



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۱۵۷

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

21157

1st.Edition

2016

خصوصیات پسماند - آزمون ایستا برای  
اندازه‌گیری پتانسیل اسیدی و پتانسیل  
خنثی‌سازی پسماند سولفیدی

**Characterization of waste - Static test for  
determination of acid potential and  
neutralisation potential of sulfidic waste**

ICS:13.030.10

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«خصوصیات پسماند – آزمون ایستا برای اندازه‌گیری پتانسیل اسیدی و پتانسیل خنثی‌سازی پسماند

سولفیدی»

### رئیس:

احمدی مقدم، مهدی  
(دکتری مهندسی محیط زیست)

### سمت و/یا نمایندگی

هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی  
شاپور اهواز

### دبیر:

قمی، متینه  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

### اعضاء: ( اسامی به ترتیب حروف الفبا )

آذریان، علی‌رضا  
(فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)

کارشناس مسئول حفاظت محیط زیست  
اداره محیط زیست اهواز

احمدپور، الهام  
(فوق لیسانس آب و فاضلاب)

کارشناس معاونت بهداشت

ارزانی، بهاره  
(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

کارشناس شرکت کیمیاکنکاش جندی شاپور

بهریزی، بهاره  
(لیسانس مهندسی شیمی)

نماینده علمی شرکت دارویی سینا گستر

بهنود، رضا  
(دکتری مهندسی شیمی)

کارشناس HSD مناطق نفت خیز جنوب

خلقتی، نوشین  
(فوق لیسانس فیتوشیمی)

کارشناس

سعادت، سجاد  
(فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)

کارشناس شهرداری اهواز

کارشناس HSD مناطق نفت خیز جنوب

مرادی، رضا  
(فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)

کارشناس آزمایشگاه شیمیایی نفت  
مسجدسلیمان

مکوندی، علی  
(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

هیات علمی پژوهشکده تکنولوژی تولید  
جهاددانشگاهی

گل محمدی، حامد  
(دکتری شیمی تجزیه)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

نقدی، تینا  
(دکتری شیمی تجزیه)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
ز	مقدمه
۱	هدف و دامنه کاربرد ۱
۱	مراجع الزامی ۲
۲	اصطلاحات و تعاریف ۳
۳	اصول آزمون ۴
۴	مواد و/ یا واکنشگرها ۵
۴	وسایل ۶
۴	نمونه برداری و آماده سازی نمونه ۷
۶	روش انجام آزمون ۸
۱۱	محاسبه نسبت پتانسیل خنثی سازی به پتانسیل خنثی سازی خالص ۹
۱۳	گزارش آزمون ۱۰
۱۴	پیوست الف (اطلاعاتی) نمونه ای از برگه اطلاعات برای ثبت نتایج آزمون مطابق بند ۸-۲-۳ ۱۱
۱۵	پیوست ب (اطلاعاتی) عملیات و کاربردهای آزمون: تاثیر پارامترها ۱۲
۲۰	پیوست پ (اطلاعاتی) ویژگی ترکیبات گوگرد ۱۳
۲۳	پیوست ت (اطلاعاتی) توضیح فرمول های استفاده شده ۱۴
۲۵	پیوست ث (اطلاعاتی) کتاب نامه ۱۵

## پیش گفتار

استاندارد "خصوصیات پسماند- آزمون ایستا برای اندازه‌گیری پتانسیل اسیدی و پتانسیل خنثی‌سازی پسماند سولفیدی" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط شرکت زرگستر روبینا تهیه و تدوین شده است و در یکصد و شانزدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود ، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

BS EN 15875: 2011, Characterization of waste - Static test for determination of acid potential and neutralisation potential of sulfidic waste

## مقدمه

این استاندارد ابتدا برای حمایت از اجرای رهنمود 2006/21/EC کمیسیون اروپایی و شورای مدیریت پسماند حاصل از صنایع استخراجی، به‌ویژه مرتبط با الزامات فنی برای مشخصات پسماندهای حاوی سولفید که ممکن است در معرض هوا، سولفوریک اسید تولید کنند، توسعه یافته است.

روش‌های آزمون تعیین رفتار تولید اسید را می‌توان به آزمون‌های ایستا و سینتیکی تقسیم‌بندی کرد. آزمون ایستا، اغلب نسبتاً سریع انجام می‌شود اما فقط اطلاعات کلی براساس کل ترکیب ماده پسماند ارائه می‌دهد. آزمون سنتیکی اطلاعات با جزئیات بیشتری براساس سرعت واکنش تحت شرایط مشخص شده ارائه می‌دهد. این استاندارد فقط آزمون ایستا را در بر می‌گیرد.

کاربرد این استاندارد ممکن است به تنهایی برای اندازه‌گیری پتانسیل واقعی در محیط برای تشکیل زهاب اسیدی کافی نباشد، چون شرایط ویژه محل بر رفتار در محیط اثر گذاشته و به ارزیابی با جزئیاتی بیشتری را نیاز دارد.

برای انجام ارزیابی دقیق‌تر پتانسیل تولید اسید و ظرفیت بافری، اطلاعات معدن‌شناسی لازم است. تعدادی از موارد خاص را می‌توان شناسایی کرد؛ مانند حضور سولفات (مثل سنگ گچ)، سولفیدها یا کربنات‌هایی که اسید تولید نمی‌کنند و ظرفیت بافری ندارند. رفتار خنثی‌سازی اسید به‌دست آمده با روش‌های دیگر، می‌توانند اطلاعات اضافی در مورد چگونگی عدم قطعیت ارائه دهند.

## خصوصیات پسماند - آزمون ایستا برای اندازه‌گیری پتانسیل اسیدی و پتانسیل خنثی‌سازی پسماند سولفیدی

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی نوشته نشده است. در صورت وجود چنین مواردی مسئولیت برقراری شرایط ایمنی و سلامتی مناسب و تعیین قابلیت اجرای محدودیت‌ها قبل از استفاده بر عهده کاربر این استاندارد است.

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای اندازه‌گیری پتانسیل مواد حاوی سولفید برای تشکیل زهاب اسیدی است. روش‌هایی هم برای اندازه‌گیری پتانسیل اسیدی (AP)<sup>۱</sup> و پتانسیل خنثی‌سازی (NP)<sup>۲</sup> ماده مشخص شده است. از این نتایج، پتانسیل خنثی‌سازی خالص (NNP)<sup>۳</sup> و نسبت پتانسیل خنثی‌سازی (NPR)<sup>۴</sup> محاسبه می‌شود.

این استاندارد برای همه پسماندهای حاوی سولفید صنایع استخراجی با pH پایین‌تر از ۲ شامل پسماندهای شرح داده شده در مرحله اول روش کار در بند ۸-۲-۳، کاربرد دارد.

### ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدارکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۵۰۰۲: سال ۱۳۸۴؛ الک‌های آزمون - الزامات فنی و آزمون - قسمت اول: الک‌های آزمون با تور سیمی فلزی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۲۰: سال ۱۳۸۸؛ کیفیت خاک - تعیین سولفور کل به روش احتراق خشک

---

1- Acid potential

2- Neutralisation potential

3- Net neutralization potential

4- Neutralisation potential ratio



۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۶۴۸: سال ۱۳۸۹؛ کیفیت خاک - آماده‌سازی نمونه‌ها به روش منجمد - خشک کردن برای تجزیه های ثانوی

2-4 EN 13137:2001, Characterization of waste- Determination of total organic carbon (TOC) in waste, sludgesand sediments

2-5 EN 14346, Characterization of waste- Calculation of dry matter by determination of dry residue or water content

2-6 EN 14582, Characterization of waste- Halogen and sulfur content — Oxygen combustion in closed systemsand determination methods

2-7 EN 14899, Characterization of waste- Sampling of waste materials — Framework for the preparation and application of a Sampling Plan

2-8 EN 15002, Characterization of waste- Preparation of test portions from the laboratory sample

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۳

#### نمونه آزمایشگاهی

نمونه فرستاده شده یا دریافت شده توسط آزمایشگاه است.

۲-۳

#### نمونه آزمون

نمونه تهیه شده از نمونه آزمایشگاهی، که به منظور آزمون یا آنالیز، آزمون از آن برداشته می‌شود.

۳-۳

#### آزمون

مقدار مناسب ماده برای اندازه‌گیری غلظت یا دیگر مشخصات مد نظر که از نمونه آزمون تهیه می‌شود.

یادآوری- در صورتی که به آماده‌سازی نمونه (مانند نمونه‌های با یکنواختی و اندازه مناسب ذرات) نیاز نباشد، آزمون می‌تواند مستقیماً از نمونه آزمایشگاهی گرفته شود.

۴-۳

#### پتانسیل اسیدی (AP)

حداکثر پتانسیل تولید اسید حاصل از یک نمونه با فرض این‌که تمام گوگرد به‌صورت پیریت<sup>۱</sup> بوده و اسیدیته، نتیجه اکسایش کامل آن می‌باشد.

---

1- Pyrite

۵-۳

### پتانسیل خنثی سازی (NP)

ظرفیت یک نمونه برای خنثی کردن اسیدیته تولید شده، می باشد.

۶-۳

### نرخ کربنات (CR)<sup>۱</sup>

مقدار کربنات نمونه مورد استفاده برای تعیین حجم اسید اضافه شده در طول روش آزمون می باشد.

یادآوری- در این استاندارد، نرخ کربنات برای تعیین حجم اسید افزوده شده طی روش آزمون در بند ۸-۲-۳ شرح داده شده است.

۷-۳

### پتانسیل خنثی سازی خالص (NNP)

اختلاف بین پتانسیل خنثی سازی و پتانسیل اسیدی می باشد.

۷-۳

### نسبت پتانسیل خنثی سازی (NPR)

نسبت پتانسیل خنثی سازی و پتانسیل اسیدی می باشد.

## ۴ اصول آزمون

این روش آزمون شامل چهار مرحله است:

۱-۴ اندازه گیری گوگرد کل به وسیله بمب (استاندارد EN 14582) یا احتراق در دمای بالا (استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۲۰) و محاسبه پتانسیل اسیدی (AP). به جای گوگرد کل، می توان سولفیدها را با استفاده از روش های شرح داده شده در پیوست پ تعیین کرد.

۲-۴ اندازه گیری مقدار کربنات به وسیله احتراق خشک (استاندارد EN 13137، روش A) به منظور به دست آوردن نرخ کربنات.

