

بهبود عملکرد ابزار اندازه‌گیری همزمان تخلخل نوترونی و تعیین نسبت کربن به اکسیژن با استفاده از آشکارساز لانتانیم برومید لایه نشانی شده با بور به جای آشکارساز سدیم یدید

روحی، علی^(۱) - رحمانی، فائزه^(۱*) - زارع، محمدرضا^(۲)

^۱دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران، دانشکده فیزیک، گروه فیزیک هسته‌ای

^۲دانشگاه صنعتی مالک اشتر اصفهان، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، گروه فیزیک هسته‌ای

چکیده:

یکی از اندازه‌گیری‌های مورد نیاز در چاه‌پیمایی هسته‌ای در سازندهای نفتی، بررسی تخلخل آبی و نیز سنجش میزان کربن به اکسیژن (C/O) است که برای این دو هدف از دو ابزار جداگانه استفاده می‌شود. در این مقاله امکان استفاده از ابزاری واحد برای اندازه‌گیری همزمان تخلخل آبی و نسبت C/O با بکارگیری پوشش بور بر روی آشکارساز به منظور شمارش گامای 480keV بور به‌عنوان شاخص نوترون حرارتی بررسی شده است. همچنین استفاده از آشکارساز برومیدلانتانیم به جای یدیدسدیم پیشنهاد شده است. نتایج نشان می‌دهند با توجه به قدرت تفکیک مناسب آشکارساز برومیدلانتانیم می‌توان رابطه‌ای خطی را برای تعیین تخلخل بر مبنای شمارش گامای بور به دست آورد که این کار در آشکارساز یدیدسدیم امکان‌پذیر نیست.

کلمات کلیدی: چاه‌پیمایی، ابزار C/O، ابزار تخلخل سنج نوترون حرارتی، آشکارساز لایه نشانی شده با بور.

مقدمه:

ابزار نمودارگیری نوترون نخستین ابزاری است که برای اندازه‌گیری تخلخل سازند مورد استفاده قرار گرفت. مبنای اندازه‌گیری این ابزار، کند شدن نوترون سریع توسط هیدروژن به سبب داشتن جرم اندک و سطح مقطع پراکندگی بزرگ است. شمارش این توزیع نوترون‌های حرارتی و فوق حرارتی که نتیجه اندرکنش نوترون پرنرزی در سازند می‌باشد، در شناسایی ماتریس هیدروژن‌دار بسیار موثر است [۱]. یکی از چشمه‌های نوترونی رایج در نمودارگیری نفتی، مولد $D-T$ است که نوترون سریع با انرژی 14MeV تولید می‌کند. نوترون‌ها طی اندرکنش‌های کشسان و غیرکشسان کند می‌شوند که گاماهای آبی ناشی از اندرکنش غیرکشسان در کربن و اکسیژن در ابزار C/O به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری سیال نفتی مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی نوترون کند شده به نوترون حرارتی تبدیل می‌شود و ممکن است طی اندرکنش جذب پرتوزا در سازند، گاما تولید کند. با اندازه‌گیری آهنگ شمارش نوترون‌های حرارتی می‌توان مقدار

