INSO
19151
1st. Edition
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۹۱۵۱
چاپ اول
۱۳۹۳

فراورده‌های نفتی – سوخت‌ها (طبقه F) – سوخت‌های توربین گازی برای کاربردهای صنعتی و دریایی – ویژگی‌ها

Petroleum products - Fuels (Class f) - Specifications of gas turbine fuels for industrial and marine applications

ICS:75.160.20

به‌نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ 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 مـورخ ۱۳۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۱۳۹۰/۷/۲۴ 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 وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، 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 می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت 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 شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]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 بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

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 درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، 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 ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. 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 International de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« فراورده‌های نفتی – سوخت‌ها (طبقه F) – سوخت‌های توربین گازی در کاربردهای صنعتی و دریایی – ویژگی‌ها »

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
باقر زاده همایی، عیسی (کارشناس ارشد مهندسی شیمی)	مدیرکل استاندارد هرمزگان
دبیر:	
عفت جودار (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع پلیمر)	کارشناس اداره کل استاندارد هرمزگان
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آشوری زاده، غلامعلی (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	شرکت پالایش گاز سرخون و قشم
ابوالقاسمی، میکائیل (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	کارشناس اداره کل استاندارد هرمزگان
بابازاده، فرشته (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	کارشناس استاندارد
حسینی مقدم، سید محمد (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت پالایش نفت بندرعباس
داسمه، علی (کارشناسی ارشد مهندسی نفت)	شرکت پالایش و پخش فراورده‌های نفتی استان هرمزگان
رمضان پور، عبدالرضا (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	شرکت پالایش و پخش فراورده‌های نفتی استان هرمزگان
طاهری زاده، محمود (کارشناسی ارشد مهندسی نفت)	هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد قشم
علی عبدالهی، داوود (کارشناسی مهندسی شیمی)	اداره کل بنادر و دریانوردی استان هرمزگان
کمالی، مریم (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	کارشناس اداره کل استاندارد هرمزگان

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		ه
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	الزامات عمومی	۲
۴	الزامات تفصیلی	۳
۵	نمونه برداری	۳
۶	دقت و تفسیر نتایج آزمون	۳
۷	پیوست الف (الزامی) روش محاسبه انرژی ویژه	۷
۸	پیوست ب (اطلاعاتی) حدود مقادیر ناچیز فلز موجود در سوخت ورودی به محفظه احتراق توربین	۹
۹	پیوست پ (اطلاعاتی) اهمیت ویژگی‌ها برای سوخت‌های توربین گازی	۱۳
۱۰	پیوست ت (اطلاعاتی) کتابنامه	۲۴

پیش گفتار

استاندارد "فراورده‌های نفتی – سوخت‌ها (طبقه F) – سوخت‌های توربین گازی در کاربردهای صنعتی و دریایی – ویژگی‌ها " که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در چهل و هفتمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد فرآورده های نفتی مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۶ مورد تصویب قرارگرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظرخواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرارخواهدگرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیراست:

ISO 4261: 2013 Petroleum products - Fuels (class F) - Specifications of gas turbine fuels for industrial and marine applications

فراورده‌های نفتی – سوخت‌ها (طبقه F) – سوخت‌های توربین گازی در کاربردهای صنعتی و دریایی – ویژگی‌ها

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی نوشته نشده است. در صورت وجود چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط ایمنی و سلامتی مناسب و اجرای آن بر عهده‌ی کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین الزامات سوخت‌های نفتی ، مورد استفاده در توربین‌های گازی می باشد. این استاندارد برای سوخت‌های نفتی مورد استفاده در توربین‌های گازی که در تجهیزات عمومی، صنعتی و کاربردهای دریایی بکار می روند، کاربرد دارد و الزامات مربوط به آن (به استاندارد ملی شماره ۱۰۹۷۸ رجوع شود) را برآورده می نماید. . این استاندارد الزامات برای توربین‌های گازی مورد استفاده در صنعت هوایی را پوشش نمی دهد. این استاندارد به عنوان یک راهنما برای کاربرانی مانند کارخانه‌های تولید کننده توربین و تأمین کننده‌ها و خریداران سوخت‌های توربین گازی مورد استفاده قرار می گیرد. این استاندارد ویژگی سوخت‌ها را در زمان و مکان انتقال از فروشنده به مصرف کننده نمایش می دهد.

اطلاعات و پیشنهادات بیشتر برای کیفیت سوخت وارد شده به محفظه احتراق توربین در پیوست الف آمده است.

واژگان فنی مورد استفاده و روش‌های تست ارجاع شده در دفترچه مشخصات در پیوست پ ارائه شده است.

یادآوری ۱ - اطلاعات اضافی سوخت‌های توربین‌های گازی در استاندارد ملی شماره ۱۰۹۷۸ بیان شده است.

یادآوری ۲ - الزامات سوخت‌های نفتی برای موتورهای دیزلی و توربین بخار برای کاربردهای دریایی در استاندارد ملی شماره ۸۶۵۸ ارئه شده اند.

در این استاندارد طبقه بندی گروه‌های سوخت مطابق با استاندارد ملی شماره ۲-۱۰۶۸۱ سال ۱۳۸۷ انجام می گیرد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۳۳۶، فراورده‌های نفتی – تشخیص خوردگی تیغه مسی- روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۷۳۱، فراورده‌های نفتی– تعیین و کاربرد داده‌های دقت – روش آزمون

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۸۶۵۸، فراورده‌های نفتی – سوخت‌ها (طبقه F) – سوخت‌های دریایی – ویژگی‌ها

۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۸۴۰۲، فراورده‌های نفتی - تعیین مقدار گوگرد - روش طیف سنجی فلوئورسانس اشعه ایکس یا پاشندگی انرژی -روش آزمون

۲-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۷۸، توربین‌های گازی – قسمت هفتم – اطلاعات فنی

۲-۶ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۰۶۸۱، فراورده‌های نفتی - طبقه بندی سوخت ها (طبقه F) –قسمت دوم – رده سوخت های توربین گازی در کاربردهای دریایی و صنعتی

۲-۷ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۷۵، قیر و مواد قیری -تعیین نقاط اشتعال و شعله وری با ظرف روباز کلیولند - روش آزمون

۲-۸ استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۰ ، آزمون گرانروی مایعات شفاف و تیره (محاسبه گرانروی دینامیک)

۲-۹ استاندارد ملی ایران شماره ۴۱۸۹ ، روش‌های نمونه‌برداری دستی از مواد و فرآورده‌های نفتی

۲-۱۰ استاندارد ملی ایران شماره ۶۲۶۱ ، فراوده‌های نفتی - تقطیر در فشار اتمسفر - روش آزمون

۲-۱۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۷ ، فراورده های نفتی-اندازه گیری چگالی ،چگالی نسبی (وزن مخصوص)یا گرانش آ-پی-آی نفت خام و فراورده های نفتی بوسیله چگالی سنج-روش آزمون

۲-۱۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۸۱ ، فراورده‌های نفتی و مواد قیری-تعیین آب به روش تقطیر-روش آزمون

۲-۱۳ استاندارد ملی ایران شماره ۴۱۸۸ ، نفت خام و سوختهای سنگین-تعیین رسوی به روش استخراج-روش آزمون

۲-۱۴ استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۴۰ ، فراورده‌های نفتی -تعیین مقدار خاکستر -روش آزمون

۲-۱۵ استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۳۷ ، فراورده‌های نفتی-اندازه گیری کربن باقیمانده به روش میکرو-روش آزمون

2-11 ISO 3171, Petroleum liquids - Automatic pipeline sampling

۳ الزامات عمومی

۳-۱ سوخت باید یک مخلوط همگن از هیدروکربن‌ها بوده و عاری از اسیدهای معدنی[1] و هر گونه مواد خارجی اضافه شده باشد.

یادآوری- راهنماها برای حدود مقادیر ناچیز فلزات[2] برای سوخت‌های وارد شده به محفظه احتراق[3] توربین در پیوست الف آمده است.

۳-۲ سوخت ها از تمامی دسته‌ها بایستی در زمان ذخیره سازی، نگه‌داری، جابجایی و حمل و نقل همگن باقی بمانند.

