارت‌های جمع‌آوری داده استفاده شده است. این کارت، سیگنال‌های خروجی آشکارساز سوسوزن را جمع‌آوری کرده، از نظر زمانی پردازش کرده و نویزهای احتمالی را حذف می‌نماید. در نهایت با اسکن کل جسم، اطلاعات لازم از کلیه نقاط آن جسم تهیه شده و نرم‌افزار پردازشی که در این کار از بسته نرم‌افزاری نوشته شده در MALAB بود، تصویر نهایی تولید، پردازش می‌شود. شدت پیکسل‌های این تصویر با تعداد فوتون‌های پس پراکنده‌ی آشکارسازی شده در هر تابش پرتو سوزنی مرتبط خواهد بود.

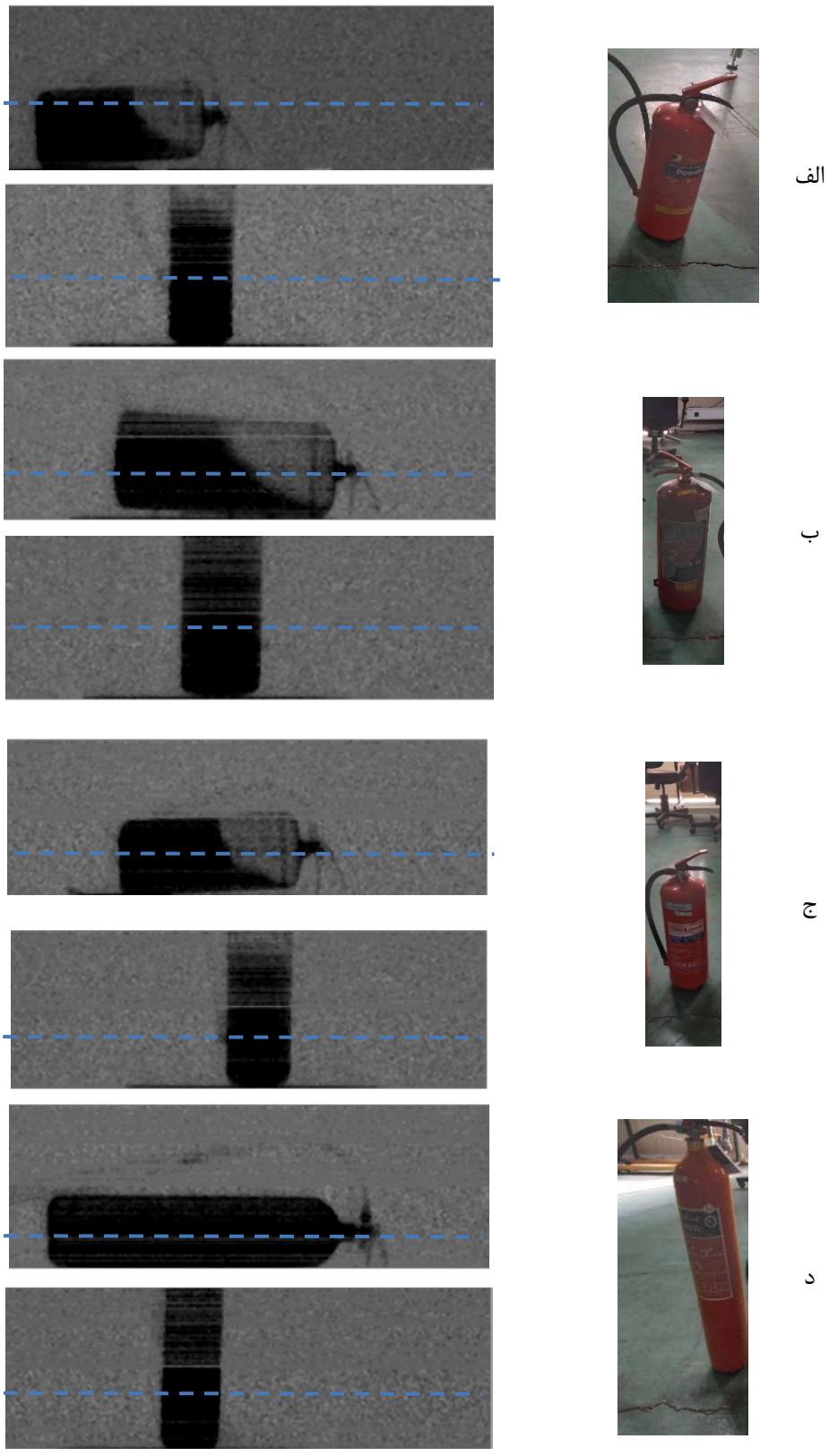
[1] Photo Multiplier Tube
[2] After glow