۲-۴ اندازه گیری پتانسیل خنثی سازی (NP) با افزودن هیدروکلریک اسید تا رسیدن به pH معادل ۲ تا ۲٫۵ و تیتراسیون برگشتی با سدیم هیدروکسید تا رسیدن به pH معادل ۸٫۳ بعد از ۲۴ ساعت واکنش.

۳-۴ محاسبه پتانسیل خنثی سازی خالص (NNP) و نسبت پتانسیل خنثی سازی (NPR) براساس AP و NP.

AP و NP به صورت مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم بیان می شوند. ضریب تبدیل برای تبدیل نتایج به هم ارزشی کربنات ( $CaCO_3$ ) بر حسب کیلوگرم بر زمان ارائه شده است.

## ۵ مواد و / یا واکنشگرها

- ۱-۵ آب مقطر یا آب یونزدایی شده
- ۲-۵ هیدروکلریک اسید (با درجه خلوص تجزیه‌ای)، با غلظت 1 mol / ۱
- ۳-۵ سدیم هیدروکسید (با درجه خلوص تجزیه‌ای)، با غلظت 0.۱ mol / 1

## ۶ وسایل

- ۱-۶ ترازوی تجزیه‌ای، با درستی 0.۰۵ g
- ۲-۶ بطری‌ها یا ظروف (با ظرفیت 250 ml)، از جنس ماده بی‌اثر مانند شیشه یا پلی اتیلن با دانسیته بالا (HDPE)<sup>۱</sup> یا پلی پروپیلن (PP)<sup>۲</sup> و دارای درپوش از جنس ماده بی‌اثر (مانند پلی تترا فلئورو اتیلن (PTFE)<sup>۳</sup>). شستشوی ظروف الزامی است. هنگام استفاده از مگنت در همزن (بند ۴-۶ را ببینید)، استفاده از یک ظرف یا بطری آزمون ته صاف به منظور اطمینان از اختلاط مناسب، ضروری است.
- ۳-۶ تجهیزات کاهش اندازه، مانند سنگ شکن فکی<sup>۴</sup>، آسیاب چرخشی دوار<sup>۵</sup>، آسیاب گلوله‌ای یا وسیله مشابه
- ۴-۶ وسیله همزن یا وسیله همزن مغناطیسی، به همراه مگنت پوشش داده شده با PTFE. قسمت‌هایی که با نمونه و واکنشگرها تماس دارد، باید از موادی مانند شیشه یا PTFE ساخته شود تا باعث ایجاد خطا در نتایج آزمون نگردد.
- ۵-۶ pH متر، با درستی اندازه‌گیری حداقل  $\pm 0.05$
- ۶-۶ تقسیم کننده نمونه، مانند جداکننده دوار یا تقسیم کننده خمیده<sup>۶</sup>
- ۷-۶ الک، مطابق الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱-۵۰۰۲، با اندازه منافذ 0.۱۲۵ mm

## ۷ نمونه برداری و آماده‌سازی نمونه

### ۱-۷ نمونه آزمایشگاهی

به منظور تهیه یک نمونه آزمایشگاهی نماینده، نمونه برداری را مطابق استاندارد EN 14899 انجام دهید. جرم نمونه آزمایشگاهی باید حداقل 1 kg (جرم خشک) باشد.

- 
- 1- High density polyethylene (HDPE)  
2- Polypropylene (PP)  
3- Polytetrafluoroethylene  
4- Jaw crusher  
5- Rotary swing mill  
6- Riffle divider

**یادآوری** - جرم نمونه آزمایشگاهی به همگنی و حداکثر اندازه ذرات آن بستگی دارد. اطلاعات بیشتر در مورد جرم‌های نمونه را می‌توان از استاندارد EN 15002 به دست آورد.

## ۲-۷ نمونه آزمون

٪ ۹۵ نمونه آزمون باید اندازه ذره کوچک‌تر از ۰٫۱۲۵ mm داشته باشد. برای ماده دارای اندازه ذرات بزرگ‌تر، باید مطابق دستورکار زیر عمل شود:

نمونه آزمایشگاهی را مطابق استاندارد EN 15002 تا اندازه ذرات کم‌تر از ۲ mm خرد کنید. با استفاده از یک تقسیم‌کننده مناسب (بند ۶-۶) یا با استفاده از مخلوط کردن و تقسیم به چهار قسمت، یک نمونه فرعی از ماده خرد شده، بردارید. سپس حدود ۱۰۰ g نمونه فرعی را آسیاب کنید تا ٪ ۹۵ ذرات کوچک‌تر از ۰٫۱۲۵ mm شود.

قبل از الک شدن و/یا خرد کردن ماده مرطوب، آن را خشک کنید. به منظور جلوگیری از واکنش‌های ناخواسته، دمای خشک کردن نباید از ۴۰ °C بیشتر شود. به علاوه، به طور جایگزین می‌توان مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۶۴۸، از خشکاندن انجمادی<sup>۱</sup> استفاده کرد.

ماده خرد شده ممکن است به محض ذخیره‌سازی، به دلیل فرسودگی سطوح تازه، تغییر کند. بنابراین توصیه می‌شود ماده تا حد امکان بلافاصله بعد از خرد شدن، مورد آزمون قرار گیرد. در صورت نیاز به ذخیره‌سازی کوتاه مدت، باید ماده خرد شده، در محل سرد و تاریک نگهداری شود. برای نگهداری بلند مدت نمونه، باید ماده قبل از نگهداری به منظور جلوگیری از واکنش‌های تولید اسید خشک شود (در دماهای حداکثر ۴۰ °C)

## ۳-۷ اندازه‌گیری باقی‌مانده خشک نمونه

کل نمونه آزمون، مطابق معیارهای اندازه بند ۲-۷، نباید بیش از حد خشک شود. باقی‌مانده خشک ( $W_{dr}$ ) آزمون باید مطابق استاندارد EN 14346 در یک آزمون جداگانه اندازه‌گیری شود.

باقی‌مانده خشک باید در دمای  $(105 \pm 5) ^\circ C$  مطابق استاندارد EN 14346 اندازه‌گیری شود و به صورت کسر جرمی برحسب درصد بیان شده و مطابق رابطه ۱ محاسبه شود:

$$w_{dr} = 100 \times \frac{m_d}{m_w} \quad (1)$$

که در آن:

$w_{dr}$  باقی‌مانده خشک نمونه، به صورت کسر جرمی برحسب درصد؛

$m_d$  جرم بعد از خشک کردن برحسب گرم؛

---

1-Freeze dring

$m_w$  جرم نمونه قبل از خشک کردن و پس از آماده سازی مقدماتی نمونه مطابق بند ۷-۲، برحسب گرم می باشد.

#### ۷-۴ اندازه گیری پتانسیل خنثی سازی آزمون

یک آزمون نماینده مطابق استاندارد EN 15002 تهیه کنید.

جرم آزمون  $M_w$ ، مورد استفاده برای آزمون را مطابق رابطه ۲ بر حسب گرم محاسبه کنید:

$$M_w = \frac{M_d}{W_{dr}} \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

$M_d$  جرم خشک آزمون، برحسب گرم؛

$M_w$  جرم آزمون، برحسب گرم می باشد.

#### ۸ روش انجام آزمون

##### ۸-۱ اندازه گیری پتانسیل اسیدی

##### ۸-۱-۱ کلیات

پتانسیل اسیدی (AP) می تواند بر مبنای اندازه گیری گوگرد کل یا گوگرد سولفیدی اندازه گیری شود. آنالیز گوگرد کل یک روش اثبات شده مناسب است که امکان انجام آن به صورت خودکار وجود دارد که این امر باعث کوتاه شدن زمان های آنالیز می شود. بنابراین اندازه گیری گوگرد کل را می توان به صورت یک روش پیش فرض در نظر گرفت که در بند ۸-۱-۲ شرح داده شده است. اگر از طریق کانی شناسی یا آنالیز شیمیایی، نشان داده شود که بخش های قابل توجهی از گوگرد کل به صورت سولفات است، پس یک AP مناسب تر (واقعی) با آنالیز گونه های گوگرد (بند ۸-۱-۳ را ببینید) به دست می آید.

**یادآوری** - منبع اصلی اسیدیته، اکسایش سولفیدها است. گوگرد کل به عنوان یک تخمین محافظه کارانه از مقدار سولفید استفاده می شود. اگر بخش قابل توجهی از گوگرد کل سولفات شده، این کار منجر به یک تخمین اضافی قابل توجه AP خواهد شد، در صورتی یک ارزیابی واقعی تر به دست می آید که تعیین AP براساس مقدار سولفید باشد.

##### ۸-۱-۲ مقدار گوگرد کل

مقدار گوگرد کل به روش احتراق در بمب مطابق استاندارد EN 14582 یا احتراق در دمای بالا مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۲۰، تعیین می شود.

روش بمب احتراقی که در استاندارد EN 14582 شرح داده شده، معمولاً در هنگام آنالیز نمک های معدنی، بازیابی های بالایی ارائه می دهد. با این حال، بسته به ماده مورد آنالیز، باید ترکیبات معدنی خالص مناسب با پیوندهای گوگردی مشابه، برای آزمون نرخ های بازیابی، استفاده شوند.

هنگام استفاده از روش‌های احتراق در دمای بالا، به‌منظور تشخیص تمام ترکیبات گوگردی شامل سولفات‌های معدنی پایدار در برابر دما (مانند کلسیم سولفات) انتخاب شرایط عملیاتی مناسب آنالیز ضروری است. این کار می‌تواند با افزایش دما (مثلاً حداکثر تا  $1500^{\circ}\text{C}$ ) یا استفاده از کپسول‌های قلع (که طی یک واکنش گرمازا سوخته و دماهای بالایی را ایجاد می‌کند) انجام گیرد. همچنین از آنجایی که این ترکیبات پایدار آهسته‌تر واکنش می‌دهند، ممکن است مدت زمان اندازه‌گیری افزایش یابد. کالیبراسیون باید با استفاده از کالیبره‌کننده‌های دارای گستره غلظت گوگرد مشابه ماده مورد آنالیز، انجام شود.