1 - Inorganic Acids
2 - Trace Metals
3 - Combustion Chambers

۴ الزامات تفصیلی[1]

یادآوری – خواصی که در این ویژگی‌ها لیست شده جوازی است بر عملکرد قابل قبول توربین. در هر حال، فلزات مشخص، حتی در مقدار بسیار کم برای عمر مفید توربین مضر می‌باشند. اطلاعات در مورد اهمیت و غلظت عناصر فلزی بحرانی در سوخت زمانی که به محفظه احتراق وارد می‌شوند در پیوست ب آمده است.

۴-۱ دسته‌های مختلف سوخت‌های توربین گازی باید حدود الزامات جدول ۱ زمانی که سوخت با روش مشخص شده آزمون می گردد، را برآورده کرده و با آنها انطباق داشته باشد.

۴-۲ تلفیق افزودنی‌ها با سوخت توسط تامین کنندگان جهت اهداف قانونی و یا بهبود در عملکردهای خاص تا جائیکه مقدار و نوع افزودنی باعث نشود که ویژگی‌های سوخت از محدوده الزامات عمومی و حدود ویژگی‌های ذکر شده در جدول ۱ خارج شود، مجاز می‌باشد.

یادآوری- افزودنی‌ها همچنین ممکن است بعنوان مکمل هنگام تحویل اضافه شوند همانطور که در پیوست پ ذکر شده است.

۴-۳ حد قابلیت کارکرد در دمای پایین[2] یکی از الزامات این استاندارد برای این سوخت می‌باشد، اما این حدود نمی تواند در جدول ۱ ذکر شود زیرا این حدود باید با الزامات محلی و یا ملی مطابقت داشته باشند. زمانیکه این خصوصیات مد نظر باشند این حدود همراه با الزامات روش آزمون باید در نظر گرفته شوند.

اطلاعات روش‌های آزمون بین المللی در دسترس برای قابلیت عملکرد در دمای پائین در پیوست پ آمده است.

۵ نمونه برداری

نمونه برداری برای الزامات موجود در جدول ۱ باید با روش‌های توصیف شده در استاندارد های ملی شماره ۴۱۸۹ و ISO 3171 یا استانداردهای ملی معادل انجام شوند.

۶ دقت و تفسیر[3] نتایج آزمون

اکثریت روش‌های آزمون ارائه شده در جدول ۱ ، دارای برآوردی از دقت (تکرار پذیری و تجدید پذیری) است که از آن انتظار می رود.

استاندارد ملی شماره ۱۲۷۳۱ که استفاده از داده‌های مربوط به دقت را در تفسیر نتایج آزمون پوشش می دهد مورد توجه قرار گیرد. این روش باید در موارد اختلاف استفاده شود.

1- Detailed Requirements

2 - A limit for low-temperature operability

3- Precision and Interpretation

جدول ۱ – الزامات تفصیلی برای سوخت‌های توربین گازی در زمان و مکان نگه‌داری جهت انتقال به مصرف کننده

ویژگی	روش آزمون	طبقه[a] ISO-F					
		DST .0	DST. 1/ DXT .1	DST.2 / DMT.2	DST.3 / DMT.3	RST.3 / DMT.3	RST.4 / DMT.4
		ماده نفتی تقطیر شده با نقطه اشتعال پایین (نوع نفتا)	ماده نفتی تقطیرشده با نقطه اشتعال متوسط (سوخت جت [نوع نفت سفید])	ماده نفتی تقطیرشده (نوع نفت گاز)	ماده نفتی تقطیر شده با خاکستر کم	سوخت با باقیمانده خاکستر کم یا یک سوخت تقطیرشده حاوی اجزای سنگین حاصل از فرآورش مواد نفتی	سوخت مواد نفتی حاوی اجزای سنگین حاصل از فرآورش مواد نفتی
نقطعه اشتعال ، درجه سلسیوس ، کمینه	استاندارد ملی ۱۱۷۵[b]		درون کشور : ۳۸ دریایی[c]: ۴۳	درون کشور:۵۶ دریایی : ۶۰	درون کشور : ۵۶ دریایی : ۶۰	۶۰	۶۰
گرانروی کینماتیک در ۴۰ تا ۱۰۰ درجه سلسیوس (mm^2/s) ، بیشینه	استاندارد ملی ۳۴۰	کمتر از ۱/۳[d]	۱/۳ تا ۲/۴[d]	۱/۳ تا ۵/۵	۱/۳ تا ۱۱/۰	۱/۳ تا ۲۰/۰	۵۵ (بند پ-۲-۲ را مشاهده کنید)
چگالی در ۱۵ درجه سلسیوس ، (kg/m^3) ، بیشینه[e]	استاندارد ملی ۱۹۷	مقدار گزارش شود	مقدار گزارش شود	۸۸۰	۹۰۰ (بند ب- ۵ را مشاهده کنید)	۹۲۰ (بند ب- ۵ را مشاهده کنید)	۹۹۶ (بند ب- ۵ را مشاهده کنید)
تقطیر ٪۹۰ (کسر حجمی) بازیافت شده (درجه سلسیوس) ، بیشینه	استاندارد ملی ۶۲۶۱	۲۸۸	۲۸۸	۳۶۵	ـــــ	ـــــ	ـــــ
عملکرد در دمای پایین ، (درجه سلسیوس)	(بند ۴-۳ را مشاهده کنید)	مقدار گزارش شود	مقدار گزارش شود	مقدار گزارش شود	مقدار گزارش شود	مقدار گزارش شود	مقدار گزارش شود

جدول ۱ (ادامه)

ویژگی	روش آزمون	طبقه ISO-F					
		DST .0	DST. 1/ DXT .1	DST.2 / DMT.2	DST.3 / DMT.3	RST.3 / DMT.3	RST.4 / DMT.4
		ماده نفتی تقطیر شده با نقطه اشتعال پایین (نوع نفتا)	ماده نفتی تقطیرشده با نقطه اشتعال متوسط (سوخت جت [نوع نفت سفید])	ماده نفتی تقطیرشده (نوع نفت گاز)	ماده نفتی تقطیرشده با خاکستر کم	سوخت با باقیمانده خاکستر کم یا یک سوخت تقطیرشده حاوی اجزای سنگین حاصل از فرآورش مواد نفتی	سوخت مواد نفتی حاوی اجزای سنگین حاصل از فرآورش مواد نفتی
کربن باقی مانده ، درصد جرمی ، بیشینه	استاندارد ملی ۸۱۳۷	۰/۱۵ (در ۱۰٪ حجمی باقی مانده)	۰/۱۵ (در ۱۰٪ حجمی باقی مانده)	۰/۱۵ (در ۱۰٪ حجمی باقی مانده)	۰/۲۵	۱/۵۰	مقدار گزارش شود[f]
مقدار خاکستر ، درصد جرمی ، بیشینه	استاندارد ملی ۲۹۴۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۵
آب ، درصد حجمی ، بیشینه	استاندارد ملی ۴۰۸۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۰	۰/۵۰	۱/۰
رسوب ، درصد جرمی ، بیشینه	استاندارد ملی ۴۱۸۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲۵
گوگرد ، درصد جرمی ، بیشینه[g]	استاندارد ملی ۸۴۰۲	۰/۵	۰/۵	۱/۳	۲/۰	۲/۰	۴/۵
طبقه بندی خوردگی مس ، بیشینه	استاندارد ملی ۳۳۶	۱	۱	۱	ـــــ	ـــــ	ـــــ
انرژی ویژه خالص محاسبه شده (MJ/kg)، کمینه (ارزش گرمایی پایینی)	(پیوست الف را مشاهده کنید)	مقدار گزارش شود	۴۲/۸	۴۱/۶	۴۰/۰	۴۰/۰	۳۹/۴

[a] به دلیل تنوع خواص نفت‌های خام، تناسب اسم هرطبقه ضروری نیست ، اگرنفت خام به عنوان یک سوخت توربین برای کاربردهای صنعتی مطرح شود روش استفاده آن باید بین سازنده توربین و کاربر توافق شده باشد.

[b] در سایر روش ها ممکن است توسط قانون، تعیین کمینه نقطه اشتعال مورد نیاز باشد.

[c] در کاربردهای دریایی، این طبقه برای استفاده در موتورها با اهداف اضطراری است و باید با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۸۶۵۸ مطابقت کند.

[d] سوخت با یک گرانروی زیر مقدار کمینه ۱/۳ میلی متر مربع بر ثانیه در ۴۰ درجه سلسیوس ممکن است بواسطه توافق با سازنده توربین جایگزین شود .

