



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۲۱۵۶-۱۱

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO

22156-11

1st.Edition

2017

Identical with
EN 12953-11:2003

دیگ‌های بخار و آب‌داغ از نوع پوسته‌ای -

قسمت ۱۱ :

آزمون‌های پذیرش

Shell boilers -
Part 11:Acceptance Tests

ICS:27.060.30;27.100

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

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 مؤسسه 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 پیشنهادات 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)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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) و 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 آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و 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

«دیگ‌های بخار و آب‌داغ از نوع پوسته‌ای- قسمت ۱۱: آزمون‌های پذیرش»

رئیس:

ادب آوازه، عبدالوهاب

(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس- انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران

دبیران:

عزیزمرادی، محمد

(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

لونی، بابک

(کارشناس مهندسی مکانیک)

مدیر اطمینان مرغوبیت- شرکت ماشین سازی اراک

مدیرعامل گروه تولیدی دیگ‌های بخار- شرکت ماشین سازی

اراک

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ادریسی، آریا

(کارشناس مهندسی مکانیک)

شرکت بازرسی آزماگستر نیما

اسماعیل زاده، محمد

(کارشناس مهندسی مکانیک)

مدیرمهندسی - شرکت تاشا

امیرمنوچهری نائینی، حسین

(کارشناس مهندسی مکانیک)

مدیر فنی- شرکت پاکمن

حق پرست، محمدرضا

(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

شرکت شوفاژکار

حق ورد، منصور

(کارشناس مهندسی مکانیک)

بازرس فنی- شرکت مهندسیین مشاور ناظران یکتا

خیام، افشین

(کارشناس مهندسی صنایع)

مدیرتضمین کیفیت- شرکت مهندسیین مشاور ناظران یکتا

رکاب طلایی، مهدی

(کارشناس ارشد کنترل)

کارشناس ارشد طراحی بویلر- شرکت ماشین سازی اراک

سربی، جلیل

(دکترای مهندسی مکانیک)

مدیرعامل- شرکت ناظرکاران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

رئیس واحد مهندسی ساخت بویلر- شرکت ماشین سازی اراک	سیف الدین، افشین (کارشناس مهندسی متالورژی)
مدیر مهندسی- شرکت پاکمن	شارع فام، مهیار (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)
مدیر بازرسی- شرکت فلات پژواک	شاه اوپسی، پژمان (کارشناس ارشد مدیریت)
مدیرعامل- شرکت مهندسی و بازرسی آستا	صالحی، امید (کارشناس مهندسی مکانیک)
دبیر- انجمن صنعت تاسیسات	طباطبایی، سید مجتبی (کارشناس مهندسی تاسیسات)
بازرس- اداره کل بازرسی وزارت کار	عدل محمدی، محسن (کارشناس ارشد مهندسی آب و فاضلاب)
مدیر پروژه- شرکت بازرسی کیفیت استاندارد ایران	فراهانی، علی (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)
انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران	قاسمی، رسول (کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)
مدیرعامل- شرکت بازرسی آزماگستر نیما	کریم، حسن (کارشناس مهندسی متالورژی)
کارشناس طراحی بویلر- شرکت ماشین سازی اراک	کمالی، رضا (کارشناس مهندسی مکانیک)
شرکت پاکمن	نصرالهی، اصغر (کارشناس مهندسی برق و ابزار دقیق)
رئیس واحد طراحی بویلر - شرکت ماشین سازی اراک	میرموسوی، محمد (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)
مدیر پروژه - شرکت ماشین سازی اراک	نوبخت، داوود (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

ویراستار:

رئیس- انجمن جوشکاری و آزمایش‌های غیرمخرب ایران	ادب آوازه، عبدالوهاب (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)
--	--

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ نمادها و کوتاه نوشتها
۴	۴-۱ نمادها و واحدها
۷	۴-۲ ضرایب
۷	۵ کلیات
۷	۶ شرایط اساسی آزمون
۷	۶-۱ شرایط عمومی
۸	۶-۲ شرایط پایدار
۹	۶-۳ روش اجرای آزمون
۹	۶-۴ الزامات حین آزمون
۹	۶-۵ مدت آزمونها
۹	۶-۶ روش تعیین دمای گاز خروجی و میزان O_2 , CO_2 , CO
۹	۶-۷ تلفات تعیین نشده
۱۰	۷ کاربرد ابزار دقیق و روشهای اندازه گیری
۱۰	۷-۱ ابزار دقیق
۱۰	۷-۲ اندازه گیریهای فشار

صفحه	عنوان
۱۱	۳-۷ اندازه‌گیری دما
۱۱	۴-۷ جرم و شدت جریان گرمی
۱۲	۵-۷ ارزش حرارتی
۱۳	۶-۷ ترکیب شیمیایی
۱۴	۸ موازنه گرمایی و راندمان حرارتی
۱۴	۱-۸ کلیات
۱۴	۲-۸ مرز بسته
۱۵	۳-۸ دمای مرجع
۱۵	۴-۸ توان ورودی
۱۶	۵-۸ تلفات
۱۹	۶-۸ تعیین راندمان با روش غیرمستقیم
۲۰	۷-۸ توان خروجی مفید
۲۰	۹ درستی
۲۱	پیوست الف (آگاهی دهنده) محاسبه نسبت جرم هوای احتراق به جرم سوخت یا جرم گاز حاصل از احتراق به جرم سوخت و همچنین گرمای ویژه
۲۸	پیوست ب (الزامی) دیگ‌هایی که با گرمای اتلافی کار می‌کنند
۳۰	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «دیگ‌های بخار و آبداغ از نوع پوسته‌ای- قسمت ۱۱: آزمون‌های پذیرش» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی / منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در یک هزار و چهارصد و پنجاه و پنجمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۹۵/۱۲/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

EN 12953-11:2003, Shell boilers – Part 11: Acceptance Tests

مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۲۲۱۵۶ است. سایر قسمت‌های این استاندارد به شرح زیر است:

- قسمت ۱: کلیات؛
- قسمت ۲: مواد برای قطعات تحت فشار دیگ‌ها و متعلقات؛
- Part 3: Design and calculation for pressure parts of the boiler^۱;
- قسمت ۴: روش اجرا و ساخت قطعات تحت فشار دیگ؛
- قسمت ۵: بازرسی حین ساخت، مستندسازی و نشانه‌گذاری قطعات تحت فشار دیگ؛
- Part 6: Requirements for equipment for the boiler^۱;
- قسمت ۷: الزامات سامانه‌های اشتعال سوخت‌های مایع و گاز برای دیگ‌ها؛
- قسمت ۸: الزامات وسایل حفاظتی در برابر فشار بیش‌ازحد؛
- Part 9: Requirements for limiting devices of the boiler and accessories^۱;
- قسمت ۱۰: الزامات آب تغذیه و کیفیت آب دیگ؛
- Part 12: Requirements for grate firing systems for solid fuels for the boiler^۱;
- Part 13: Operating instructions^۱.

دیگ‌های بخار و آب‌داغ از نوع پوسته‌ای- قسمت ۱۱: آزمون‌های پذیرش

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین شرح مختصری از روش انجام ارزیابی توان حرارتی از طریق غیرمستقیم (تلفات)^۱ برای دیگ‌های بخار یا آب‌داغ می‌باشد. نتایج آزمون، برپایه ارزش حرارتی خالص^۲ یا ناخالص^۳ سوخت می‌باشند.

این دستورالعمل، روش مناسبی برای ارزیابی دیگ‌هایی که از نظر ترمودینامیکی ساده هستند، ارائه می‌کند، یعنی دارای تنها منبع اصلی حرارت ورودی و یک مدار ساده آب، بخار، یا سیال انتقال حرارت دما بالا می‌باشند.

یادآوری ۱- استفاده از روش مستقیم توصیه نمی‌شود، چون خطای اندازه‌گیری به این روش سه تا چهار برابر بیشتر از روش غیرمستقیم برآورد می‌شود.

یادآوری ۲- آزمون پذیرش در موارد زیر به کار می‌رود :

الف- پس از راه اندازی^۴ یک واحد صنعتی جدید و یا راه اندازی دوباره^۵ یک واحد صنعتی اصلاح شده، برای تصدیق انطباق مشخصات و تعهدات قراردادی.

ب- هروقت که کاربر (استفاده کننده یا بهره بردار) در نظر دارد که عملکرد جاری واحد صنعتی را با یک روال عادی و یا با توجه به تغییر در یک بارگذاری و یا دیگر شرایط عملیاتی و یا حتی زمانی که تغییری در سوخت و یا اصلاحی در واحد صنعتی مورد نظر است، تعیین کند.

پ- هر زمان که کاربر می‌خواهد شرایط احتراق را بررسی کند.

آزمون‌های منظم مطابق این استاندارد، امکان کارکرد طبیعی تجهیزات دیگ را با مصرف سوخت بهینه شده فراهم می‌کند. این استاندارد، برای دیگ‌های چگالشی^۶ کاربرد ندارد. کاربرد دیگ‌ها، زمانی که حرارت از گازهای اتلافی تامین می‌شود در پیوست ب آمده است.

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 می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

1 - Losses

2 - Net Calorific Value(NCV)

3 - Gross Calorific Value(GCV)

4 - Commissioning

5 - Recommissioning

6 - Condensing boilers

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 EN ISO 5167-1, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross- section conduits running full - Part 1: General principles and requirements (ISO 5167-1:2003).
- 2-2 ISO 157, Coal - Determination of forms of sulfur.
- 2-3 ISO 334, Solid mineral fuels - Determination of total sulfur - Eschka method.
- 2-4 ISO 589, Hard coal - Determination of total moisture.
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۷۳۸: سال ۱۳۸۸، زغال سخت - تعیین رطوبت کل با استفاده از استاندارد ISO 589:2008 تدوین شده است.
- 2-5 ISO 609, Solid mineral fuels - Determination of carbon and hydrogen - High temperature combustion method.
- 2-6 ISO 625, Solid mineral fuels - Determination of carbon and hydrogen - Liebig method.
- 2-7 ISO 1928, Solid mineral fuels - Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method, and calculation of net calorific value.
- 2-8 ISO 1988, Hard coal - Sampling.
- 2-9 ISO 3170, Petroleum liquids - Manual sampling.
- 2-10 ISO 6976, Natural gas - Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition.

۳ اصطلاحات و تعاریف:

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

روش غیرمستقیم (روش حرارت اتلافی)

indirect method (Heat loss method)

تعیین کلیه تلفات حرارتی قابل محاسبه است. در این روش، راندمان برابر با عدد یک منهای نسبت جمع کلیه تلفات حرارتی به جمع حرارت حاصل از سوخت با ارزش حرارتی مشخص است.