### ۳-۱-۸ تعیین گونه‌های گوگرد

هدف اصلی انواع آنالیزهای انجام شده، تعیین سولفیدهای عمدتاً به‌صورت پیریت می‌باشد. این کار را می‌توان با اندازه‌گیری مستقیم پیریت یا با کم کردن گوگرد سولفاتی از مقدار گوگرد کل (با فرض این‌که دیگر گونه‌های گوگرد مانند گوگرد عنصری وجود ندارند) انجام داد. انتخاب روش مستقیم یا غیرمستقیم به ترکیبات معدنی نمونه بستگی دارد.

استانداردهای CEN یا ISO برای اندازه‌گیری گونه‌های گوگرد (سولفات، سولفید، دی‌سولفید و گوگرد) در پسماند شرح داده شده در این استاندارد وجود ندارد. با این وجود، راهنمایی در این زمینه در پیوست پ ارائه شده است.

**یادآوری-** بعضی از سولفیدها در AP شناسایی نمی‌شوند و فقط از طریق شناسایی دقیق‌تر مانند کانی‌شناسی می‌تواند سنجیده شود.

### ۴-۱-۸ محاسبات

پتانسیل اسیدی (AP) بر مبنای مقدار گوگرد (گوگرد کل یا گوگرد سولفیدی) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

**یادآوری-** محاسبه پتانسیل اسیدی با فرض این‌که گوگرد کل به‌صورت پیریت می‌باشد:

الف- به‌صورت مقدار  $\text{H}^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم با استفاده از رابطه ۳ بیان می‌شود.

$$AP = 0.625 \times W_s \quad (3)$$

که در آن:

0.625 ضریب تبدیل (با در نظر گرفتن ضریب تبدیل واحدها و این‌که ۱ مول گوگرد به شکل پیریت، ۲ مول  $\text{H}^+$  تولید می‌کند) (برای توضیح بیشتر، پیوست ت را ببینید)؛

$W_s$  مقدار گوگرد (گوگرد کل یا گوگرد سولفیدی) به‌صورت کسر جرمی بر حسب درصد می‌باشد.

ب- به‌صورت تعداد هم‌ارزهای کربنات ( $\text{CaCO}_3$ ) بر حسب کیلوگرم بر تن (kg/t) با استفاده از رابطه ۴ بیان می‌شود

$$AP = 31.25 \times W_s \quad (1)$$

که در آن:

31.25 ضریب تبدیل (نسبت جرم‌های مولکولی کربنات کلسیم (100 g/mol) و گوگرد (32 g/mol)) (برای توضیح بیشتر، پیوست ت را ببینید)؛

$W_s$  مقدار گوگرد (گوگرد کل یا گوگرد سولفیدی) به صورت کسر جرمی بر حسب درصد می‌باشد.

**یادآوری** - مقادیر AP و NP به صورت مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم را می‌توان با ضرب کردن در 50، به صورت تعداد هم‌ارزهای کربنات ( $CaCO_3$ ) بر حسب کیلوگرم بر تن بیان کرد. همچنین AP و NP بیان شده به صورت تعداد هم‌ارزهای کربنات ( $CaCO_3$ ) بر حسب کیلوگرم بر تن را می‌توان با ضرب کردن در 0.02، به مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم تبدیل کرد.

## ۲-۸ اندازه‌گیری پتانسیل خنثی‌سازی

### ۱-۲-۸ کلیات

مقدار اسید افزوده شده به منظور آزمون، بر روی نتایج به دست آمده، تعیین کننده است. بنابراین، مقدار کربنات ابتدا برای ارائه نرخ کربنات اندازه‌گیری می‌شود. به این منظور، افزودن هیدروکلریک اسید مورد نیاز، از جدول ۱ به دست می‌آید.

### ۳-۲-۸ نرخ کربنات

مقدار کربنات را با پیروی از روش کار بیان شده در روش A استاندارد EN 13137، اندازه‌گیری کنید. مقدار کربن کربنات به دست آمده از استاندارد EN 13137 (که "کربن معدنی" نامیده می‌شود) به صورت کسر جرمی بر حسب درصد بیان می‌شود، که به عنوان نرخ کربنات در بند ۳-۲-۸ استفاده می‌شود (برای توضیح بیشتر پیوست ت را ببینید).

### ۳-۲-۸ پتانسیل خنثی‌سازی

آزمونه،  $M_w$ ، متناظر با  $(210 \pm 0.10)$  g از جرم خشک ( $M_d$ ) را در یک ظرف یا بطری آزمون (بند ۲-۶) وزن کنید. وزن دقیق نمونه را ثبت کنید.  $ml (90 \pm 5)$  آب یون زدایی شده (بند ۵-۱) اضافه کنید. مخلوط کردن را با استفاده از وسیله هم‌زن مناسب (بند ۴-۶) شروع کنید. دما را در کل مدت زمان آزمون در  $(20 \pm 5) ^\circ C$  نگه دارید.

**یادآوری** - بعضی از مواد ممکن است در هنگام تماس با آب در شرایط اسیدی، گاز تشکیل دهند. بنابراین، باید امکان خروج گاز از طریق ایجاد حفره کوچکی در سرپوش ظرف یا بطری، فراهم شود.

آزمونه و آب را به مدت  $(15 \pm 5)$  دقیقه هم‌زده و pH دوغاب قبل از افزودن اسید را اندازه‌گیری و ثبت کنید. در صورتی که قبلاً pH کم‌تر از ۲ بوده، این نمونه را نمی‌توان با این روش آزمون مشخص کرد.

پس از ( $15 \pm 5$ ) دقیقه هم‌زدن، هیدروکلریک اسید (بند ۵-۲) براساس نرخ کربنات (بند ۸-۲-۲) نمونه آزمون اضافه می‌شود (جدول ۱). این مرحله، نقطه شروع آزمون ( $t=0$ ) در نظر گرفته می‌شود. دوغاب را در سرتاسر آزمون هم بزنید.

جدول ۱- افزودن اسید براساس نرخ کربنات

شماره ردیف	نرخ کربنات بیان شده به صورت کسر جرمی $\text{CO}_3\text{-C}$ (%)	حجم HCl اضافه شده با غلظت $0.1 \text{ mol/l}$ (بند ۵-۲) (ml)
		در زمان $t=0$ ( $V_{A, t=0}$ )
۱	۰-۰.۳	۰.۵
۲	۰.۳-۰.۶	۱.۵
۳	۰.۶-۰.۹	۲.۵
۴	۰.۹-۱.۲	۳.۵
۵	۱.۲-۱.۸	۵
۶	۱.۸-۲.۴	۷
۷	۲.۴-۳.۶	۱۰
۸	۳.۶-۴.۸	۱۴
۹	۴.۸-۶.۰	۱۸
۱۰	بیش‌تر از ۶.۰	۲۰

pH دوغاب را پس از مدت زمان ۲۲ ساعت ( $15 \pm$  دقیقه) اندازه‌گیری و ثبت کنید. اگر pH بالاتر از ۲.۵ باشد، برای تنظیم pH بین ۲.۰ و ۲.۵، محلول HCl (بند ۵-۲) اضافه کنید. به منظور اطمینان از اینکه گستره pH در زمان برابر با ۲۴ ساعت ( $t=24 \text{ h}$ ) در محدوده‌ی ۲.۰ تا ۲.۵ باشد، باید pH تا حد امکان نزدیک ۲.۰ تنظیم شود. حجم دقیق اضافه شده ( $V_{A, t=22\text{h}}$ ) و pH را بعد از افزودن اسید ثبت کنید.

اگر pH در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22 \text{ h}$ ) قبل از افزودن اسید، پایین‌تر از ۲.۰ باشد، در شروع آزمون مقدار زیادی اسید اضافه و آزمون را با حجم کمتری از اسید تکرار کنید. با استفاده از جدول ۱، برای آزمون تکرار، حجم اسید اضافه شده را در شروع ( $t=0$ )، یک ردیف بالاتر از ردیف مورد استفاده در آزمون رد شده، انتخاب کنید.

**مثال ۱-** در آزمونی، حجم HCl اضافه شده در شروع برابر با ۱.۵ ml ( $V_{A, t=0} = 1.5 \text{ ml}$ ) بود که متناظر با ردیف ۲ در جدول ۱ است. در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22 \text{ h}$ )، pH اندازه‌گیری شده کم‌تر از ۲.۰ بوده و رد شد. یک آزمون جدید با افزودن اسید یک ردیف بالاتر از آن ردیفی که رد شد، ردیف ۱ است. بنابراین حجم HCl افزوده شده برابر با ۰.۵ ml ( $V_{A, t=0} = 0.5 \text{ ml}$ ) خواهد بود.



در صورتی که حجم اسید در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22\text{ h}$ ) ( $V_{A,t=22\text{ h}}$ ) از ۵۰٪ حجم کل اسید ( $V_{A,t=0}+V_{A,t=22\text{ h}}$ ) بیش‌تر شود، آزمون را در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22\text{ h}$ ) خاتمه داده و دوباره به‌صورت زیر شروع کنید:

براساس حجم کل اسید افزوده شده، یک حجم جدید برای افزودن اسید در شروع فرآیند ( $t=0$ ) از جدول ۱ انتخاب کنید به طوری که  $V_{A,t=0}$  در آزمون جدید متناظر با بالاترین حجم موجود در جدول باشد به‌صورتی که از حجم کل اسید استفاده شده در آزمون رد شده، بیش‌تر نشود (این حجم، معمولاً معادل حجم افزوده شده HCl در یک یا دو ردیف پایین‌تر از حجم استفاده شده در آزمون رد شده، در جدول ۱ است).

**مثال ۲-**  $V_{A,t=0} = 1.5\text{ ml}$  متناظر با ردیف ۲ در جدول ۱ استفاده شد. ۳ ml اسید در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22\text{ h}$ ) برای رسیدن به pH برابر با ۲٫۰ نیاز است. مجموع حجم در شروع و زمان ۲۲ ساعت برابر با ۴٫۵ ml ( $V_{A,t=0}+V_{A,t=22\text{ h}} = 4.5\text{ ml}$ ) می‌باشد، بنابراین افزایش حجم در زمان  $t=22\text{ h}$  برابر با ۶۶٫۷٪ افزایش حجم کل است و آزمون در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22\text{ h}$ ) خاتمه داده می‌شود. بر اساس حجم مصرفی کل در این مرحله که برابر با ۴٫۵ ml است، حجم افزوده شده اسید برای آزمون بعدی،  $V_{A,t=0} = 3.5\text{ ml}$  متناظر با ردیف ۴ در جدول ۱ می‌باشد.