شکل ۲) چیدان تجربی جهت بازرسی سیلندرهای آتش‌نشانی

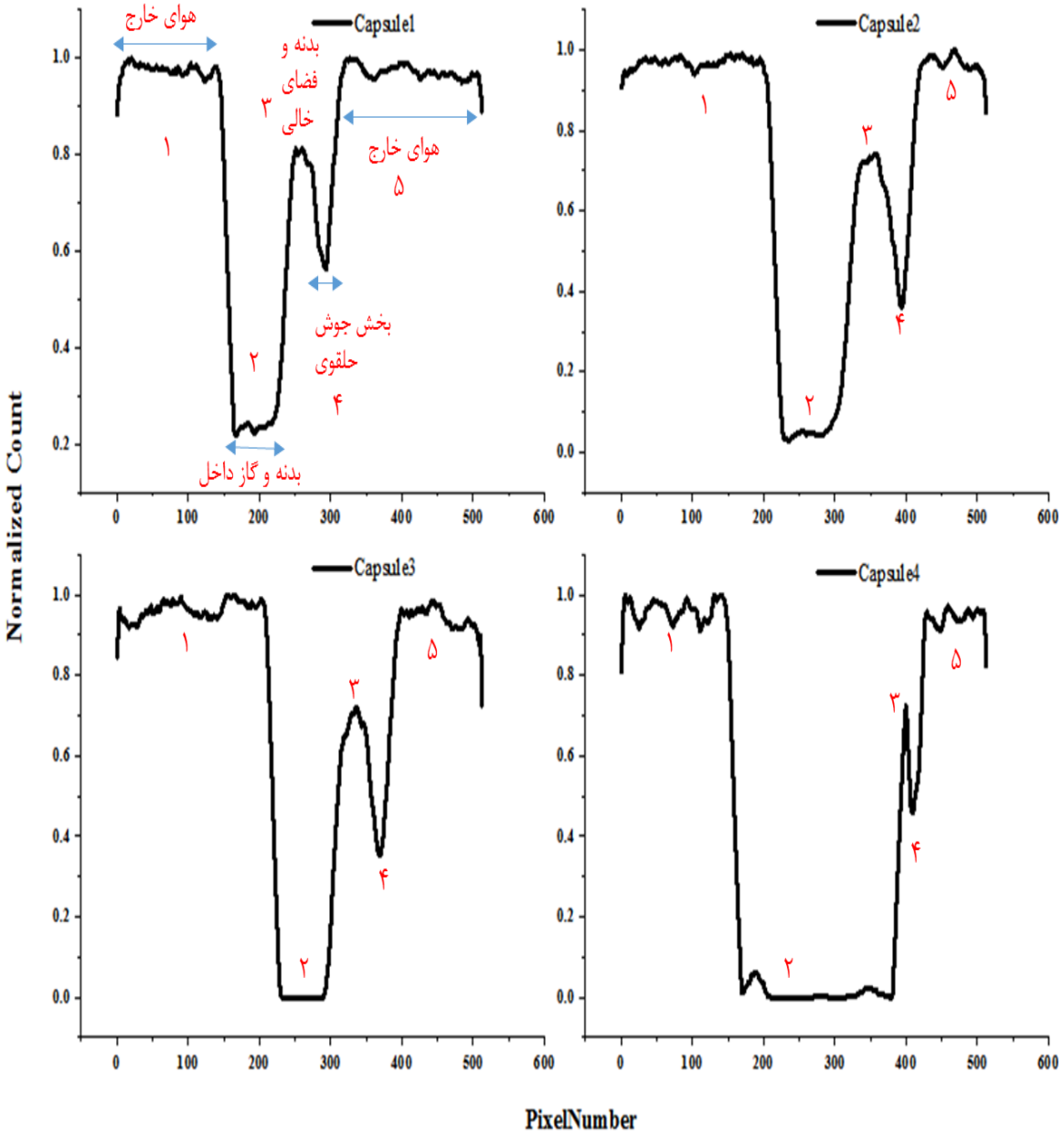
تصاویر پرتونگاری افقی و عمودی از کپسول‌های آتش‌نشانی شماره ۱ تا ۴ در شکل ۳ نشان داده شده است.

