

## **Petroleum industry–Testing Drilling fluids–Part 1: Water Base Drilling fluids**

**صنعت نفت – روش های آزمون اندازه گیری خواص سیالات حفاری –  
قسمت ۱: سیالات حفاری پایه آبی**

**ویرایش اول**

**اسفند ۱۴۰۱**

## پیش‌گفتار

استانداردهای نفت ایران (IPS) منعکس‌کننده دیدگاه‌های وزارت نفت ایران است و برای استفاده در تأسیسات تولید نفت و گاز، پالایشگاه‌های نفت، واحدهای شیمیایی و پتروشیمی، تأسیسات انتقال و فرآوری گاز و سایر تأسیسات مشابه تهیه شده است.

استانداردهای نفت، بر اساس استانداردهای قابل قبول بین‌المللی تهیه شده و شامل گزیده‌هایی از استانداردهای مرجع می‌باشد. همچنین براساس تجربیات صنعت نفت کشور و قابلیت تأمین کالا از بازار داخلی و نیز برحسب نیاز، مواردی به‌طور تکمیلی و یا اصلاحی در این استاندارد لحاظ شده است. مواردی از گزینه‌های فنی که در متن استانداردها آورده نشده است در داده برگ‌ها به‌صورت شماره‌گذاری شده برای استفاده مناسب کاربران آورده شده است.

استانداردهای نفت، به‌شکلی کاملاً انعطاف‌پذیر تدوین شده است تا کاربران بتوانند نیازهای خود را با آنها منطبق نمایند. با این حال ممکن است تمام نیازمندی‌های پروژه‌ها را پوشش ندهند. در این‌گونه موارد باید الحاقیه‌ای که نیازهای خاص آنها را تأمین می‌نماید تهیه و پیوست نمایند. این الحاقیه همراه با استاندارد مربوطه، مشخصات فنی آن پروژه و یا کار خاص را تشکیل خواهند داد.

استانداردهای نفت تقریباً هر پنج سال یک‌بار مورد بررسی قرار گرفته و روزآمد می‌گردند. در این بررسی‌ها ممکن است استانداردی حذف و یا الحاقیه‌ای به آن اضافه شود و بنابراین همواره آخرین ویرایش آنها ملاک عمل می‌باشد.

از کاربران استاندارد، درخواست می‌شود نقطه نظرها و پیشنهادات اصلاحی و یا هرگونه الحاقیه‌ای که برای موارد خاص تهیه نموده‌اند، به نشانی زیر ارسال نمایند. نظرات و پیشنهادات دریافتی در کمیته‌های فنی مربوطه بررسی و در صورت تصویب در تجدید نظرهای بعدی استاندارد منعکس خواهد شد.

ایران، تهران، خیابان کریمخان زند، خردمند شمالی، کوچه چهاردهم، شماره ۱۷

استانداردها و ضوابط فنی

کدپستی: ۱۵۸۵۸۸۶۸۵۱

تلفن: ۶۰ - ۸۸۸۱۰۴۵۹ و ۶۶۱۵۳۰۵۵

دورنگار: ۸۸۸۱۰۴۶۲

پست الکترونیک: [Standards@nioc.ir](mailto:Standards@nioc.ir)

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«صنعت نفت - روش های آزمون اندازه گیری خواص سیالات حفاری - قسمت ۱: سیالات حفاری پایه آبی»

### رئیس: سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس گروه مهندسی نفت، مخزن و حفاری- اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرحها- معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری - وزارت نفت

بحرانی پور، محمدرضا  
(کارشناسی ارشد مهندسی نفت- حفاری)

### دبیر:

رئیس گروه حفاری  
پژوهشگاه صنعت نفت- شرکت ملی نفت ایران

نصیری، علیرضا  
(دکتری مهندسی نفت- حفاری)

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

مدیر عامل  
شرکت درین سیالات حفاری

آقاجانی، واگریک  
(کارشناسی ارشد- شیمی-آلی)

نایب رئیس هیأت مدیره  
شرکت شیمیایی ساوه

آقامحمدی، طاهره  
(کارشناسی مهندسی شیمی- صنایع پالایش)

کارشناس ارشد برنامه ریزی- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب-  
شرکت ملی نفت ایران

آلبوغبیش، فاطمه  
(کارشناسی ارشد شیمی- شیمی آلی)

مدیر عامل  
شرکت کائولین و باریت حفاری

ابیانه، محمدحسین  
(کارشناسی زمین شناسی- اکتشاف)

کارشناس پتروفیزیک  
شرکت نفت فلات قاره ایران- شرکت ملی نفت ایران

احمدی، امیر  
(کارشناسی ارشد مهندسی نفت- اکتشاف)

مدیر واحد  
شرکت حفاری استوان کیش

اخوت، حمیدرضا  
(دکتری ژئوفیزیک- اکتشاف و لرزه نگاری)

مدیر عامل  
شرکت آراد توسعه انرژی فیدار

اخوت، احمد  
( - )

مدیر کیفیت و آزمایشگاه  
شرکت تولیدی شیمیایی کلران

ادب، حسین  
(کارشناسی-مهندسی استخراج شیمی- صنایع شیمی معدنی)

<u>اعضاء:</u> (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	<u>سمت و/یا محل اشتغال:</u>
اردبیلی، رضا (کارشناسی - مهندسی استخراج معدن)	مدیر عامل شرکت آذر طلق
اصغری، پیمان (کارشناسی ارشد مهندسی نفت - اکتشاف)	کارشناس توسعه تجارت گروه صنعتی و معدنی پودر سازان
افشاری حسین آبادی، سوگل (کارشناسی ارشد مدیریت - توسعه تکنولوژی)	مدیر عامل شرکت نشاسته البرز
امرائی، امین (کارشناسی ارشد مهندسی نفت - حفاری)	کارشناس ارشد عملیات حفاری مدیریت نظارت بر تولید نفت و گاز - شرکت ملی نفت ایران
اناری، علیرضا (کارشناسی ارشد مهندسی نفت - اکتشاف)	کارشناس ارشد برنامه‌ریزی سیال حفاری - مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران
اندی، اسداله (کارشناسی - مهندسی نفت - نفت)	مدیر فنی و بازاریابی سیالات حفاری - شرکت پترو فن آوران آپادانا
بختیاری راد، سعید (کارشناسی ارشد مدیریت - بازاریابی)	مدیر عامل - شرکت تولد مواد حفاری سپیدان
بنی اسدی، امیر (کارشناسی مهندسی شیمی - گاز و پالایش)	کارشناس ارشد عملیات حفاری - مدیریت نظارت بر تولید نفت و گاز - شرکت ملی نفت ایران
تراپی، علیرضا (کارشناسی - شیمی کاربردی)	مدیریت توسعه و تحقیق شرکت هلیا فرایند رازی
جعفری جید، عباس (دکتری مهندسی شیمی)	مدیر گروه پژوهشی جهاد دانشگاهی
جعفری چگنی، سجاد (کارشناسی ارشد مهندسی نفت - حفاری و بهره‌برداری)	ناظر ارشد عملیات حفاری شرکت نفت فلات قاره ایران - شرکت ملی نفت ایران
جمشیدیان، مجید (کارشناسی - مهندسی نفت)	مدیر فنی شرکت پترو پژوهان
چراغی، رضا (کارشناسی ارشد - شیمی - تجزیه)	کارشناس ارشد حفاری شرکت مهندسی و توسعه نفت - شرکت ملی نفت ایران
حکمی کیاسرائی، حمیدرضا (کارشناسی مهندسی مکانیک - حرارت و سیالات)	رئیس نظارت عملیات حفاری شرکت نفت خزر - شرکت ملی نفت ایران

**سمت و/یا محل اشتغال:**

رئیس نظارت عملیات حفاری - شرکت نفت مناطق مرکزی ایران - شرکت ملی نفت ایران	اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا) خوشکام، محمد (کارشناسی مهندسی مکانیک - حرارت و سیالات)
مدیر بازرگانی شرکت نیکنام صنعت ارج	درویشی، احسان (کارشناسی - مهندسی شیمی)
مشاور مدیر عامل کیمیا بن فوژان البرز	دانشگری، علی (دکتری مهندسی نفت - مخزن)
رئیس پژوهش و توسعه شرکت گلوبال پترو تک کیش	ذوالقدری، علی (کارشناسی ارشد مهندسی نفت - حفاری)
مدیر عامل شرکت حفاظت خوردگی و رسوب پارس ایرانیان	راکیان، محمد (کارشناسی - مهندسی خوردگی)
رئیس اداره مهندسی و برنامه ریزی سیال و پسماند حفاری - شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب - شرکت ملی نفت ایران	رحیمی نیا، ایمان (کارشناسی ارشد شیمی - تجزیه)
کارشناس سیالات شرکت حفاری دانا انرژی	رضا نواز، امید (کارشناسی مهندسی مکانیک - جامدات)
نائب رئیس هیأت مدیره شرکت سازه فرنام کیش	رضی، مهدی (دکتری - مهندسی صنایع)
رئیس نظارت بر حفاری فراساحل مدیریت نظارت بر تولید نفت و گاز - شرکت ملی نفت ایران	رنجبر صحرائی، پیام (کارشناسی ارشد مهندسی نفت - حفاری و بهره برداری)
مهندس ارشد ناظر گل حفاری شرکت نفت خزر - شرکت ملی نفت ایران	سجادیان، مجید (کارشناسی ارشد مهندسی نفت - حفاری)
مسئول سیال و سیمان حفاری شرکت حفاری شمال - شرکت ملی نفت ایران	سعادتی، حمید (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - فرآیندهای جداسازی)
کارشناس حفاری شرکت نفت و گاز پارس شرکت ملی نفت ایران	سعدالدین، مسعود (کارشناسی ارشد مهندسی نفت - حفاری)
سرگروه پروژه سیمان حفاری شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب - شرکت ملی نفت ایران	سقا شوشتری زاده، محمد (کارشناسی مهندسی مکانیک - طراحی جامدات)
مدیر مهندسی شرکت نفت گلوبال پترو تک کیش	سهرابی، سروش (کارشناسی ارشد مهندسی معدن - استخراج)