۲-۳

شرایط استاندارد

standard condition

شرایط در $p_n=0.101325 \text{ N/mm}^2$ و $t_n=0^\circ\text{C}$ در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳

تلفات ارزیابی شده

assessed losses

هرگونه اتلاف حرارتی که از داده‌های از قبل تعیین شده به دست آمده باشد.

۴-۳

ارزش حرارتی ناخالص (GCV)

gross calorific value (GCV)

مقدار انرژی حرارتی تولید شده در احتراق کامل، تحت شرایط ویژه، از حجم واحد گاز یا جرم واحد از سوخت مایع یا جامد، با فرض اینکه آب تولید شده از احتراق سوخت به طور کامل کندانس (چگالیده) شود و گرمای نهان و محسوس آن در دسترس باشد.

۵-۳

ارزش حرارتی خالص (NCV)

net calorific value (NCV)

مقدار انرژی حرارتی تولید شده در احتراق کامل، تحت شرایط ویژه، از حجم واحد گاز یا جرم واحد از سوخت مایع یا جامد، با فرض اینکه آب تولید شده از احتراق سوخت به صورت بخار باقی بماند.

۶-۳

توان حرارتی ورودی

heat input

انرژی حرارتی سوخت مصرف شده حین آزمون، بر اساس ارزش حرارتی خالص یا ناخالص به علاوه گرمای محسوس در سوخت بالای دمای مرجع به علاوه گرمای محسوس در هوای احتراق بالای دمای مرجع.

۷-۳

توان حرارتی خروجی

heat output

انرژی حرارتی بدست آمده از حامل حرارتی دیگر، حین دوره آزمون.

۸-۳

اتلاف اندازه گیری شده

measured loss

هرگونه اتلاف حرارتی محاسبه شده که از اندازه گیری های واقعی حین آزمون انجام گرفته است.

۹-۳

تلفات رسانایی، همرفتی و تابشی

radiation, convection and conduction losses

تلفات حاصل از آب، بخار، هوای احتراق یا سطوح برگشت دهنده گاز^۱ واحد مورد نظر، با توجه به نقطه اندازه گیری دمای گاز دودکش به طور مستقیم از شعله به سمت کف و محیط پیرامون، در واحد مورد نظر است.

1- Gas backed surfaces

۱۰-۳

خطای آزمون

test error

خطای ترکیبی حاصل از نمونه‌گیری، اندازه‌گیری‌ها، محاسبات و فرضیات به کار رفته به منظور دستیابی به نتایج می باشد که ممکن است مثبت یا منفی باشد.

۱۱-۳

راندمان حرارتی

thermal efficiency

اختلاف میان ۱۰۰٪ و درصد کلی تلفات بر اساس ارزش حرارتی خالص یا ناخالص سوخت که برابر است با نسبت توان حرارتی خروجی مفید به توان حرارتی ورودی که به صورت درصد بیان می‌شود.

۱۲-۳

نسبت تنظیم

turn-down ratio

نسبت بیشینه به کمینه ورودی سوخت برای سوختن مداوم در واحد زمان که توسط سازنده مشخص می‌شود. همچنین می تواند به عنوان توان دیگ اعلام شود، به شرطی که راندمان‌های مقتضی مشخص باشد.

۴ نمادها و کوتاه نوشت‌ها

۱-۴ نمادها و واحدها

به منظور دستیابی به اهداف این استاندارد نمادها و کوتاه‌نوشت‌های داده شده در EN 12952-1:2002، جدول ۱-۴ و جدول ۱-۴-۱ و زیرنویس‌های داده شده در جدول ۱-۴-۲ باید به کار رود.

جدول ۴-۱-۱- نمادها

نماد	توضیحات	واحد
c	ظرفیت حرارتی ویژه	kJ/(kgK)
$\bar{c}$	جمع انتگرالی ظرفیت حرارتی ویژه	kJ/(kgK)
H	ارزش حرارتی (CV)	kJ/kg
h	آنتالپی ویژه	kJ/kg
i	تعداد نمونه ها	-
J	آنتالپی گاز حاصل از احتراق یا هوای احتراق مربوط به جریان جرمی سوخت	kJ/kg
L	گرمای نهان (گرمای تبخیر)	kJ/kg
l	اتلاف تکی	-
l_u	نسبت مواد قابل احتراق نسوخته به جریان جرمی سوخت تزریق شده	kg/kg
M	جرم مولی	kg/kmol
m	جرم	kg
$\dot{m}$	شدت جریان جرمی	kg/s
n	ضریب هوا ^۱ در خروجی دیگ بخار	-
p	فشار	N/mm ²
$\dot{Q}$	شدت جریان گرمایی	kW
T	دمای ترمودینامیکی	K
t	دما (سلسیوس)	°C
u	میزان مواد قابل احتراق نسوخته (جرمی)	kg/kg
V	هوای احتراق و حجم گاز حاصل از احتراق (به ازای واحد جرم سوخت)	m ³ /kg
x	میزان جرمی مولفه‌های هوای احتراق یا گازهای حاصل از احتراق	kg/kg
y	میزان حجمی	m ³ /m ³
η	راندمان حرارتی	-
γ	میزان جرمی سوخت	kg/kg
v	میزان مواد فرار خاکستر	kg/kg
ρ	چگالی	kg/m ³
μ	نسبت جرم گازهای حاصل از احتراق یا هوای احتراق به جرم سوخت	kg/kg

یادآوری ۱- 1N/mm²=1MN/m²=1Mpa

یادآوری ۲- واحدهای نشان داده شده موارد معمول هستند، تبدیل واحد ممکن است در برخی معادله‌ها ضروری باشد.

جدول ۴-۱-۲- زیرنویس‌ها

نماد	توضیحات
A	هوا
Ash	خاکستر
B	دیگ
C	کربن
CO	منوکسید کربن
CO ₂	دی اکسید کربن
d	خشک (پایه)
E	مفید، موثر
FA	دوده (خاکسترقرار)
F	سوخت، سوخت مصرف شده
Fo	سوخت تامین شده
Fw	آب تغذیه
G	گاز دودکش (گاز حاصل از احتراق)
(G)	ارزش ناخالص
H	هیدروژن
H ₂ O	آب
i	تعداد اجزا
m	میانگین
meas	اندازه گیری شده
min	کمینه
N	نیتروژن
(N)	ارزش خالص
n	شرایط استاندارد
o	استوکیومتری
O ₂	اکسیژن
p	فشار ثابت
r	دمای مرجع
RC	تشعشع و همرفت
S	سولفور
SF	خاکستر و دوده
ST	بخار تازه
tot	کُل
u	مواد نسوخته
Z	حرارت ورودی
^	بیشینه
0 °C	در 0 °C
1	ورود
2	خروج

۲-۴ ضرایب

در این استاندارد باید ضرایب داده شده در جدول ۱-۲-۴ مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۱-۲-۴- ضرایب

مشخصه	نماد	مقدار	واحد
گرمای نهان ویژه در 25°C	L_r	2442.5	kJ/kg
گرمای ویژه بخار بین 25°C و 150°C	c_{pSt}	1.884	kJ/(kgK)
گرمای ویژه آب بین 25°C و 150°C	c_{pW}	4.21	kJ/(kgK)
گرمای ویژه هوا بین 25°C و 150°C	c_{pA}	1.011	kJ/(kgK)
گرمای ویژه خاکستر و دوده بین 25°C و 200°C	c_{Ash}, c_{FA}	0.84	kJ/(kgK)
c_v ارزش حرارتی مواد نسوخته			
زغال سنگ سخت	$H_{(N)u}$	33.0	MJ/kg
زغال سنگ قهوه ای	$H_{(N)u}$	27.2	MJ/kg

۵ کلیات

۱-۵

درجایی که یک ارزیابی توان حرارتی، بعد از راه اندازی یک کارخانه جدید و یا بعد از بازراه اندازی یک کارخانه اصلاح شده، باید انجام گیرد، لازم است در مرحله سفارش دهی و یا استعلام در مورد داده های مورد نیاز، الزامات آزمون، درجه دقت و در نتیجه ابزار دقیق مورد استفاده، تصمیم گیری شود. لازم است که طرفین به توافق برسند که آزمون توسط تامین کننده یا سازمان و شخص سومی با نظارت انجام شود.

۲-۵

آزمون ها باید روش و سیستم عملیاتی خواسته شده کارخانه را تحت شرایط نصب و عملیات معمول مورد تقاضا، ارائه دهند. تعیین مصارف الکتریکی جزء وظایف این استاندارد نمی باشد.

۳-۵

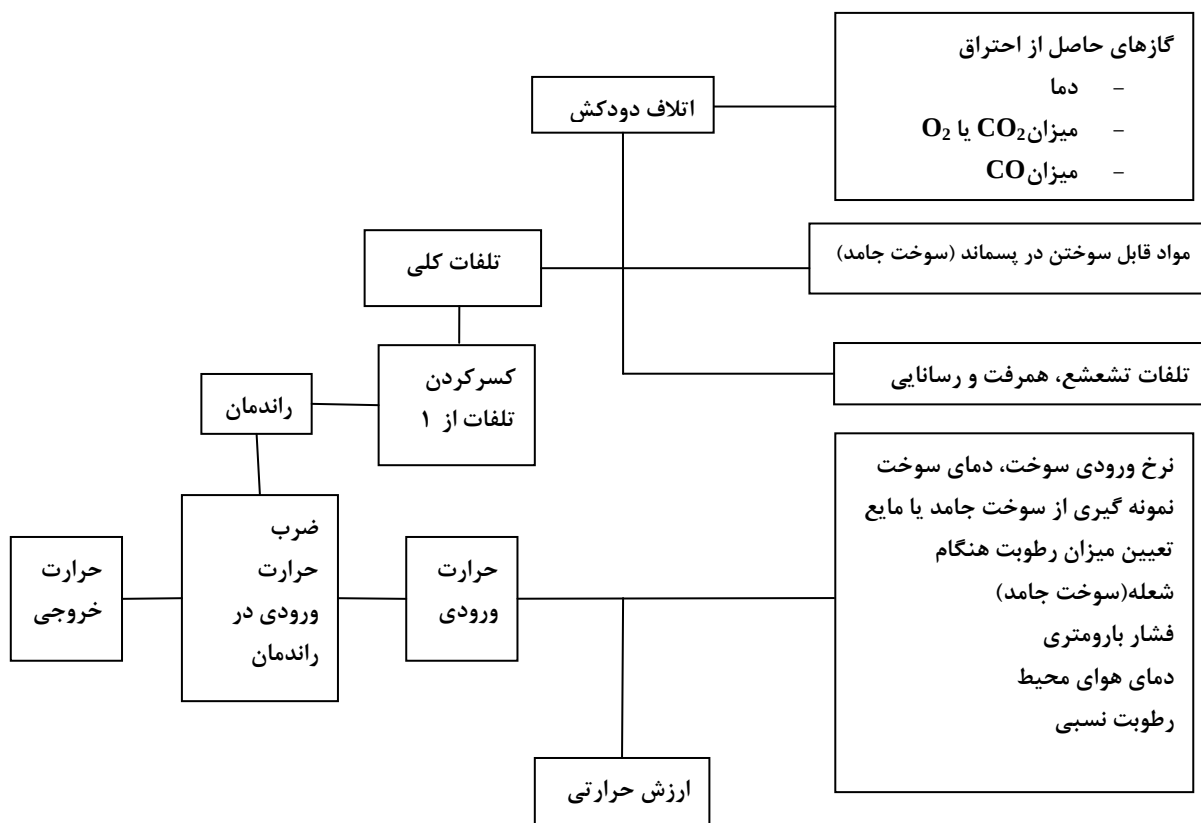
آزمون ها باید تحت نرخ های اشتعال^۱ از پیش تعیین شده^۲، مطابق توافق طرفین قرارداد عملی شود.