۳- نتایج

نتایج تجربی هندسه اصلی دستگاه تصویربرداری کارگو مبتنی بر پرتوی گامای عبوری، در ادامه مورد بحث قرار گرفته است.



شکل ۳) تصاویر پرتونگاری افقی و عمودی از کپسول‌های آتش‌نشانی الف) شماره ۱، ب) شماره ۲، ج) شماره ۳ و د) شماره ۴



شکل ۴) نمودارهای به دست امده از تصاویر پرتونگاری در راستای خط گذرنده از تصویر افقی کپسول‌ها

در شکل ۴ پروفایل شدت ثبت شده بر روی آشکارساز در راستای یک خط دلخواه بر روی تصویر پرتونگاری ثبت شده از کپسول‌ها در راستای افقی نشان داده شده است. در نمودارهای شدت ثبت شده نواحی مربوط به فضای خارج از کپسول‌ها (هوای آزاد) فضای داخل کپسول‌ها مشتمل بر اثر بدنه و پودر داخل آن ، بدنه و فضای خالی(گاز فشار پاششی) بخش ۳، بخش جوش حلقوی (۴) که محل اتصال کلاهک بالای سیلندر به بدنه اصلی سیلندر است و بخش ۵ که خارج از کپسول است نشان داده شده است. همان گونه که شکل نشان می‌دهد، اختلاف شدت بین فضای پر از ماده و فضای خالی داخل کپسول‌ها بالا است که نشان دهنده چگالی بالای پودر در داخل کپسول است و پس از آن با

توجه به نمودارهای به دست آمده یک محل چگال دیگر مربوط به محل اتصال دو بخش کلاهک سیلندر به بدنه اصلی سیلندر است (ناحیه ۴) که دارای چگالی بالا است و این ناحیه چگالی نسبتا بالاتری به بدنه اصلی سیلندر که به‌صورت یکنواخت ریخته گری شده است دارد. مورد دیگری که می‌توان از این تصاویر مشاهده نمود و نتیجه گرفت در این است که درست است که بدنه سیلندرها از فلز تشکیل شده است ولی عبور پرتو و تشکیل ناحیه شفاف در تصاویر پرتونگاری نماینده این است که ضخامت این بخش مقدار زیادی نیست و به‌اندازه‌ای است که تاثیر زیادی بر روی وزن کپسول نداشته باشد تاجابجایی انها برای افراد در موارد ایجاد حریق دشوار نباشد. بدنه کپسول در خط پروفایل دیده نمی شود این مورد می‌تواند مرتبط به بالا بودن انرژی انتخابی باشد که نمی‌تواند بین ماده داخل کپسول و فلز بدنه تمایز ایجاد کند ولی این تمایز بین بدنه و هوا بخوبی دیده می‌شود.