[e] میزان چگالی در ۱۵ درجه سلسیوس، برحسب کیلوگرم بر لیتر یا در واحدهای مقدار مشابه، باید قبل ازمقایسه با این مقدارها در ۱۰۰۰ ضرب شود.

[f] تشخیص اهمیت باقی‌مانده کربن برای RST.4/RMT.4 در بند پ-۲-۶ داده شده است.

[g] توربین‌های گازی با تجهیزات بازیافت اتلاف حرارتی ممکن است نیازمند کنترل سولفور اضافی برای جلوگیری از خوردگی نهایی سرد[1] باشد. (بند پ-۲-۹ را مشاهد کنید)

1 - Cold end corrosion

پیوست الف
(الزامی)
روش محاسبه انرژی ویژه

الف-۱ انرژی ویژه[1] (کمینه انرژی حرارتی) به صورت غیر مستقیم بوسیله ویژگی‌های سایر خواص کنترل می شود. انرژی ویژه می‌بایست با یک درجه دقت قابل قبول برای اهداف عمومی از چگالی سوخت محاسبه شود و اصلاحات به شرح زیر برای هر مقدار گوگرد، آب و ذرات غیر قابل احتراق (خاکستر) که ممکن است وجود داشته باشند به کار برده می شوند. (بند پ-۲-۱۱ را مشاهده کنید)

$$E_{PS} = (46704 - 8802\ \rho^2 \times 10^{-6} + 3167\ \rho \times 10^{-3})\ [1 - 0{,}01\ (x + y + s)] + 0{,}01\ (9420\ s - 2449\ x)$$

که

E_{PS} انرژی ویژه (خالص) برحسب مگا ژول بر کیلوگرم

ρ چگالی سوخت در ۱۵ درجه سلسیوس بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (جدول ۱ را مشاهده کنید)

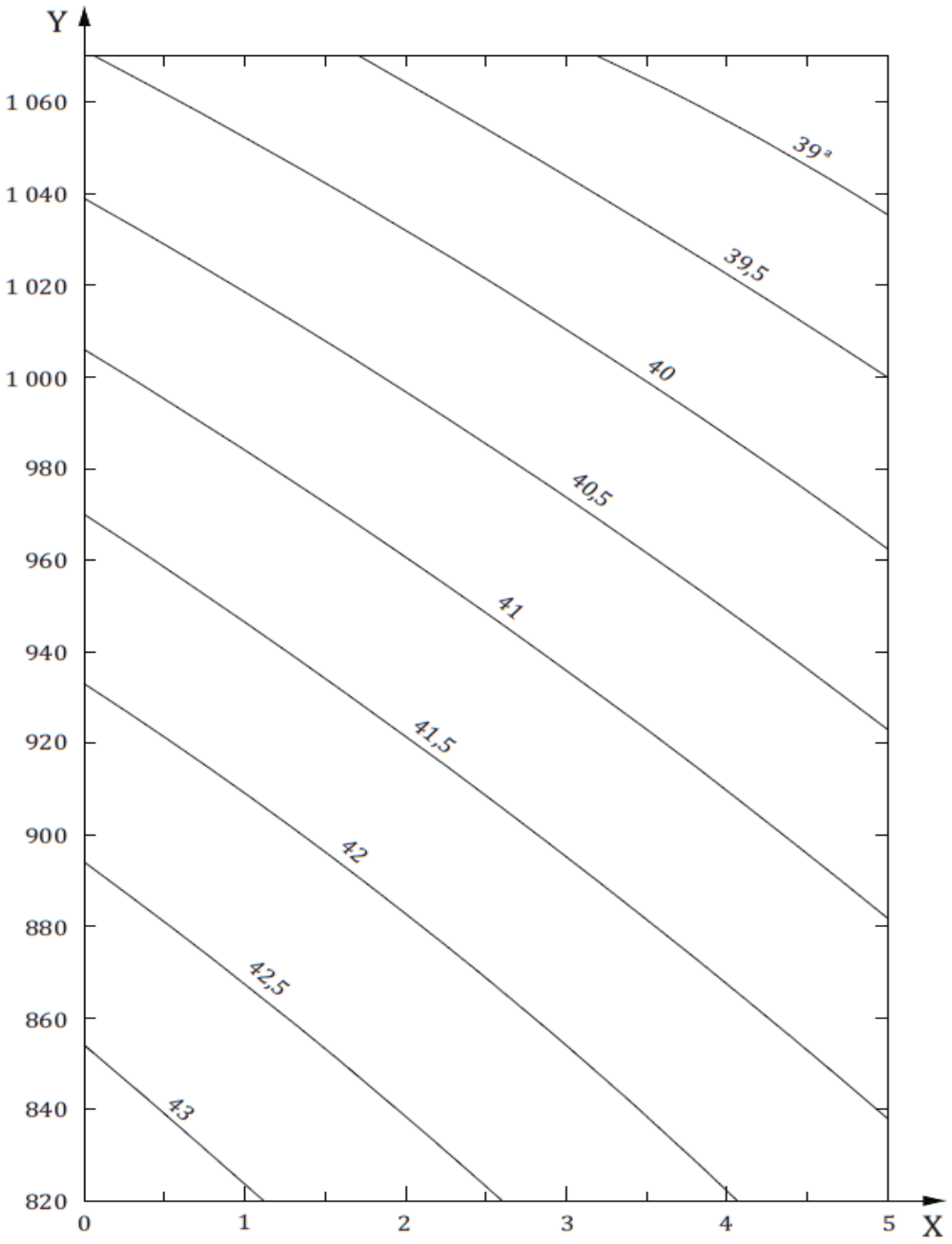
x مقدار آب بر حسب درصد جرمی

y مقدار خاکستر بر حسب درصد جرمی

s مقدار گوگرد بر حسب درصد جرمی

یادآوری- به منظور برآورد سریع انرژی ویژه، می توان از شکل الف-۱ استفاده شود.

1- Specific Energy



راهنما

X مقدار گوگرد، بر حسب درصد کسر جرمی

Y چگالی در۱۵درجه سلسیوس ، بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب

a انرژی ویژه

شکل الف-۱ انرژی ویژه بر حسب مگاژول بر کیلوگرم

پیوست ب
(اطلاعاتی)
حدود مقادیر ناچیز فلز موجود در سوخت ورودی به محفظه احتراق توربین

ب-۱ مقدمه

کاربر توربین می بایست روش و ترتیبی برای ایجاد اطمینان از اینکه شرایط ورود سوخت به محفظه احتراق با شرایط لازم سازنده توربین مطابقت دارد را فراهم سازد. این شرایط شامل روش و ترتیب حمل و نقل توسط تامین کننده سوخت، مراقبت ویژه در مخازن ذخیره، کنترل کیفیت در محل مورد استفاده و روش پالایش سوخت می شود.

سوخت حاصل از تقطیر معمولاً خلوص رضایت بخشی را تحت عنوان سوخت‌های تصفیه شده دارند ولی تهیه کننده‌ها به ندرت کنترلی روی اثر آلودگی قابل قبول که بوسیله فلزات در طی مراحل پخش و ذخیره ایجاد می‌شود، دارند. محدودیت‌های ارائه شده در این پیوست اگر چه برای سوخت ورودی به محفظه احتراق توصیه شده ولی برای سوختی که با توافق دو جانبه طرفین تحویل داده شده کاربرد ندارد. شاید سوخت‌ها به عملیات بیشتر، شیوه‌های کنترل کیفیت، جابه‌جایی ویژه و طرح‌های دیگر نیاز داشته باشند. اهمیت اثر فلزات که منجر به خوردگی داغ در اجزاء توربین می شوند در بند پ-۴ مورد بحث قرار گرفته است. در صورت فقدان دستورالعمل ویژه سازنده توربین، پیوست حاضر، حدود راهنمایی را برای اثر فلزات در سوخت ورودی به محفظه احتراق ارائه می‌دهد. این حدود در جدول ب-۱ نشان داده شده است.

ب-۲ روش‌های «تجزیه‌ای»

روش‌های مرجع مناسب برای تعیین اثر فلزات در حال توسعه می باشد. بقیه روش‌ها برای اهداف کنترل کیفیت به توافق بین استفاده‌کننده (کاربر) و تامین‌کننده[1] سوخت و سازنده توربین بستگی دارد. روش‌های برگرفته برای تعیین غلظت سدیم، پتاسیم ،کلسیم و سرب در حال توسعه می‌باشند. برای وانادیوم استاندارد ISO8691 روش توصیه شده است. برای سدیم، پتاسیم ، سرب و کلسیم روش مناسب استاندارد ASTM D36051 یا روش های معادل در حال انتشار وابسته به استاندارد بین المللی می باشد.