<u>سمت و/یا محل اشتغال:</u>	<u>اعضاء:</u> (اسامی به ترتیب حروف الفبا)
مدیر پروژه گوره جاسک شرکت مهندسی و توسعه نفت- شرکت ملی نفت ایران	شعبانیان، علیرضا (کارشناسی ارشد- مهندسی شیمی)
رئیس هیئت مدیره گروه صنعتی و معدنی پودر سازان	کاظم خانی، فضل اله (دکتری- مدیریت)
ناظر عملیات شرکت نفت خزر- شرکت ملی نفت ایران	گودرزی، میثم (کارشناسی ارشد مهندسی نفت- حفاری و استخراج نفت)
مدیر عامل شرکت زنگان پودر	لک، داود (فوق دیپلم)
مدیر عامل شرکت باریت فلات ایران	محمدحسن، علیرضا (کارشناسی مدیریت بازرگانی)
مدیر عامل مجتمع تولیدی شیمیایی کلران حفار عرشیا شرکت شهاب شیمی ساوه	محمد نژاد، سید شهاب الدین (کارشناسی کامپیوتر- نرم افزار)
رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل شرکت شهاب شیمی ساوه	محمد نژاد، مجتبی (کارشناسی مهندسی بهداشت صنعتی)
قائم مقام مدیر عامل شرکت یوروپین ماد طلای سیاه اروند	مددی، علیرضا (کارشناسی ارشد- مهندسی مکانیک)
رئیس سیالات حفاری مدیریت اکتشاف- شرکت ملی نفت ایران	مسگری، فاروق (کارشناسی ارشد مهندسی معدن- اکتشاف)
مدیر واحد تحقیق و توسعه و قائم مقام مدیر عامل شرکت کیمیا نوین رازی	مشایخی، بهاره (دکتری- شیمی آلی)
کارشناس ارشد کالا و خدمات شرکت حفاری استوان کیش	مصطفوی، محمد (کارشناسی ارشد- مهندسی نفت- حفاری و استخراج)
عضو موظف هیأت مدیره شرکت حفاری استوان کیش	مظفری، سجاد (دکتری مهندسی نفت)
کارشناس مهندسی منابع- مواد شرکت نفت و گاز اروندان- شرکت ملی نفت ایران	معرفاوی، محمدعلی (کارشناسی ارشد - نانو شیمی)
رئیس اداره حفاری شرکت حفاری و اکتشاف انرژی گستر پارس	مقدم، قاسم (کارشناسی - مهندسی نفت)

<u>سمت و/یا محل اشتغال:</u>	<u>اعضاء:</u> (اسامی به ترتیب حروف الفبا)
کارشناس ارشد شرکت ملی حفاری ایران- شرکت ملی نفت ایران	ممبینی گوداژدر، امید علی (کارشناسی ارشد مهندسی تکنولوژی-صنایع شیمیایی)
مدیر عامل شرکت فامان شیمی	موسی خانیان، هند (کارشناسی مهندسی مکانیک- حرارت و سیالات)
کارشناس ارشد حفاری شرکت مهندسی و توسعه نفت- شرکت ملی نفت ایران	مؤمنی، محمدرضا (کارشناسی مهندسی معدن- استخراج معدن)
رئیس خدمات سیال حفاری شرکت حفاری شمال شرکت ملی نفت ایران	نادری، محمداسمعیل (کارشناسی ارشد مهندسی فرآوری و انتقال گاز)
مدیر عامل شرکت بهین انرژی سپهر تابان	نادری، بابک (کارشناسی ارشد مهندسی نفت- حفاری)
سرپرست آزمایشگاهها شرکت سیالات حفاری پارس	نعمتی، مریم (کارشناسی ارشد شیمی- تجزیه)
کارشناس مهندسی شرکت نفت گلوبال پترو تک کیش	نورآبادی، اعظم (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)
کارشناس ارشد سیالات حفاری شرکت نفت قلات قاره ایران- شرکت ملی نفت ایران	نیکزاد، محمد (کارشناسی زمین شناسی- عمومی)
مهندس ناظر عملیات حفاری شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب- شرکت ملی نفت ایران	ولادت، محمد (کارشناسی مهندسی نفت- حفاری و استخراج)
مسئول بخش سیال حفاری پژوهشگاه صنعت نفت شرکت ملی نفت ایران	ولی زاده، مجید (کارشناسی ارشد مهندسی نفت- حفاری و استخراج نفت و گاز)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	مقدمه
۳	۱ هدف و دامنه کاربرد
۳	۲ مراجع الزامی
۴	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ اندازه گیری دانسیته سیال حفاری (وزن گل)
۷	۵ اندازه گیری ویسکوزیته و مقاومت ژله ای سیال حفاری
۱۲	۶ اندازه گیری افت صافاب سیال حفاری
۱۴	۷ اندازه گیری سطح اسیدیته سیال (پی اچ)
۱۸	۸ محتویات آب، روغن و مواد جامد سیال ( آزمایش ریتویت)



**مقدمه**

توسعه صنعت حفاری در پروژه‌های نفت و گاز مستلزم تأمین انواع مواد معدنی و شیمیایی سیالات حفاری است. این سیالات نیازمند تطابق با استانداردهای بین‌المللی، ملی، منطقه‌ای و سایر دستورات عمل‌های موجود در تمامی شرکت‌های ذی‌نفع جهت غلبه بر مشکلات صنعت حفاری و کاهش هزینه‌های مرتبط با آنها هستند.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ..... است. سایر قسمت‌های این مجموعه تحت عنوان کلی «صنعت نفت- روش‌های آزمون اندازه‌گیری خواص سیالات حفاری» به شرح زیر است:

- قسمت ۱: سیالات حفاری پایه آبی؛

- قسمت ۲: سیالات حفاری پایه روغنی؛

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

- 1- API Recommended Practice 13B-1, Recommended practice for field testing water-based drilling fluids
- 2- ISO 10414-1, Petroleum and natural gas industries-Field testing of drilling fluids

## صنعت نفت - روش های آزمون اندازه گیری خواص سیالات حفاری -

### قسمت ۱: سیالات حفاری پایه آبی

#### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش های آزمون اندازه گیری خواص سیالات حفاری پایه آبی مطابق با استاندارد بین المللی صنعت نفت آمریکا می باشد. این خواص شامل موارد زیر می باشند:

- دانسیته سیال حفاری

- ویسکوزیته (ظاهری، پلاستیک، نقطه واروی) و مقاوت ژله ای سیال حفاری

- افت صافاب دما و فشار پایین سیال حفاری

- پی اچ یا اسیدیته سیال حفاری

- آزمایش محتویات آب، روغن و مواد جامد سیال

#### ۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام آور نیست.

در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آنها مورد نظر است. استفاده از منابع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

**2-1** API recommended practice 13B-1 "Field testing water-based drilling fluids" Fifth edition, May 2019

**2-2** ISO-10414-1, "Petroleum and natural gas industries — Field testing of drilling fluids, Part 1: Water-based fluids" Second edition 2008-03-15

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

#### سیال حفاری

##### Drilling fluid

هر نوع سیالی که در طول عملیات حفاری درون چاه به گردش در می‌آید و پس از عبور از رشته حفاری<sup>۱</sup> و مته، مجدداً از طریق فضای حلقوی به سطح برمی‌گردد. سیال حفاری به سه نوع پایه آبی، پایه روغنی، و پایه گازی تفکیک می‌شود که نوع پایه آبی بیشترین استفاده را دارد.

۲-۳

#### افزایه سیال حفاری

##### Drilling fluid additive

گروه ویژه‌ای از مواد که به صورت جامد یا مایع برای کنترل خصوصیات سیال حفاری به آن اضافه می‌شود و خواص مورد نیاز سیال حفاری را تامین می‌کند.

