



مقدمه

آهن (Fe) پرکاربردترین فلز روی زمین است و چهارمین عنصر فراوان در پوسته زمین به حساب می‌آید. چون آهن غلظت بالایی دارد و کانی‌های اکسیدی آن، به‌ویژه مگنتیت، خاصیت مغناطیسی دارند، شناسایی و استخراج آن نسبت به دیگر فلزات ساده‌تر است. یکی از نکات مهم در استخراج سنگ آهن، وجود عناصر ناخالصی مثل فسفر (P) و آلومینیوم (Al) است که می‌توانند کیفیت محصول نهایی را پایین بیاورند.

کاربرد دستگاه‌های XRF قابل حمل

دستگاه‌های فلورسانس پرتو ایکس (XRF) قابل حمل، ابزارهایی بسیار مؤثر در شناسایی و بررسی ذخایر سنگ آهن هستند. همچنین این دستگاه‌ها می‌توانند عیار عناصر ناخالصی مثل P و Al را هم اندازه‌گیری کنند. چون این عناصر در غلظت‌های پایین وجود دارند، نیاز به دقت زیادی هست. دستگاه‌های Thermo Scientific با داشتن قابلیت "فیلتر نوری" برای تشخیص این عناصر سبک طراحی شده‌اند.

XRF قابل حمل چیست؟

تکنولوژی XRF قابل حمل، روشی سریع، دقیق و قابل اعتماد برای آنالیز عناصر در نمونه‌های مختلف معدنی است، بدون اینکه نیاز زیادی به آماده‌سازی پیچیده نمونه‌ها باشد. این دستگاه‌ها می‌توانند در مراحل مختلف معدن‌کاری، از اکتشاف اولیه تا کنترل کیفیت نهایی، استفاده شوند.



شکل (۱) نمونه پالپ RC به‌طور ملایمی فشرده می‌شود تا سطحی صاف برای انجام آنالیز فراهم شود.

روش آزمایش

در این تحقیق، ۳۵ نمونه حفاری از نوع RC با دستگاه XRF مدل Niton XL3t آنالیز شدند. در این روش، با استفاده از مته و هوای فشرده، تکه‌سنگ‌هایی استخراج شده و آن‌ها را برای آنالیز آماده می‌کنند. بخشی از نمونه‌ها به‌صورت تراشه و بخشی به‌صورت پودر بودند.

برای افزایش دقت، دستگاه قبل از اندازه‌گیری کالیبره شد. زمان اسکن برای هر نمونه بین ۱۰ تا ۴۰ ثانیه متغیر بود و از فیلترهای مختلف برای بررسی عناصر مختلف استفاده شد.

Sample Type	Fe	Mn	Ti	Si	Al
Pile	0.8910	0.6912	0.9388	0.8251	0.8453
Pulp	0.9957	0.9976	0.9892	0.9903	0.8945

جدول ۱: ضریب همبستگی (R^2) بین نتایج آنالیز دستگاه XRF مدل Niton XL3t و داده‌های آزمایشگاهی.

نتایج

در این آزمایش، میزان شباهت بین نتایج دستگاه XRF و آزمایشگاه با استفاده از ضریب همبستگی (R^2) بررسی شد. هرچه این عدد به ۱ نزدیک‌تر باشد، یعنی نتیجه دقیق‌تر است.

داده‌ها نشان دادند که نمونه‌های پودر شده (پالپ) دقت خیلی بیشتری دارند. برای مثال، ضریب R^2 برای آهن در نمونه پالپ برابر با ۰.۹۹۵۷ بود، در حالی که برای نمونه توده‌ای فقط ۰.۸۹۱ بود.

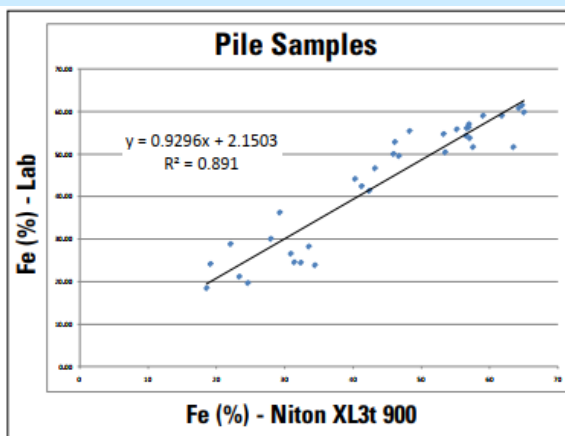
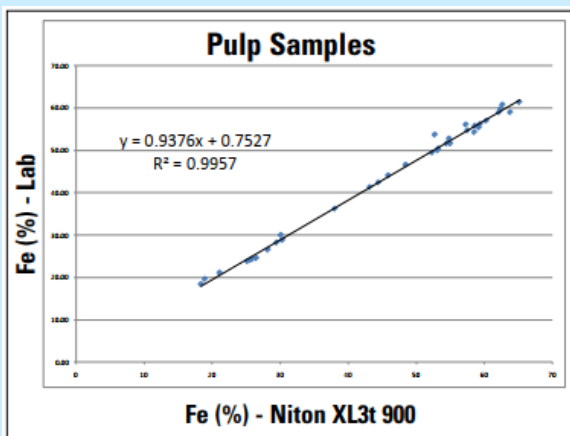


۳۵ نمونه حفاری دورانی معکوس (RC) در محل با استفاده از دستگاه XRF مدل Niton XL3t از شرکت Thermo Scientific آنالیز شدند