با توجه به ارتفاع کپسول‌ها بخش ناحیه ۲ در کپسول ۲ بیشتر از کپسول‌های ۱ و ۳ و بخش ۲ در کپسول ۴ از تمامی آنها بیشتر است که این به سبب طول هر کپسول است.

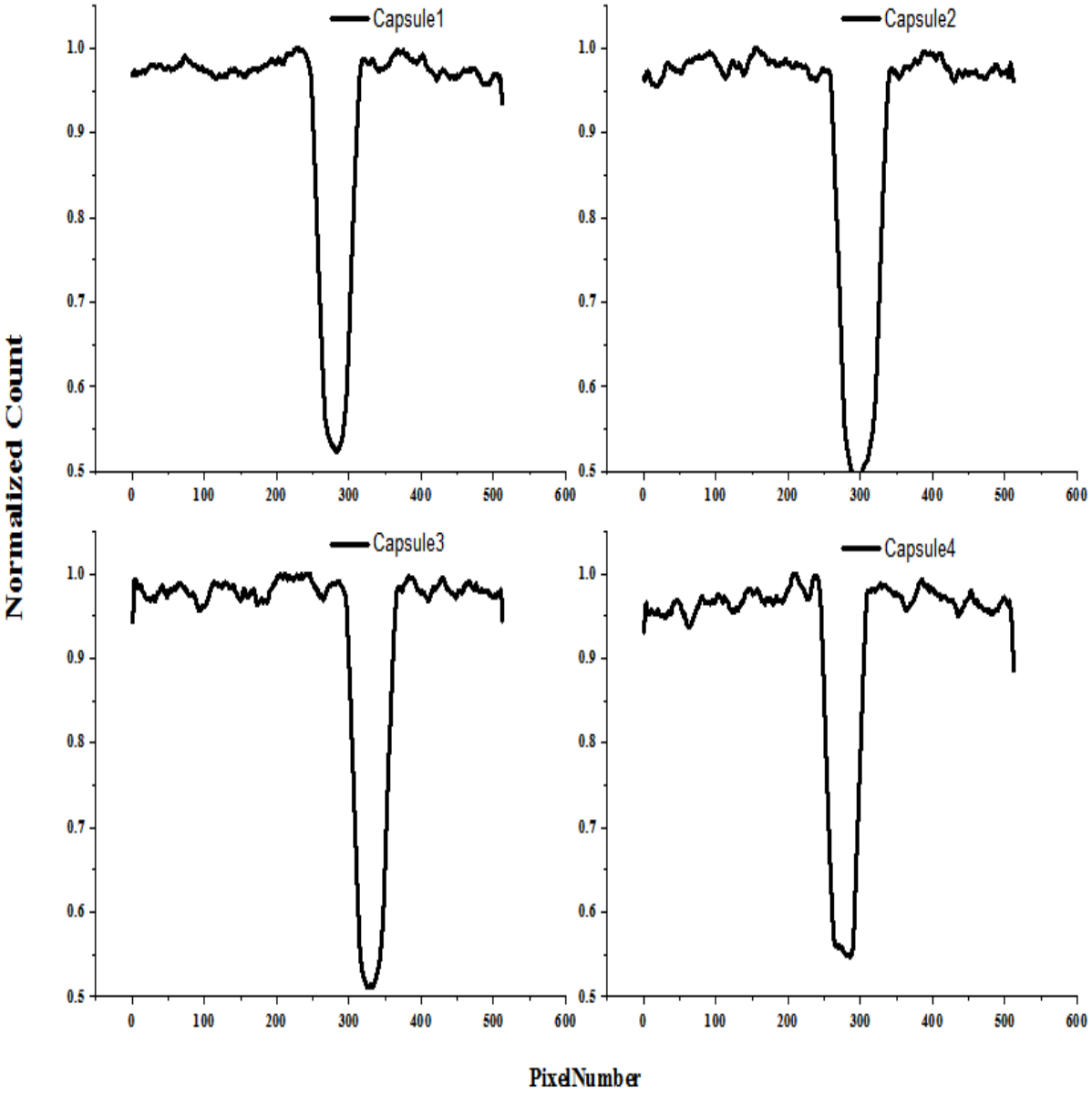
ویژگی ماده داخل کپسول‌ها به‌گونه‌ای است که چسبندگی خوبی در ذرات آنها به یکدیگر مشاهده می‌گردد. همان گونه که شکل‌های کپسول‌های افقی نشان می‌دهد حتی زمانی که کپسول در حالت شیب‌دار قرار گرفته است ماده خاموش‌کننده در داخل کپسول به‌صورت یکنواخت در سرتاسر آن پخش نشده است و این می‌تواند مربوط به حالت پودر که شبیه سیال عمل نمی‌کند باشد.