۳-۳

#### نشاسته حفاری

##### Drilling starch

نشاسته حفاری یکی از انواع نشاسته است که جهت کاهش صافاب سیال حفاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. نشاسته یک پلیمر طبیعی است که از منابع گیاهی و غلات به دست می‌آید. در این میان سیب‌زمینی و ذرت از منابع بسیار مهم تامین نشاسته برای سیال حفاری محسوب می‌شوند. کاربرد اصلی این افزایه، کاهش افت صافاب و ایجاد گرانروی برای تعلیق مواد جامد سیال حفاری پایه آبی است.

۴-۳

#### چگالی<sup>۲</sup> سیال یا وزن گل حفاری

##### Fluid density or mud weight

چگالی سیال، جرم در واحد حجم سیال است که اصطلاحاً به آن وزن سیال گفته می‌شود. یکی از موارد مهم در طراحی وزن سیال حفاری، در نظر گرفتن فشار سازندی و فشار درون چاه است. یکی از وظیفه‌های اصلی سیال حفاری این است که چگالی یا وزن مناسبی داشته باشد تا در برابر فشار سازند، توان مقاومت را داشته باشد.

1- Drilling string

2- Density

۵-۳

## گرانروی ظاهری

**Apparent viscosity (AV)**

گرانروی ظاهری سیال گرانروی سیال است که در سرعت چرخشی ۶۰۰ دور بر دقیقه اندازه گیری می شود. در مدل رئولوژی پلاستیکی بینگهام<sup>۱</sup>، گرانروی ظاهری با استفاده از ویسکومتر چرخشی اندازه گیری شده و معادل نصف عدد خوانده شد در سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه است ( $\theta_{600}$ ) می باشد.

$$AV = \frac{\theta_{600}}{2}$$

۶-۳

## گرانروی پلاستیکی

**Plastic Viscosity (PV)**

گرانروی پلاستیکی یکی از پارامترهای مدل بینگهام است که از تفاضل عدد خوانده شده توسط ویسکومتر ( $\theta$ ) در دو سرعت ۶۰۰ و ۳۰۰ دور بر دقیقه بدست می آید. گرانروی فاز پیوسته سیال و درصد مواد جامد سیال بر گرانروی پلاستیک تاثیرگذار است.

$$PV = \theta_{600} - \theta_{300}$$

۷-۳

## نقطه واروی

**Yield Point (YP)**

مقاومت در برابر جریان اولیه سیال یا تنش مورد نیاز برای به حرکت درآوردن سیال است. نقطه واروی نقطه سنجش نیروی جاذبه بین ذرات جامد است. این نیروهای الکترواستاتیک حاصل از بارهای مثبت و منفی هستند که در سطح ذرات قرار دارند و به عوامل زیر وابسته است:

- خصوصیات سطح ذرات گل؛

- غلظت جامدات موجود در گل؛

واحد اندازه گیری نقطه واروی در سیستم متریک پاسکال می باشد. بالا بودن نقطه واروی نشانه نیروی جاذبه بالا بین ذرات است. نقطه واروی از تفاضل عدد خوانده شده در سرعت ۳۰۰ دور بر دقیقه و گرانروی پلاستیکی سیال بدست می آید.

$$YP = \theta_{300} - PV$$

---

1- Bingham plastic

۸-۳

## مقاومت ژله ای سیال

**Fluid gel strength**

مقاومت ژله‌ای، نیروهای جاذبه الکترواستاتیک درون سیال در شرایط ساکن است. تفاوت مقاومت ژله‌ای با نقطه واروی در این است که منظور از اندازه‌گیری مقاومت ژله‌ای، اندازه‌گیری نیروی جاذبه مولکولی در شرایط ساکن یا استاتیک است، در حالی که نقطه واروی، اندازه‌گیری نیروی جاذبه بین ذرات جامد در حالت جریان است.

۹-۳

## افت صافاب

**Fluid loss**

افت صافاب، مقدار سیالی است که از فاز پیوسته سیال حفاری تحت فشار و حرارت به درون سازند<sup>۱</sup> نفوذ می‌کند.

۴ اندازه‌گیری دانسیته سیال حفاری (وزن گل<sup>۲</sup>)

۱-۴ مقدمه

این روش آزمایش روشی برای تعیین جرم حجم معینی از مایع (معادل چگالی) است. چگالی سیال حفاری بر حسب گرم در میلی لیتر یا کیلوگرم بر متر مکعب (پوند بر گالن یا پوند بر فوت مکعب) بیان می‌شود.

## ۲-۴ تجهیزات

۱-۲-۴ ترازوی گل<sup>۳</sup> یا ابزار اندازه‌گیری چگالی، با دقت ۰/۰۱ گرم بر میلی لیتر یا ۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب (۰/۱ پوند/گال یا ۰/۵ پوند بر فوت مکعب).

ترازوی گل ابزاری است که عموماً برای تعیین چگالی سیال حفاری استفاده می‌شود. ترازوی گل به گونه ای طراحی شده است که فنجان نگهدارنده سیال حفاری در یک انتهای تیر توسط یک وزنه تعادل ثابت تراز می‌شود.

دستگاه باید مرتباً با آب شیرین کالیبره شود. دانسیته آب شیرین باید در دمای ۲۱ درجه سانتیگراد (۷۰ درجه فارنهایت) ۱ گرم در میلی لیتر یا ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب (۸/۳۳ پوند بر گالن یا ۶۲/۳ پوند بر

1 - Formation  
2 - Mud weight  
3 - Mud Balance

فوت مکعب) باشد. در صورت مغایرت دستگاه باید با افزودن یا کاستن ساچمه های سربی مخصوص در انتهای بازوی آن کالیبره شود.

۴-۲-۲ دماسنج، با محدوده ۰ تا ۱۰۵ درجه سانتیگراد (۳۲ درجه فارنهایت تا ۲۲۰ درجه فارنهایت).

#### ۴-۳ روش آزمون اندازه گیری دانسیته سیال

۴-۳-۱ پایه ابزار باید روی یک سطح صاف و هموار قرار گیرد.

۴-۳-۲ دمای سیال حفاری را اندازه گیری و ثبت کنید.

۴-۳-۳ فنجان تمیز و خشک ترازو را با سیال حفاری پر کنید. با ضربه زدن به دیواره فنجان هوای محبوس در سیال را خارج کرده و درپوش را روی فنجان نگهدارنده مایع حفاری پر شده قرار دهید و درپوش را بچرخانید تا محکم بنشینند. اطمینان حاصل کنید که مقداری از سیال حفاری از طریق سوراخ در درپوش به منظور آزاد کردن هوا یا گاز محبوس شده خارج شده است.

۴-۳-۴ درپوش را محکم روی فنجان نگهدارنده مایع حفاری نگه دارید (با انگشت دست سوراخ درپوش بپوشانید)، قسمت بیرونی فنجان را تمیز و خشک کنید. (در صورت خیس بودن فنجان ترازو سمت دیگر آنرا نیز خیس کنید)

۴-۳-۵ ترازو را روی تکیه گاه پایه قرار دهید و با حرکت وزنه کشویی در امتداد مقیاس مدرج آن را متعادل کنید. تعادل زمانی حاصل می شود که حباب روی خط مرکزی باشد.

۴-۳-۶ چگالی سیال حفاری را از یکی از چهار مقیاس مدرج در سمت پیکان وزنه کشویی بخوانید. چگالی را می توان مستقیماً بر حسب واحدهای گرم بر سانتی متر مکعب، پوند بر گالن و پوند بر فوت مکعب یا به صورت گرادیان سیال حفاری بر حسب پوند بر اینچ مربع به ازای هزار فوت اندازه گیری کرد.

۴-۳-۷ چگالی سیال حفاری را به نزدیکترین ۰٫۱ گرم بر سانتی متر مکعب، ۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ۰٫۱ پوند بر گالن یا ۰٫۱ پوند بر فوت مکعب گزارش کنید.

#### ۵ اندازه گیری ویسکوزیته و مقاومت ژله ای سیال حفاری

##### ۵-۱ مقدمه

ویسکوزیته و مقاومت ژله ای اندازه گیری هایی هستند که به خواص جریان (رئولوژی) سیالات حفاری مربوط می شوند. ابزارهای زیر برای اندازه گیری ویسکوزیته و/یا مقاومت ژله ای سیالات حفاری استفاده می شود:

الف) قیف مارش<sup>۱</sup> - یک دستگاه ساده برای نشان دادن ویسکوزیته به صورت معمول.

ب) ویسکومتر نشان‌دهنده مستقیم<sup>۲</sup> - یک دستگاه مکانیکی برای اندازه‌گیری ویسکوزیته در نرخ‌های برش متفاوت.