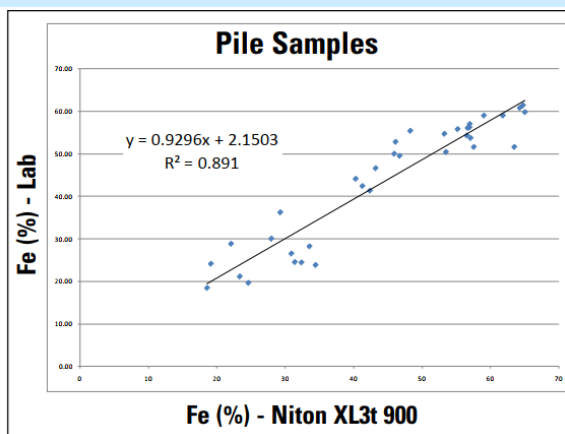
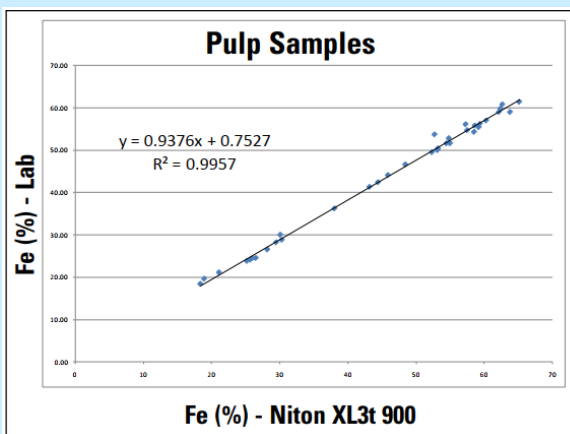
جمع‌بندی

نتایج نشان می‌دهند که دستگاه XRF قابل حمل ابزار مناسبی برای آنالیز سریع، دقیق و کم‌هزینه در معادن سنگ آهن است. این دستگاه‌ها می‌توانند به متخصصان معدن کمک کنند تا در لحظه تصمیم‌گیری کنند و نیاز کمتری به ارسال نمونه به آزمایشگاه داشته باشند.

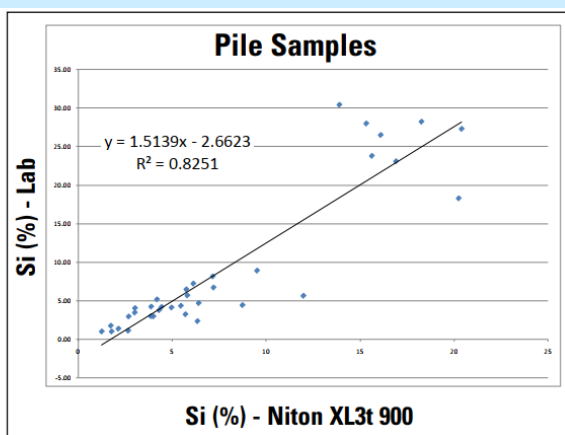
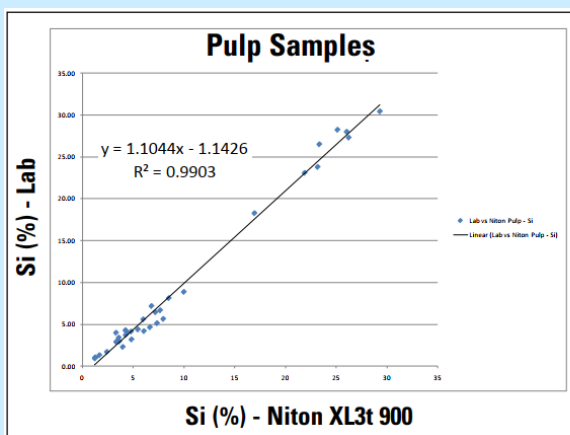
همچنین، اگر نمونه‌ها بهتر آماده‌سازی شوند (مثل پودر شدن)، دقت آنالیز بالاتر می‌رود. شرکت Thermo ابزارهای مخصوص آماده‌سازی نمونه را هم ارائه می‌دهد که برای شرایط میدانی طراحی شده‌اند.



شکل ۲) همبستگی بین مقادیر آهن (Fe) اندازه‌گیری شده با دستگاه XRF قابل حمل و نتایج آزمایشگاهی در نمونه‌های توده‌ای و پالپ آماده‌شده. توجه شود که مقدار R^2 در نمونه‌های پالپ آماده‌شده به‌طور قابل توجهی بهبود یافته است



شکل ۳) همبستگی بین مقادیر آلومینیوم (Al) اندازه‌گیری شده با دستگاه XRF قابل حمل و نتایج آزمایشگاهی در نمونه‌های توده‌ای و پالپ آماده‌شده.



شکل ۴) همبستگی بین مقادیر سیلیس (Si) اندازه‌گیری شده با دستگاه XRF قابل حمل و نتایج آزمایشگاهی در نمونه‌های توده‌ای و پالپ آماده‌شده.

Thermo Scientific X-RAY ENERGY REFERENCE

Key to Energy Values: K_{α} , K_{β} , L_{α} , L_{β}

Elements listed include: H, He, Li, Be, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Xe, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr.

Legend:
 Requires GDL technology for metal alloys
 Requires GDL technology for mining & materials study

عناصر خاکی کمیاب (REE) که با استفاده از دستگاه‌های Niton XL3t یا Niton XLp 522K قابل اندازه‌گیری هستند.

عناصر خاکی کمیاب سنگین (HREE) که دستگاه آنالیز Niton XLp پشتیبانی می‌کند.

دستگاه‌های XRF مدل Niton از شرکت Thermo Scientific انتخاب مناسبی برای اندازه‌گیری عناصر کمیاب سبک و سنگین هستند و نتایج قابل اعتمادی برای طیف گسترده‌ای از گروه‌های عناصر کلیدی در اکتشاف معدنی ارائه می‌دهند.