۶ شرایط اساسی آزمون

۱-۶ شرایط عمومی

آزمون ها باید حین مدتی که دیگ به طور پیوسته روشن است تحت شرایط پایدار^۳ (که قبل از انجام آزمون برقرار شده) انجام پذیرد. (به زیربند ۲-۶ مراجعه شود)
یادآوری- یک روش به منظور محاسبه مقدار گرمای خارج شده از اندازه گیری های آزمون، در شکل ۱-۶-۱ نشان داده شده است.

1- Firing rate
2- Predetermined firing rates
3- Steady state



شکل ۶-۱-۱ یک روش به منظور محاسبه مقدار گرمای خارج شده از اندازه گیری آزمون

۶-۲ شرایط پایدار

۶-۲-۱- فشار بخار، دمای بخار و آب تغذیه در دیگ‌های بخار و یا دماهای رفت و برگشت^۱ در دیگ‌های آب داغ، به همراه نرخ‌های جریان مربوط، باید تا حد امکان پایدار^۲ و نزدیک به شرایط کاری معین^۳ باشند. این اندازه‌ها باید در خروجی دیگ یا نزدیک به آن انجام شوند.

یادآوری- در حین بهره برداری یک دیگ، فاکتورهای مختلف موثر در تلفات حرارتی می توانند از مقادیر خواسته شده یا به عنوان نتیجه جذب حرارت بوسیله سازه دیگ به محض اینکه به شرایط تعریف شده برای آزمون دست می یابد و یا به عنوان نتیجه عملیات کنترل اتوماتیک، تفاوت داشته باشند. مهمترین متغیرها، دما و میزان O_2 و CO_2 گازهای خروجی می باشد. بنابراین نکته اساسی این است که آزمون‌ها صرفاً بعد از دستیابی به شرایط حالت پایدار انجام گیرند.

۶-۲-۲- در این استاندارد باید فرض شود که شرایط حالت پایدار برای دیگ‌های با مشعل سوخت جامد، با جریان‌های پیوسته سوخت و خاکستر^۴ بدست می آید و برای دیگ‌های با سوخت مایع یا گازی، حین انجام آزمون، وقتی که تغییرات در دمای گاز خروجی در حد $10^\circ C$ و تغییرات در میزان اکسیژن در حد 0.5% از مقدار میانگین، باشد.

1- Flow and return temperatures
2- Steady
3- Normal operating conditions
4- Ash

۳-۶ روش اجرای آزمون

۳-۶-۱- باید فرآوری آب^۱ مطابق با دستورالعمل‌های سازنده دیگ و تامین‌کننده کارخانه فرآوری آب تایید شود. هرگاه ضروری است حین راه اندازی اولیه دیگ قبل از آزمون، به استثناء زمانی که شرایط^۲ 'حین نصب'^۳ خوانده می‌شود (به زیربند ۶-۳-۲ مراجعه شود)، سطوح طرف گاز^۴ باید تمیز شوند، همچنین ورودی سوخت و نسبت هوای سوخت باید تنظیم شود و این تنظیم فشار یا مکش محفظه احتراق باید قبل از برقراری شرایط حالت پایدار، طبق شرایط ابلاغ شده سازنده دیگ محقق شود.

۳-۶-۲- هنگام انجام آزمون تحت شرایط^۵ 'حین نصب'، مثل هر وقتی که بهره‌بردار قصد دارد که عملکرد جاری کارخانه را مشخص کند، هیچ‌گونه تنظیم‌هایی برای تجهیزات مشعل انجام نمی‌شود و هیچ تمیزکاری سطوح طرف گاز قبل از شروع آزمون اعمال نمی‌شود.

یادآوری- فاکتورهای مربوط به تنظیم نادرست^۶ تجهیزات اشتعال، انتشار غبار و زبره^۷، سطوح رسوب گرفته انتقال حرارت یا تشکیل CO باید بوسیله چنین آزمون‌هایی نشان داده شده و به عنوان یک راهنما به منظور بهبود در بهره‌برداری، مورد آزمون و تایید مجدد قرار گیرند. باید مقایسه ای با داده‌های عملکردی سازنده انجام گیرد.

۴-۶ الزامات حین آزمون

حین انجام آزمون، از بلودان^۸ دیگ‌های بخار باید پرهیز شود و سطح آب در آب‌نما، حین شروع شرایط حالت پایدار و آزمون بعدی باید تا حد امکان پایدار باشد.

جایی که از تجهیزات کنترل خودکار اشتعال با شعله بلند و کوتاه و یا کاملاً قابل تنظیم^۹ استفاده می‌شود، هیچ گونه تغییر دستی روی تنظیمات احتراق حین آزمون نباید انجام گیرد. (به بند ۵-۲ مراجعه شود)

۵-۶ مدت آزمون‌ها

پس از شروع حالت پایدار، زمان انجام آزمون باید دست‌کم به اندازه شش سری کامل خواندن ورودی سوخت^{۱۰}، دما و آنالیز گازهای احتراق به طول انجامد. این خواندن‌ها باید با متغیرهایی که بوسیله شرایط پایدار مجاز می‌باشند انجام شود (به زیربند ۶-۲ مراجعه شود)

۶-۶ روش تعیین دمای گاز خروجی^۹ و میزان CO ، CO_2 ، O_2

این روش برای تعیین دمای گاز خروجی و میزان CO ، CO_2 ، O_2 باید مطابق روش‌های بند ۷ باشد.

۷-۶ تلفات تعیین نشده^{۱۰}

تلفات تعیین نشده یعنی تلفاتی که اندازه‌گیری و ارزیابی نمی‌شوند، می‌توانند پیش بیایند، اما برای این استاندارد ناچیز تلقی می‌شوند.

1- Water treatment

2- As found conditions

3- Gas side surfaces

4- Maladjustment

5- Grit

6- Blow down

7- Fully modulating

8- Six complete sets of readings of fuel input

9- Exhaust gas

10- Undetermined losses

۷ کاربرد ابزار دقیق و روش‌های اندازه‌گیری

۱-۷ ابزار دقیق

کلیه اندازه‌گیری‌ها باید با ابزار دقیق کالیبره شده^۱ مناسب، انجام شوند. ابزار دقیق قابل حمل و سیار باید استفاده شوند مگر آن‌که بتوان نشان داد که حسگرهای ابزار دقیق نصب شده به طور صحیح در محل خود قرار گرفته‌اند و این سیستم از لحاظ دقت کنترل شده باشد.

تنهاچنین ابزار اندازه‌گیری و یا ترانسدیوسرهایی^۲ باید استفاده شوند که نشانه‌ها و مقادیر خروجی آن‌ها، قابل بررسی و حدود خطاها شناخته شده باشند. این موارد باید شامل :

- الف- برای ابزار، گواهی تصدیق (گواهی کالیبراسیون صادره از طرف یک مرجع) ارائه شود.
- ب- ابزار قابل تصدیق که قبل و بعد از آزمون در حالت بالا رفتن و پایین آمدن^۳ واسنجی شده‌اند و یا ترجیحاً تحت شرایطی شبیه آنچه در حین آزمون است و با ابزار ذکر شده در مورد "الف" مقایسه شود.
- پ- ابزار استاندارد با حدود خطای شناخته شده.

ت- دیگر ابزار تایید شده با حدودخطاهای مشخص، که کاربرد آن بین طرفین دخیل در انجام آزمون توافق شده است.

تجهیزات اندازه‌گیری حین آزمون نباید در معرض هیچ گونه تغییرات دائمی و محسوس قرار بگیرند. خواندن‌ها می‌تواند دیجیتالی یا آنالوگ انجام شوند و اطلاعات باید به طور دستی یا خودکار ثبت شوند. گزارش آزمون باید جزئیات ابزار به کار رفته و حدود خطای آن‌ها را بیان کند. اگر اطلاعات با تجهیزات خودکار ثبت می‌شوند، بررسی‌های تصادفی باید انجام گیرد تا صحت پردازش سیگنال‌ها را تصدیق کند.

۲-۷ اندازه‌گیری‌های فشار

اندازه‌گیری‌های فشار باید با استفاده از فشار سنج‌ها یا ترانسدیوسرهایی مناسب انجام گیرد. تا آنجا که ممکن است، اختلاف فشارها^۴ باید به طور مستقیم بوسیله درجه‌ها و ابزار مناسب اندازه‌گیری شوند (مثل مانومترهای^۵ با لوله U شکل^۶، میکرومترهای ترانسدیوسر اختلاف فشار با لوله مورب^۷). جیوه، آب یا دیگر مایعات با چگالی مناسب باید به عنوان سیال‌های شاخص^۸ استفاده شوند.