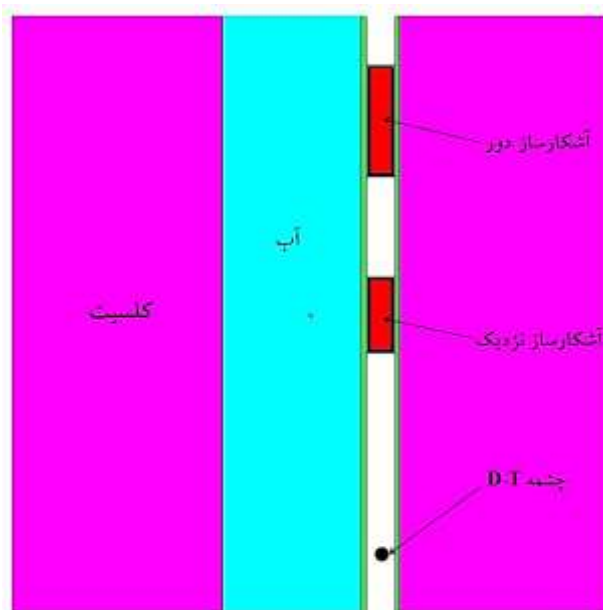
هیدورژن را در سازند تعیین کرد. به عبارتی با اندازه‌گیری کربن، اکسیژن و هیدورژن می‌توان نوع سازند نفتی و مقدار آن را مشخص نمود. برای این دو اندازه‌گیری مبتنی بر اندازه‌گیری گاما و نوترون از دو ابزار جداگانه شامل آشکارساز/آشکارسازهای گاما و نوترون استفاده می‌شود. در این مقاله برای اندازه‌گیری موارد ذکر شده (تخلخل و نسبت C/O) فقط از ابزار اندازه‌گیری گاما استفاده شده است با این تفاوت که برای آشکارسازی نوترون حرارتی، از آشکارساز گاما لایه نشانی شده با بور استفاده شده است [۲]. نوترون حرارتی با بور می‌تواند طبق رابطه (۱) اندرکنش خواهد داشت:



سطح مقطع بور در این اندرکنش 3840 بارن می‌باشد. در 94% حالات لیتیم در حالت برانگیخته است که طی واپاشی گامایی با انرژی 480 keV گسیل می‌کند [۲]. یکی از آشکارسازهای جدید با قدرت تفکیک بالای انرژی ($2/8\%$) و نیز چگالی بیشتر ($5/29$ g/cm³) برای آشکارسازی گاما، آشکارساز لانتانوم برومید است که به عنوان جایگزین سدیم یدید (قدرت تفکیک 7% و چگالی $3/67$ g/cm³) در این ابزار مورد بررسی قرار خواهد گرفت [۳].

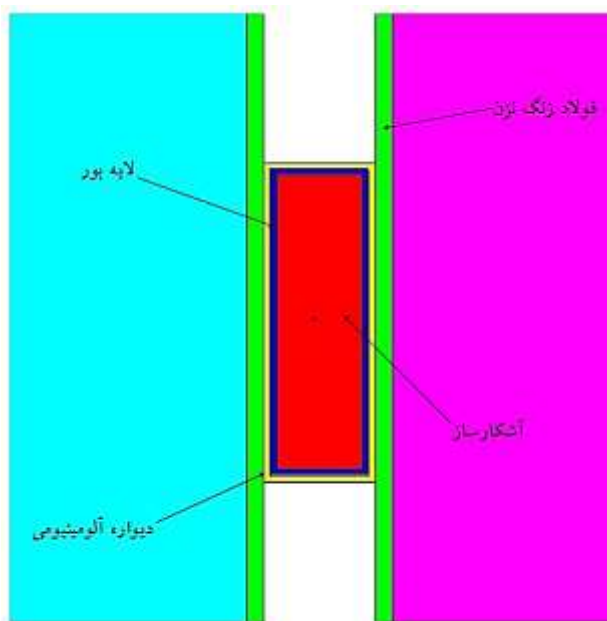
روش کار :

ابزار مورد استفاده در این روش یک ابزار نسبت کربن به اکسیژن (C/O) است. آشکارساز نزدیک دارای قطر 2 اینچ و طول 4 اینچ و آشکارساز دور دارای قطر 2 اینچ و طول 6 اینچ است که در فاصله 28 سانتی‌متر از یکدیگر قرار گرفته‌اند. دور هر آشکارساز با لایه‌ای به ضخامت 2 میلی‌متر از بور پوشیده شده است (شکل‌های ۱ و ۲). در پایین ابزار چشمه D-T به فاصله 33 سانتی‌متر از آشکارساز نزدیک واقع شده که نوترون‌هایی با انرژی 14 MeV گسیل می‌نماید. طراحی ابزار در مقاله دیگری به طور کامل بیان شده است [۲].



شکل ۱. آرایش ابزار در گمانه و سازند

دیواره‌ی سوند از جنس فولاد زنگ نزن به ضخامت ۵ میلی‌متر است که درون گمانه‌ای با شعاع ۸ اینچ و پر آب، چسبیده به دیواره‌ی گمانه قرار دارد. سازند مورد بررسی از جنس کلسیت ($CaCO_3$) می‌باشد [۲].