ب-۳ استثناها برای جدول ب-۱

بین شرایط عملیاتی، مواد بکار رفته، عمر مواد بکار رفته و میزان بسیار ناچیز فلز خورنده در سوخت، ارتباط وجود دارد. اگر چه ممکن است بعلت پایین بودن میزان فلزات در سوخت عملیات نگه‌داری تاسیسات کاهش یافته و عمر قسمت‌های مختلف توربین افزایش یابد ولی در دسترس بودن این نوع سوخت‌ها عامل محدود کننده می باشد. کاربر می تواند سطوح مختلفی از جدول ب-۱ را قبول کند، بعد از بحث با سازنده توربین و تامین کننده سوخت، او می تواند عملیات کلی برای بهینه شدن عملکرد را تعیین کند.

1- Supplier

ب-۴ روش جایگزین برای تعیین مقدار ناچیز فلزات[1]

به منظور به حداقل رساندن خوردگی در دمای بالا ، مهم است که نقطـه ذوب خاکسـتر بـه خـوبی بـالاتر از بیشینه دمای مواد در محل عبور گاز باشد.

بنابراین به وسیله توافق بین سازنده توربین و کاربر ، نقطه ذوب یا نقطه چسبندگی هم می تواند تعیین شود و می تواند به عنوان یک جایگزین برای حدود داده شده در جدول ب-۱ مورد استفاده قرار گیرد. این نکته در بند پ-۴ بیشتر مورد بحث قرار می گیرد.

ب-۵ فرآیند خالص سازی سوخت

کاربر و سازنده توربین می بایست روی مناسب ترین روش برای حذف آلاینده‌های جامد و ترکیبات محلول در آب به توافق برسند تا کیفیت نهایی مورد نیاز مواد نفتی در ورودی به محفظه احتراق توربین را تأمین کنند. شاید برای سوخت های گروه ۳ و ۴ در نزدیکی محدودیت چگالی که در جدول ب-۱ مشخص شده است توجه خاصی لازم باشد یا محدودیت‌های مربوط به سامانه‌های خالص‌سازی سوخت موجود در دسترس اصلاح شود.

جدول ب-۱ راهنمای بیشینه حدود مقدار ناچیز فلزات در سوخت ورودی به محفظه احتراق توربین

دسته	وانادیم	سدیم + پتاسیم	کلسیم	سرب
DST.0 DST.1/DMT.1 DST.2/DMT.2 DST.3/DMT.3	۰/۵ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۵ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۵ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۵ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
RST.3/RST.3 RST.4/RMT.4	با سازنده توربین مشورت کنید			

ب-۶ نمونه‌برداری برای تعیین مقدار ناچیز فلز

ب-۶-۱ کلیات

به منظور کنترل فلزات ناچیز ، می بایست از سوخت در نقطه بالا دستی[2] از ورودی به محفظـه احتـراق نمونـه‌گیـری شود به شرط آنکه نمونه معرف سوخت ورودی به محفظه احتراق باشد. بواسطه مقدار خیلـی کـم عناصـر در سـوخت های تقطیری آنالیز شده ، دقت زیادی باید انجام گیرد تا اطمینان حاصل شود که نمونه گرفته شده معرف نمونه برای آنالیز است.

1- Trace Metals

2- Point upstream

ب-۶-۲ نقاط نمونه برداری سوخت

نمونه برداری از سوخت در نقاط بحرانی در سیستم انتقال سوخت برای تشخیص دادن کیفیت سوخت دریافتی ، برای نظارت بر عملکرد تصفیه سوخت یا کارایی دستگاه و اطمینان از اینکه سوخت در محفظه احتراق توربین گازی دارای ویژگی‌های مورد نظر است توصیه می شود. نقاط نمونه برداری به سامانه ویژه انتقال سوخت مورد بحث بستگی دارد و این شامل موارد زیر خواهد بود:

الف) نمونه‌گیری از سوخت تحویلی در زمان انتقال به مخازن ذخیره سازی

ب) نمونه‌گیری از مخازن ذخیره سوخت، شامل نمونه‌گیری از ته مخزن و نمونه‌گیری در سطوح مختلف مخزن. تعداد دفعات نمونه‌گیری می بایست توسط کاربر بر اساس سرعت انباشت[1] آب و آلاینده‌های پراکنده شده دیگر تعیین شود. در جاهائیکه سامانه شامل مخازن چندگانه باشد ، پیشنهاد می‌شود که نمونه برداری‌ها با الویت طبق نقشه قرارگیری مخازن، انجام شود. در زمانیکه یک توربین به حالت آماده بکار[2] و یا برای سرویس اضطراری قرار گیرد، نمونه‌گیری باید از نزدیکترین مخزن مشاهده شده طبق نقشه انجام شود.

پ) نمونه‌های ورودی و خروجی در تاسیسات که شامل تصفیه سوخت و یا عملیات نظارت بر عملکرد تجهیزات است.

ت) نمونه‌های ورودی و خروجی فیلترهای سوخت برای نظارت بر کارایی‌شان

ث) جهت اطمینان از اینکه سوخت دارای ویژگی‌های لازم می باشد بخصوص در مورد آستانه بحرانی آلاینده های فلزی، تا جائیکه عملی باشد محل نمونه‌گیری باید نزدیک به محفظه احتراق توربین گازی باشد.

ب-۶-۳ ظروف نمونه برداری

نمونه‌هایی که بطور خاص برای آنالیز مقدار ناچیز فلزات معین می شوند باید در ظروفی گرفته شوند که از مواد پلاستیکی که مقاومت هیدروکربنی دارند و شامل مقدار ناچیز فلز می‌باشند، ساخته شوند. این مواد شامل پلی اتیلن، پلی پروپیلن و پلی تترا فلوئوراتیلن می باشد. ظروف فلزی و شیشه‌ای با آستر بدون سوراخ از فیلم مواد پلاستیکی که در برابر هیدروکربن مقاومت دارند نیز مناسب می باشند. ظروف فلزی و شیشه‌ای بدون پوشش زمانی که برای نمونه برداری برای بعضی آنالیزها مناسب باشند می‌توانند مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌های فلزی را هم اضافه و هم کم نمایند.

ظروف نمونه‌برداری می‌بایست تا سه چهارم ظرف پر بشوند تا اجازه هم زدن مقادیر جهت یکدست شدن نمونه قبل از انجام آزمون را بدهند.

1 - Accumulation
2 - standby

ب-۶-۴ بازرسی و تجزیه تحلیل نمونه‌ها

بازرسی و تجزیه سوخت برای تعیین کیفیت سوخت در محل‌های مختلف نمونه برداری و در زمان‌های مختلف در مخازن ذخیره سوخت و سیستم سوخت‌رسانی برای اطمینان از اینکه فقط سوخت با کیفیت مطلوب وارد محفظه احتراق توربین خواهد شد، خیلی اهمیت دارد. بازدید بصری[1] مختصر شاید حضور برخی آلاینده‌ها را محتمل سازد اما روش‌های بنا نهاده شده آنالیز سوخت شامل آنالیز شیمیایی برای مقدار ناچیز عناصر ، برای ارزیابی کامل‌تر کیفیت سوخت لازم است.

اثر سیستم جداسازی سوخت می تواند بهترین قضاوت را با استفاده از روش‌های تحلیلی تخصصی ارائه دهد نسبت به توصیه‌های سازنده تجهیزات یا سوخت. این‌ها می تواند شامل اندازه‌گیری رسانایی، خصوصیات عایقی، رنگ، محتوی و کیفیت ذرات ، تیرگی، خصوصیات طیف سنجی، توانایی فیلتر کردن باشد. از این قبیل داده‌ها، نتیجه‌گیری‌های سودمند ممکن است منجر به تکمیل جزئیات بیشتر آنالیز شیمیایی شود.