در صورتی که حجم اسید افزوده شده در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22\text{ h}$ ) ( $V_{A,t=22\text{ h}}$ ) بیشتر از ۵۰٪ حجم کل اسید نبود، انجام آزمون را به‌صورت دستورکار شرح داده شده در پاراگراف بعدی ادامه دهید.

پس از مدت زمان ۲۴ ساعت ( $\pm 15$  دقیقه)، آزمون را خاتمه داده و به بطری تا رسیدن به حجم تقریبی ۱۲۵ ml، آب یون‌زدایی شده اضافه کنید. pH را اندازه‌گیری و ثبت کنید، اطمینان حاصل کنید که pH در گستره موردنیاز بین ۲٫۰ تا ۲٫۵ است. در صورتی که pH خارج از گستره pH موردنیاز باشد، آزمون را با اعمال حجم کمتری از اسید (اگر pH پایین‌تر از ۲٫۰ باشد) یا حجم بیشتری از اسید (اگر pH بالاتر از ۲٫۵ باشد)، تکرار کنید.

با توجه به مشکلات شرح داده شده در مثال‌های بالا، در صورتی که حجم کمتر (و نه حجم بیشتر) از افزودن اسید اولیه مندرج در جدول ۱ منجر به کامل شدن آزمون نشود، می‌توان از یک حجم اولیه اسید متفاوت با جدول ۱ استفاده کرد. این انحراف به همراه اطلاعات حجم‌های اسید استفاده شده در آزمایش‌های قبلی باید در گزارش آزمون بیان شود.

**مثال ۳-** در آزمونی  $V_{A,t=0} = 10\text{ ml}$  متناظر با ردیف ۷ در جدول ۱ استفاده شد و در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22\text{ h}$ )، pH بر روی ۲٫۰ تنظیم شد. pH دوغاب در  $t=24\text{ h}$ ، هنوز بالاتر از ۲٫۵ است. در آزمایش بعدی حجم  $V_{A,t=0} = 14\text{ ml}$  متناظر با ردیف ۸ در جدول ۱ انتخاب شد که منجر به قرار گرفتن pH دوغاب پایین‌تر از ۲٫۰ در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22\text{ h}$ ) شد. برای آزمایش بعدی، برای مثال می‌توان حجم  $V_{A,t=0} = 12\text{ ml}$  را امتحان کرد.

**یادآوری ۱-** مواد معمولاً حاوی ترکیبات خنثی‌کننده دیگری به‌جای کلسیم کربنات هستند که ممکن است آهسته‌تر از کلسیم کربنات واکنش داده و بنابراین منجر به تخمین کم‌تر از مقدار واقعی NP شوند (پیوست ب را ببینید). بنابراین، دوغاب را با استفاده از محلول سدیم هیدروکسید (بند ۳-۵) تا pH برابر با ۸٫۳ تیترا کنید. حجم دقیق سدیم‌هیدروکسید مصرفی در طی تیتراسیون را یادداشت کنید.

یادآوری ۲- نقطه پایانی تیتراسیون برگشتی برابر با ۸٫۳ است که نقطه پایانی معمول تیتراسیون‌های اسیدیته و متناظر با نقطه هم‌ارزی استوکیومتری برای کربنات/بی‌کربنات در آب‌های طبیعی (که در آن‌ها کربنیک اسید، غالباً اسید ضعیف است) می‌باشد.

یادآوری ۳- مثالی از یک برگه اطلاعات برای ثبت نتایج آزمون در پیوست الف، جدول الف-۱، ارائه شده است.

#### ۴-۲-۸ محاسبات

NP نمونه، که به صورت مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم (الف) و تعداد هم‌ارزهای کربنات ( $CaCO_3$ ) بر حسب کیلوگرم بر تن (ب) بیان شده، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

الف- NP نمونه، به صورت مقدار  $H^+$ ، بر حسب مول بر کیلوگرم با استفاده از رابطه ۵ بیان می‌شود.

$$NP = \frac{c(HCl) \times V_A(HCl) - c(NaOH) \times V_B(NaOH)}{M_d} \quad (۵)$$

که در آن:

$c(HCl)$  غلظت HCl، بر حسب مول بر لیتر؛

$V_A(HCl)$  حجم HCl افزوده شده ( $V_{A,t=0} + V_{A,t=22h}$ )، بر حسب میلی لیتر؛

$c(NaOH)$  غلظت NaOH، بر حسب مول بر لیتر؛

$V_B(NaOH)$  حجم NaOH استفاده شده در تیتراسیون برگشتی، بر حسب میلی لیتر؛

$M_d$  جرم خشک نمونه، بر حسب گرم می‌باشد.

ب- NP نمونه به صورت تعداد هم‌ارزهای کربنات ( $CaCO_3$ ) بر حسب کیلوگرم بر تن با استفاده از رابطه ۶ بیان می‌شود.

$$NP = 50 \times \frac{c(HCl) \times V_A(HCl) - c(NaOH) \times V_B(NaOH)}{M_d} \quad (۶)$$

#### ۹ محاسبه نسبت پتانسیل خنثی‌سازی به پتانسیل خنثی‌سازی خالص

پتانسیل اسیدی (AP) و پتانسیل خنثی‌سازی (NP) به صورت مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم محاسبه می‌شود. نسبت پتانسیل خنثی‌سازی (NPR) به دست آمده (پتانسیل برای خنثی‌سازی زهاب اسیدی) با استفاده از رابطه ۷ به دست می‌آید:

$$NPR = \frac{NP}{AP} \quad (۷)$$

**یادآوری ۱-** مقدار  $NPR < 1$  به معنی آن است که ظرفیت خنثی‌سازی کافی برای خنثی کردن تمام اسیدیته آزاد شده وجود ندارد. مقدار اضافی قابل توجه  $NP$  به معنی آن است که ظرفیت خنثی‌سازی کافی برای خنثی کردن تمام اسیدیته آزاد شده پتانسیلی وجود دارد. در تئوری، توصیه می‌شود  $NPR$  به اندازه کافی بزرگ‌تر از ۱ باشد تا از زهاب اسیدی جلوگیری شود. با این حال، نرخ‌های واکنش ممکن است بین  $AP$  مواد معدنی و  $NP$  مواد معدنی متفاوت باشد. ترکیبات معدنی و ساختار کریستالی متفاوت، ممکن است منجر به دسترسی متفاوت شود. بنابراین، گستره‌ای از مقادیر  $NPR$  وجود دارد که به صورت نامعین تفسیر می‌شوند (پیوست ب را ببینید).

**یادآوری ۲-** در برخی از کشورها، پتانسیل اسیدی، به‌جای مقدار  $H^+$  (برحسب مول بر کیلوگرم)، برینای پیریت (برحسب مول بر کیلوگرم) بیان می‌شود که تبدیل این دو واحد با ضریب ۴ امکان‌پذیر است. در نتیجه، مقدار  $NPR$  برای ظرفیت خنثی‌سازی ناکافی کوچکتر از ۴ خواهد بود.

پتانسیل خنثی‌سازی خالص ( $NNP$ ) از طریق  $AP$  و  $NP$  با استفاده از رابطه ۸ محاسبه می‌شود:

$$NNP = NP - AP \quad (8)$$

$NNP$  بیان شده به صورت مقدار  $H^+$  برحسب مول بر کیلوگرم را می‌توان با ضرب کردن در ۵۰ به تعداد هم‌ارزهای کربنات ( $CaCO_3$ ) برحسب کیلوگرم بر تن تبدیل کرد. برعکس،  $NP$  بیان شده به صورت تعداد هم‌ارزهای کربنات ( $CaCO_3$ ) برحسب کیلوگرم بر تن را می‌توان با ضرب کردن در ۰٫۰۲ به مقدار  $H^+$  برحسب مول بر کیلوگرم تبدیل کرد.

**یادآوری -** با وجود اینکه  $NPR$  مقدار ترجیحی در غربالگری و طبقه‌بندی پسماندهای معدنی است، می‌توان از آن در تفسیر نتایج آزمون استفاده کرد، برای مثال نمادی از چگونگی حساسیت نتیجه به تغییرات  $NP$  و  $AP$  است.

**جدول ۲- مشخصات عملکردی برای تعیین پتانسیل خنثی‌سازی ( $NP$ ) پسماند سولفیدی**

$S_R$ (%)	$S_r$ (%)	میانگین $mol H^+/kg$	O	N	P	ماده
۱۰٫۵	۱٫۲۸	۰٫۷۵۰	۲ <sup>۱)</sup>	۳۶	۱۸	زائدات <sup>۱</sup> معدن کاری کانه Cu، Zn، Au و Ag
۱۶٫۵	۲٫۰۷	۰٫۶۵۳	۲ <sup>۲)</sup>	۳۴	۱۷	پسماند معدن کاری زغال سنگ
۱۲٫۹	۱٫۳۶	۱٫۶۹	۲ <sup>۲)</sup>	۳۶	۱۸	باطله‌های ناشی از تغلیظ کانه‌های Zn و Pb
۴۰٫۶*	۲٫۹۰	۰٫۸۷۰	۲ <sup>۲)</sup>	۳۴	۱۷	باطله‌های حاصل از تغلیظ کانه‌های Ni
۱۰٫۸	۱٫۵۶	۳٫۶۵	۰	۳۴	۱۷	باطله‌های حاصل از تغلیظ کانه‌های Au
<p><math>p</math> تعداد آزمایشگاه‌های شرکت کننده  <math>N</math> تعداد مقادیر مشاهده شده  <math>O</math> تعداد آزمایشگاه‌های رد شده  <math>S_r</math> انحراف استاندارد تکرارپذیری نسبی  <math>S_R</math> انحراف استاندارد تجدیدپذیری نسبی            (۱) داده‌های پرت آماری</p>						

1- Wast rock  
2- Tailing

## جدول ۲- ادامه

۲) رد کردن به دلیل عدم انطباق با مفاد قرارداد  
\* انحراف استاندارد تجدیدپذیری بالا، به علت حضور سرپنتین- یک ماده معدنی سیلیکاتی- به عنوان ماده معدنی خنثی کننده اصلی این ماده قضاوت شد. مواد معدنی سیلیکاتی عموماً نسبت به کربنات‌ها در شرایط این استاندارد، آهسته‌تر واکنش می‌دهند (پیوست ب و به ویژه بند ب-۳-۲ را ببینید). بنابراین توصیه می‌شود به مخلوط کردن صحیح دوغاب آزمون (بند ۶) به منظور بهبود واکنش مواد معدنی که آهسته واکنش می‌دهند، توجه ویژه‌ای شود.

### ۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

- ۱-۱۰ ارجاع به روش آزمون استفاده شده در این استاندارد ملی؛
- ۲-۱۰ تاریخ دریافت نمونه آزمایشگاهی؛
- ۳-۱۰ تاریخ آزمون (شروع و خاتمه)؛
- ۴-۱۰ جزئیات کامل نمونه؛
- ۵-۱۰ آماده‌سازی مقدماتی (مثل روش کاهش اندازه، خشک کردن، تقسیم مجدد) و شرایط نگه‌داری؛
- ۶-۱۰ مقادیر pH دوغاب قبل از افزودن اسید در شروع، قبل و بعد از افزودن اسید در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t = 22 \text{ h}$ ) و در انتهای آزمون؛
- ۷-۱۰ باقی مانده خشک نمونه آزمایشگاهی (درصد کسر جرمی)؛
- ۸-۱۰ حجم‌ها (برحسب میلی‌لیتر) و غلظت‌های (بر حسب مول بر لیتر) اسید افزوده شده و مقادیر متناظر  $\text{H}^+$  یا  $\text{OH}^-$  (برحسب مول بر کیلوگرم)؛
- ۹-۱۰ هرگونه انحراف از روش آزمون و علت این انحراف همراه با تمامی رویدادهایی که نتایج را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛
- ۱۰-۱۰ نتایج تجزیه‌ای برای گوگرد کل (به‌طور اختیاری گوگرد سولفیدی) و مقدار کربن کربناتی و مقادیر AP، NP، NNP و NPR محاسبه شده.

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

نمونه‌ای از برگه اطلاعات برای ثبت نتایج آزمون مطابق بند ۸-۲-۳

آزمون‌گر این استاندارد می‌تواند از فرم زیر استفاده کند.

جدول الف-۱- نمونه‌ای از برگه اطلاعات برای ثبت نتایج آزمون

کد نمونه	واحد	پارامتر
	%	باقی‌مانده خشک نمونه آزمایشگاهی ( $W_{dr}$ )
	g	ماده خشک نشده آزمون ( $M_w$ )
	ml	حجم آب یون‌زدایی شده افزوده شده
	mol/l	غلظت (HCl)
		pH در شروع فرآیند ( $t=0$ ) قبل از افزودن اسید
	ml	حجم HCl افزوده شده در شروع فرآیند ( $t=0$ ) ( $V_{A, t=0}$ )
		pH در زمان برابر با ۲۲ ساعت $t=22$ h بعد از افزودن اسید
	ml	حجم HCl افزوده شده در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22$ h) ( $V_{A, t=22h}$ )
		pH در زمان برابر با ۲۲ ساعت ( $t=22$ h) بعد از افزودن آب
	ml	حجم کل HCl افزوده شده ( $V_A$ )
		pH در زمان برابر با ۲۴ ساعت ( $t=24$ h) بعد از افزودن آب
	mol/l	غلظت NaOH
	ml	حجم NaOH استفاده شده در تیتراسیون ( $V_B$ )

## پیوست ب

### (اطلاعاتی)

#### عملیات و کاربردهای آزمون: تاثیر پارامترها

##### ب-۱ اندازه گیری گوگرد

اندازه گیری گوگرد و گونه های گوگرد به شدت به روش انتخاب شده بستگی دارد. آنالیز گوگرد کل به روش احتراق و آشکارسازی مادون قرمز، یک روش متداول است. با این حال، باید مراقب باشید که احتراق کامل صورت گیرد و کالیبراسیون در گستره مناسب از غلظت گوگرد رسم شود. به طور ویژه هنگامی که غلظت گوگرد بالا است (مثلا کسرهای جرمی بالای ۱۰٪)، ممکن است زمان های احتراق طولانی تر و/یا دماهای بالاتر نیاز باشد. توصیه می شود وسایل با استانداردهای (مثل کانه ها) دارای ترکیب اجزای معلوم بررسی شوند. ممکن است غلظت های گونه های گوگرد به روش انتخاب شده بستگی زیادی داشته باشد.

##### ب-۲ اندازه ذره

بسته به روش آزمون ایستا، نمونه های زائادات، خرد شده و به طور متغیر تا اندازه ذرات کوچک تر از  $0.24 \text{ mm}$  [۶]، کوچک تر از  $0.74 \text{ mm}$  [۳] و کوچک تر از  $0.44 \text{ mm}$  [۸] آسیاب می شوند. معمولاً نمونه های باطله فقط برای کاهش توده ها، شکسته می شوند.

مواردی که توصیه می شود برای اندازه ذرات مورد توجه قرار گیرند عبارتند از:

الف) کاهش اندازه ذره، به صورت نمایی مساحت سطح مواد را افزایش می دهد و بنابراین، هم چنین به طور بالقوه سطح واکنش پذیر نمونه ها را افزایش می دهد؛

ب) خرد کردن و سایش شدید، همه مواد معدنی را در معرض حمله اسید قرار می دهد- شامل آن هایی که به طور طبیعی تقویت شده اند، عملاً بی اثر یا واکنش ناپذیر؛

ج) مواد معدنی معین نسبت به سایر مواد، بیش تر در معرض سایش هستند (به استثنای مواد معدنی پهن، مانند میکاها که مستعد سایش نرمال تابع نرخ هوازگی مواد معدنی هستند).

د) کاهش اندازه ذره باعث کوتاه تر شدن زمان آزمون می شود.

بنابراین، می توان نتیجه گیری کرد که استفاده از اندازه ذره بسیار ریز در اندازه گیری ABA، می تواند منجر به تخمین اضافی NP نمونه می شود، هم چنین آن مواد معدنی که مثلاً به دلیل شکستن لبه ها، واکنش ناپذیر هستند بر روی NP تاثیر می گذرانند. جامبور<sup>۱</sup> (مرجع ۲ پیوست ۳ را ببینید) نشان داد که کاهش اندازه ذره از کوچک تر از  $0.25 \text{ mm}$  تا کوچک تر از  $0.74 \text{ mm}$  می تواند به دلیل مقدار بیش تر ذرات ریز، NP را به مقدار قابل

توجهی افزایش دهد، با اینکه عموماً، این افزایش معمولاً کوچک‌تر است (مثل وایت<sup>۱</sup> و همکارانش (مرجع ۷ پیوست ۳ را ببینید). بنابراین، مقدار ذرات ریز می‌تواند عامل مهمی در افزایش NP باشند (مرجع ۲ پیوست ۳ را ببینید). در صورتی که سایش با شدت‌های مختلف در آزمایشگاه‌ها انجام شود، ممکن است موجب اختلاف در نتایج NP شود.

### ب-۳ ترکیبات معدنی

#### ب-۳-۱ منبع اسیددیده

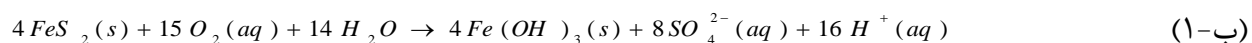
##### ب-۳-۱-۱ کلیات

دو منبع کلیدی در تولید اسید حاصل از پسماندهای استخراجی نقش دارند: منابع اولیه (اکسایش سولفید) و منابع ثانویه (انحلال سولفات). در این استاندارد فرض می‌شود که تمام اسید از منابع اولیه تولید می‌شوند، اگرچه تیتراسیون برگشتی برای اندازه‌گیری NP، هرگونه اسیددیده تولید شده توسط نمونه را در طول مدت زمان آزمون، خنثی می‌کند.

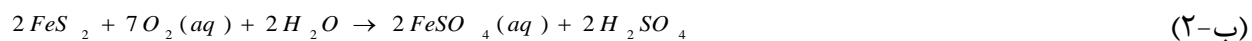
گوگرد معدنی موجود در محیط زیست طبیعی عمدتاً به‌صورت مواد معدنی سولفید و سولفات ایجاد می‌شود. مقدار گوگرد کل، AP واقعی نمونه‌های حاوی مواد معدنی سولفات غیر تولید کننده اسید قابل توجه (مثل باریت یا سنگ گچ) و/یا گوگرد حاصل از ماده آلی را به‌صورت اضافی تخمین می‌زند. برای تفسیر صحیح داده‌های حاصل از آنالیز با استفاده از این استاندارد، آگاهی از کانی‌شناسی نمونه ضروری است.

#### ب-۳-۱-۲ منابع اولیه اسیددیده

مواد معدنی تولید کننده اسید اولیه، سولفیدهای نوع MS<sub>2</sub> هستند که رایج‌ترین آن‌ها پیریت (FeS<sub>2</sub>) می‌باشد. اکسایش پیریت اغلب توسط معادلات استوکیومتری ب-۱ و ب-۲ ساده می‌شود:



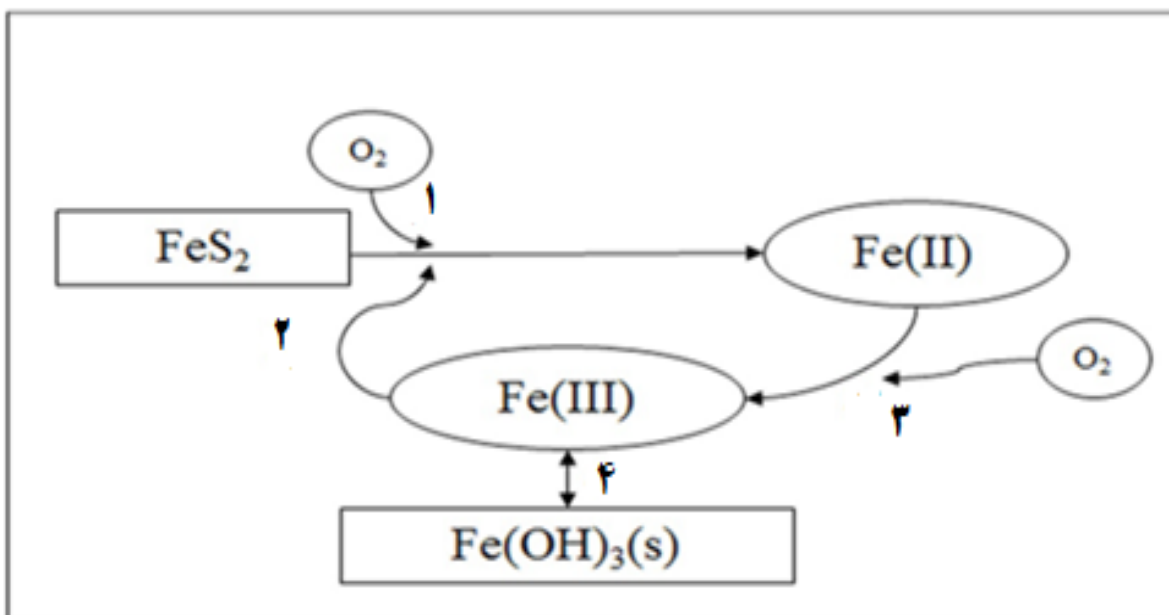
یا



با این حال، ارائه بهتری در شکل ب-۱ ارائه شده است.