1- Suitable calibrated instruments

2- Transducers

3- Rising and falling

4- Differential pressures

5- Manometer

6- U-tube manometers

7- Inclined-tube micromanometers of differential pressure transducers

8- Indicating fluid

۳-۷ اندازه گیری دما

اندازه گیری های دما باید با استفاده از ابزاری که در قسمت ۷-۱ الف و ب گفته شد انجام پذیرد. (مانند دماسنج جیوه ای^۱، ترموکوپل^۲ و دماسنج مقاومتی^۳، که مورد آخر به همراه مدارهای ترانسدیوسر اندازه گیری متناسب می آید، به ردیف [1] کتاب نامه مراجعه شود)

۴-۷ جرم و شدت جریان جرمی

۱-۴-۷ اندازه گیری وزن

دستگاه های اندازه گیری وزن، باید قبل از انجام آزمون برای اطمینان از دقت لازم، مورد بررسی قرار گیرند.

۲-۴-۷ اندازه گیری حجمی

اندازه گیری های جریان حجمی باید با حجم سنج هایی^۴ انجام پذیرد که از قبل و احیاناً بعد از آزمون، واسنجی شده باشند. تنها حجم سنج های شاخص^۵ (مثل نوع بدون پروانه^۶) برای جریان پایین دست^۷ پمپ های رفت و برگشتی^۸، مجاز هستند. حجم یا چگالی مخصوص، باید حین آزمون، یکنواخت بماند. تعیین حجم باید بوسیله مخازنی صورت گیرد که از کپسول با مخزن واسنجی شده پُر شود و به دقت اندازه گیری^۹ شده و یا با ظروف آب با حجم مشخص آزمون شده باشند. در جاهایی که از مخازن حجمی استفاده می شود، حین آزمون، برای اختلاف دماهای آب، چگالی باید اصلاح شود و همچنین تصحیح واسنجی برای انبساط حرارتی مخزن نیز انجام پذیرد. (به طور مثال حجم یک مخزن فولادی وقتی تا دمای ۱۰۰°C گرم شود تقریباً تا ۰/۴٪ افزایش می یابد)

۳-۴-۷ اندازه گیری جریان

۱-۳-۴-۷ اندازه گیری جریان با اوریفیس ها و نازل ها

اندازه گیری جریان با اوریفیس ها و نازل ها باید مطابق با استاندارد EN ISO 5167-1 باشد. با توجه به اینکه قبل از آزمون پذیرش نمی توان برداشت ابعاد و اندازه گیری داشت، لذا اندازه گیری ابعاد و جریان باید قبل از عملیات جوشکاری، انجام شده و نتایج ثبت شود. تناقض ها^{۱۰} در جریان ورودی باید طبق استاندارد EN ISO 5167-1 بررسی شوند. در جایی که ترانسدیوسرهای نرخ جریان^{۱۱} استفاده می شوند، مشخصات کاری تحت شرایط آزمون باید قبل از انجام آزمون تعیین و یا نمودار واسنجی رسم شود.

1- Mercury-in-glass thermometers

2- Thermocouples

3- Resistance thermometers

4- Volumetric meters

5- Genuine

6- No vane-type meters

7- Down-stream

8- Reciprocating pumps

9- Metering

10- Inconsistencies

11- Flow rate transducers

۷-۳-۲ اندازه گیری جریان باپراب‌های^۱ سرعت

اندازه‌گیری جریان با استفاده از پراب‌های سرعت (لوله پیتوت^۲ یا باد سنج^۳) باید طبق استانداردهای ISO 1217, INSO 5389, ISO 6801 انجام شود.

۷-۴-۴ اندازه گیری جریان دوده

برای اندازه‌گیری جریان دوده^۴ در یک مقطع عرضی مشخص، روش مناسبی باید توافق شود. (به ردیف‌های [۲]، [۴] کتاب‌نامه مراجعه شود)

۷-۴-۵ تعیین چگالی

در صورت مشخص نبودن چگالی، مقدار آن باید از جداول مناسب (ردیف [۵] کتاب‌نامه) با استفاده از متغیرهایی چون فشار و دما، و ترکیب اجزا، استخراج شود و یا مقادیر از تامین کننده گاز اخذ شود.

۷-۵ ارزش حرارتی

۷-۵-۱ ارزش حرارتی سوخت

ارزش حرارتی ناخالص (GCV, H(G)) و خالص (NCV, H(N)) سوخت‌های مایع و جامد باید طبق استاندارد ISO 1928 مشخص شوند. GCV و NCV باید از طریق تجزیه گازهای شناخته شده و گازهای با ترکیب مشخص مطابق با استاندارد ISO 6976 معین شود.

۷-۵-۲ نمونه گیری سوخت‌ها^۵

نمونه‌های سوخت جامد باید طبق استاندارد ISO 1988 گرفته و آماده شوند. نمونه گیری سوخت‌های مایع و گاز باید مطابق استاندارد ISO 3170 انجام گیرد (به ردیف [۶] کتاب‌نامه مراجعه شود). نمونه‌های گرفته شده باید به نحو مناسبی گردید^۶، ترکیب اجزا و کیفیت سوخت مصرف شده حین انجام آزمون را بیان کند.

۷-۵-۳ ارزش حرارتی خالص و نمونه گیری کربن در خاکستر و دوده^۷

NCV کربن در خاکستر و یا دوده باید بوسیله ۶-۶-۲ و مطابق استاندارد ISO 1928 تعیین شود. طرفین انجام آزمون ممکن است بر یک روش ساده برای تعیین NCV از میزان کربن یا تلفات حین اشتعال توافق کنند. اگر تعیین NCV مورد توافق نباشد، مقادیر مشخص شده در بند ۴-۲ باید به عنوان NCV از کربن آلی کل^۸، استفاده شود.

-
- 1- Probe
 - 2- Pitot tubes
 - 3- Anemometers
 - 4- Flue dust flow
 - 5- Sampling of fuels
 - 6- Grade
 - 7- Flue dust
 - 8- Total organic carbon

۶-۷ ترکیب شیمیایی

۶-۷-۱ سوخت‌ها

در صورت لزوم، آنالیز نهایی سوخت‌های جامد و مایع باید طبق استانداردهای: استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۷۳۸: سال ۱۳۹۲، زغال سخت - تعیین رطوبت کل و ISO 609, ISO 625, ISO 334, ISO 157 انجام شود. (و همچنین به ردیف [۷] کتاب‌نامه مراجعه شود)، و در مورد سوخت‌های گازی به وسیله آنالیز گاز صورت پذیرد.

۶-۷-۲ دوده و خاکستر

در صورت تعیین راندمان با روش تلفات حرارت برای دیگ‌های با سوخت جامد، دوده و خاکستر برای میزان مواد قابل اشتعال باید آنالیز شوند، به طوری که روش تعیین راندمان، مورد توافق باشد.

۶-۷-۳ گاز حاصل از احتراق^۱

ترکیب گازهای حاصل از احتراق باید به وسیله تجهیزات^۲، به صورت منقطع و یا مداوم آنالیز شود که براساس مبانی شیمیایی، شیمی فیزیک و یا کاملاً فیزیکی عمل می‌کنند. این ابزار باید به نحوی طراحی شوند که پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری شده، با سطح اطمینان ۹۵٪ با موارد زیرمطابقت داشته باشد:

- دی اکسیدکربن: $\pm 0.2\%$ نقاط درصدی ثبت شده^۲،
- اکسیژن: $\pm 0.15\%$ نقاط درصدی ثبت شده،
- میزان حجمی منوکسیدکربن: $\pm 1\%$ از مقدار کلی بازه اندازه‌گیری به نحوی که کمتر از $\pm 0.1\%$ نقاط درصدی ثبت شده، نشود.

جایی که آنالیزکننده‌های گازی خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرند، تنظیمات حساسیت و صفر دستگاه که قبل از آزمون انجام شده است، باید پس از انجام آزمون نیز بررسی شوند.

حین اندازه‌گیری CO₂ با آنالیزکننده شیمیایی، این موضوع باید مد نظر باشد که میزان CO₂ و SO₂ متناسب با گاز خشک حاصل از احتراق^۳ اندازه‌گیری خواهد شد.

دمای محیط اطراف حسگر باید ثابت نگه داشته شود. در صورت استفاده از صفحات مانع تثبیت‌کننده دما^۴، مطابق زیربند ۶-۷ باید عمل شود.

وقتی که اندازه‌گیری‌های بدست آمده بوسیله لوله‌های با قطر بزرگ، مقادیر متغیری را در نقاط مختلف از همان مقطع عرضی در زمان آزمون مورد نظر نشان می‌دهد، باید بررسی شود که آیا چنین تفاوت‌هایی در ترکیب گاز حاصل از احتراق قابل قبول هست یا خیر. وگرنه مقادیر میانگین باید با استفاده از صفحات مانع، معین شوند. در انتها، مقطع عرضی باید به چند مساحت فرعی مساوی تقسیم شود و اطمینان حاصل شود که هیچگونه جریان عرضی و یا برگشتی در مقطع اندازه‌گیری وجود نداشته باشد. (به ردیف‌های [۲] و [۳] کتاب‌نامه مراجعه شود). معمولاً میانگین حسابی^۵ مقادیر اندازه‌گیری شده باید به عنوان میانگین ترکیب اجزاء منظور شود.

1- Flue gas
2- Percentage points
3- Dry flue gas
4- Traverses
5- Arithmetic average

۸ موازنه گرمایی و راندمان حرارتی

۱-۸ کلیات

محاسبات لازم برای تکمیل ارزیابی عملکرد حرارتی باید طبق معادله‌های داده شده در زیربندهای ۴-۸ تا ۷-۸ باشد.

معادله‌ها، محاسبات را بر اساس ارزش حرارتی ناخالص با زیرنویس G و خالص با زیرنویس N برای سوخت به دست می‌دهد؛ هر کدام از مقادیری که استفاده شده است، باید در گزارش آزمون هم عنوان شود.

یادآوری ۱- یک طرح کلی برای روش محاسبه از اندازه‌گیری‌های آزمون در شکل ۱-۶ آورده شده است.

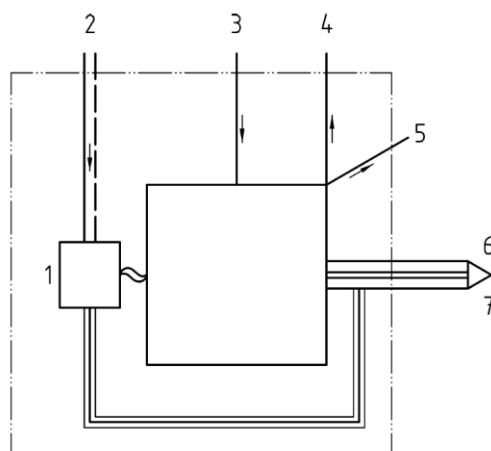
یادآوری ۲- اطلاعات مورد نیاز برای تکمیل محاسبات در گزارش آزمون کاملاً جزء به جزء آمده است، که شامل جدولی از محاسبه حرارتی است.