1 - Visual

پیوست پ

(اطلاعاتی)

اهمیت ویژگی‌ها برای سوخت‌های توربین گازی

پ-۱ مقدمه

از خواص انتخاب شده برای ویژگی‌ها در جدول ۱، آنهایی در نظر گرفته شده اند که بیشترین اهمیت را در تعیین مشخصات سوخت‌هایی که در انواع توربین گازی کاربرد دارند، داشته باشند و به صورتی مطمئن انتخاب می‌شوند که حفاظت کافی از سوخت‌ها در حین انتقال از محل اولی فروشنده تا محل نگهداری کاربر را فراهم کنند. عموما این ویژگی‌ها برای سوخت‌های مورد استفاده در موتورها و بویلرهای صنعتی و دریایی یکسان می باشد اما تجربه در مورد توربین‌های گازی نشان داده که کنترل‌های بیشتر روی ماهیت شیمیایی خاکستر سوخت برای محدود کردن پتانسیل خوردگی خاکستر تشکیل شده در قسمت‌هایی از توربین که می توانند در دمایی بالاتر از ۵۹۰ درجه سلسیوس کار کنند، مطلوب است. این قسمت در پیوست ب مورد بحث قرار گرفت. جزئیات بیشتر در بند پ-۴ ارائه شده است.

پ-۲ اهمیت خواص تعیین شده در جدول ۱

پ-۲-۱ نقطه اشتعال

نقطه اشتعال یک معیار برای خطر آتش سوزی مرتبط با ذخیره‌سازی و استفاده از سوخت‌های توربین گازی است . تعیین کمینه دمای نقطه اشتعال معمولا الزامی است .

پ-۲-۲ گرانروی

گرانروی یک معیار از مقاومت سوخت در برابر جاری شدن است. این خاصیت برای سوخت‌های توربین گازی بسیار اهمیت دارد چرا که میزانی از چگونگی جریان سوخت یا قابلیت پمپ شدن و همچنین قابلیت سهولت ریزسازی[1] در افشانه های های سوخت را ارائه می دهد. کمینه گرانروی برای رده‌های صفر ، ۱ ، ۲ و ۳ مشخص شده که چنانچه گرانروی کمتر از آن باشد برخی پمپ‌های سوخت ممکن است بطور رضایت بخشی کار نکنند. بیشینه گرانروی برای این سوخت‌ها نیز مشخص شده تا از افت فشار زیاد در سامانه، مشکلات پمپاژ و ریزسازی جلوگیری بعمل آید. برای رده ۴ بیشینه گرانروی تعیین شده بدلیل محدودیت های ممکن در تجهیزات پیش گرمکن سوخت است. با این حال، سوخت‌هایی با بیشینه گرانروی بیشتر از مقدار تعیین شده برای این دسته، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این موضوع به توافق بین تولیدکننده‌های سوخت، سازنده های توربین و کاربرهای توربین بستگی دارد. در این مورد محدودیت را بیشینه بار حرارتی در پیش گرمکن سوخت تعیین می کند. این بار نباید از ۱/۵ وات بر سانتی‌متر مربع در سیستم دینامیکی و ۱/۲ وات بر سانتی‌متر مربع در سیستم استاتیکی تجاوز کند و بیشینه دمای سطحی پیش گرمکن باید ۱۷۵ درجه سلسیوس باشد تا از مشکلات رسوب کردن سوخت جلوگیری کند.

1 - Atomization

پ-۲-۳ چگالی

آگاهی از چگالی سوخت برای ایجاد روابط جرم بر حجم و محاسبه انرژی ویژه لازم است. بیشینه چگالی‌ها برای رده‌های ۲ ، ۳ و ۴ تعیین شده‌اند تا اطمینان حاصل شود که آب می تواند در هر فرایند تصفیه سوخت جدا شود، اگر چه برای سوخت‌هایی که چگالی آنها به این بیشینه نزدیک است، ملاحظات ویژه در مورد جداسازی آب ممکن است مورد نیاز باشد.

پ-۲-۴ تقطیر

ویژگی‌های ذکر شده در مورد سایر خواص سوخت‌های رده‌های صفر ، ۱ و ۲ باعث می‌شود که الزامات ویژگی تقطیر در مورد آنها غیر ضروری به نظر برسد. اما بیشینه ۹۰٪ بازیابی دما که شامل کنترل مواد دیر جوش است که می‌تواند عملکرد احتراق را تحت تاثیر قرار دهد و باید کنترل شود. الزامات مالی برای سوخت‌ها ممکن است نیاز به کنترل‌های بیشتری روی محدودیت تقطیر تعیین شده در بعضی از کشورها باشد.

الزامات تقطیر برای رده های ۳ و ۴ ضروری نمی باشد، اما توربین‌هایی که طراحی شده‌اند تا با این رده از سوخت‌ها کار کنند ممکن است بالاجبار با استفاده از رده‌های سوخت فرارتر راه اندازی ابتدایی شوند.

پ-۲-۵ عملکرد در دمای پایین

تعدادی از روش‌های آزمون برای ارزیابی عملکرد در دمای پایین برای سوخت‌های توربین گازی موجود است. روش انتخابی به رده سوخت و روش‌های منطقه‌ای موجود بستگی خواهد داشت.

پ-۲-۵-۱ رده صفر

نیاز به مشخص کردن هیچ الزاماتی برای این رده نیست چرا که این رده از سوخت تحت هر شرایطی از نگهداری و استفاده به راحتی جریان پیدا خواهد کرد. در صورت استفاده در شرایط سخت مانند دمای کمتر از ۵۰- درجه سلسیوس، نیاز است تا مناسب بودن این سوخت مشخص شود.

پ-۲-۵-۲ رده ۱

سوخت‌های جت از نوع نفت سفید باید آزادانه تحت تمامی شرایط ذخیره‌سازی و استفاده تا دمای ۳۰- درجه سلسیوس جریان یابد . آزمون نقطه انجماد (استاندارد ISO 3013 را ببینید) مقدار کمینه دمای جریان یافتن سوخت‌های ذخیره شده در دمای پایین‌تر از ۳۰- درجه سلسیوس را نشان می‌دهد.

پ-۲-۵-۳ رده ۲

چندین روش مختلف برای ارزیابی خواص سوخت‌های نوع نفت گاز در دمای پایین وجود دارد.

الف) نقطه ابری شدن (برای تعیین، استاندارد ISO 3015 را ببینید)

دمایی که با دقت ۱ درجه سلسیوس بیان می‌شود، که در آن ابر یا مه‌ای از کریستال‌های موم هنگامی که ماده نفتی تحت شرایط مشخص شده سرد می‌شود در ته ظرف آزمون پدیدار می‌گردد. این محدودترین روش ارزیابی عملکرد در دمای پایین است. اکثر سوخت‌های نوع نفت گاز در دماهای تا حدی زیر نقطه ابری شدن

خودشان هنوز هم قادر به جریان یافتن هستند، اما در چنین دماهایی، هر فیلتر با سوراخ‌های ریز در خط سوخت ممکن است مسدود شده و جریان را محدود یا از آن جلوگیری می‌کند.

ب) نقطه ریزش (برای تعیین، استاندارد ISO 3016 را ببینید)

کمینه دمایی است که وقتی نمونه تحت شرایط ذکر شده سرد شده و در فواصل دمایی ۳ درجه سلسیوس مشخصات جریان آزمایش می‌شود، حرکت سوخت قابل مشاهده است. نقطه ریزش می‌تواند به وسیله استفاده از افزودنی‌های مشخص به صورت قابل توجه کاهش یابد. (بند ۲-۴ را ببینید).

ج) نقطه انسداد فیلتر سرد[1]

بالاترین دمایی که در آن سوخت وقتی تحت شرایط مشخص شده سرد می‌شود نمی‌تواند از سوراخ فیلتر عبور کند یا زمانی که سوراخ در معرض خلاء ی برابر با ۲ کیلو پاسکال قرار می گیرد. این دما بصورت عدد صحیح با دقت ۱ گرد می شود.

پ-۲-۵-۴ رده‌های ۳ و ۴

این نمونه‌ها به تسهیلات پیش گرم کن برای ذخیره و نگه‌داری نیاز دارند. برای سوخت‌های رده ۴ که به بیشینه گرانروی مجاز نزدیک می‌شوند کمینه دمای ذخیره ۴۵ درجه سلسیوس و کمینه دمای خروجی جریان ۵۵ درجه سلسیوس مورد نیاز می‌باشد. راهنمای نوع تجهیزات مورد نیاز و کمینه دمای ذخیره‌سازی و خروجی جریان باید فراهم شود.