## ۵-۲ اندازه‌گیری ویسکوزیته با استفاده از قیف مارش

### ۵-۲-۱ تجهیزات

- قیف مارش، کالیبره شده برای خروج ۹۴۶ میلی‌لیتر (۱ کوارت) آب شیرین در دمای  $(21 \pm 3)$  درجه سانتی‌گراد [ $(5 \pm 70)$  درجه فارنهایت] در  $(0.5 \pm 26)$  ثانیه، با یک فنجان مدرج به عنوان گیرنده.

- مخروط قیف، به طول ۳۰۵ میلی‌متر (۱۲/۰ اینچ)، قطر ۱۵۲ میلی‌متر (۶ اینچ) و ظرفیت تا انتهای صفحه ۱۵۰۰ میلی‌لیتر (۱/۶ کوارت).

- دهانه، به طول ۵۰/۸ میلی‌متر (۲/۰ اینچ) و قطر داخلی ۴/۷ میلی‌متر (0.185 اینچ).

- توری، با دهانه‌های ۱/۶ میلی‌متر (0.063 اینچ) (مش ۱۲). در فاصله ۱۹ میلی‌متر (0.75 اینچ) زیر لبه قیف ثابت شده است.

- فنجان مدرج، با ظرفیت حداقل ۹۴۶ میلی‌لیتر (۱ کوارت).

- کروномتر

- دماسنج، با محدوده ۰ تا ۱۰۵ درجه سانتیگراد (۳۲ درجه فارنهایت تا ۲۲۰ درجه فارنهایت).

### ۵-۲-۲ روش آزمون اندازه‌گیری ویسکوزیته با استفاده از قیف مارش

۵-۲-۲-۱ خروجی قیف را با انگشت بیوشانید و سیال حفاری تازه نمونه برداری شده را از طریق توری تمیز روی دهانه به داخل قیف بریزید. قیف را تا رسیدن سطح سیال به زیر توری پر کنید.

۵-۲-۲-۲ فنجان مدرج را زیر خروجی قیف گذاشته و انگشت را بردارید و کروномتر را شروع کنید. زمان پر شدن سیال حفاری را تا ۹۴۶ میلی‌لیتر (۱ کوارت) علامت فنجان اندازه‌گیری کنید.

۵-۲-۲-۳ دمای سیال را بر حسب درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت) اندازه‌گیری کنید.

1- Marsh Funnel  
2- Direct-indicating viscometer

۵-۲-۴ زمان را با نزدیکترین ثانیه به عنوان ویسکوزیته قیف مارش گزارش دهید. دمای سیال را با نزدیکترین درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت) گزارش دهید.

۵-۳ اندازه گیری ویسکوزیته و مقاومت ژله ای سیال با استفاده از ویسکومتر

۵-۳-۱ تجهیزات

۵-۳-۱-۱ ویسکومتر نشان دهنده مستقیم<sup>۱</sup>

این نوع ویسکومتر یک ابزار چرخشی است که توسط یک موتور الکتریکی یا یک میل لنگ دستی کار می کند. سیال حفاری در فضای حلقوی بین دو سیلندر متحدالمرکز قرار دارد. سیلندر بیرونی یا روتور با سرعت چرخشی ثابت رانده می شود. چرخش روتور در سیال باعث ایجاد گشتاور در سیلندر داخلی یا باب می شود. فنر پیچشی حرکت باب را مهار می کند و صفحه ای که به باب متصل شده است نشان دهنده جابجایی باب است. ثابت های ابزار طوری تنظیم شده اند که ویسکوزیته پلاستیک و نقطه تسلیم با استفاده از خوانش های سرعت روتور ۳۰۰ دور در دقیقه و ۶۰۰ دور در دقیقه بدست می آید.

ویسکومتر نشانگر مستقیم باید مشخصات زیر را داشته باشد:

الف) روتور:

- قطر داخلی ۳۶٫۸۳ میلی متر (۱٫۴۵ اینچ)؛

- طول کل ۸۷٫۰ میلی متر (۳٫۴۲۵ اینچ)؛

- خط خراطی ۵۸٫۴ میلی متر (۲٫۳۰ اینچ) از بالای روتور، با دو ردیف سوراخ ۳٫۱۸ میلی متری (۰٫۱۲۵ اینچ) با فاصله ۱۲۰ درجه (۲٫۰۹ رادیان) از هم، اطراف روتور و زیر خط.

ب) باب، بسته، با پایه صاف و رویه مخروطی:

- قطر ۳۴٫۴۹ میلی متر (۱٫۳۵۸ اینچ)؛

- طول سیلندر ۳۸٫۰ میلی متر (۱٫۴۹۶ اینچ)؛

ج) ثابت فنر پیچشی:

- انحراف ۳۸۶ dyne-cm/degree؛

د) سرعت روتور:

- سرعت بالا ۶۰۰ دور در دقیقه؛



- سرعت پایین ۳۰۰ دور در دقیقه؛

توجه: سایر سرعت های روتور در ویسکومترهای تولید کنندگان مختلف موجود است.

- کرومومتر

- دماسنج، با محدوده ۰ تا ۱۰۵ درجه سانتیگراد (۳۲ درجه فارنهایت تا ۲۲۰ درجه فارنهایت).

- لیوان یا ظرف مناسب، به عنوان مثال، فنجان ارائه شده با ویسکومتر.

### ۵-۳-۲ روش آزمون اندازه گیری ویسکوزیته و مقاومت ژله ای سیال با استفاده از ویسکومتر

۵-۳-۱-۲-۱ نمونه سیال را در لیوان ریخته و روتور را دقیقاً تا خط، داخل سیال ببرید. اندازه گیری ها در میدان باید با حداقل تأخیر (در صورت امکان در عرض ۵ دقیقه) و در دمایی نزدیک به دمای سیال حفاری در محل نمونه برداری انجام شود، اما بیش از ۶ درجه سانتیگراد (۱۰ درجه) تفاوت نداشته باشد و محل نمونه برداری باید در گزارش آزمایش قید شود.

خطر - حداکثر دمای کارکرد توصیه شده ۹۰ درجه سانتیگراد (۲۰۰ درجه فارنهایت) است. در صورت نیاز به آزمایش سیالات بالاتر از این دما، باید از یک باب فلزی جامد یا یک باب فلزی توخالی با فضای داخلی کاملاً خشک استفاده شود. مایع محبوس شده در یک باب توخالی می تواند وقتی در یک سیال با دمای بالا غوطه ور شده، تبخیر شود و باعث انفجار باب گردد.

۵-۳-۲-۲ دمای نمونه را ثبت کنید.

۵-۳-۲-۳ با چرخش روتور با سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه، منتظر بمانید تا صفحه ویسکومتر به یک مقدار ثابت برسد (زمان مورد نیاز به ویژگی های سیال حفاری بستگی دارد). قرائت صفحه را برای ۶۰۰ دور در دقیقه ثبت کنید.

۵-۳-۲-۴ سرعت روتور را به ۳۰۰ دور در دقیقه کاهش دهید و منتظر بمانید تا صفحه ویسکومتر به یک مقدار ثابت برسد. خوانش صفحه را برای ۳۰۰ دور در دقیقه ثبت کنید.

۵-۳-۲-۵ اندازه گیری مقاومت ژله ای را می توان به دو روش انجام داد. روش اول ارائه شده در استاندارد صنعت نفت آمریکا می باشد و روش دوم روش تجربی بدست آمده می باشد.

## ۵-۳-۲-۱ روش اول :

- نمونه سیال حفاری را به مدت ۱۰ ثانیه با سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه هم بزیند. روتور را متوقف کنید.

- اجازه دهید نمونه سیال حفاری به مدت ۱۰ ثانیه استاتیک بماند. مقاومت ژله ای اولیه یا ۱۰ ثانیه معادل حداکثر خوانشی که پس از شروع چرخش با سرعت ۳ دور در دقیقه به دست می آید. مقاومت ژله ای (ژل ۱۰ ثانیه ای) را بر حسب پوند در ۱۰۰ فوت مربع ثبت کنید.

توجه: مقدار مقاومت ژله ای که مستقیماً از قرائت ویسکومتر گزارش می شود، تقریبی  $lb/100 \cdot ft^2$  است. واحدهای خواندن شماره گیری درجاتی از انحراف هستند (۱/۳۶۰ از ۱ چرخش کامل). هر ۱ درجه انحراف برابر با ۰/۵۱۱ پاسکال در واحدهای SI و  $1/067 lb/100 \cdot ft^2$  در واحدهای USC است. این اصلاحات واحدهای دقیق اغلب به دلیل سادگی در گزارش نادیده گرفته می شوند. روش رایج میدانی هنگام گزارش پاسکال، تقسیم واحدهای شماره گیری بر ۲ برای سادگی است.

- نمونه سیال حفاری را با سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ ثانیه مجدداً هم بزیند، روتور را متوقف کنید و اجازه دهید سیال حفاری به مدت ۱۰ دقیقه استاتیک بماند. اندازه گیری ها را مانند مرحله قبل تکرار کنید و حداکثر قرائت را به صورت مقاومت ژله ای ۱۰ دقیقه ای بر حسب پوند در ۱۰۰ فوت مربع گزارش کنید.