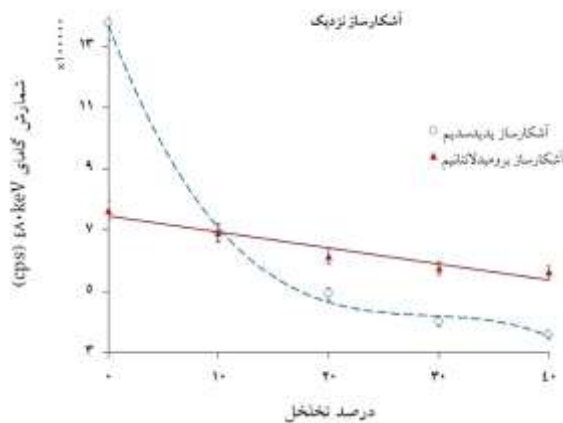


شکل ۲. نمایی نزدیک از آشکارساز داخل ابزار

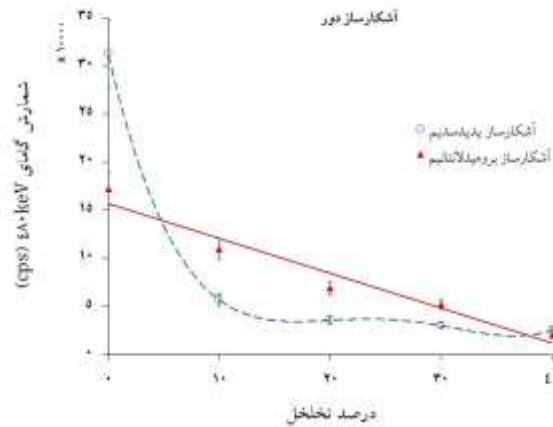
در این مقاله به جای آشکارسازهای یدیدسسیم، از آشکارساز برومیدلانتانیوم استفاده شده است.

نتایج :

شبه‌سازی ابزار برای دو حالت، یک‌بار با آشکارساز یدیدسسیم لایه‌نشانی شده با بور و بار دیگر با آشکارساز برومید لانتانیوم لایه‌نشانی شده با بور با استفاده از کد MCNP مورد بررسی قرار گرفت. برای ثبت طیف با در نظر گرفتن پهن شدگی گاوسی در دو نوع آشکارساز، براساس FWHM در انرژی‌های مختلف از کارت GEB استفاده شد [۴]. همانطور که بیان گردید، به جای شمارش مستقیم نوترون‌های حرارتی که معیاری برای تشخیص تخلخل آبی (سیال) هستند، شمارش قله گامای 480 keV ناشی از اندرکنش نوترون حرارتی رسیده به آشکارساز با ^{10}B بررسی می‌شود که با توجه به پهن‌شدگی گاوسی در هر دو نوع آشکارساز سطح زیر قله مورد ارزیابی قرار گرفت (FWHM آشکارسازهای یدیدسسیم و برومیدلانتانیوم در انرژی 480 keV به ترتیب برابر با 33 keV و 13 keV). شکل‌های ۳ و ۴ شمارش سطح زیر قله گامای 480 keV در هر آشکارساز را بر حسب تخلخل به ترتیب برای آشکارساز نزدیک و دور نشان می‌دهند که همان شمارش نوترون حرارتی است.



شکل ۳. شمارش گامای 480 keV بر حسب درصد تخلخل برای آشکارساز یدیدسسیم و برومیدلانتانیوم به عنوان آشکارساز نزدیک

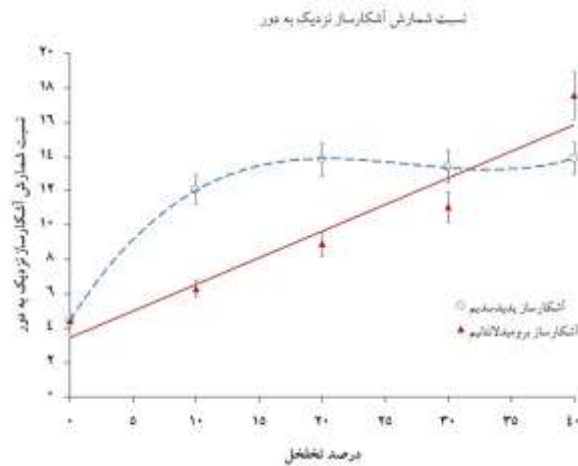


شکل ۴. شمارش گامای 480 keV بر حسب درصد تخلخل برای آشکارساز یدیدسديم و بروميدلانتانيم به عنوان آشکارساز دور