در محیط زیست طبیعی، اکسایش آهسته پیریت منجر به آزادسازی Fe(II) به‌صورت نشان داده شده در معادله ۱ و شکل ب-۱ می‌شود. در اکثر شرایط، در حضور اکسیژن مولکولی حل شده، Fe(III) از گونه‌هایی است که از نظر ترمودینامیکی بسیار پایدار است. با این حال، محدودیت‌های سینتیکی به معنی آن است که اکسایش Fe(II) به Fe(III) نسبتاً آهسته است (معادله ۳ در شکل ب-۱). Fe(III) هم‌چنین یک اکسنده قوی برای سولفیدها است و خودش به Fe(II) کاهش می‌یابد، که منجر به چرخه اکسایش-کاهش آهن می‌شود (معادله ۲ در شکل ب-۱). در دسترس بودن Fe(III) آبی برای واکنش می‌تواند با رسوب‌گذاری نسبتاً سریع فازهای ثانویه Fe(III)،

مانند فریک هیدروکسید بی شکل، محدود شود (معادله ۴ شکل ب-۱). در دسترس بودن Fe(II) و Fe(III) برای واکنش‌های آهسته و برقراری تعادل مانند معادله ۲ شکل ب-۱، به pH محلول و حضور هرگونه عوامل کمپلکس کننده بستگی دارد.



مسیر اکسیژن	$\text{FeS}_2 + 7/2\text{O}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$ (1)
مسیر یون Fe(III)	$\text{FeS}_2 + 14\text{Fe}^{3+} + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow 15\text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$ (2)
اکسایش یون Fe(II)	$2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ + 0.5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$ (3)
هیدراسیون یون Fe(III)	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ (4)

شکل ب-۱- چرخه اکسایش-کاهش آهن. اکسایش پیریت به روش (۱) اکسیژن مولکولی حل شده و (۲) Fe(III) آبی؛ (۳) اکسایش Fe(II) آبی توسط اکسیژن. (۴) تعادل انحلال پذیری بین محلول آبی و Fe(OH)<sub>3</sub>(s) [۵]

هنگامی که آب معدنی اسیدی، غنی از Fe(III) شود، سطح آن کاملاً اکسید و هیدرولیز شده و ممکن است هیدروکسیدهای آهن ته‌نشین شوند. این فرآیند اسید نیز تولید خواهد کرد، به استثنای pH خیلی پایین، که در آن، Fe<sup>3+</sup> پایدار است.

روی معدنی (ZnS)<sup>۱</sup> و سرب معدنی (PbS)<sup>۲</sup> به‌عنوان سولفیدهایی در نظر گرفته می‌شوند که اسید تولید نمی‌کنند یا اسید کمی تولید می‌کنند، به دلیل اینکه آن‌ها معمولاً حاوی آهن نیستند. با این حال، اگر آهن جانشینی برای روی باشد، روی معدنی، یک تولید کننده اسید به روشی مشابه سولفیدهای حامل آهن<sup>۳</sup> خواهد

1- Sphalerite  
2- Galena  
3- Iron-bearing sulfides

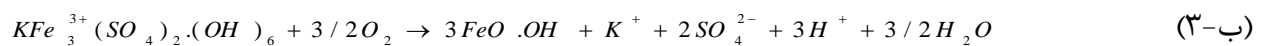


بود. در مورد انحلال، امکان پوشش دادن سرب معدنی با فازهای ثانویه کم محلول می‌تواند مقاومت ظاهری را افزایش دهد، چون سولفیدها را از تماس مستقیم با عوامل اکسیدکننده محافظت می‌کند.

### ب-۳-۱-۳ منابع ثانویه اسیدیته

در مورد هوازدگی، سولفیدها می‌توانند همه پتانسیل اسیدی تولیدی خود را در گستره هیدروکسیدها و اکسیدهایی مانند ژئوتیت (اکسید آهن معدنی هیدروژن دار) آزاد کنند. به‌طور جایگزین، آن‌ها می‌توانند، در ناحیه غیر اشباع، فقط بخشی از پتانسیل اسیدی خود را آزاد کرده و باقی‌مانده را در نمک‌های ثانویه‌ای که در محیط زیست‌های اسیدی اکسیدکننده پایدار هستند، ذخیره کنند (مرجع ۱ در پیوست ۳ را ببینید). رایج‌ترین این نمک‌های سولفات در جدول ب-۱ ارائه شده است. همه آن‌ها در اثر انحلال، الزاما هیدروژن و سولفات آزاد نمی‌کنند ولی همه،

آنیون‌های سولفات آزاد می‌کنند. این مواد معدنی بسیار انحلال‌پذیر هستند بنابراین می‌توانند نماینده یک منبع تصادفی از آب غنی از سولفات اسیدی به محض انحلال و هیدرولیز باشند، به عنوان مثال انحلال جاروسیت<sup>۱</sup>:



اکسایش بعدی Fe(II) و هیدرولیز آهن Fe(III) در pH بالاتر از ۲، یک منبع اضافی اسیدیته ایجاد می‌کند. بنابراین این مواد معدنی به‌عنوان هم‌انباره<sup>۲</sup> و هم منابع پتانسیلی اسیدیته، مهم هستند.

### ب-۳-۲ پتانسیل خنثی‌سازی

اندازه‌گیری پتانسیل خنثی‌سازی (NP) به چند عامل بستگی دارد. صرف‌نظر از ترکیبات معدنی نمونه، مشخص شده که آماده‌سازی مقدماتی نمونه، دما، زمان آزمون، اندازه ذره، pH انتهایی و pH تیتراسیون برگشتی، اهمیت بیشتری دارند. برخی از این پارامترها در توصیفات روش بین‌المللی موجود تعریف شده‌اند (مرجع ۳ در پیوست ۳ را ببینید)، با سطوحی که نتایج به‌صورت تجربی تنظیم شده‌اند، اثبات شده که مناسب هستند. عوامل مهم دیگری در این استاندارد تعریف شده است که تجدیدپذیری و مقایسه‌پذیری نتایج را افزایش می‌دهد. فرض می‌شود که تمام NP، مانند کلسیت در شرایط اسیدی واکنش می‌دهد.



- کربنات‌های Fe و Mn تحت شرایط هوازی خنثی نمی‌شوند (یعنی سیدریت<sup>۳</sup>، FeCO<sub>3</sub> و رودوکروسیت<sup>۴</sup>، (MnCO<sub>3</sub>);

- 
- 1- Jarosite
  - 2- Sinks
  - 3- Siderite
  - 4- Rhodochrosite

- سیلیکات‌ها ( و بعضی از مواد معدنی دیگر) تا حدی در خنثی‌سازی سهیم هستند (واکنش آهسته‌تر از کلسیت)؛

- در خاک‌های سولفیدی (خاک‌های رس)، ماده آلی می‌تواند سهم قابل توجهی در ظرفیت خنثی‌سازی داشته باشد.

هنگام استفاده از آزمون شرح داده شده در این استاندارد ملی، فرض می‌شود که تمام ظرفیت خنثی‌سازی در محدوده زمان آزمون ۲۴ ساعت اندازه‌گیری می‌شود. با این حال، بعضی از مواد معدنی سریع‌تر و بعضی آهسته‌تر واکنش می‌دهند. به‌منظور نمایش واکنش‌پذیری بعضی از مواد معدنی کربناتی، می‌توان از ترتیب زیر استفاده کرد:

مونوهیدروکلسیت < آراگونیت < کلسیت < دولومیت < منیزیت < سیدریت < رودوکروسیت  
در جدول ب-۱، فهرستی از مواد معدنی کربناتی با جزئیات بیش‌تر نشان داده شده است.

جدول ب-۱- محیط زیست معدنی شده، مواد معدنی کربناتی

فرمول شیمیایی	ماده معدنی	گروه معدنی
$\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	مونوهیدروکلسیت	کربنات‌های هیدراته شده
$\text{CaCO}_3$	آراگونیت	گروه آراگونیت: ارتورومبیک
$\text{CaCO}_3$	کلسیت	گروه کلسیت: تریگونال
$\text{MgCO}_3$	منیزیت	
$\text{MnCO}_3$	رودوکروسیت	
$\text{FeCO}_3$	سیدریت	
$\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$	انکریت	گروه دولومیت: تریگونال
$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	دولومیت	
$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	آزوریت	کربنات‌ها با هیدروکسیل یا هالوژن
$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	مالاشیت	

در صورتی که کربنات‌ها یا سیلیکات‌هایی که به کندی واکنش می‌دهند در غلظت‌های بالا وجود داشته باشند، کاربرد یک آزمون دینامیک ممکن است برای ارائه پیش‌بینی واقعی‌تر رفتار پسماند، توصیه شود. استانداردهای CEN/TS 14429، CEN/TS 14497 و CEN-ISO/TS 21268-4 می‌توانند جزئیات بیش‌تری از رفتار خنثی‌سازی مواد در گستره وسیع‌تر pH ارائه کرده و سهم خنثی‌سازی غیرکربناتی و کربنات‌های غیر قابل خنثی‌سازی را ارزیابی کنند. مدل‌های ژئوشیمیایی عناصر اصلی آنالیز شده در پسماند معدنی سولفیدی نیز نشان می‌دهند که مواد معدنی و فازهای دیگر سهیم در pH، ANC ای در گستره ۲ تا ۸ ارائه می‌کنند.

## پیوست پ

### (اطلاعاتی)

#### ویژگی ترکیبات گوگرد

استانداردهای بین‌المللی برای آنالیز گونه‌های گوگرد در دسترس نیست. تعیین ترکیبات گوگرد، کار سختی است و به ماده مورد آنالیز بستگی دارد. تعدادی از روش‌های مختلف گسترش یافتند و در صنعت معدن‌کاری استفاده می‌شوند.