با استفاده از این تصاویر مشخص می‌گردد که یکی از بخش‌های چگال کپسول‌ها بخش اتصال شیر به مخزن اصلی است که در تمامی کپسول‌ها مشاهده می‌گردد و به صورت تیره‌تر از باقی نواحی است.

و بخش تیره دیگر که نشان‌دهنده چگالی بالا است بخش جوش حلقوی سیلندر اصلی به کلاهک کپسول است که در شکل‌ها قابل مشاهده است.

چگالی ماده داخل کپسول به اندازه‌ای است که مانع عبور پرتوی گاما می‌گردد و به‌صورت نواحی تیره درون مخزن مشاهده می‌گردد؛ ولی بخش خالی کپسول حتی با وجود بدنه فلزی کپسول به‌صورت شفاف در تصاویر پرتونگاری قابل مشاهده است و این به این دلیل است که چگالی ماه خاموش‌کننده باید به‌قدری باشد تا در زمان فشردن اهرم شیر با فشار به بیرون پخش گردد. مورد دیگر شلنگ متصل به شیر است و به دلیل چگالی بالایی که ماده پلاستیکی آن دارد به‌صورت کم‌رنگ در تصاویر قابل مشاهده است، این قسمت در حین اینکه چگالی بالایی دارد باید دارای انعطاف‌پذیری مناسبی باشد تا در موقع استفاده از کپسول خاموش‌کننده بتوان به سمت حریق آن را هدایت نمود.

کپسول شماره چهار نشان می‌دهد که ماده پرکننده با فشار زیاد به صورت گاز در داخل آن قرار گرفته است به‌طوری‌که در حالت قرارگیری افقی تصویر پرتونگاری آن فضای خالی را در آن نشان نمی‌دهد در مقایسه با سه کپسول اول.



شکل ۵) نمودارهای به دست امده از تصاویر پرتونگاری در راستای یک خط گذرنده از تصویر عمودی کپسول‌ها

نمودارهای نشان داده شده در شکل ۵ نماینده این موضوع است که اختلاف شدت ثبت شده برای کپسول‌ها از بیشترین به کمترین مربوط به کپسول‌های شماره ۲، ۳، ۱ و ۴ به ترتیب است که این تغییر بستگی به چگالی پودر داخل کپسول و ضخامت بدنه آنها دارد. و در شکل شکل ۵ نیز با توجه به ابعاد نشان داده شده کپسول‌ها، کپسول شماره ۲ دارای قطر کلی بیشتر نسبت به باقی آنها است و کپسول شماره ۴ به سبب دارا بودن کمترین قطر نسبت به سایر کپسولها تضعیف کمتری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱ نمونه سیلندر ۱ دارای قطر خارجی بیشتری نسبت نمونه ۳ است اما دارای تضعیف کمتر، و این مورد را می‌توان با فرض یکسان بودن ضخامت بدنه، به چگالی کم ماده داخل کپسول، که می‌تواند مربوط به دشارژ تدریجی و نامحسوس ماده داخل سیلندر نسبت داد.

۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه امکان استفاده از یک بخش از تجهیزات یک سیستم اسکنر محموله خودرو مبتنی بر فناوری اشعه گاما که بخش آشکارساز خطی پیکسلی آن بود برای بازرسی کپسول‌های آتش‌نشانی را بررسی می‌کند. در سامانه‌های اسکنر خودرویی واقعی از آشکارسازهای خطی یا پنلی استفاده می‌شود و بخش مولد پرتوی آن را نه یک مولد چشمه رادیو ایزوتوپی بلکه یک مولد پرتوی ایکس با شار بالا و قابلیت تنظیم انرژی آن در مقادیر مختلف تشکیل می‌دهد که هزینه این سیستم‌ها را دو چندان می‌کند و اگر از سامانه‌های آشکارسازی با قدرت تفکیک بالاتر استفاده گردد این پارامتر نیز در قیمت آنها اثر گذار خواهد بود. ولی در این مطالعه یک کار تحقیقاتی بر روی تصاویر کپسول‌های آتشنشانی از یک آشکارساز خطی موجود با قدرت تفکیک متوسط و یک چشمه رادیوایزوتوپی سزیوم-۱۳۷ استفاده شده است که هزینه چندانی ندارد. سیستم مذکور متشکل از یک واحد مولد پرتوی مبتنی بر چشمه رادیواکتیو گامازای سزیوم-۱۳۷، یک سیستم متحرک قابل‌کنترل جهت عبور دادن نمونه از مسیر عبور پرتو، و یک سامانه خطی آشکارسازی پرتوهای ایکس و گاما متشکل از ۴ ماژول آشکارسازی ۳۲ پیکسلی است. از آنجا که این واحد آشکارسازی به‌صورت خطی است؛ لذا جهت داشتن یک تصویر کلی از جسم مورد مطالعه لازم است که جسم با سرعت تنظیم شده حرکت کند که این امر توسط ریل قابل‌کنترل انجام می‌گیرد. این مطالعه شامل آزمایش سیستم بر روی ۴ نوع متفاوت از مدل‌های کپسول آتش‌نشانی و آنالیز نتایج برای ارزیابی پتانسیل آن به‌عنوان یک روش بازرسی مناسب است. نتایج نشان داد که با این سیستم و با استفاده از پرتوی گاما و آشکارساز با مشخصات بیان شده می‌تواند نقاط چگال در بدنه کپسول‌های آتش‌نشانی و وضعیت پودر داخل مخزن را با دقت خوبی مشخص نمود. نتایج نشان داد که بیشترین چگالی در تصاویر مربوط به کپسول‌ها مربوط به بخش اتصالات مربوط به کپسول‌ها و بخشی از کپسول است که ماده خاموش‌کننده در آن بخش تمرکز یافته است. یافته‌های این تحقیق پتانسیل تأثیر قابل توجهی بر حوزه ایمنی آتش‌نشانی دارد و به توسعه تکنیک‌های بازرسی پیشرفته‌تر و کارآمدتر برای کپسول‌های آتش‌نشانی کمک می‌کند. نتایج بینش‌های ارزشمندی را در مورد امکان‌سنجی استفاده از سیستم‌های اسکنر محموله خودرو مبتنی بر فناوری اشعه گاما به عنوان روشی قابل اعتماد برای بازرسی کپسول‌های آتش‌نشانی ارائه می‌کند که در نهایت ایمنی عمومی و آمادگی اضطراری را افزایش می‌دهد.

در ادامه می‌توان این قبیل بازرسی‌ها را برای انواع کپسول‌های آتش‌نشانی یا سیلندرهای گاز که موردنیاز صنایع بسیاری هستند با بهره‌گیری از مولدهای پرتوی ایکس با شار بالا و همچنین واحدهای آشکارسازی با توان تفکیک بهتر انجام داد و بینش بسیار خوبی را در مورد ساختار کپسول‌های گاز یا آتش‌نشانی به دست آورد.