همچنین نسبت شمارش آشکارساز دور به نزدیک برای ابزار یکبار با آشکارساز یدیدسديم و یکبار بروميدلانتانيم بررسی شد.

با افزایش تخلخل نوترون‌های بیشتری در سازند کند و حرارتی می‌شوند لذا تعداد اندرکنش‌های جذب در سازند اطراف آشکارسازها نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه تعداد نوترون‌های حرارتی که به آشکارساز لایه‌نشانی شده با بور می‌رسد کاهش می‌یابد و به دنبال آن پس سطح زیر قله انرژی 480 keV با افزایش تخلخل کاهش خواهد یافت (شکل‌های ۳ و ۴).

براساس نتایج ارائه شده در شکل‌های ۳ تا ۵، شمارش گامای بور بر اثر تغییرات تخلخل در یدیدسديم رفتار خطی نیست. علت این امر قدرت تفکیک بد آشکارساز یدیدسديم است که قابلیت تفکیک شمارش مربوط به قله 511 keV را از 480 keV ندارد، لذا در برخی موارد شمارش هر دو قله به صورت شمارش یک قله در طیف ظاهر شده و رفتار شمارش گاما از حالت خطی خارج می‌شود. اما در بروميدلانتانيم به دلیل قدرت تفکیک 13 keV قله نام برده شده با هم تداخل نخواهند داشت و شمارش گامای ^{10}B براساس تخلخل خطی است.



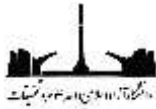
شکل ۵. نسبت شمارش گامای $480keV$ آشکارساز نزدیک به دور بر حسب تخلخل

بحث و نتیجه گیری :

در این مقاله به بررسی استفاده از آشکارساز برومیدلانتانیوم به عنوان یکی آشکارساز جدید سوسوزنی به منظور استفاده در ابزار واحد تخلخل سنج و سنجش C/O پرداخته شد. نتایج نشان دادند استفاده از این آشکارساز منجر به پاسخ‌های کاملاً خطی و سنجش دقیق‌تر نوترون حرارتی به عنوان شاخصی از تخلخل آبی خواهد شد. جواب خطی موجب قابل پیش‌بینی شدن پاسخ ابزار به تخلخل و انحراف از خطی بودن می‌تواند اثرات اختلالی چون اثر گل حفاری و ... را گزارش کند.

به عبارتی می‌توان علاوه بر اندازه‌گیری گاماها ناشی از پراکندگی غیر کشسان اکسیژن و کربن در طیف گامای هر کدام از آشکارسازها به منظور سنجش نسبت کربن به اکسیژن، همزمان بر اساس گامای $480 keV$ نوترون حرارتی را نیز به عنوان شاخص تخلخل شمارش کرد.

با توجه به چگالی بالاتر این آشکارساز در مقایسه با دیدسیدیم، امکان ثبت تمام قله در طیف برای قله‌های گامای کربن ($4/44MeV$) و اکسیژن ($6/13MeV$) در طیف گاما و سنجش C/O بهتر است.



مراجع :

- [1] J. M. singe. Darwin V.Ellis, *Well Logging for Earth Scientists*, no. 1. Springer, 2008.
- [2] W. a. Metwally, “Porosity calculations using a C/O logging tool with boron-lined NaI detectors,” *Appl. Radiat. Isot.*, vol. 69, no. 1, pp. 217–219, 2011.
- [3] P. a. Russo and D. T. Vo, “Gamma-Ray Detectors for Nondestructive Analysis,” vol. 2, pp. 1–42.
- [4] Oak Ridge National Laboratory, “MCNPX User’s Manual Version 2.4.0,” *La-Cp-02-408*, 2002.