هدف اصلی تمامی آنالیز گونه‌ها تعیین سولفیدها، عمدتاً به صورت پیریت است. این کار می‌تواند با اندازه‌گیری مستقیم پیریت یا با اختلاف گوگرد کل و سولفات (با فرض این که گونه‌های دیگر گوگرد مانند گوگرد عنصری وجود ندارند) انجام شود. انتخاب روش مستقیم یا غیر مستقیم به ترکیبات معدنی نمونه بستگی دارد.

گونه‌های گوگرد پایداری حرارتی متفاوتی در هنگام احتراق دارند. بسیاری از سولفیدها، به ویژه پیریت، به دماهای احتراق پایین‌تری نسبت به پیریت نیاز دارند. این حقیقت برای اندازه‌گیری مستقیم پیریت در دمای حدود  $800^{\circ}\text{C}$  در یک تجزیه‌گر خودکار گوگرد (در روش در شکل‌های پ-۱ و پ-۲: LRIR) استفاده می‌شود. به‌طور جایگزین، در استاندارد ASTM E 1915، گوگرد سولفیدی با گداختن<sup>۱</sup> (پیرولیز) نمونه در کوره<sup>۲</sup> با دمای  $550^{\circ}\text{C}$  (PYR1) یا  $650^{\circ}\text{C}$  (PYR2) اندازه‌گیری می‌شود. بعد از گداختن، مقدار گوگرد باقی‌مانده پیرولیز اندازه‌گیری می‌شود. گوگرد سولفیدی از طریق تفریق گوگرد موجود در نمونه گداخته شده از گوگرد موجود در نمونه پردازش نشده (گوگرد کل) محاسبه می‌شود.

روش ویژه دیگری برای زغال سنگ در استاندارد ISO 157 ارائه شده است. در این استاندارد، نمونه‌ها با HCl برای سولفیدها، و با HCl و  $\text{Cr}^{3+}$  برای دی‌سولفید (پیریت) عمل‌آوری می‌شوند و هیدروژن سولفید ( $\text{H}_2\text{S}$ ) تشکیل شده، جمع‌آوری و غلظت آن با تیتراسیون تعیین می‌شود.

روش‌های دیگر (استاندارد ASTM E 1915 را ببینید) سولفات‌ها را حذف کرده و گوگرد سولفیدی را در باقی‌مانده صاف شده اندازه‌گیری می‌کنند. گوگرد سولفاتی با یک محلول کربنات آبی داغ (CARB) استخراج می‌شود؛ بعضی مواقع یک استخراج اضافی با کربن دی‌سولفید ( $\text{CS}_2$ ) به منظور حذف گوگرد عنصری (CARBCS) انجام می‌شود.

گوگرد سولفاتی را می‌توان مستقیماً با استخراج محلول کربنات و اندازه‌گیری وزن‌سنجی  $\text{BaSO}_4$  بعد از افزودن باریم کلرید ( $\text{BaCl}_2$ ) (CSUL) اندازه‌گیری کرد. گوگرد سولفیدی با تفریق گوگرد سولفاتی از گوگرد موجود در نمونه پردازش نشده (گوگرد کل) محاسبه می‌شود.

---

1- Roasting  
2- Oven

روش دیگری توسط سابق<sup>۱</sup> و همکارانش [۶] شرح داده شده است. در این روش، سولفات‌ها با HCl در دمای نزدیک به دمای اتاق استخراج شده و گوگرد سولفاتی با تفریق گوگرد موجود در باقی‌مانده عمل‌آوری شده از گوگرد موجود در نمونه خام (گوگرد کل) محاسبه می‌شود. گوگرد پیریتی از طریق عمل‌آوری با HNO<sub>3</sub> داغ حذف می‌شود؛ گوگرد پیریتی برابر با تفریق گوگرد موجود در باقی‌مانده عمل‌آوری شده با HNO<sub>3</sub> از گوگرد موجود در باقی‌مانده عمل‌آوری شده با HCl است. گوگرد غیر قابل استخراج، گوگرد موجود در باقی‌مانده عمل‌آوری شده با HNO<sub>3</sub> است. اغلب یک به اصطلاح "روش کار سابق اصلاح شده"، با استفاده از HCl داغ به جای HCl سرد به کار برده می‌شود (NITR).

به‌عنوان بخشی از مطالعه قدرتمند این استاندارد ملی، ۹ نمونه پسماند برای گونه‌های گوگرد توسط ۷ آزمایشگاه با روش‌های متفاوت (زغال سنگ یا زمینه معدن کاری فلزی) شرح داده شده در بالا آنالیز شد. نتایج را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

هنگامی که جزء سازنده عمده مواد معدنی سولفیدی، پیریت است، تمام روش‌های متفاوتی که نتایج مشابهی ارائه می‌دهند را می‌توان استفاده کرد.

هنگامی که بخش اصلی مواد معدنی سولفیدی، غیرپیریتی هستند، نتایج تفاوت بسیار زیادی دارند. پایداری‌های دمایی بالاتر برای مواد معدنی که حاوی فلزات دیگری مثل آهن هستند، همین‌طور برای پنتلاندیت<sup>۲</sup> ((Ni,Fe)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>) و حتی بیش‌تر برای مونوسولفیدهایی مثل سرب معدنی (PbS) و روی معدنی (ZnS) مشاهده شده است. بنابراین، تمام روش‌هایی که از احتراق در دمای پایین استفاده می‌کنند، مقادیر پایین‌تر سیستماتیک را نشان می‌دهند. اگر این مواد معدنی وجود داشته باشند، می‌توان توصیه کرد که از صاف کردن کربنات یا یک روش مستقیم استفاده شود. علاوه بر این، روش کار سابق اصلاح شده را نیز می‌توان به کار برد. نتایج مطالعه ویژگی گوگرد، در جدول پ-۱ و شکل پ-۱ و پ-۲ نشان داده شده است.

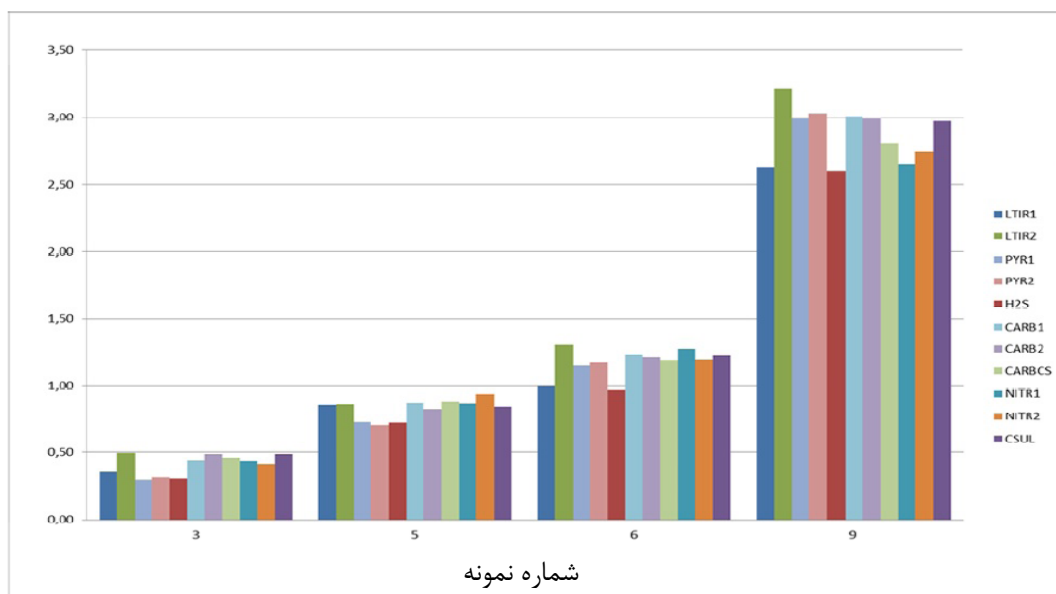
جدول پ-۱- نمونه‌های پسماند انتخاب شده برای مطالعه گوگرد

شماره نمونه	نوع	کشور	اطلاعات (عملیات، مواد معدنی و غیره)	معدن فعال	گوگرد کل (% کسر جرمی)
۱	باطله	مجارستان	مواد معدنی سولفیدی (Au, Cu)	خیر	۰٫۲۳
۲	باطله	اتریش	تنگستن	بله	۰٫۲۷
۳	باطله	آلمان	زغال سنگ سخت	بله	۰٫۵۶
۴	باطله	سوئد	Zn, Pb	بله	۰٫۶۸
۵	باطله	لهستان	زغال سنگ سخت	بله	۱٫۱۹
۶	باطله	مجارستان	مواد معدنی سولفیدی	خیر	۱٫۴۷
۷	زائدات	فنلاند	Au (آرسنوپیریت و پیریت)	بله	۱٫۵۳
۸	باطله	فنلاند	نیکل	بله	۱٫۷۱
۹	زائدات	سوئد	Zn, Cu, Au, Ag	بله	۳٫۲۲

1- Sobek

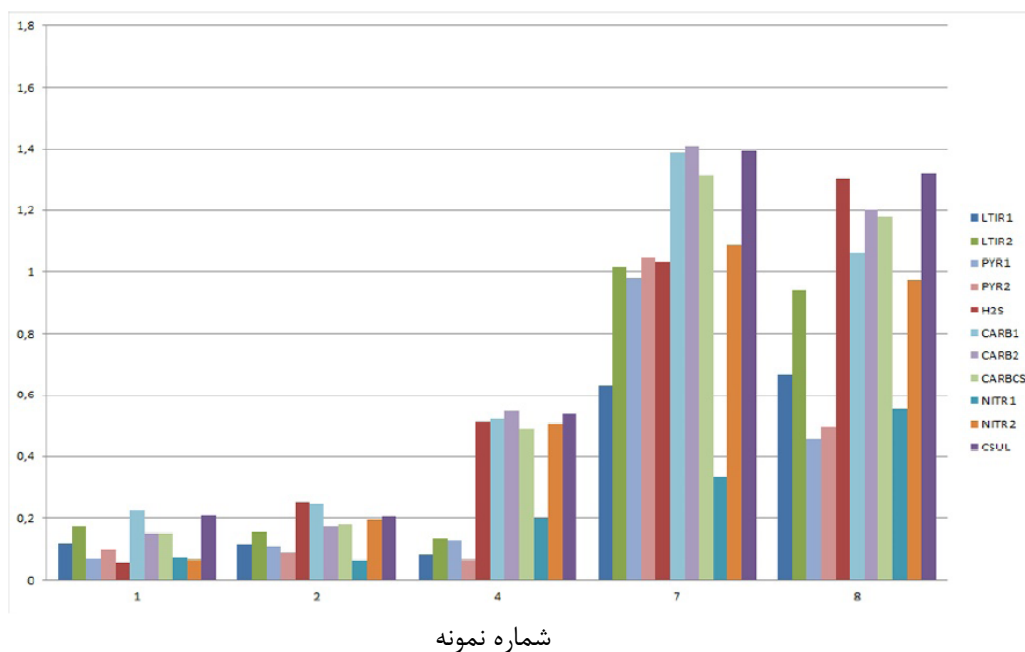
2- Pentlandite

گوگرد (% کسر جرمی)