یادآوری ۳- اطلاعات بیشتر محاسبه نسبت جرم هوای احتراق به جرم سوخت یا جرم گاز حاصل از احتراق به جرم سوخت و همچنین گرمای ویژه، در پیوست الف به طور خلاصه آورده شده است.

در شرایط بهره برداری عادی، انرژی الکتریکی نباید لحاظ شود.

۲-۸ مرز بسته^۱

یک مرز بسته عادی باید شامل کل سیستم بخار-آب باشد، به شکل‌های ۱-۲-۸ و ۲-۲-۸ مراجعه شود، که مبنای معادله‌های ۳-۸ تا ۷-۸ را تشکیل می‌دهد.



راهنما:

۱ سوخت (h_F و $H_{(N/G)}$ و m_F).

۲ هوای احتراق (J_A).

۳ جریان ورودی آب داغ (Q_2).

۴ جریان خروجی آب داغ (Q_2).

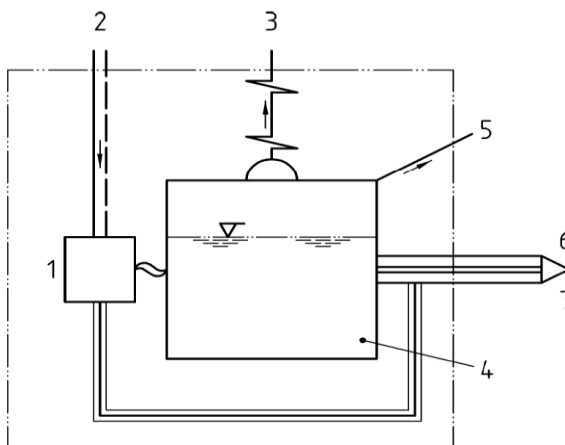
۵ اتلاف ناشی از تشعشع و همرفتی (Q_{RC}).

۶ اتلاف ناشی از گاز حاصل از احتراق ($Q_{(HN/G)G}$).

۷ اتلاف ناشی از آنتالپی و مواد نسوخته در خاکستر و دوده (Q_{SF}).

شکل ۱-۲-۸ دیگرام دیگ آب داغ با ورودی، تلفات و جریان‌های جرمی

1- Envelope boundary



راهنما:

- ۱ سوخت (h_F و $H_{(N/G)}$ و m_F)
- ۲ هوای احتراق (J_A)
- ۳ بخار تازه ($\dot{Q}_2$)
- ۴ جریان ورودی آب تغذیه ($\dot{m}_{FW}, h_{FW}$)
- ۵ اتلاف ناشی از تشعشع و همرفتی (Q_{RC})
- ۶ اتلاف ناشی از گاز حاصل از احتراق ($Q_{(N/G)G}$)
- ۷ اتلاف ناشی از آنتالپی و مواد نسوخته در خاکستر و دوده (Q_{SF})

شکل ۸-۲-۲- دیاگرام دیگ بخار با ورودی، تلفات و جریان‌های گرمی

۳-۸ دمای مرجع

برای آزمون پذیرش، دمای مرجع، t_r ، باید 25°C باشد. تصحیح ارزش حرارتی خالص و ناخالص الزامی نمی باشد.

۴-۸ توان ورودی

۱-۴-۸ کلیات

مشخصات و معادله‌های داده شده در زیربند ۲-۴-۸ باید در آزمون‌های پذیرشی به کار رود که فقط یک سوخت استفاده می شود. لذا این روش غیرمستقیم باید به کار برده شود.

۲-۴-۸ توان ورودی متناسب با سوخت مصرف شده^۱

توان ورودی متناسب با سوخت مصرف شده $Q_{(N/Z)Ztot}$ باید شامل حرارت حاصل از سوخت (حرارت شیمیایی)، و حرارت موجود در هوای احتراق، همانطور که در معادله‌های ۱-۴-۸ و ۲-۴-۸ بیان می شود، باشد:

$$\dot{Q}_{(N)Ztot} = \dot{m}_F \left[\frac{(H_{(N)} + h_F)}{(1 - l_u)} + J_A \right] \quad (1-4-8)$$

$$\dot{Q}_{(N)Ztot} = \dot{m}_F H_{(N)tot}$$

$$\dot{Q}_{(G)Ztot} = \dot{m}_F \left[\frac{(H_{(G)} + h_F)}{(1 - l_u)} + J_A \right] \quad (2-4-8)$$

1- Fuel burned

$$\dot{Q}_{(G)Ztot} = \dot{m}_F H_{(G)tot}$$

به طوری که :

$$\dot{m}_F = \text{شدت جریان جرمی سوخت}$$

$$H_{(N)} = \text{ارزش حرارتی خالص NCV سوخت در دمای مرجع } t_r$$

$$H_{(G)} = \text{ارزش حرارتی ناخالص GCV سوخت در دمای مرجع } t_r$$

$$h_F = \text{آنتالپی سوخت}$$

$$l_u = \text{نسبت جریان جرمی سوخت نسوخته}^1 \text{ به سوخت تامین شده}^2 \text{ (به بند ۸-۵-۵ مراجعه شود)}$$

$$J_A = \text{آنتالپی هوای احتراق}$$

آنتالپی سوخت h_F باید :

$$h_F = \bar{c}_F(t_F - t_r) \quad (۳-۴-۸)$$

که :

$$\bar{c}_F = \text{جمع انتگرالی گرمای ویژه}^۳ \text{ بین } t_r \text{ و } t_F$$

$$t_F = \text{دمای سوخت}$$

$$t_r = 25^\circ\text{C} , \text{ دمای مرجع}$$

نسبت بین جریان جرمی سوخت نسوخته به سوخت تامین شده باید :

$$l_u = \frac{\dot{m}_{Fv}}{\dot{m}_{Fo}} \quad (۴-۴-۸)$$

و آنتالپی هوای احتراق J_A باید برابر باشد با :

$$J_A = \mu_A \bar{c}_{pA}(t_A - t_r) \quad (۵-۴-۸)$$

که :

$$\mu_A = \text{نسبت جرم هوای احتراق به جرم سوخت}$$

$$t_A = \text{دمای هوا در مرز بسته}$$

$$\bar{c}_{pA} = \text{جمع انتگرالی گرمای ویژه بین } t_A , \text{ و } t_r \text{ هوا}$$

$$\dot{m}_{Fv} = \text{شدت جریان جرمی سوخت نسوخته}$$

$$\dot{m}_{Fo} = \text{شدت جریان جرمی سوخت}$$

۳-۴-۸ حرارت افزوده^۴

یعنی مقادیری از حرارت به جز حرارت شیمیایی، که باید صرف نظر شود (به زیربند ۸-۴-۲ مراجعه شود).

۵-۸ تلفات

۱-۵-۸ کلیات

برای محاسبه تلفات، باید بین تلفاتی که متناسب با جریان سوخت هستند و آنهایی که چه مستقیم و چه غیرمستقیم اندازه گیری می شوند، تمایز قائل شد.

-
- 1- Unburned fuel
 - 2- Supplied fuel
 - 3- Integral specific heat
 - 4- Heat Credits

۲-۵-۸ تلفات گاز حاصل از احتراق

تلفات گاز حاصل از احتراق $\dot{Q}_{(N/G)G}$ با استفاده از معادله‌های زیر باید محاسبه شوند :

$$\dot{Q}_{(N)G} = \dot{m}_F(J_{(N)G} - J_{(N)Gr}) = \dot{m}_F[\mu_{Gd}\bar{c}_{pGd}(t_G - t_r) + \mu_{H2O}\bar{c}_{pST}(t_G - t_r)] = \dot{m}_F\mu_G\bar{c}_{pG}(t_G - t_r) \quad (۱-۵-۸)$$

$$\dot{Q}_{(G)G} = \dot{m}_F(J_{(G)G} - J_{(G)Gr}) = \dot{m}_F[\mu_{Gd}\bar{c}_{pGd}(t_G - t_r) + \mu_{H2O}(h_{H2OG} - h_{H2OG} - h_{H2Or})] \quad (۲-۵-۸)$$

با :

$$\mu_{H2O} = \mu_{H2OF} + \mu_{Ad}x_{H2OAd} \quad \text{و} :$$

$$\mu_{H2OF} = \gamma_{H2O} + 8.937\gamma_H$$

که :

$$\dot{m}_F = \text{شدت جریان جرمی سوخت}$$

$$J_{(N)G} = \text{آنتالپی گاز حاصل از احتراق در دمای گاز حاصل از احتراق، } t_G \text{ ناشی از محاسبات } NCV$$

$$J_{(N)Gr} = \text{آنتالپی گاز حاصل از احتراق در دمای مرجع، } t_r \text{ ناشی از محاسبات } NCV$$

$$J_{(G)G} = \text{آنتالپی گاز حاصل از احتراق در دمای گاز حاصل از احتراق، } t_G \text{ ناشی از محاسبات } GCV$$

$$J_{(G)Gr} = \text{آنتالپی گاز حاصل از احتراق در دمای مرجع، } t_r \text{ ناشی از محاسبات } GCV$$

$$\mu_{Gd} = \text{نسبت جرم گاز خشک حاصل از احتراق به جرم سوخت}$$

$$\mu_G = \text{نسبت جرم گاز حاصل از احتراق به جرم سوخت}$$

$$\mu_{H2O} = \text{نسبت جرم آب موجود در گاز حاصل از احتراق به جرم سوخت}$$

$$\mu_{H2OF} = \text{نسبت جرم به‌دست آمده از سوخت (آب ذخیره شده و حاصل از احتراق) به جرم سوخت}$$

$$\mu_{Ad} = \text{نسبت جرم هوای احتراق به جرم سوخت}$$

$$x_{H2OAd} = \text{میزان رطوبت هوای مرطوب بر اساس جرم هوای خشک}$$

$$[m_A = m_{AD} + m_{H2O} ; x_{H2OAd} = \frac{m_{H2O}}{m_{AD}}] \quad \text{in } kg/kg \quad (۳-۵-۸)$$

$$\gamma_{H2O} = \text{جرم } H_2O \text{ در سوخت به وسیله جرم سوخت}$$

$$\gamma_H = \text{جرم } H \text{ در سوخت بوسیله جرم سوخت}$$

$$\bar{c}_{pG} = \text{جمع انتگرالی گرمای ویژه بین } t_G \text{ و } t_r \text{ گاز حاصل از احتراق}$$