پ-۲-۶ باقی‌مانده کربن

آزمون باقی‌مانده کربن مقدار باقی‌مانده‌ای از ماده حاوی کربن است که در اثر تبخیر و تجزیه حرارتی[2] محصول نفتی زمانی که با هوای اضافی سوزانده می‌شوند، بر جای می‌ماند. این مشخصه بر تمایل نسبی تشکیل کک دلالت می‌کند. این باقی‌مانده کاملاً از کربن تشکیل نشده اما کک می باشد که می‌تواند با تجزیه حرارتی بیشتر تغییر کند. محصولات نفتی که به طور طبیعی دارای اجزایی هستند که باعث تشکیل خاکستر می شوند و یا حاوی افزودنی‌هایی می‌باشند که به خطا موجب ایجاد باقی‌مانده کربن به مقدار زیادتر از آنچه هست می شوند، در زمان اندازه‌گیری بوسیله این آزمون بسته به مقدار خاکستری که تشکیل شده، دارای خطا خواهند بود.

برای سوخت‌های رده صفر و ۱ و ۲ باقی‌مانده کربن زمانی که ۹۰ درصد سوخت تقطیر شده، محاسبه می شود. این کار دقت آزمایش را بهبود می‌بخشد.

سامانه طراحی شده برای محفظه احتراقی که از سوخت‌های رده‌های صفر و ۱ و ۲ و ۳ استفاده می‌کنند در محدوده تنظیم شده برای ویژگی‌های این رده نسبت به باقی‌مانده کربن غیرحساس هستند. هیچ‌گونه

1 - Cold Filter Plugging Point
2 - Pyrolysis

محدودیتی برای سوخت رده ۴ وجود ندارد اما باقی‌مانده کربن باید برای ارزیابی رفتار سوخت در محفظه احتراق تعیین و گزارش شود.

پ-۲-۷ خاکستر

آزمون خاکستر را که در جدول ۱ آمده نباید با تمایل به تشکیل خاکستر خورنده که بحث آن در بند پ-۴ خواهد آمد ارتباط داده شود. این آزمون (استاندارد ISO 6245 را ببینید) مواد باقی‌مانده بعد از احتراق در دمای ۷۷۵ درجه سلسیوس که یا از مواد خاکسترزای طبیعی که در سوخت وجود دارد و یا از افزودنی‌ها و یا آلاینده‌های غیر آلی ایجاد می‌شود ، اندازه‌گیری می‌کند.

خاکستر سوخت می‌تواند رسوبی را در لوله‌های گاز داغ در توربین ایجاد کند و روی بازده رضایت بخش تأثیر بگذارد و هم چنین می‌تواند منجر به خوردگی سطوح فلزات در دمای بالا شود. این مورد در بندهای پ-۴ و پ-۲-۹ با جزئیات بیشتر مورد بحث قرار می‌گیرد.

پ-۲-۸ آب و رسوب

حدود تعیین شده برای این آلودگی اکتسابی، در پایین‌ترین سطح تنظیم شده، که شامل فرآیندهای معمول حمل‌ونقل و جابجایی سوخت و رده خاصی از سوخت که تمایل به معلق نگه‌داشتن این مواد دارند، می‌شود. رسوب بعنوان موادی که در تولوئن غیر محلول هستند معرفی می‌شود. (بند پ-۴-۲-۲ را ببینید)

پ-۲-۹ گوگرد

گوگرد در تمام سوخت‌های نفتی در مقادیر مختلفی وجود دارد. انتخاب رده بطور معمول به مسائل اقتصادی و زمینه‌های اجرایی آن بستگی دارد ولی در برخی الزامات زیست محیطی گوگرد به عنوان یک عامل محدود کننده در انتخاب رده سوختی بشمار می‌آید و پایین‌ترین محدوده کمینه باید برای آن در نظر گرفته شود. ترکیبات گوگردی موجود در سوخت در خلال احتراق به دی اکسید گوگرد تبدیل می‌شوند که می‌تواند به عنوان عامل خورنده در تجهیزات اگزوز خروجی گرما که در سیستم‌های جفتی با توربین گازی به کار برده شده‌اند، زمانیکه دمای سطح فلز کمتر از نقطه شبنم اسید سولفوریک باشد، عمل می‌کند. کمینه دمای سطح فلز باید بالای این نقطه شبنم نگه داشته شود تا خوردگی دمای پایین اتفاق نیفتد.

زمانی که اکسیدهای گوگرد به خودی خود برای قسمت‌های داغ توربین گازی مضر نمی‌باشند، می‌توانند با مقادیر ناچیز فلزات قلیایی در سوخت ترکیب شده و تشکیل سولفات‌ها را دهند که می‌تواند در دماهای بالا رسوب کرده و باعث خوردگی فلز شود.

پ-۲-۱۰ خوردگی مس

گوگرد خورنده اگر دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای باشد می‌تواند منجر به حملات خورنده به ترکیبات فلزی بکار برده شده در تاسیسات توربین گازی شود.

پ-۲-۱۱ محاسبه انرژی ویژه

پ-۲-۱۱-۱ مقادیر سوخت

کمینه انرژی ویژه به عنوان رهنمودی برای کمینه انرژی خروجی که از هر نوع سوخت انتظار می‌رود محاسبه می‌شود. این یک پارامتر بحرانی برای عملیات عادی توربین گازی نمی‌باشد ولی به طور نسبی مقدار سوخت مورد نیاز را می‌توان تخمین زد و به مصرف کننده و فراهم کننده سوخت در مذاکرات کمک می‌کند.

فرمولی که در پیوست الف ارائه شده است یک روش مناسب و راحت برای محاسبه انرژی ویژه در مقایسه تکنیک‌های تجربی دیگری می باشد. دقت به طور چشمگیری بستگی به دقت چگالی و نسبت جرمی آب و رسوب و گوگرد اندازه‌گیری شده دارد. عموما این خواص می‌توانند با دقت بالاتری نسبت به انرژی ویژه، توسط تکنیک‌های تجربی اندازه‌گیری شوند. بدلیل اینکه ضرایب در فرمول به ماهیت ترکیبات شیمیایی خود سوخت وابسته است، این فرمول از زمانی به زمان دیگر نیاز به بازنگری دارد همچنانکه تکنیک‌های تصفیه و منابع نفت خام تغییر می‌کنند.

پ-۲-۱۱-۲ عملکرد توربین

زمانی که عملکرد توربین گازی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، مقادیر دقیق انرژی ویژه و دانسیته مورد نیاز است تا تصدیق کند که بطور دقیق چقدر انرژی سوخت توسط توربین حاصل خواهد شد همچنانکه خروجی آن اندازه‌گیری می‌شود.

در این مورد بالاترین انرژی ویژه در یک حجم ثابت می‌تواند بوسیله یک بمب کالریمتر[1] که در استاندارد ASTM D 240 توضیح داده شده اندازه‌گیری شود. پایین‌ترین انرژی ویژه در حجم ثابت بوسیله کم کردن گرمای نهان محاسبه شده از مقدار بخار آبی که از محتوای هیدروژن موجود در سوخت بدست می‌آید، اندازه گیری می‌شود. تکنیک استفاده شده برای اندازه‌گیری انرژی ویژه معمولا توافق شده که به انجام آزمون کارایی اولویت دارد. توصیه می‌شود که نمونه‌های سوخت در شروع، حین و خاتمه آزمون مورد ارزیابی قرار گیرند.

پ-۳ انتخاب رده

پ-۳-۱ ملاحضات عمومی

انتخاب سوخت ویژه توربین گازی برای استفاده در توربین گازی نیازمند در نظر گرفتن چندین فاکتور شامل موارد زیر می‌باشد.

الف) موجود بودن سوخت

ب) طراحی توربین گازی و سیستم نگهداری سوخت

1- Bomb Calorimeter

پ) تأسیسات نگهداری توربین گازی

ت) تجهیزات عملیاتی توربین گازی

برای راهنمایی دسته‌های سوخت‌های تجاری موجود در زیر تحت عنوان رده سوخت که با معیارهایی مشخص شده‌اند، آورده شده است.

پ-۳-۲ ISO-F-DST.0

این رده شامل نفتای سبک بدست آمده از تصفیه نفت خام و نفتای مایع بدست آمده از تصفیه گاز طبیعی، گستره برش سوخت هوایی و دیگر مایعات هیدروکربنی با نقطه اشتعال و گرانروی پایین می‌باشد. سوخت هایی که در این نوع مشخص شده‌اند فشار بخار بالایی در دمای محیط دارند که می‌تواند طراحی سیستم نگه‌داری سوخت را تحت تأثیر قرار دهد.