## ۵-۳-۲-۲ روش دوم :

- پس از اندازه گیری قرائت در دور های ۶۰۰ و ۳۰۰ دور بر دقیقه. مقدار انحراف عقربه دستگاه را در دور ۶ ثبت کرده و به عنوان مقاومت ژله ای ۱۰ دقیقه (ثانویه) گزارش کنید

- دور دستگاه را روی ۳ دور بر دقیقه تنظیم کرده و انحراف عقربه ویسکومتر را به عنوان مقاومت ژله ای ۱۰ ثانیه (اولیه) گزارش کنید.

## ۵-۳-۳ محاسبات

محاسبه ویسکوزیته پلاستیک،  $P_v$ ، بیان شده در میلی پاسکال ثانیه (سانتی پویز)، در معادله زیر آورده شده است.

$$P_v = \theta_{600} - \theta_{300}$$

$\theta_{600}$  عدد قرائت ویسکومتر در ۶۰۰ دور در دقیقه است.

$\theta_{300}$  عدد قرائت ویسکومتر در ۳۰۰ دور در دقیقه است.

محاسبه نقطه تسلیم،  $Y_p$  بیان شده در پاسکال، در معادله زیر آورده شده است.

$$Y_p = \theta_{300} - Pv$$

محاسبه ویسکوزیته ظاهری،  $A_v$ ، بیان شده در میلی پاسکال ثانیه (سانتی پویز)، در معادله زیر آورده شده است.

$$A_v = \frac{\theta_{600}}{2}$$

## ۶ اندازه گیری افت صافاب سیال حفاری

### ۱-۶ مقدمه

اندازه گیری رفتار فیلتراسیون و خاصیت کیک سازی یک سیال حفاری برای کنترل و تصفیه سیال حفاری، مهم می باشد. این خصوصیات تحت تأثیر انواع و مقادیر جامدات در سیال و فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی آنها است که به نوبه خود تحت تأثیر دما و فشار قرار می گیرند. بنابراین، آزمایش‌ها هم در فشار پایین/دمای پایین و هم فشار/دمای بالا انجام می شوند و هر کدام به تجهیزات و تکنیک‌های متفاوتی نیاز دارند.

### ۲-۶ اندازه گیری افت صافاب سیال در دما و فشار پایین<sup>۱</sup>

#### ۱-۲-۶ تجهیزات

- فیلتر پرس، که عمدتاً از یک سل استوانه ای سیال حفاری با قطر داخلی ۷۶٫۲ میلی متر (۳ اینچ) و ارتفاع حداقل ۶۴ میلی متر (۲٫۵ اینچ) تشکیل شده است.

این سل از مواد مقاوم در برابر محلول های قلیایی قوی ساخته شده است و به گونه ای تعبیه شده است که یک فشار را می توان به راحتی به بالای وارد کرد و از آن خارج کرد. همچنین باید طوری نصب شود که یک ورق کاغذ صافی با قطر ۹۰ میلی متر (۳٫۵۴ اینچ) را بتوان در پایین سلول درست بالای یک تکیه گاه مناسب قرار داد. ناحیه فیلتراسیون (۴۵٫۸±۰٫۶ سانتی متر مربع) یا (۷٫۱±۰٫۱ اینچ مربع) است. در زیر تکیه گاه یک لوله تخلیه برای تخلیه فیلتر به داخل یک سیلندر مدرج قرار دارد. آب بندی با واشر و کل مجموعه

1- Low-temperature/low-pressure test

توسط پایه پشتیبانی می شود. فشار را می توان با هر محیط سیال غیر خطرناک اعمال کرد. فیلتر پرس ها مجهز به تنظیم کننده های فشار هستند و می توان آنها را با سیلندرهای فشار قابل حمل، کارتريج های فشار یا وسایلی برای استفاده از فشار هیدرولیک تهیه کرد. برای به دست آوردن نتایج یکسان، باید از یک ضخامت کاغذ صافی با قطر ۹۰ میلی متر (مثلاً Whatman No. 50, S&S No.5761) یا معادل آن استفاده شود.

فیلتر پرس دمای پایین/فشار کم باید دارای مساحت فیلتر ۴۵/۲ سانتی متر مربع تا ۴۶/۴ سانتی متر مربع (۷/۰ اینچ تا ۷/۲ اینچ مربع) باشد که با قطر ۷۵/۸۶ میلی متر تا ۷۶/۸۶ میلی متر (۲/۹۸۷ اینچ تا ۳/۰۲۶ اینچ) مطابقت دارد. واشر فیلتر پرس عامل تعیین کننده ناحیه فیلتر است. توصیه می شود واشر فیلتر پرس مورد استفاده توسط یک گیج مخروطی که حداکثر ۷۶/۸۶ میلی متر (۳/۰۲۶ اینچ) و حداقل ۷۵/۸۶ میلی متر (۲/۹۸۷ اینچ) روی آن مشخص شده است آزمایش شود. هر واشر فیلتر پرس که خارج از این محدوده باشد (چه بزرگتر یا کوچکتر از علامت گذاری) باید دور ریخته شود.

توجه: نتایج به دست آمده از استفاده از فیلتر پرس با سطح فیلتر متفاوت، مستقیماً با نتایج به دست آمده در هنگام استفاده از پرس با اندازه استاندارد ارتباط ندارد.

- تایمر، با فاصله حداقل ۳۰ دقیقه.

- سیلندر مدرج، با حجم ۱۰ میلی لیتر یا ۲۵ میلی لیتر.

## ۲-۲-۶ روش آزمون اندازه گیری افت صافاب سیال در دما و فشار پایین

۲-۲-۶-۱ مطمئن شوید که هر قسمت از سل، به ویژه توری، تمیز و خشک است و واشرها اعوجاج یا فرسوده نشده باشند. نمونه سیال حفاری را در فاصله ۱ تا ۱/۵ سانتی متری (۰/۴ اینچ تا ۰/۶ اینچ) از قسمت لبه بالا (برای به حداقل رساندن آلودگی CO<sub>2</sub> فیلتر) داخل سل بریزید و مونتاژ را با کاغذ صافی در محل کامل کنید.

۲-۲-۶-۲ یک سیلندر مدرج خشک را زیر لوله تخلیه قرار دهید تا فیلتر جمع آوری شود. شیر تخلیه را ببندید و رگولاتور را طوری تنظیم کنید که فشار  $690 \pm 35$  کیلو پاسکال (100±5 psi) در ۳۰ ثانیه یا کمتر اعمال شود. دوره آزمایش از زمان اعمال فشار شروع می شود.

۲-۲-۶-۳ در پایان ۳۰ دقیقه، حجم فیلتر جمع آوری شده را اندازه گیری کنید. جریان از طریق تنظیم کننده فشار را قطع کنید و شیر تخلیه را به دقت باز کنید. زمان آزمایش، اگر غیر از ۳۰ دقیقه باشد، باید گزارش شود.

۴-۲-۲-۶ حجم فیلتراسیون را بر حسب میلی لیتر (با دقت ۰/۱ میلی لیتر) و دمای اولیه سیال حفاری را بر حسب درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت) گزارش دهید. فیلتر را برای تجزیه و تحلیل شیمیایی ذخیره کنید.

۵-۲-۲-۶ سل را از قاب خارج کنید، ابتدا مطمئن شوید که تمام فشار کاهش یافته است. با دقت کاغذ صافی را با حداقل مزاحمت در کیک ذخیره کنید، سل را جدا کنید و سیال حفاری را دور بریزید. کیک فیلتر روی کاغذ را با جریان ملایم آب بشویید.

۶-۲-۲-۶ ضخامت کیک فیلتر را با نزدیکترین میلی متر (۱/۳۲ اینچ) اندازه بگیرید و گزارش دهید.

۷-۲-۲-۶ اگرچه توصیف کیک کیفی است، اما نمادهایی مانند سخت، نرم، سخت، لاستیکی، سفت و غیره می‌توانند اطلاعات مهمی در مورد کیفیت کیک ارائه دهند.

## ۷ اندازه گیری سطح اسیدیته سیال (پی اچ<sup>۱</sup>)

### ۱-۷ مقدمه

اندازه‌گیری میدانی pH سیال حفاری (یا فیلتر) و تنظیم pH برای کنترل سیال حفاری ضروری است. فعل و انفعالات رس، حلالیت اجزاء مختلف و آلاینده‌ها، و اثربخشی افزودنی‌ها همگی به pH و همچنین کنترل فرآیندهای اسیدی و خوردگی سولفیدی بستگی دارند.