$$\bar{c}_{pGd} = \text{جمع انتگرالی گرمای ویژه بین } t_G \text{ و } t_r \text{ گاز خشک حاصل از احتراق}$$

$$\bar{c}_{pST} = \text{جمع انتگرالی گرمای ویژه بین } t_G \text{ و } t_r \text{ رطوبت اشباع حاصل از احتراق}$$

$$t_G = \text{دمای گاز حاصل از احتراق}$$

$$t_r = \text{دمای مرجع}$$

$$h_{H2OG} = \text{آنتالپی بخار یا آب در } p_G \approx 1bar \text{ و دمای بخار حاصل از احتراق } t_G$$

$$h_{H2Or} = \text{آنتالپی آب در } p_r \approx 1bar \text{ و دمای مرجع } t_r$$

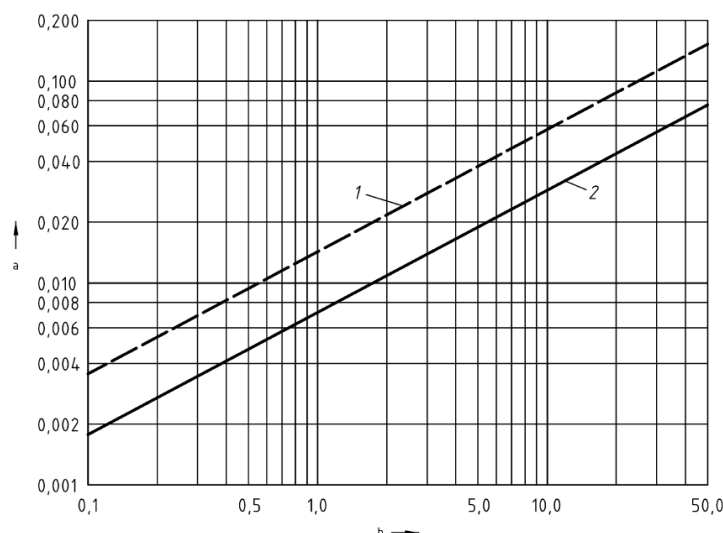
۳-۵-۸ تلفات ناشی از CO نسوخته

تحت شرایط عادی از اتلاف حاصل از CO باید صرف نظر شود.

۴-۵-۸ تلفات تابشی و همرفتی

به دلیل اینکه در حالت عادی اندازه‌گیری تلفات حرارتی ناشی از تابش و همرفتی ممکن نیست لذا باید از مقادیر تجربی استفاده شود.

اتلاف حرارتی همرفتی و تشعشع، Q_{RC} ، برحسب MW، برای دیگ‌های بخار رایج باید مطابق با معادله (۴-۵-۸) و شکل ۱-۵-۸ باشد.



راهنما:

۱ دیگ‌های با سوخت جامد

۲ دیگ‌های با سوخت گاز طبیعی و سوخت مایع

$$\frac{Q_{RC}^a}{Q_E^b}$$

شکل ۸-۵-۱- تلفات تابشی و همرفتی

نمودار شکل ۸-۵-۱ بر اساس معادله زیر می باشد:

$$\dot{Q}_{RC} = C \dot{Q}_E^{0.6} \quad (۴-۵-۸)$$

که:

C = برای دیگ‌های با سوخت مایع^۱ و گاز طبیعی^۲ برابر ۰.۰۰۷۲ و برای دیگ‌های با سوخت جامد برابر ۰.۰۱۴۴

$\dot{Q}_E$ = توان خروجی مفید^۳ بر حسب MW

۸-۵-۵ تلفات ناشی از آنتالپی و سوخت نسوخته در خاکستر و دوده حاصل از احتراق

برای سیستم‌هایی که با سوخت جامد می سوزند، اتلاف ناشی از آنتالپی و مواد سوختنی خام در خاکستر $\dot{Q}_{Ash}$ و در دوده حاصل از احتراق $\dot{Q}_{FA}$ باید لحاظ شوند.

در جایی که جریان‌های گرمی خاکستر و دوده حاصل از احتراق اندازه‌گیری می‌شود، تلفات $\dot{Q}_{SF}$ باید برابر باشند با:

$$\dot{Q}_{Ash} = \dot{m}_{Ash} u_{Ash} H_{(N)u} = \dot{m}_{Ash} h_{Ash} \quad (۵-۵-۸)$$

$$\dot{Q}_{FA} = \dot{m}_{FA} u_{FA} H_{(N)u} = \dot{m}_{FA} h_{FA} \quad (۶-۵-۸)$$

$$\dot{Q}_{SF} = \dot{Q}_{Ash} + \dot{Q}_{FA} \quad (۷-۵-۸)$$

و نسبت جریان گرمی مواد سوختنی نسوخته به جریان جرم سوخت تامین شده l_u باید به شکل زیر باشد:

$$l_u = \frac{\gamma_{Ash}(1-v)(\dot{m}_{Ash} u_{Ash} + \dot{m}_{Ash} + \dot{m}_{FA} u_{FA})}{(1-\gamma_{Ash}-\gamma_{H_2O})(\dot{m}_{Ash}(1-u_{Ash}) + \dot{m}_{FA}(1-u_{FA}))}$$

1- Fuel oil

2- Natural gas

3- Rated useful heat output

که:

$$\dot{m}_{Ash} = \text{جریان جرمی خاکستر}$$

$$\dot{m}_{FA} = \text{جریان جرمی گاز حاصل از احتراق}$$

$$u_{Ash} = \text{میزان مواد سوختنی خام خاکستر}$$

$$u_{FA} = \text{میزان مواد سوختنیِ نسوخته گاز حاصل از احتراق}$$

$$H_{(N)u} = \text{ارزش حرارتی خالص NCV مواد سوختنیِ نسوخته}$$

$$\gamma_{Ash} = \text{میزان خاکستر سوخت}$$

$$\gamma_{H_2O} = \text{میزان رطوبت سوخت}$$

$$V = \text{میزان مواد فرار خاکستر}$$

در مقابل تعریف خاکستر، عبارت V معرفی می شود تا این حقیقت بیان شود که مقادیر بیشتر خاکستر که با نشان e شناخته شد، در دماهای بیشتر کوره تبخیر می شود.

تاکنون مشخص نشده است که تا چه درجه‌ای V تابعی از گرید سوخت^۱ و نوع سیستم اشتعال است. برای آزمون پذیرش پیشنهاد شده که مقدار ۵ درصد برای مشعل و سیستم‌های اشتعال باید فرض شود. در جایی که نتایج اندازه‌گیری‌های ویژه در دسترس هستند، چنین اطلاعاتی در هنگام بستن قرارداد باید شناخته و در شرایط ضمانت جاری شوند.

۶-۸ تعیین راندمان با روش غیرمستقیم

۱-۶-۸ کمیت‌های تعیین شده

برای تعیین راندمان به روش غیرمستقیم، عموماً کمیت‌های زیر باید مشخص شوند:

الف- میزان مواد سوختنی، ارزش حرارتی خالص NCV و ناخالص GCV ، میزان خاکستر و رطوبت، و آنالیز نهایی سوخت،

ب- میزان O_2 یا CO_2 و CO گاز حاصل از احتراق،

پ- دمای گاز دودکش،

ت- دمای سوخت و هوای احتراق،

ث- میزان رطوبت هوای احتراق،

ج- دمای هوای محیط، دمای داخل اتاقک دیگ و فشار بارومتری،

چ- دما و جریان جرمی خاکستر تخلیه شده،

ح- سوخت نسوخته یا میزان کربن خاکستر یا ارزش حرارتی خالص و ناخالص خاکستر.

آنالیز^۲ نهایی در شرایطی که سوخت گازی استفاده می‌شود، باید مشخص شود. درجایی که هوای احتراق و میزان گاز حاصل از احتراق به طور آماری نمی‌تواند تعیین شود. در مورد سوخت‌های جامد، سوخت مایع و گاز طبیعی، صرفاً چنین داده‌های تحلیلی مورد نیاز خواهند بود.

علاوه بر کمیت‌های ذکر شده بالا تمامی پارامترها، که شرایط حالت پایدار را مستند می‌کند، (مانند فشار بخار، دمای آب) باید اندازه‌گیری شود.

1- Fuel grade

2- Analysis

۸-۶-۲ محاسبه راندمان

برای تعیین راندمان، گرمای ویژه به شکل زیر بیان می شود :

الف - l_G اتلاف ناشی از گاز حاصل از احتراق

$$l_{(N)G} = \frac{\dot{Q}_{(N)G}}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} \quad (۱-۶-۸)$$

$$l_{(G)G} = \frac{\dot{Q}_{(G)G}}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} \quad (۲-۶-۸)$$

ب - l_{RC} تلفات تابشی و همرفتی

$$l_{(N)RC} = \frac{\dot{Q}_{RC}}{\dot{Q}_{(N)Ztot}} = \frac{\dot{Q}_{RC}}{\dot{Q}_N} \eta_{(N)b} \quad (۳-۶-۸)$$

$$l_{(G)RC} = \frac{\dot{Q}_{RC}}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} = \frac{\dot{Q}_{RC}}{\dot{Q}_N} \eta_{(G)b} \quad (۴-۶-۸)$$

پ - l_{SF} تلفات ناشی از آنتالپی و سوخت نسوخته در خاکستر و دوده حاصل از احتراق برای سوخت‌های جامد

$$l_{(N)SF} = \frac{\dot{Q}_{Ash} + \dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_{(N)Ztot}} \quad (۵-۶-۸)$$

$$l_{(G)SF} = \frac{\dot{Q}_{Ash} + \dot{Q}_{FA}}{\dot{Q}_{(G)Ztot}} \quad (۶-۶-۸)$$

از اینرو راندمان می تواند به شرح زیر محاسبه شود :

$$\eta_{(N)b} = 1 - l_{(N)G} - l_{(N)RC} - l_{(N)SF} \quad (۷-۶-۸)$$

$$\eta_{(G)b} = 1 - l_{(G)G} - l_{(G)RC} - l_{(G)SF} \quad (۸-۶-۸)$$

۸-۷ توان خروجی مفید

توان خروجی مفید $\dot{Q}_E$ ، باید کل گرمایی باشد که در دیگ‌های بخار به آب و یا بخار منتقل می‌شود.

$$\dot{Q}_E = \eta_{(N)b} \dot{Q}_{(N)Ztot} \quad (۱-۷-۸)$$

$$\dot{Q}_E = \eta_{(G)b} \dot{Q}_{(G)Ztot} \quad (۲-۷-۸)$$

$$\dot{m}_{ST} = \frac{\dot{Q}_N}{(h_{ST} - h_{FW})} \quad (۳-۷-۸)$$

که :

$$\dot{m}_{ST} = \text{جریان جرمی بخار تازه}$$

$$h_{ST} = \text{آنتالپی بخار تازه}$$

$$h_{FW} = \text{آنتالپی آب تغذیه}$$

۹ درستی

علیرغم اینکه خطاها ریزبینانه ارزیابی شده است، ممکن است فرض شود که راندمان حرارتی محاسبه شده دیگ طبق این استاندارد با انحراف محدود $\pm 0.5\%$ نقاط درصدی می‌باشد.