پ-۳-۳ ISO-F-DST.1/DMT.1

این رده سوخت تقطیری سبک، تقریبا برای تقریبا هر توربین گازی مناسب می‌باشد. این رده شامل نفت سفید خانگی و هواپیمایی و برخی ترکیبات نفت- گاز سبک می‌شود که الزامات نقطه اشتعال رده ISO-F-DST.2/DMT.2 را برآورده نمی‌کنند.

پ-۳-۴ ISO-F-DST.2/DMT.2

این رده بیش از همه شامل نفت- گاز خودرویی، خانگی، دریایی و صنعتی می‌باشد. گرم کردن سوخت برای جابجایی رضایت‌بخش سوخت مورد نیاز می‌باشد که بستگی به طراحی سامانه سوخت و یا شرایط محیطی دارد.

پ-۳-۵ ISO-F-DST.3/DMT.3 و ISO-F-RST.3/RMT.3

این رده ممکن است شامل سوخت‌های تقطیری سنگین، یک سوخت با باقی‌مانده سبک که الزامات مقادیر کم خاکستر و باقی‌مانده کربن را برآورده می‌سازد، یا مخلوطی از این دو باشد. یک مثال نوعی مخلوط سوخت دیزل دریایی می‌باشد.

پ-۳-۶ ISO-F-RST.4/RMT.4

این رده شامل نفت های پس ماند[1] و بعضی از نفت های خام درجه ۱ است. از آنجا که الزامات خاص جابجایی و عملیاتی و نیز شرایط محدود کننده‌ی بکارگیری این سوخت‌ها مد نظر است، تولیدکننده توربین گازی باید جهت مقبولیت خواص سوخت مرتبط با توربین گازی، مورد مشورت قرار گیرد.

1 - residual fuel oils

پ-۴ اهمیت خواص نشان داده شده در پیوست ب

پ-۴-۱ خاکستر سوخت

خاکستر نتیجه وجود یک ماده غیر قابل اشتعال در سوخت است. آلاینده‌های تولیدکننده خاکستر در سوخت‌های مایع به ۳ شکل وجود دارند: ذرات جامد معلق، آب نمک پراکنده و ترکیبات محلول در نفت. ذرات جامد و آب نمک ممکن است باعث مشکلات نگهداری در سامانه سوختی شود. نگرانی بزرگتر مربوط به زمان سوزاندن سوخت می‌باشد که جرم گرفتگی و تشکیل رسوب و خودگی ناشی از نشستن رسوب خورنده که از هر سه نوع آلودگی‌های تولید خاکستر بوجود می‌آیند، ایجاد می‌شود. با سوخت تقطیری از این مشکلات بالقوه می‌توان جلوگیری کرد یا با حفظ پاکیزگی دقیق سوخت اثر آنها را به حداقل رساند.

شرط اولیه را برای خوردگی سطح یک فلز در معرض گاز داغ با یک خاکستر تجزیه شده، این است که دمای فلز از دمای ذوب خاکستر بیشتر باشد. خاکستر ذوب شده لایه اکسید محافظ کننده را در خود حل می کند و به لایه زیرین فلز حمله می‌کند. خاکستر خشک با نرخ کمتری با سطح فلز واکنش می‌دهد و تقریباً خنثی است. اجزاء مختلف موجود در احتراق خاکستر دمای ذوب متفاوت دارند و این دما بر اساس ترکیب شیمیایی خاص خاکستر و محیط توربین است. سدیم، پتاسیم ، وانادیوم و سرب از جمله فلزات موجود در سوخت می باشند که باعث خوردگی می‌شوند.

حتی مقادیر کم غلظت آلاینده‌های خورنده در سوخت می‌تواند ایجاد خاکستر کند به عنوان مثال در یک مصرف با نرخ ۲۵ تن بر ساعت، تنها یک میلی‌گرم از خاکستر در سوخت به معنای عبور ۲۵ گرم خاکستر از توربین در هر ساعت می‌باشد.

خاکستر موجود در سوخت تقطیری معمولاً کم می‌باشد و این مقدار کم هم نتیجه آب نمک یا آلاینده‌های گازوئیلی در حین انتقال، نگه‌داری و ذخیره سوخت است. سوخت‌های پس ماند (و نفت خام) به دلیل مقدار بیشتر آب و جامد پخش شده در آن و به خاطر وجود ترکیبات آلی فلزی مانند وانادیوم و نیکل و هم چنین آهن مقدار بیشتری خاکستر در خود دارند. خاکستر موجود در سوخت تقطیری به صورت نرمال کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است و به صورت معمول ۲ تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای سوخت تمیز است. از سویی دیگر سوخت‌های پس ماند ممکن است شامل هزاران میلی‌گرم از خاکستر در هر صد کیلوگرم سوخت باشند که در این صورت عملیات مناسب (مانند نمک‌زدایی و وانادیوم‌زدایی) با استفاده از یک افزودنی بر پایه منیزیم استفاده شود.

آلاینده‌های تشکیل خاکستر ممکن است از طریق دریچه هوا به توربین گاز وارد شود و این اتفاق در محیط صنعتی و دریایی بیشتر روی می‌دهد. در صورت فیلتر نشدن این خاکسترها از دریچه ورودی این آلاینده به تنهایی یا با ترکیب با خاکستر سوخت می‌تواند باعث ایجاد خوردگی در قسمت داغ فلز شوند.

پ-۴-۲ خاکستر خورنده سوخت

خاکستر احتراق خورنده زمانی ایجاد می‌شود که مقدار آلاینده‌های وانادیوم، سدیم، پتاسیم و یا سرب در سوخت مایع به مقدار مشخصی برسد.

پ-۴-۲-۱ وانادیوم

وانادیوم به عنوان یک ترکیب آلی فلزی انحلال‌پذیر در نفت خام ایجاد می‌شود و غلظت آن از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بسته به مکان جغرافیایی نفت خام تغییر می‌کند. در حین پالایش مواد نفتی، وانادیم در نفت خام باقی‌مانده تغلیظ شده، مواد نفتی تقطیری واقعی بدون وانادیم بوجود می‌آید. وانادیوم نمی‌تواند از لحاظ اقتصادی از نفت خام و یا روغن‌های باقی‌مانده برای تولید سوخت عاری از وانادیم حذف شود.

در طول احتراق، وانادیوم در نقطه ذوب ۶۷۵ درجه سلسیوس به پنتا اکسید وانادیوم تبدیل شده، اگر سدیم حاضر با وانادیم وجود داشته باشد، نمک‌های[1] سدیم با نقطه ذوب پایین‌تر از ۵۳۵ درجه سلسیوس می‌تواند شکل گیرد.

نقطه ذوب خاکستر می‌تواند به وسیله اضافه کردن ترکیبات منیزیم به سوخت افزایش پیدا کند. مقدار بیشتر سدیم می‌تواند این واکنش را خنثی کند در نتیجه مقدار کمتر سدیم بهترین پاسخ به اضافه کردن منیزیم است. ترکیبات سلیکونی اثر محلول فیزیکی را اعمال می‌کنند و اثر خوردگی ترکیبات سدیم/ وانادیوم را کاهش می‌دهند مادامی که افزودنی‌ها به کار برده می‌شوند رسوب‌گذاری خاکسترهای متجاوز در مسیرهای داغ توربین انجام می‌شود و خروجی توربین را کاهش می‌دهد. این رسوبات برای نگهداری عملکرد توربین می‌بایست به صورت ذره‌ای برداشته شوند.

پ-۴-۲-۲ سدیم و پتاسیم

سدیم و پتاسیم قسمتی از آب نمک می‌باشند که از آلودگی معمول در سوخت‌های نفت خام می‌باشند. غلظت سدیم موجود در آب نمک چندین برابر پتاسیم می‌باشد و هر دوی آنها مستعد تشکیل خاکستر خورنده حاصل از احتراق می‌باشند.

سولفات سدیم زمانی که سوخت مایع سوخته می‌شود تشکیل می‌شود و ذوب شدن در دمای ۸۸۴ درجه سلسیوس باعث حمله سولفیدی می‌شود.