شکل پ-۱- گوگرد سولفیدی (درصد کسر جرمی) ۴ نمونه پسماند غنی پیریت (برای مشاهده توضیح اختصارات روش‌ها، متن پیوست پ را ببینید)

گوگرد (% کسر جرمی)



شکل پ-۲- گوگرد سولفیدی (درصد کسر جرمی) ۵ نمونه پسماند (برای مشاهده توضیح اختصارات روش‌ها، متن پیوست پ را ببینید)

الزاماتی که در این استاندارد ملی ذکر نشده‌اند، به‌عنوان توصیه در نظر گرفته می‌شوند.

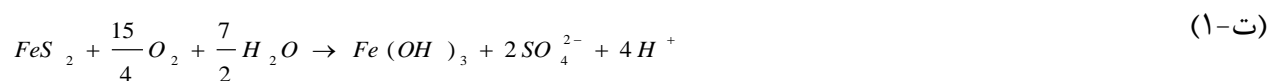
## پیوست ت

### (اطلاعاتی)

#### توضیح فرمول‌های استفاده شده

#### ت-۱ پتانسیل اسیدی

اندازه‌گیری پتانسیل اسیدی (AP) بر اساس واکنش شیمیایی ت-۱ است:



مطابق این واکنش، یک مول پیریت، ۴ مول  $H^+$  یا - معادل آن - یک مول گوگرد، ۲ مول  $H^+$  تولید می‌کند. AP به صورت مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم بیان شده و بنابراین از مقدار گوگرد بیان شده به صورت کسر جرمی بر حسب درصد،  $W_s$ ، تقسیم بر جرم مولی گوگرد،  $M_s$ ، و ضرب در ۱۰ (تبدیل کسر جرمی بر حسب درصد به mol/kg) و مجدداً ضرب در ۲ (یک مول گوگرد، ۲ مول  $H^+$  ارائه می‌دهد) محاسبه می‌شود:

$$AP = 2 \times 10 \times \frac{W_s}{M_s} \quad (ت-۲)$$

هنگامی که  $M_s = 32 \text{ g/mol}$  در رابطه قرار داده شود، به صورت رابطه ت-۳ ساده می‌شود:

$$AP = 0.625 \times W_s \quad (ت-۳)$$

AP به صورت تعداد هم‌ارزهای کربنات ( $CaCO_3$ ) بر حسب کیلوگرم بر تن بیان شده و بنابراین از مقدار گوگرد بیان شده به صورت کسر جرمی بر حسب درصد،  $W_s$ ، ضرب در ۱۰ (تبدیل کسر جرمی بر حسب درصد به گرم بر کیلوگرم) تقسیم بر جرم مولی گوگرد،  $M_s$ ، و سپس ضرب در جرم مولی کربنات کلسیم،  $M_{CaCO_3}$ ، محاسبه می‌شود:

یادآوری - ضریب ۲ نیاز نیست چون یک مول کربنات معادل دو مول  $H^+$  است.

$$AP = 10 \times \frac{W_s}{M_s} \times M_{CaCO_3} \quad (ت-۴)$$

هنگامی که  $M_s = 32 \text{ g/mol}$  و  $M_{CaCO_3} = 100 \text{ g/mol}$  در رابطه قرار داده شود، رابطه به صورت زیر ساده می‌شود:

$$AP = 31.25 \times W_s \quad (ت-۵)$$

تبدیل بین داده‌های بیان شده به صورت مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم و داده‌های بیان شده به صورت هم‌ارزهای کربنات ( $CaCO_3$ ) بر حسب کیلوگرم بر تن امکان‌پذیر است. این کار با استفاده از ضریب تبدیل ۵۰ ( $= M_{CaCO_3} / 2$ ) از مقدار  $H^+$  به تعداد هم‌ارزهای کربنات و ضریب تبدیل ۰٫۰۲ ( $= 2 / M_{CaCO_3}$ ) از تعداد هم‌ارزهای کربنات به مقدار  $H^+$  انجام می‌شود.

## ت-۲ نرخ کربنات

نرخ کربنات (CR) فقط برای محاسبه افزودن اسید استفاده می‌شود (جدول ۱ را ببینید). با این حال برای نشان دادن محاسبات استفاده شده برای ایجاد جدول ۱، برخی اطلاعات داده شده است. بنابراین، نرخ کربنات را می‌توان به مقدار  $H^+$  بیان شده بر حسب مول بر کیلوگرم تبدیل کرد. CR بیان شده به صورت مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم، از مقدار کربن غیرآلی ( $W_{CO_3^{2-}-C}$ ) بیان شده به صورت کسر جرمی بر حسب درصد،  $W_C$ ، تقسیم بر جرم مولی کربن،  $M_C$ ، ضرب در ۱۰ (تبدیل کسر جرمی به مول بر کیلوگرم) و مجدداً ضرب در ۲ (یک مول کربنات معادل ۲ مول  $H^+$  است) محاسبه می‌شود:

$$CR = 2 \times 10 \times \frac{W(CO_3^{2-} - C)}{M_C} \quad (\text{ت-۶})$$

هنگامی که  $M_C = 12 \text{ g/mol}$  در رابطه قرار داده شود، به صورت زیر ساده می‌شود:

$$CR = 1.666 \times W(CO_3^{2-} - C) \quad (\text{ت-۷})$$

**مثال -** اگر  $W(CO_3^{2-} - C) = 1.0$  (کسر جرمی بیان شده بر حسب درصد)،  $CR = 1.666 \times 1.0 = 1.666$  (مقدار  $H^+$  بر حسب مول بر کیلوگرم) باشد. چنانچه ۲ g نمونه در آزمون استفاده شود، منجر به ایجاد مقدار  $H^+$  مطلق برابر با  $0.0333 \text{ mol}$  (ضرب در ۲ و تقسیم بر ۱۰۰۰) یا  $3.33 \text{ mmol}$  می‌شود. بنابراین حداقل مقدار هیدروکلریک اسید برابر با  $3.33 \text{ mmol}$  باید اضافه شود. به منظور اطمینان از این که pH در گستره مطلوب ۲٫۰ تا ۲٫۵ است، مقدار اسید بیشتری اضافه می‌شود. در جدول ۱ (ردیف ۴) اسید اولیه اضافه شده برابر با  $3.5 \text{ ml}$  ارائه شده است. این مقدار، معادل  $3.5 \text{ mmol}$  است که بالاتر از مقدار تئوری  $3.33 \text{ mmol}$  حاصل از نرخ کربنات است. تمام ردیف‌های دیگر نیز به همین روش محاسبه می‌شوند.

پیوست ث  
(اطلاعاتی)  
کتابنامه

CEN/TS 14429:2005, Characterization of waste — Leaching behaviour tests — Influence of pH on leaching with initial acid/base addition

CEN/TS 14997:2006, Characterization of waste — Leaching behaviour tests — Influence of pH on leaching with continuous pH-control

ISO 157:1996, Coal — Determination of forms of sulfur

CEN-ISO/TS 21268-4:2008, Soil quality — Leaching procedures for subsequent chemical and ecotoxicological testing of soil and soil materials — Part 4: Influence of pH on leaching with initial acid/base addition

ASTM E1915 Standard Test Methods for Analysis of Metal Bearing Ores and Related Materials by Combustion Infrared-Absorption Spectrometry

[1] Howell R.J., Rees S.B., Parshley J.V., Geochemical predictions of metal leaching and acid generation: geologic controls and baseline assessment, in Cluer, J.K., Price, J.G., Struhsacker, E.M., Hardyman,

R.F., and Morris, C.L., eds., Geology and ore Deposits 2000: The Great Basin and Beyond: Geological Society of Nevada Symposium Proceedings, Reno/Sparks, May 2000, p. 799-823.

[2] Jambor, J. L., D. W. Blowes, D. W. and Ritchie, A. I. M., Environmental Aspects of Mine Wastes. Mineralogical Association of Canada. Short Course Series Volume 31, Vancouver, British Columbia, 2003

[3] Lawrence, R.W. and Wang, Y., Critical Evaluation of Static Test Procedures for Acid Rock Drainage Prediction. MEND Project 1.16.3, MEND Program, Natural Resources Canada, Ottawa, July 31, 1996.

[4] Price, W. A., DRAFT Guidelines and Recommended Methods for the Prediction of Metal Leaching and Acid Rock Drainage at Minesites in British Columbia. British Columbia Ministry of Employment and Investment, Energy and Mineral Division, 142 p. + App. 1997

[5] Salmon U., Geochemical modelling of acid mine drainage in mill tailings: quantification of kinetic processes from laboratory to field scale. TRITA-LWR PhD, p 51 p, 2003

[6] Sobek, A. A., Schuller, W. A., Freeman, J. R., and Smith, R. R., Field and laboratory methods applicable to overburdens and minesoils. EPA-600/2-78-054 (U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio), pp 62, 1978

[7] White III, W. W., Lapakko, K. A. and Cox, R. L., Static-Test Methods Most Commonly Used to Predict Acid Mine Drainage: Practical Guidelines for Use and Interpretation. The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part A: Theory and background, 7A, pp 325-338, 1999

[8] Lapakko, K., Evaluation of neutralization potential determinations for metal mine waste and a proposed alternative, Proc. International Land Reclamation and Mine Drainage Conference, Pittsburgh, USBM SP 06A-94, pp.129-137, 1994