پیوست الف (آگاهی دهنده)

محاسبه نسبت جرم هوای احتراق به جرم سوخت یا جرم گاز حاصل از احتراق به جرم سوخت و همچنین گرمای ویژه

الف-۱- نسبت جرم هوای احتراق به جرم سوخت یا جرم گاز حاصل از احتراق به جرم سوخت
نسبت جرم هوای احتراق به جرم سوخت یا جرم گاز حاصل از احتراق به جرم سوخت (به اختصار، میزان هوای احتراق و میزان گاز حاصل از احتراق) یا بر اساس آنالیز نهایی محاسبه شده است (به معادله الف-۱-۲ مراجعه شود) و یا بوسیله روش‌های آماری (به معادله الف-۱-۳ مراجعه شود). اعلام عدم قطعیت در اندازه‌گیری ضروری است، قبل از هرچیز، مقادیر استوکیومتری زیر مشخص شوند :

μ_{Aod} = میزان هوای احتراق (برپایه خشک) (بر حسب kg/kg)

μ_{God} = میزان گاز حاصل از احتراق (برپایه خشک) (بر حسب kg/kg)

V_{God} = حجم گاز حاصل از احتراق (شرایط STP) (بر پایه خشک) (بر حسب m^3/kg)

μ_{CO2Go} = میزان دی اکسید کربن (بر حسب kg/kg)

μ_{H2OGF} = میزان آب موجود در بخار (بر حسب kg/kg)

مورد زیر نیز باید معلوم باشد :

x_{H2OAd} = (به زیربند ۸-۵-۲ مراجعه شود)

که از این، معادله‌های زیر بر می‌آید :

$$V_{CO2o} = \mu_{CO2o} / \rho_{nCO2} \quad (\text{الف-۱-۱})$$

$$\hat{\gamma}_{CO2d} = V_{CO2o} / V_{God} \quad (\text{الف-۱-۲})$$

$$\mu_{Ad} = \mu_{Aod} + \rho_{nAD} V_{God} \frac{\hat{\gamma}_{CO2d} - \gamma_{CO2AD}}{\gamma_{CO2d} - \gamma_{CO2AD}} = \mu_{Aod} + \rho_{nAD} V_{God} \frac{\hat{\gamma}_{O2d}}{\gamma_{O2AD} - \gamma_{O2d}} \quad (\text{الف-۱-۳})$$

$$V_{Gd} = V_{God} + V_{God} \frac{\hat{\gamma}_{CO2d} - \gamma_{CO2Ad}}{\gamma_{CO2d} - \gamma_{CO2Ad}} = V_{God} \frac{\hat{\gamma}_{CO2d} - \gamma_{CO2Ad}}{\gamma_{CO2d} - \gamma_{CO2Ad}} = V_{God} + V_{God} \frac{\gamma_{O2d}}{\gamma_{O2Ad} - \gamma_{O2d}} =$$

$$V_{God} \frac{\gamma_{O2Ad}}{\gamma_{O2Ad} - \gamma_{O2d}} \quad (\text{الف-۱-۴})$$

$$\mu_{CO2} = \mu_{CO2o} + \rho_{nAD} V_{God} \frac{\hat{\gamma}_{CO2d} - \gamma_{CO2Ad}}{\gamma_{CO2d} - \gamma_{CO2Ad}} x_{CO2Ad} = \mu_{CO2o} + \rho_{nAD} V_{God} \frac{\gamma_{O2d}}{\gamma_{O2Ad} - \gamma_{O2d}} x_{CO2Ad} \quad (\text{الف-۱-۵})$$

$$\mu_{H2O} = \mu_{H2OF} + \mu_{Ad} x_{H2OAd} \quad (\text{الف-۱-۶})$$

$$\mu_A = \mu_{AD} (1 + x_{H2OAd}) \quad (\text{الف-۱-۷})$$

$$\mu_G = \mu_A + 1 - \gamma_{Ash} (1 - v) \quad (\text{الف-۱-۸})$$

$$x_{CO2} = \mu_{CO2} / \mu_G \quad (\text{الف-۱-۹})$$

$$x_{H2O} = \mu_{H2O} / \mu_G \quad (\text{الف-۱-۱۰})$$

$$\bar{c}_{pG} = f(x_{H2O}, c_{CO2}, t) \quad (\text{الف-۱-۱۱})$$

$$\begin{aligned} \gamma_{CO2Ad} &= \text{میزان دی اکسید کربن هوای خشک } 0.00033 \text{ m}^3/\text{m}^3 \\ \gamma_{O2AD} &= \text{میزان اکسیژن هوای خشک } 0.20938 \text{ m}^3/\text{m}^3 \\ \rho_{nCO2} &= \text{چگالی دی اکسید کربن در شرایط استاندارد } 1.9770 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_{nAD} &= \text{چگالی هوای خشک در شرایط استاندارد } 1.2930 \text{ kg/m}^3 \\ x_{CO2Ad} &= \text{میزان دی اکسید کربن هوای خشک } 0.000505 \text{ kg/kg} \\ &\text{یادآوری - طبق استاندارد [8] DIN 1871} \end{aligned}$$

الف-۲- تجزیه و تحلیل نهایی

الف-۲-۱- سوخت‌های جامد و سوخت مایع

ترکیب سوخت‌های جامد و مایع با جزئیات زیر بیان می شود (برحسب kg/kg):

$$\gamma_C = \text{میزان کربن}$$

$$\gamma_H = \text{میزان هیدروژن}$$

$$\gamma_S = \text{میزان گوگرد}$$

$$\gamma_O = \text{میزان اکسیژن}$$

$$\gamma_N = \text{میزان نیتروژن}$$

$$\gamma_{H2O} = \text{میزان آب}$$

$$\gamma_{Ash} = \text{میزان خاکستر}$$

که مجموع اجزاء تشکیل دهنده برابر است با یک، یعنی:

$$\sum \gamma_i = 1 \quad (\text{الف-۲-۱})$$

برای سوخت‌های مایع در بیشتر موارد معادله $\gamma_C + \gamma_H = \gamma_{CH}$ شناخته شده است. برای دستیابی به محاسبات نهایی مقادیر زیر استفاده می شوند:

$$\gamma_C = 0.86 \gamma_{CH}$$

$$\gamma_H = 0.14 \gamma_{CH}$$

اگر معادله $\gamma_C + \gamma_H = \gamma_{CH}$ برای سوخت‌های جامد نیز داده شود مقادیر زیر به کار برده می شوند:

$$\gamma_H = 0.015(1 - \gamma_{Ash} - \gamma_{H2O}) \quad (\text{الف-۲-۲})$$

$$\gamma_C = \gamma_{CH} - \gamma_H$$

مقادیر زیر محاسبه می شوند:

$$\mu_{Aod} = 11.5122\gamma_C + 34.297\gamma_H + 4.3129\gamma_S + 4.3212\gamma_O \quad (\text{الف-۲-۳})$$

$$\mu_{God} = 12.5122\gamma_C + 26.3604\gamma_H + 5.3129\gamma_S + 4.3212\gamma_O + 1.0\gamma_N \quad (\text{الف-۲-۴})$$

$$V_{God} = 8.8930\gamma_C + 20.9724\gamma_H + 3.3190\gamma_S + 2.6424\gamma_O + 0.7997\gamma_N \quad (\text{الف-۲-۵})$$

$$\mu_{CO2o} = 3.6699\gamma_C + 0.0173\gamma_H + 0.0022\gamma_S + 0.0022\gamma_O \quad (\text{الف-۲-۶})$$

$$\mu_{H2Ofuell} = 8.9370\gamma_H + 1.0\gamma_{H2O} \quad (\text{الف-۲-۷})$$

الف-۲-۲- سوخت‌های گازی

ارزش حرارتی با آزمون و یا تجزیه سوخت گازی معین می شود. خواص سوخت‌های گازی در جدول الف-۲-۱ داده شده است.

جدول الف-۲-۱- خواص سوخت‌های گازی

NCV $H(N)$ MJ/kg	GCV $H(G)$ MJ/kg	NCV $H(N)n$ MJ/m ³	GCV $H(G)n$ MJ/m ³	ثابت گاز R kJ/kg/K	چگالی ρ_n kg/m ³	حجم مولی V_{mn} m ³ /kmol	جرم مولی M kg/kmol	نوع گاز	
								توضیحات	اجزاء
10,103	10,103	12,633	12,633	0,296 65	1,250 5	22,400	28,010 4	میزان منوکسید کربن	yCO
119,971	141,800	10,783	12,745	4,127 23	0,089 98	22,428	2,015 8	میزان هیدروژن	yH_2
50,013	55,499	36,883	39,819	0,517 03	0,717 5	22,360	16,042 8	میزان متان	yCH_4
47,147	50,284	59,458	63,414	0,294 14	1,261 1	22,245	28,053 6	میزان اِتن	yC_2H_4
47,486	51,876	64,345	70,293	0,273 76	1,355 0	22,191	30,069 3	میزان اتان	yC_2H_6
45,781	48,918	87,575	93,575	0,193 92	1,912 9	21,998	42,080 4	میزان پروپن	yC_3H_6
46,354	50,346	93,215	101,242	0,184 46	2,011 0	21,928	44,096 2	میزان پروپان	yC_3H_8
45,715	49,500	123,809	134,061	0,136 97	2,708 3	21,461	58,123 0	میزان بوتان	yC_4H_{10}
0,000	0,000	0,000	0,000	0,296 66	1,250 4	22,403	28,013 4	میزان نیتروژن	yN_2
0,000	0,000	0,000	0,000	0,187 63	1,977 0	22,261	44,009 8	میزان دی اکسید کربن	yCO_2
0,000	0,000	0,000	0,000	0,259 68	1,429 0	22,392	31,998 8	میزان اکسیژن	yO_2
15,209	16,500	23,353	25,336	0,241 68	1,535 5	22,192	34,076 0	میزان سولفید هیدروژن	yH_2S
یادآوری- براساس چگالی در شرایط استاندارد (به ردیف‌های [9] , [8] کتاب‌نامه مراجعه شود)									

اگر $C_m H_n$ مجموع هیدروکربن‌های بالاتری برای یک نوع خاص سوخت گازی است، مقادیر مربوط به پروپن (C_3H_6) در محاسبات وارد می شود.