اصطلاح "pH" نشان دهنده لگاریتم منفی فعالیت یون هیدروژن، H، در محلول‌های آبی است (فعالیت و غلظت فقط در محلول‌های رقیق برابر است):  $pH = -\log H$ . برای آب خالص در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد (۷۵ درجه فارنهایت) فعالیت یون هیدروژن  $10^{-7}$  mol/l و  $pH=7$  است. این سیستم «خنثی» نامیده می‌شود زیرا فعالیت یون هیدروکسید [OH] نیز  $10^{-7}$  mol/l است. در سیستم‌های آبی در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد (۷۵ درجه فارنهایت) محصول یونی،  $[H]^*[OH]$ ،  $10^{-14}$  (یک ثابت) است. در نتیجه، افزایش H بیانگر کاهش مشابه در [OH] است. تغییر pH به اندازه یک واحد نشان دهنده تغییر ده برابری در هر دو [H] و [OH] است. محلول‌های با pH کمتر از ۷ "اسیدی" و محلول‌هایی که PH بیشتر از ۷ دارند "بازی" یا "قلیایی" نامیده می‌شوند.

روش توصیه شده برای اندازه‌گیری PH سیال حفاری با PH متر الکتروود شیشه‌ای است. این روش دقیق است و مقادیر pH قابل اعتمادی را ارائه می‌دهد و در صورت استفاده از یک سیستم الکتروود با کیفیت بالا با ابزاری که به درستی طراحی شده باشد، هیچ تداخلی ندارد. ابزارهای PH مقاوم در دسترس هستند که به

1- pH

طور خودکار دما را جبران می کنند و نسبت به ابزارهایی که به صورت دستی تنظیم می شوند ترجیح داده می شوند.

کاغذهای pH، برای اندازه گیری pH میدانی استفاده می شوند، اما روش های توصیه شده نیستند. این روش ها فقط در سیالات حفاری بسیار ساده مبتنی بر آب قابل اعتماد هستند. جامدات سیال حفاری، نمک های محلول و مواد شیمیایی و مایعات تیره رنگ باعث خطاهای جدی در مقادیر pH کاغذ می شود. دقت آنها معمولاً حدود ۰٫۵ واحد pH است.

## ۲-۷ تجهیزات و مواد

- محلول های بافر، برای کالیبره کردن و تنظیم شیب pH متر قبل از اندازه گیری نمونه در مقادیر pH زیر:

الف) pH=4: پتاسیم هیدروژن فتالات در ۰٫۰۵ مول در لیتر در آب. pH = ۴٫۰۱ را در ۲۴ درجه سانتیگراد (۷۵ درجه فارنهایت) می دهد.

ب) pH=7: دی هیدروژن فسفات پتاسیم در ۰٫۰۲۰۶۶ mol/l و دی سدیم هیدروژن فسفات در ۰٫۰۲۹۳۴ mol/l در آب. pH=700 را در ۲۴ درجه سانتیگراد (۷۵ درجه فارنهایت) می دهد.

ج) pH=10: کربنات سدیم در ۰٫۰۲۵ مول در لیتر و بی کربنات سدیم در ۰٫۰۲۵ مول در لیتر در آب. در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد (۷۵ درجه فارنهایت) pH = ۱۰٫۰۱ می دهد.

بافرهای را می توان بصورت محلول از پیش ساخته شده، بسته های پودر خشک یا یک فرمول مشخص خریداری کرد. عمر مفید تمام بافرها نباید از شش ماه قبل از دفع تجاوز کند. تاریخ تهیه بافر باید روی بطری های مورد استفاده در منطقه نشان داده شود. بطری ها باید محکم بسته شوند.

- آب مقطر یا دیونیزه، در بطری اسپری.

- شوینده مایع ملایم

- هیدروکسید سدیم، ((CAS No. 1310-73-2)، ۰٫۱ mol/l (تقریباً)، برای بازسازی الکتروود.

خطر - NaOH یک ماده شیمیایی قلیایی سوزاننده قوی است. از تماس پوستی خودداری کنید.

- اسید هیدروکلریک، ((CAS No. 7674-01-0)، ۰٫۱ mol/l (تقریباً)، برای بازسازی الکتروود.

خطر - HCl یک اسید قوی و سمی است.

- بی فلوراید آمونیوم (CAS شماره ۱۳۴۱-۴۹-۷)، محلول ۱۰ درصد (تقریباً)، برای بازسازی الکتروود.

خطر - بی فلوراید آمونیوم سمی و خورنده است. مطابق با آن رفتار کنید و از تماس پوستی خودداری کنید.

- پتانسیومتر با برد میلی ولت، کالیبره شده برای نشان دادن واحدهای pH برای اندازه گیری پتانسیل بین یک الکتروود غشایی شیشه ای و یک الکتروود "مرجع" استاندارد.

### ۷-۳ روش آزمون اندازه گیری پی اچ

۷-۳-۱ نمونه ای از سیال را برای آزمایش بگیرید. اجازه دهید به  $24 \pm 3$  درجه سانتی ( $75 \pm 5$  درجه فارنهایت) برسد.

۷-۳-۲ اجازه دهید محلول بافر به همان دمای سیال مورد آزمایش برسد.

برای اندازه گیری دقیق pH، سیال آزمایش، محلول بافر و الکتروود مرجع همگی باید در دمای نمونه باشند. pH محلول بافری که روی برچسب ظرف نشان داده شده است pH صحیح فقط در  $24$  درجه سانتیگراد ( $75$  درجه فارنهایت) است. اگر می خواهید در دمای دیگری کالیبره کنید، باید از pH واقعی بافر در این دما استفاده شود. جداول مقادیر pH بافر در دماهای مختلف از تامین کنندگان موجود است و باید در روش کالیبراسیون استفاده شود.

۷-۳-۳ الکتروود را با شستشو با آب مقطر تمیز کرده و خشک کنید.

۷-۳-۴ الکتروود را در بافر pH  $7.0$  قرار دهید.

۷-۳-۵ pH متر را روشن کنید؛  $60$  ثانیه صبر کنید تا قرائت تثبیت شود (اگر قرائت دستگاه ثابت نیست به  $7-4$  مراجعه کنید).

۷-۳-۶ دمای محلول بافر pH  $7.0$  را اندازه گیری کنید.

۷-۳-۷ این دما را روی دکمه دما تنظیم کنید.

۷-۳-۸ با استفاده از دکمه کالیبراسیون، قرائت دستگاه را روی " $7.0$ " تنظیم کنید.

۷-۳-۹ الکتروود را با شستشو با آب مقطر تمیز کرده و خشک کنید.

۷-۳-۱۰ عملیات را در  $7-3-6$  تا  $7-3-9$  با استفاده از بافر pH=4.0 یا pH=10.0 تکرار کنید. اگر نمونه «اسیدی» است از pH=4.0 یا اگر نمونه «قلیایی» باید آزمایش شود از pH=10.0 استفاده کنید. با استفاده از دکمه تنظیم شیب، متر را به ترتیب روی عدد " $4.0$ " یا " $10.0$ " تنظیم کنید. (اگر دکمه شیب وجود ندارد، از دکمه دما برای تنظیم " $4.0$ " یا " $10.0$ " روی متر استفاده کنید.)

۷-۳-۱۱ دوباره pH متر را با بافر pH=7.0 بررسی کنید. اگر تغییر کرده است، با دکمه "کالیبراسیون" به "۷۰" بازنشانی کنید. ۷-۳-۶ تا ۷-۳-۹ را تکرار کنید. اگر دستگاه به درستی کالیبره نمی شود، الکتروود را همانطور که در بند ۷-۴ ارائه شده است، تعمیر یا تعویض کنید.

نمونه محلول های بافر مورد استفاده در کالیبراسیون را دور بیندازید و از آن استفاده مجدد نکنید. pH متر باید به طور کامل هر روز، مطابق با ۷-۳-۲ تا ۷-۳-۹، با استفاده از دو بافر کالیبره شود. در صورت استفاده مداوم از pH متر و قبل از استفاده، در صورتی که بیش از ۳ ساعت بین اندازه گیری ها فاصله داشته باشد، هر ۳ ساعت یک بار با بافر pH=7.0 چک کنید.

۷-۳-۱۲ اگر pH متر به درستی کالیبره شد، الکتروود را با آب مقطر بشویید و خشک کنید. الکتروود را در نمونه برای آزمایش قرار داده و به آرامی هم بزنید. برای تثبیت خواندن ۶۰ تا ۹۰ ثانیه زمان بگذارید.

۷-۳-۱۳ pH نمونه را تا نزدیکترین واحد pH ۰٫۱ و دمای نمونه ثبت کنید.

۷-۳-۱۴ الکتروود را با دقت تمیز کنید تا برای استفاده بعدی آماده باشد. در ویال بافر pH ۴ نگهداری شود. هرگز اجازه ندهید نوک پروب خشک شود.

۷-۳-۱۵ برای محافظت از ابزار، pH متر را خاموش کنید و درپوش را ببندید. از نگهداری ابزار در دماهای شدید زیر ۰ درجه سانتیگراد (۳۲ درجه فارنهایت) یا بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد (۱۲۰ درجه فارنهایت) خودداری کنید.