۵- منابع

[1] Della-Giustina, D. E. (2014). Fire safety management handbook. CRC Press.

[2] Ponomarenko, R., Loboichenko, V., Strelets, V., Gurbanova, M., Morozov, A., Kovalov, P., ... & Kovalova, T. (2019). Review of the environmental characteristics of fire extinguishing substances of different composition used for fires extinguishing of various classes.

[3] Dieken, D. (1999). Inspection, testing and maintenance of fire protection systems at industrial plants. Process Safety Progress, 18(3), 151-155.

[4] Venkataraman, V. (2007). Maintenance engineering and management. PHI Learning Pvt. Ltd..

[5] Beattie, A. G. (1998). Acoustic Emission Test for Aircraft Halon 1301 Fire Extinguisher Bottles (No. DOT/FAA/AR-97/9). William J. Hughes Technical Center (US).

[6] https://firekingofseattle.com/services/fire-extinguishers/ultrasonic-testing

[7] Georgiou, G. A. (2007). A review of NDT techniques for transportable seamless steel gas cylinders. Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring, 49(9), 511-515.

[8] RAMADAN, S., YAACOUBI, S., & CHAUVEAU, D. The Acoustic Emission Testing: A Promising Tool for the Health Structural Monitoring of the Compressed Gas Cylinder Fully Wrapped with Composite Materials.

[9] Price, J. W., & Ibrahim, R. N. (2003). Cracking in aluminum gas cylinders: A review of causes and

protection measures. Practical Failure Analysis, 3, 47-55.
[10] https://firekingofseattle.com/services/fire-extinguishers/ultrasonic-testing
[11] Huang, W., & Zhou, Z. (2021, February). Design and Research of the Automatic Hydraulic Testing and Testing Device for Gas Cylinder. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1744, No. 2, p. 022075). IOP Publishing.
[12] EXTINGUISHER, P. F. LAWS & REGULATIONS RELATING TO PORTABLE FIRE EXTINGUISHER.
[13]https://www.classnk.or.jp/hp/ko/activities/statutory/solas/solas_treaty/fire_protection/
[14] El-wazery, M., Hassan, A., & Hassan, S. (2015). Health monitoring of welded steel pipes by vibration analysis. International Journal of Engineering, 28(12), 1782-1789.
[15] Park, K. H., Lee, Y. S., Kim, S. J., Kim, Y. H., & Park, B. C. (2017, February). Computer vision-based pressure gauge measurement for fire extinguisher inspection. In 2017 International Conference on Platform Technology and Service (PlatCon) (pp. 1-4). IEEE.
[16] Garcia-Martin, R., González-Briones, A., & Corchado, J. M. (2019). Smartfire: Intelligent platform for monitoring fire extinguishers and their building environment. Sensors, 19(10), 2390.
[17] Heinbach, J. H., & Aziz, A. (2023). Visual partial inspection of fire safety equipment using machine learning. Ruhr-Universität Bochum.
[18] Jiang, Y., Gong, J. M., & Tang, P. J. (2014). Corrosion Induced Explosion of a High-Pressure Fire-Extinguishing Gas Cylinder. Journal of Failure Analysis and Prevention, 14, 564-568.
[19] Knoll, G. F. (2010). Radiation detection and measurement. John Wiley & Sons.
[20] Ignatov, S. M., Potapov, V. N., Fedin, A. V., Chirkin, V. M., Urutskoev, L. I., Gostilo, V. V., ... & Sokolov, A. D. (1997). Scintillator-photodiode linear arrays for X-ray inspection system. MRS Online Proceedings Library, 487, 545-551.
[21] Bendahan, J. (2017). Vehicle and cargo scanning for contraband. Physics Procedia, 90, 242-255.
[22] Reiff, G., Squillante, M. R., Serreze, H. B., Entine, G., & Huth, G. C. (1982). Large area silicon avalanche photodiodes: Photomultiplier tube alternate. MRS Online Proceedings Library (OPL), 16, 131.