عامل خوردگی سدیم و پتاسیم معمولاً به وسیله خارج کردن آب نمک از سوخت بوسیله ته نشین شدن کنترل می‌شود. جداسازی آب نمک بوسیله ته نشین شدن، استفاده از پمپ‌های سانتریفیوژ، جداسازی الکترواستاتیکی و استفاده از سیستم فیلتراسیون می‌باشد. طراحی دقیق و مدیریت تجهیزات ذخیره سازی همراه با زمان ته نشینی مناسب به تمیزی سوخت کمک خواهد کرد، در نتیجه می‌تواند بطور قابل توجهی آلودگی آب محلول را کاهش دهد و نیاز به تکنیک‌های جداسازی بیشتر را ممکن است کاهش دهد. افزودنی هایی با پایه کروم جهت موثر بودن در مقابل خوردگی سدیم گزارش شده است.

1 - Vanadates

پ-۴-۲-۳ سرب

وجود سرب در سوخت تقطیری توربین معمولاً در نتیجه وجود سوخت همراه با بنزین سرب دار یا استفاده از روغن‌های روان‌کننده در خلال انتقال یا نگه‌داری می باشد. آلاینده‌های سربی در روغن حل شده‌اند و نمی توان آنها را از سوخت جدا نمود و در خلال احتراق سرب به دی اکسید سرب یا سولفات سرب تبدیل می-شود. این ترکیبات دارای نقطه جوش نسبتا بالا می‌باشند اما وجود مقدار کوچکی از سدیم می‌تواند نقطه ذوب خاکستر را در حدود ۶۰۰ درجه سلسیوس کاهش دهد.

مدیریت دقیق سوخت در خلال انتقال، نگه‌داری و ذخیره‌سازی بهترین راه برای جلوگیری از آلودگی سرب می‌باشد. موفقیت هایی در رابطه با استفاده از افزودنی‌هایی بر پایه منیزیم و کروم برای افزایش نقطه ذوب خاکستر حاصل از آلودگی سربی سوخت گزارش شده است.

پ-۴-۲-۴ عناصر دیگر

نیکل، روی، آرسنیک و فلزات سنگین دیگر که بعضی اوقات در سوخت رده ۴ وجود دارند ممکن است باعث ایجاد ترکیبات زودگداز با نقطه ذوب پایین به همراه دیگر فلزات شده و باعث خوردگی شوند.

پ-۴-۲-۵ مقدار خاکستر

مقدار عناصر مضر تا آنجایی که ممکن است باید در سوخت توربین پایین نگه داشته شوند. در حالی که مقدار خاکستر تأثیر زیادی روی اثر خوردگی این عناصر دارند. اثر یک میلی‌گرم سدیم و یک میلی‌گرم وانادیم در یک کیلوگرم سوخت اهمیتی متفاوت نسبت به مقدار کل خاکستر دارد. که در جدول پ-۱ نشان داده شده است.

جدول پ-۱ تاثیر مقدار خاکستر

سوخت B	سوخت A	
۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم سوخت	۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم سوخت	محتوای سدیم
۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم سوخت	۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم سوخت	محتوای وانادیم
۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سوخت	۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سوخت	محتوای خاکستر
۲۰ درصد جرمی	۲۰ درصد جرمی	وانادیم+ سدیم به صورت درصد در مقدار کل خاکستر
کوچک	بزرگ	تاثیر بر روی نقطه ذوب

سوخت A می‌تواند در توربین گازی خورنده باشد در حالی که سوخت B قابل قبول است با وجود اینکه هر دو دارای مقدار یکسانی سدیم و وانادیوم می‌باشند. رفتار خاکستر سوخت A می‌تواند به وسیله اضافه کردن

افزودنی که یک ماده خنثییا با نقطه ذوب بالاتر است که آلودگی آن ۹۰ میلی‌گرم در یک کیلوگرم سوخت می‌باشد، به خاکستر B تبدیل شود.

پ-۴-۳ رسوبات خاکستر ته نشین شده

سوختن و احتراق خاکستر به علت دمای ذوب بالا ممکن است بی‌ضرر باشد اما تجمع و انباشت و ته نشین شدن رسوبات بازده پره توربین را مختل می‌سازد و سطح عملکرد خروجی را کاهش می‌دهد و در نتیجه قدرت کاهش و مصرف سوخت افزایش پیدا می‌کند. سرعت شکل گیری ته نشین شدن رسوبات تابع عوامل زیادی می‌باشد مثل محتوای رسوب سوخت و ترکیب آن ، بازده گرفته شدن ذرات ، دمای عملکرد توربین ، طراحی و اندازه توربین.

اضافه کردن ترکیباتی مثل منیزیم و سلیکون می‌تواند به طور ویژه‌ای سرعت رسوب‌گذاری را کاهش دهد. سازندگان توربین همیشه می‌بایست برای اضافه کردن چنین ترکیباتی مشورت کنند.

استفاده کردن از سوخت‌هایی با محتوای خاکستر بالا مثل رده ۳ و ۴ ممکن است منجر به رسوب‌گذاری شوند و برداشت دوره‌ای خاکستر از قسمت‌های داغ توربین مورد نیاز می‌باشد.

کلسیم موجود در سوخت از دیدگاه خوردگی مضر نمی‌باشد در حقیقت عامل بازدارنده خوردگی وانادیوم می باشد. کلسیم می‌تواند منجر به تشکیل توده‌های رسوبی شود که به سختی به توربین چسبیده شده که با شستشو آب نیز از بین نروند. کلسیم برای سوخت‌های تقطیری رده صفر ، ۱ و ۲ مشکلی ایجاد نمی‌کند اما ممکن است همراه با سوخت رده ۳ و ۴ اتفاق بیفتد. سامانه شستشوی سوخت، به طور معمول برای سوخت های رده ۳ و ۴ ، برای کاهش سطح کلسیم آلاینده مورد نیاز می‌باشد.

پ-۴-۴ ارزیابی خاکستر سوخت

ارزیابی خاکستر سوخت می‌بایست اطلاعاتی در مورد هر دو مقدار خاکستر تشکیل شده هنگام احتراق سوخت و هم پتانسیل خوردگی این خاکستر را فراهم کند. مقدار کلی خاکستر بوسیله سوختن با دقت حجمی از سوخت در آزمایشگاه و وزن کردن باقی‌مانده خاکستر بدست آمده از احتراق باقی‌مانده اندازه‌گیری می‌شود.

دو روش برای ارزیابی پتانسیل خوردگی خاکستر حاصل از احتراق وجود دارد. اولین روش اندازه‌گیری غلظت عناصر فلزی کمیاب در سوخت می‌باشد. روش دوم اندازه‌گیری نقطه ذوب خاکستر در آزمایشگاه می‌باشد. سازنده توربین محدودیت‌هایی برای محتوای فلزات کمیاب و نقطه ذوب خاکستر (دمای چسبندگی[1] خاکستر ممکن است به جای دمای ذوب خاکستر به کار برده شود) بر اساس ارتباط با تجارب عملیاتی توربین قائل می‌شود. هر دو روش ارزیابی مقدار خاکستر ممکن است به دلیل نقطه تشکیل خاکستر در مسیر داغ توربین در آزمایشگاه دارای خطای تخمینی باشند. عناصر تشکیل دهنده خاکستر ممکن است متناسب با همان

1- Sticking

غلظت موجود در سوخت نباشند. ترکیبات رسوب‌های توربین در قسمت‌های مختلف رسوب‌گذاری شده متفاوت است و رسوب‌گذاری ممکن است همگن نباشد.

سوخت‌های تقطیری با محتوای خاکستر کم به سوختن با دقت بیشتر نیاز دارند و مقدار بیشتری سوخت برای تشکیل حداقل خاکستر مورد نیاز برای تعیین مقدار خاکستر و آزمون‌های نقطه ذوب خاکستر باید فراهم شود.

پیوست ت

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] ISO 3013, Petroleum products — Determination of the freezing point of aviation fuels

[2] ISO 3015, Petroleum products — Determination of cloud point

[3] ISO 3016, Petroleum products — Determination of pour point

[4] ISO 3977, Gas turbines — Procurement

[5] ISO 8216-2:1986, Petroleum products — Fuels (class F) — Classification — Part 2: Categories of gas turbine fuels for industrial and marine applications

[6] ISO 8691, Petroleum products — Low levels of vanadium in liquid fuels — Determination by flameless atomic absorption spectrometry after ashing

[7] ASTM D 3605:2000, Trace metals in gas turbine fuels by atomic absorption and flame emission Spectroscopy

[8] ANSI. ASTM D 240-09, Heat of combustion of liquid hydrocarbon fuels by bomb calorimeter