#### ۷-۴ نگهداری از الکتروود دستگاه

۷-۴-۱ تمیز کردن الکتروود به صورت دوره ای ضروری است، به خصوص اگر ذرات روغن یا خاک رس سطح الکتروود شیشه ای را بپوشانند. الکتروود را با یک برس نرم و یک شوینده ملایم تمیز کنید.

۷-۴-۲ بازسازی شرایط الکتروود در صورت انحراف قرائت و عدم امکان کالیبراسیون آن ضروری می باشد.

۷-۴-۳ بازسازی شرایط الکتروود با با خیساندن الکتروود به مدت ۱۰ دقیقه در محلول ۰٫۱ مول در لیتر اسید هیدروکلراید و به دنبال آن، شستشو در آب و سپس خیساندن به مدت ۱۰ دقیقه در محلول ۰٫۱ مول در لیتر NaOH و شستشو مجدد، انجام می شود.

۷-۴-۴ برای ارزیابی پاسخ الکتروود، آن را با انجام کالیبراسیون (مراحل ۷-۳-۱ تا ۷-۳-۱۵) بررسی کنید.

۷-۴-۵ اگر الکتروود همچنان ضعیف عمل می کند، الکتروود را فقط به مدت ۲ دقیقه در محلول بی فلوراید آمونیوم ۱۰ درصد خیس کنید. برای بررسی قابلیت کالیبراسیون، مراحل ۷-۳-۱ تا ۷-۳-۱۵ را تکرار کنید.

۷-۴-۶ اگر مراحل ۷-۴-۳ تا ۷-۴-۵ نتوانست سیستم الکتروود را بازسازی کنند، آن را تعویض کنید.



## ۸ محتویات آب، روغن و مواد جامد سیال (آزمایش ریتورت<sup>۱</sup>)

### ۸-۱ اصول

دستگاه ریتورت وسیله ای برای جداسازی و اندازه گیری حجم آب، روغن و مواد جامد موجود در نمونه سیال حفاری پایه آبی فراهم می کند. در مخزن ریتورت، حجم مشخصی از یک نمونه سیال حفاری تا تبخیر کامل اجزای مایع حرارت داده می شود که سپس این بخار متراکم شده و در یک لوله مدرج جمع آوری می شود. حجم مایع مستقیماً از خواندن فازهای روغن و آب در لوله مدرج تعیین می شود. حجم کل جامدات (معلق و محلول) با اختلاف حجم کل نمونه منهای حجم مایع به دست می آید. محاسبات برای تعیین حجم جامدات معلق ضروری است، درحالیکه هر جامد محلول در مخزن ریتورت باقی می ماند. حجم نسبی مواد جامد کم گرانش و وزن افزا نیز قابل محاسبه است. آگاهی از غلظت و ترکیب جامدات برای کنترل ویسکوزیته و فیلتراسیون در سیالات حفاری پایه آبی یک اصل اساسی است.

### ۸-۲ تجهیزات

#### ۸-۲-۱ ریتورت

ریتورت ها معمولاً در سه اندازه (۱۰ میلی لیتر، ۲۰ میلی لیتر و ۵۰ میلی لیتر) در دسترس هستند. مشخصات این ریتورت ها در ذیل آورده شده است.

۸-۲-۱-۱ فنجان نمونه، در اندازه استاندارد ۱۰ میلی لیتر (دقت ۰٫۰۵ میلی لیتر)، ۲۰ میلی لیتر (دقت ۰٫۱۰ میلی لیتر) یا ۵۰ میلی لیتر (دقت ۰٫۲۵ میلی لیتر).

نکته: اندازه فنجان های نمونه دیگری نیز از سازندگان این تجهیزات موجود است.

۸-۲-۱-۲ کندانسور مایع، با جرم کافی برای خنک کردن روغن و بخارات آب در زیر دمای تبخیر آنها قبل از خروج از کندانسور.

۸-۲-۱-۳ المنت حرارتی، با قدرت کافی برای بالا بردن دمای نمونه بالاتر از نقطه تبخیر اجزای مایع در مدت ۱۵ دقیقه بدون ایجاد جوشیدن مواد جامد.

۸-۲-۱-۴ کنترل دما (اختیاری)، با قابلیت محدود کردن دمای مخزن به  $40 \pm 500$  درجه سانتی گراد ( $70 \pm 930$  درجه فارنهایت).

۸-۲-۲ لوله مدرج جمع کننده (گیرنده) مایع (TC)، ظروف شیشه ای استوانه ای با طراحی ویژه با ته گرد برای تسهیل تمیز کردن

و یک صفحه قیفی شکل برای گرفتن قطرات در حال سقوط که دارای مشخصات زیر است:

1- Retort Test

حجم کل، میلی لیتر: ۱۰، ۲۰، ۵۰

دقت (۰ تا ۱۰۰٪)، میلی لیتر: ۰/۰۵ ۰/۰۵ ۰/۲۵

درجه بندی (۰ تا ۱۰۰٪)، میلی لیتر: ۰/۱۰ ۰/۱۰ ۰/۵۰

کالیبراسیون: مقدار TC را در ۲۰ درجه سانتیگراد (۶۸ درجه فارنهایت) پر کند.

مقیاس: میلی لیتر یا کسر حجمی (به عنوان درصد)

جنس مواد: شفاف و بی اثر به محلول های روغن، آب و نمک تا دمای ۳۲ درجه سانتیگراد (۹۰ درجه فارنهایت).

ولوم گیرنده باید به صورت ثقلی بررسی شود. روش و محاسبات در ضمیمه H برای گیرنده های مایع ۱۰، ۲۰ و ۵۰ میلی لیتر ارائه شده است.

۸-۲-۳ پشم فولادی ریز، بدون روغن.

"پشم فولاد مایع" یا محصولات مشابه نباید برای این کاربرد استفاده شود.

۸-۲-۴ گریس سیلیکونی با دمای بالا، برای استفاده به عنوان سیل کننده و روان کننده.

۸-۲-۵ پاک کننده های لوله.

۸-۲-۶ چاقو یا کاردک بتونه، با تیغه ای به شکل متناسب با ابعاد داخلی فنجان نمونه ریتورت.

۸-۲-۷ قیف مارش.

۸-۲-۸ عامل ضد کف.

۸-۲-۹ پیچ چوب پنبه.

۸-۳ روش

۸-۳-۱ مطمئن شوید که فنجان نمونه ریتورت، گذرگاه کندانسور و گیرنده مایع تمیز، خشک و خنک از استفاده قبلی هستند. قبل از هر آزمایش، قسمت داخلی فنجان نمونه و درب آن با یک چاقوی بتونه یا کاردک کاملاً تمیز شود. به طور متناوب، قسمت داخلی فنجان نمونه نیز باید با پشم فولادی به آرامی پرداخت شود. گذرگاه کندانسور نیز باید قبل از هر آزمایش با استفاده از لوله پاک کن تمیز و خشک شود. تجمع مواد در کندانسور می تواند بازده تراکم را کاهش دهد و باعث خوانش اشتباه مقدار فاز مایع شود.

توجه: روبه ها بسته به نوع ریتورت مورد استفاده کمی متفاوت است. دستورالعمل های سازنده را برای هر ریتورت مطالعه کنید.

۸-۳-۲ یک نمونه از سیال حفاری پایه آبی جمع آوری کنید و اجازه دهید تا حدود ۲۷ درجه سانتیگراد (۸۰ درجه فارنهایت) خنک شود.

نمونه را از طریق صفحه نمایش ۱٫۶۸ میلی متری (۰٫۰۶۶ اینچ) (مش ۱۲) روی قیف مارش برای حذف مواد LCM، کنده های بزرگ و آشغال ها عبور دهید.

۸-۳-۳ اگر نمونه سیال حفاری حاوی گاز یا هوا باشد، دو تا سه قطره از ماده ضد کف را به حدود ۳۰۰ میلی لیتر سیال حفاری اضافه کنید و به آرامی به مدت ۲ تا ۳ دقیقه هم بزنید تا گازها آزاد شوند.

۸-۳-۴ رزوه های روی فنجان نمونه و لوله کندانسور را با یک پوشش سبک از گریس سیلیکونی روغن کاری کنید. این از هدر رفتن بخار از طریق رزوه ها جلوگیری می کند و همچنین جداسازی تجهیزات و تمیز کردن در پایان آزمایش را تسهیل می کند.

۸-۳-۵ به آرامی یک حلقه از پشم فولادی را در محفظه بالای فنجان نمونه قرار دهید. فقط از پشم فولادی کافی برای جلوگیری از جوشیدن مواد جامد به گیرنده مایع استفاده کنید.

۸-۳-۶ فنجان نمونه ریتورت را با سیال حفاری پایه آبی گاز زدایی شده پر کنید، به ۳-۳-۸ مراجعه کنید. برای اطلاعات در مورد حذف هوا یا گاز به پیوست D مراجعه کنید.

