

مقدمه

بیشتر ذخایر طبیعی سنگ معدن، غلظت بالایی از مواد معدنی یا فلزات ندارند. از این‌رو، تعیین عیار و افزایش غلظت مواد معدنی، فرآیندهایی ضروری برای تبدیل ماده خام به محصول نهایی (مانند فلزات) به‌شمار می‌روند. آنالیز فلورسانس پرتو ایکس دستی (HHXRF) می‌تواند به‌راحتی برای شناسایی عناصر موجود در نمونه‌های طبیعی با غلظت پایین استفاده شود؛ با این حال، کاربرد آن در نمونه‌های پرعیار، چالش‌های بیشتری به همراه دارد.

کاربرد دستگاه‌های XRF دستی در صنعت معدن

دستگاه‌های XRF دستی قادرند بدون نیاز به آماده‌سازی پیچیده نمونه، نتایج سریع و دقیقی از آنالیز عنصری ارائه دهند. این ویژگی در تمام مراحل فعالیت‌های معدنی، از اکتشافات اولیه تا استخراج، کنترل عیار سنگ معدن و حتی در بررسی‌های زیست‌محیطی قابل استفاده است.

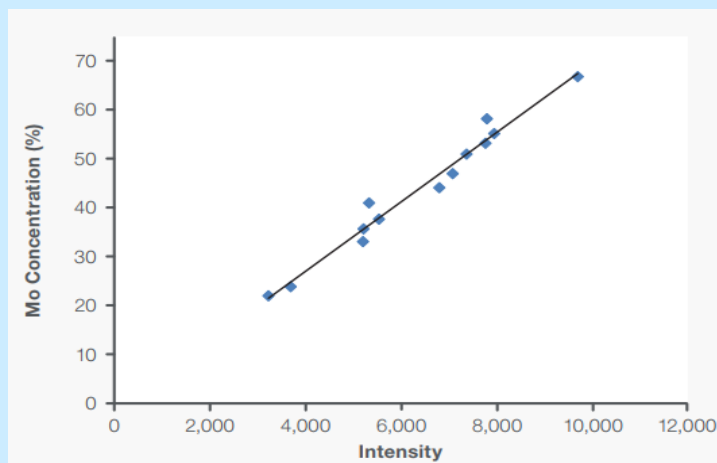
آنالیزهای دستی Thermo Scientific Niton در سراسر جهان در صنعت معدن برای اندازه‌گیری عناصر مختلف از منیزیم (Mg) تا اورانیوم (U) به کار گرفته می‌شوند. این دستگاه‌ها با داشتن حدود تشخیص (LOD) عالی و ارائه نتایج دقیق در انواع نمونه‌ها، موجب بهبود چشمگیر در سرعت جمع‌آوری داده‌ها شده‌اند.

کاربرد عملی

پس از استخراج، کانی‌های سنگ معدن به کمک روش‌های متنوع فیزیکی و شیمیایی، تغلیظ می‌شوند. این روش‌ها شامل جداسازی مکانیکی مانند غربالگری و جداسازی شیمیایی مانند فلوتاسیون و لیچینگ اسیدی است. نتیجه این فرآیندها، کنسانتره‌ای یکنواخت با ترکیب و کانی‌شناسی ساده می‌باشد. دستگاه‌های XRF دستی Niton دارای قابلیت‌های نام **UserMethod** یا **حالت کاربری** هستند که بر مبنای کالیبراسیون تجربی عمل کرده و برای تحلیل نمونه‌های پرعیار از فلزات سنگین مناسب است. (توجه: همگن بودن ترکیب نمونه، شرط مهمی برای صحت این روش است.)

در حالت معمولی دستگاه که **حالت پارامترهای بنیادی (FP)** نام دارد، نیازی به نمونه‌های استاندارد برای دستیابی به نتایج کمی نیست. با این حال، در نمونه‌های با غلظت بالای فلزات، استفاده از حالت FP می‌تواند موجب کم‌تر نشان دادن مقدار واقعی فلز شود. بنابراین، برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، توصیه می‌شود از روش **UserMethod** استفاده شود.

در این روش، داده‌ها به صورت شدت (تعداد شمارش بر ثانیه به ازای هر میکروآمپر) ثبت شده و با استفاده از مقادیر آزمایشگاهی شناخته‌شده، منحنی‌های کالیبراسیون رسم می‌شود. معادله به‌دست‌آمده از این منحنی‌ها، امکان تبدیل شدت‌های اندازه‌گیری شده به درصد وزنی یا قسمت در میلیون (ppm) را فراهم می‌کند.