۸-۳-۷ درب را با دقت روی فنجان نمونه قرار دهید و اجازه دهید نمونه از سوراخ درب سرریز شود تا مطمئن شوید که حجم صحیح نمونه در فنجان است.

۸-۳-۸ با درب محکم در جای خود، سرریز را از فنجان نمونه و درب پاک کنید. مطمئن شوید که رزوه های فنجان نمونه پس از پاک کردن همچنان با گریس سیلیکونی پوشانده شده است و سوراخ درب آن بسته نشده باشد.

۸-۳-۹ فنجان ریتورت را با کندانسور آن بر روی محفظه پیچ کنید.

۸-۳-۱۰ یک گیرنده تمیز و خشک مایع را زیر لوله تخلیه کندانسور قرار دهید.

۸-۳-۱۱ مخزن را گرم کنید و مایعی که از کندانسور می ریزد را مشاهده کنید. پس از جمع آوری آخرین میعانات، حرارت را به مدت ۱۰ دقیقه ادامه دهید.

۸-۳-۱۲ گیرنده مایع را از مخزن خارج کنید. توجه داشته باشید که آیا مواد جامد در مایعی که بازیافت شده است وجود دارد یا خیر. در این صورت، کل سیال حفاری از فنجان نمونه جوشیده است و آزمایش باید از بند ۸-۳-۶ تکرار شود.

۸-۳-۱۳ حجم آب و روغن را در گیرنده مایع پس از خنک شدن تا دمای محیط بخوانید. حجم (یا درصد حجمی) آب و روغن جمع آوری شده را ثبت کنید.

۸-۳-۱۴ مخزن را خنک کنید، پشم فولادی را با آچار چوب پنبه باز کنید و فنجان نمونه را با چاقوی بتونه یا کاردک تمیز کنید.

#### ۸-۴ محاسبه

۸-۴-۱ با استفاده از حجم های اندازه گیری شده روغن و آب و حجم نمونه اولیه سیال حفاری (۱۰ میلی لیتر، ۲۰ میلی لیتر یا ۵۰ میلی لیتر)، کسر حجمی آب، روغن و کل مواد جامد در سیال حفاری را به صورت درصد محاسبه کنید.

الف) کسر حجمی آب:

کسر حجمی آب، که به صورت درصدی از حجم کل نمونه بیان می شود، مطابق با معادله (۱۲) محاسبه

$$\varphi_W = 100 \times \frac{V_W}{V_{df}} \quad (12)$$

می شود:

در این معادله:

$V_O$  حجم روغن است که بر حسب میلی لیتر بیان می شود.

$V_{df}$  حجم نمونه سیال حفاری است که بر حسب میلی لیتر بیان می شود.

ب) کسر حجمی روغن:

کسر حجمی روغن، که به صورت درصدی از حجم کل نمونه بیان می شود، مطابق با معادله (۱۳) محاسبه می شود:

$$\varphi_O = 100 \times \frac{V_O}{V_{df}} \quad (13)$$

در این معادله:

$V_O$  حجم روغن است که بر حسب میلی لیتر بیان می شود.

$V_{df}$  حجم نمونه سیال حفاری است که بر حسب میلی لیتر بیان می شود.

ج) کسر حجمی جامدات ریتورت:

کسر حجمی جامدات ریتورت، که به صورت درصدی از حجم کل نمونه بیان می شود، مطابق با معادله (۱۴) محاسبه می شود:

$$\varphi_S = 100 - (\varphi_W + \varphi_O) \quad (14)$$

توجه: درصد (کسر حجمی) جامدات بازگردان در معادله (۱۴) تنها تفاوت بین آب به اضافه روغن است، و حجم کل نمونه (۱۰ میلی لیتر، ۲۰ میلی لیتر یا ۵۰ میلی لیتر). این تفاوت هم جامدات معلق (مواد وزنی و کم گرانش) و هم

مواد محلول (مانند نمک) است. این درصد (کسر حجمی) جامدات مخرب تنها در صورتی جامدات معلق هستند که سیال حفاری یک سیال حفاری تصفیه نشده و آب شیرین باشد.

۸-۴-۲ محاسبات اضافی برای یافتن درصد (کسر حجمی) جامدات معلق و ارتباط آنها با حجم نسبی جامدات کم گرانش و مواد وزنی مورد نیاز است. برای انجام این محاسبات، یک دقیق است چگالی سیال حفاری و غلظت کلرید مورد نیاز است. درصد (کسر حجمی) جامدات معلق،  $\varphi_{SS}$ ، که به عنوان درصدی از حجم کل نمونه بیان می شود، مطابق با معادله (۱۵) محاسبه می شود:

$$\varphi_{SS} = \varphi_S - \left( \frac{\varphi_W \times c_{Cl}}{1680000 - 1.21 c_{Cl}} \right) \quad (15)$$

جایی که

$c_{Cl}$  غلظت کلرید بر حسب میلی گرم در لیتر است.

$\varphi_W$  درصد (کسر حجمی) آب است.

$\varphi_S$  درصد (کسر حجمی) جامدات است.

۸-۴-۳ کسر حجمی جامدات کم گرانش،  $\varphi_{lg}$ ، به عنوان درصدی از حجم کل نمونه بیان می شود، همانطور که در معادله (۱۶) برای واحدهای SI و معادله (۱۷) برای واحدهای USC محاسبه می شود:

$$\varphi_{lg} = \frac{1}{(\rho_b - \rho_{lg})} [100\rho_f + (\rho_b - \rho_f) \times \varphi_{SS} - 100\rho_{df,A} - (\rho_f - \rho_o) \times \varphi_o] \quad (16)$$

$$\varphi_{lg} = \frac{1}{(\rho_b - \rho_{lg})} [100\rho_f + (\rho_b - \rho_f) \times \varphi_{SS} - 12\rho_{df,B} - (\rho_f - \rho_o) \times \varphi_o] \quad (17)$$

جایی که

$\rho_{df,A}$  چگالی سیال حفاری است که بر حسب گرم در میلی لیتر بیان می شود.

$\rho_{df,B}$  چگالی سیال حفاری است که بر حسب پوند در هر گالن بیان می شود.

$\rho_f$  چگالی فیلتریت است که بر حسب گرم در میلی لیتر بیان می شود، همانطور که در رابطه (۱۸) نشان داده شده است:

$$\rho_f = 1 + 0.00000109 \times c_{Cl} \quad (18)$$

$\rho_b$  چگالی مواد وزنی است که بر حسب گرم در میلی لیتر بیان می شود.

$\rho_{lg}$  چگالی جامدات کم گرانش است که بر حسب گرم در میلی لیتر بیان می شود (اگر ناشناخته است از ۲٫۶ استفاده کنید).

$\rho_o$  چگالی روغن است که بر حسب گرم در میلی لیتر بیان می شود (اگر ناشناخته است از ۰٫۸ استفاده کنید).

یادداشت محاسبه چگالی  $\rho_f$  معادله (۱۸) بر اساس غلظت کلرید سدیم است.

۸-۴-۴ کسر حجمی ماده وزن دهنده،  $\varphi_b$ ، که به صورت درصد بیان می‌شود، مطابق شکل محاسبه معادله (۱۹) می‌شود.

$$\varphi_b = \varphi_{SS} - \varphi_{lg} \quad (19)$$

۸-۴-۵ غلظت، بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، جامدات کم گرانش،  $c_{lg,A}$ ، مواد وزنی،  $c_{b,A}$ ، و جامدات معلق،  $c_{SS,A}$ ، را می‌توان همانطور که در معادلات (۲۰) (۲۱) و (۲۲) آورده شده است، محاسبه کرد:

$$c_{lg,A} = 10\rho_{lg} \times \varphi_{lg} \quad (20)$$

$$c_{b,A} = 10\rho_b \times \varphi_b \quad (21)$$

$$c_{SS,A} = c_{lg,A} \times c_{b,A} \quad (22)$$

جایی که

$\varphi_{lg}$  کسر حجمی جامدات کم گرانش است که به صورت درصد بیان می‌شود.

$\varphi_b$  کسر حجمی باریت است که به صورت درصد بیان می‌شود.

غلظت جامدات کم گرانش،  $c_{lg,B}$ ، مواد وزنی،  $c_{b,A}$ ، و جامدات معلق،  $c_{SS,B}$  بر حسب پوند در هر بشکه، بیان شده است، همانطور که در معادلات (۲۳)، (۲۴)، و (۲۵) آورده شده است. ، به ترتیب:

$$c_{lg,B} = 3.49\rho_{lg} \times \varphi_{lg} \quad (23)$$

$$c_{b,B} = 3.49\rho_b \times \varphi_b \quad (24)$$

$$c_{SS,B} = c_{lg,B} \times c_{b,B} \quad (25)$$

جایی که

$\varphi_{lg}$  کسر حجمی جامدات کم گرانش است که به صورت درصد بیان می‌شود.

$\varphi_b$  کسر حجمی باریت است که به صورت درصد بیان می‌شود.