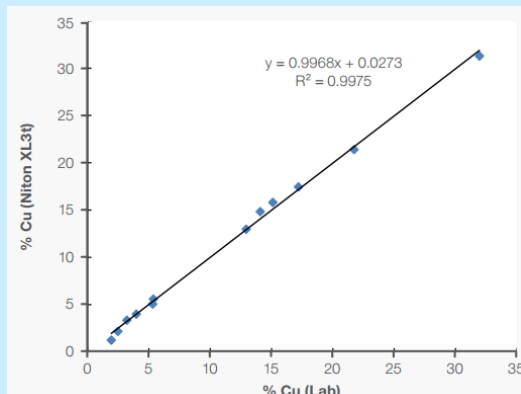
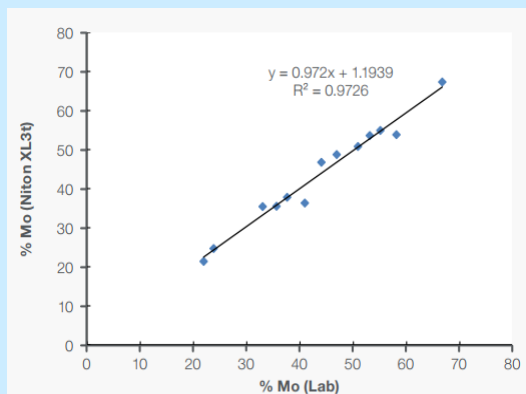
شکل ۱- نمونه ای از منحنی کالیبراسون دستگاه XRF دستی.

روش اجرا

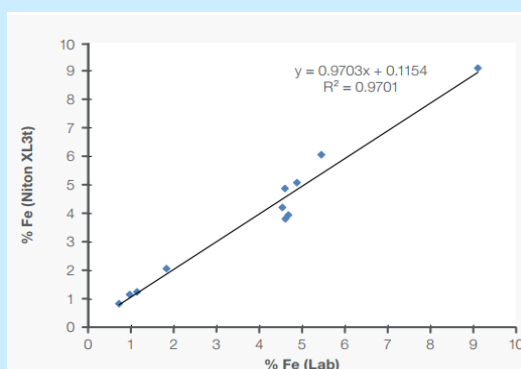
در این مطالعه، از دستگاه Thermo Scientific Niton XL3t GOLDD+ و روش UserMethod برای آنالیز نمونه‌های کنسانتره مولیبدنیت (MoS_2) استفاده شد. عیار مولیبدن در این کنسانتره‌ها بین ۲۵٪ تا ۶۵٪ متغیر بود. مقادیر مولیبدن (Mo)، آهن (Fe) و مس (Cu) در این نمونه‌ها اندازه‌گیری و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شد (مطابق شکل ۲).



شکل ۲- نمایی از دستگاه XRF دستی مدل Niton XL3t GOLDD+



شکل ۳- همبستگی داده‌های مولیبدن، مس و آهن بین دستگاه XRF دستی و آزمایشگاه در نمونه کنسانتره مولیبدنیت.



نتایج

ضریب تعیین (R^2) که میزان همبستگی نتایج با داده‌های واقعی را نشان می‌دهد، برای مولیبدن، مس و آهن به ترتیب ۰,۹۷، ۰,۹۹ و ۰,۹۷ به دست آمد. مقادیر شیب در معادله‌های خط روند، که در بازه ۰,۹۵ تا ۱,۰۵ قرار داشتند، نشان‌دهنده انحراف بسیار اندک و دقت بالای اندازه‌گیری‌ها بود.

نتیجه‌گیری

آنالیزورهای XRF دستی ابزارهایی قابل اعتماد و مؤثر برای آنالیز نمونه‌های معدنی و فلزی، از مراحل اولیه اکتشاف تا کنترل عیار نهایی هستند. برای نمونه‌های پرعیار فلزات سنگین، استفاده از روش UserMethod نسبت به کالیبراسیون بدون استاندارد مزایای بیشتری دارد و می‌تواند نتایج دقیق‌تری ارائه دهد؛ به‌ویژه در تحلیل کنسانتره‌هایی مانند مولیبدن یا سرب. با بارگذاری UserMethod بر روی دستگاه، نتایج آنالیز به‌صورت آنی نمایش داده شده و امکان کنترل دقیق کیفیت در خطوط تولید فراهم می‌شود.