طبق معادله زیر مجموع اجزا برابر یک می باشد یعنی :

$$\sum y_i = 1 \quad (\text{الف-۲-۸})$$

چگالی سوخت گازی در شرایط استاندارد به صورت زیر بیان می شود (برحسب kg/m^3) :

$$\rho_n = \sum y_i \rho_{ni} \quad (\text{الف-۲-۹})$$

نسبت‌های جرمی به ترتیب زیر محاسبه می شوند :

$$x_i = y_i \rho_{ni} / \rho_n \quad (\text{الف-۲-۱۰})$$

ارزش حرارتی نیز برابر است با :

$$H_{(G)n} = \sum H_{(G)ni} y_i \quad (\text{الف-۲-۱۱})$$

$$H_{(N)n} = \sum H_{(N)ni} y_i \quad (\text{الف-۲-۱۲})$$

$$H_{(G)} = \sum H_{(G)i} x_i \quad (\text{الف-۲-۱۳})$$

$$H_{(N)} = \sum H_{(N)i} x_i \quad (\text{الف-۲-۱۴})$$

جدول الف-۲-۲- میزان گاز حاصل از احتراق و هوای احتراق، حجم گاز حاصل از احتراق، میزان بخار آب و CO₂

سوخت گازی

	μ_{Aod} kg/kg	μ_{God} kg/kg	V_{God} m ³ /kg	μ_{CO2o} kg/kg	μ_{H2OF} kg/kg
CO	2,46825	3,46825	2,30404	1,57244	—
H ₂	34,29736	26,36036	20,97240	0,01731	8,93700
CH ₄	17,23826	15,99234	11,92859	2,75201	2,24592
C ₂ H ₄	14,78668	14,50234	10,62890	3,14501	1,28434
C ₂ H ₆	16,09464	15,29728	11,32231	2,93534	1,79736
C ₃ H ₈	15,67859	15,04442	11,10174	3,00203	1,63417
C ₄ H ₁₀	15,46334	14,91360	10,98763	3,03654	1,54975
C ₃ H ₆	14,78668	14,50234	10,62890	3,14501	1,28434
H ₂ S	6,08668	6,55801	4,36332	0,00307	0,52868
O ₂	-4,32120	-3,32120	-2,64236	-0,00218	—
N ₂	—	1,00000	0,79972	—	—
CO ₂	—	1,00000	0,50582	1,00000	—

تبدیل NCV به GCV مطابق با معادله‌های زیر می باشد :

$$H_{(N)} = H_{(N)n} \rho_n \quad (\text{الف-۲-۱۵})$$

$$H_{(G)} = H_{(N)} + \mu_{H2OF} L_r \quad (\text{الف-۲-۱۶})$$

$$H_{(N)n} [MJ/m^3] = H_{(N)n} [kWh/m^3] 3.6 \quad (\text{الف-۲-۱۶})$$

که :

$H_{(N)n}$ برابر است با NCV برحسب MJ/m^3 یا kJ/m^3 . که $(MJ/m^3 = 3.6[kWh/m^3])$

$H_{(N)}$ برابر است با NCV برحسب MJ/kg یا kJ/kg .

$H_{(G)n}$ برابر است با GCV برحسب MJ/m^3 یا kJ/m^3 .

$H_{(G)}$ برابر است با GCV برحسب MJ/kg یا kJ/kg .

L_r برابر است با گرمای نهان ویژه برحسب kJ/kg دردمای $25^\circ C$. $L_r = 2442.5 kJ/kg$

$$\mu_{Aod} = \sum \mu_{Aodi} x_i \quad (\text{الف-۲-۱۸})$$

$$\mu_{God} = \sum \mu_{Godi} x_i \quad (\text{الف-۲-۱۹})$$

$$V_{God} = \sum V_{Godi} x_i \quad (\text{الف-۲-۲۰})$$

$$\mu_{CO2o} = \sum \mu_{CO2oi} x_i \quad (\text{الف-۲-۲۱})$$

$$\mu_{H2OF} = \sum \mu_{H2OFi} x_i \quad (\text{الف-۲-۲۲})$$

مقادیر این پارامترها در جدول الف-۲-۲ آمده است.

الف-۳- تجزیه و تحلیل آماری^۱

محاسبه احتراق آماری برپایه وابستگی تجربی نسبت‌های جریان جرمی به ارزش حرارتی است. در این متن، ارزیابی با نمونه‌های سوختی از کشورهای مختلف در سراسر دنیا یک رابطه کاربردی معمول^۲ نمایش داده می‌شود. به خاطر اینکه تعداد زیادی از اندازه‌گیری‌های غیر وابسته استفاده شد و تعادل‌های جرمی به درستی اجرا شد، نتیجه از درجه بالایی از دقت برخوردار است. تحقیق، شامل نمونه‌هایی با میزان خاکستر تا ۳۰ درصد می‌شود.

یادآوری- سوخت‌های جامد نیازمند ملاحظه ویژه ای هستند.

الف- سوخت مایع

$H_{(N)} = NCV$	$[MJ/kg]$	
$H_{(G)} = GCV$	$[MJ/kg]$	
$\mu_{Aod} = 0.43973 + 0.32426H_{(N)}$		(الف-۳-۱)
$\mu_{Aod} = 1.78457 + 0.27471H_{(G)}$		(الف-۳-۲)
$\mu_{God} = 3.44402 + 0.25041H_{(N)}$		(الف-۳-۳)
$\mu_{God} = 4.48259 + 0.21215H_{(G)}$		(الف-۳-۴)
$V_{God} = 1.76435 + 0.20060H_{(N)}$		(الف-۳-۵)
$V_{God} = 2.59630 + 0.16994H_{(G)}$		(الف-۳-۶)
$\mu_{CO20} = 2.50314 + 0.01510H_{(N)}$		(الف-۳-۷)
$\mu_{CO20} = 2.56579 + 0.01280H_{(G)}$		(الف-۳-۸)
$\mu_{H2OF} = 2.00428 + 0.07384H_{(N)}$		(الف-۳-۹)
$\mu_{H2OF} = 1.69803 + 0.06256H_{(G)}$		(الف-۳-۱۰)

ب- گاز طبیعی

$H_{(N)} = NCV$	$[MJ/kg]$	
$H_{(G)} = GCV$	$[MJ/kg]$	
$\mu_{Aod} = -0.06303 + 0.34516H_{(N)}$		(الف-۳-۱۱)
$\mu_{Aod} = 0.00389 + 0.31073H_{(G)}$		(الف-۳-۱۲)
$\mu_{God} = 1.01490 + 0.29979H_{(N)}$		(الف-۳-۱۳)
$\mu_{God} = 1.06627 + 0.26988H_{(G)}$		(الف-۳-۱۴)
$V_{God} = 0.64972 + 0.22553H_{(N)}$		(الف-۳-۱۵)
$V_{God} = 0.68836 + 0.20304H_{(G)}$		(الف-۳-۱۶)
$\mu_{CO20} = 0.55157 + 0.04482H_{(N)}$		(الف-۳-۱۷)
$\mu_{CO20} = 0.55925 + 0.04035H_{(G)}$		(الف-۳-۱۸)
$\mu_{H2OF} = 0.07793 + 0.04537H_{(N)}$		(الف-۳-۱۹)
$\mu_{H2OF} = 0.07016 + 0.04084H_{(G)}$		(الف-۳-۲۰)

1- Statistical analysis

2- Common functional coherence

الف-۴- گرمای ویژه گاز حاصل از احتراق و هوای احتراق

گرمای ویژه گاز حاصل از احتراق و هوای احتراق نشان داده شده در شکل الف-۴-۱ به صورت زیر محاسبه می شود :

$$\bar{c}_{pG0} = \bar{c}_{pAd0} + P_{1m}x_{H2O} + P_{2m}x_{CO2} \quad (\text{الف-۴-۱})$$

$$\bar{c}_{pA0} = \bar{c}_{pAd0} + P_{1m}x_{H2OA} \quad (\text{الف-۴-۲})$$

$$\bar{c}_{pGd0} = \bar{c}_{pAd0} + P_{2m}x_{CO2} \quad (\text{الف-۴-۳})$$

$$\bar{c}_{pAd0} = a + \frac{b}{2}t + \frac{c}{3}t^2 + \frac{d}{4}t^3 + \frac{e}{5}t^4 + \frac{f}{6}t^5 \quad (\text{الف-۴-۴})$$

$$P_{1m} = a1 + \frac{b1}{2}t + \frac{c1}{3}t^2 + \frac{d1}{4}t^3 + \frac{e1}{5}t^4 \quad (\text{الف-۴-۵})$$

$$P_{2m} = a2 + \frac{b2}{2}t + \frac{c2}{3}t^2 + \frac{d2}{4}t^3 + \frac{e2}{5}t^4 \quad (\text{الف-۴-۶})$$

که :

$\bar{c}_{pG0}$ = جمع انتگرالی گرمای ویژه گاز حاصل از احتراق ، $0^\circ\text{C} \sim t^\circ\text{C}$ ، برحسب $[kJ/kgK]$

$\bar{c}_{pAd0}$ = جمع انتگرالی گرمای ویژه هوای خشک، $0^\circ\text{C} \sim t^\circ\text{C}$ ، برحسب $[kJ/kgK]$

$\bar{c}_{pA0}$ = جمع انتگرالی گرمای ویژه هوای مرطوب، $0^\circ\text{C} \sim t^\circ\text{C}$ ، برحسب $[kJ/kgK]$

$\bar{c}_{pGd0}$ = جمع انتگرالی گرمای ویژه گاز حاصل از احتراق خشک، $0^\circ\text{C} \sim t^\circ\text{C}$ ، برحسب $[kJ/kgK]$

$x_{H2OA} = x_{H2OAd}/(1 + x_{H2OAd})$ و $[kg/kg]$ برحسب

ضرایب چند جمله ای طبق جدول الف-۴-۱ و شکل الف-۴-۱ بوده و با بازه‌های زیر معتبر هستند :

$$0 < x_{H2OA} < 0.3$$

$$0 < x_{CO2} < 0.25$$

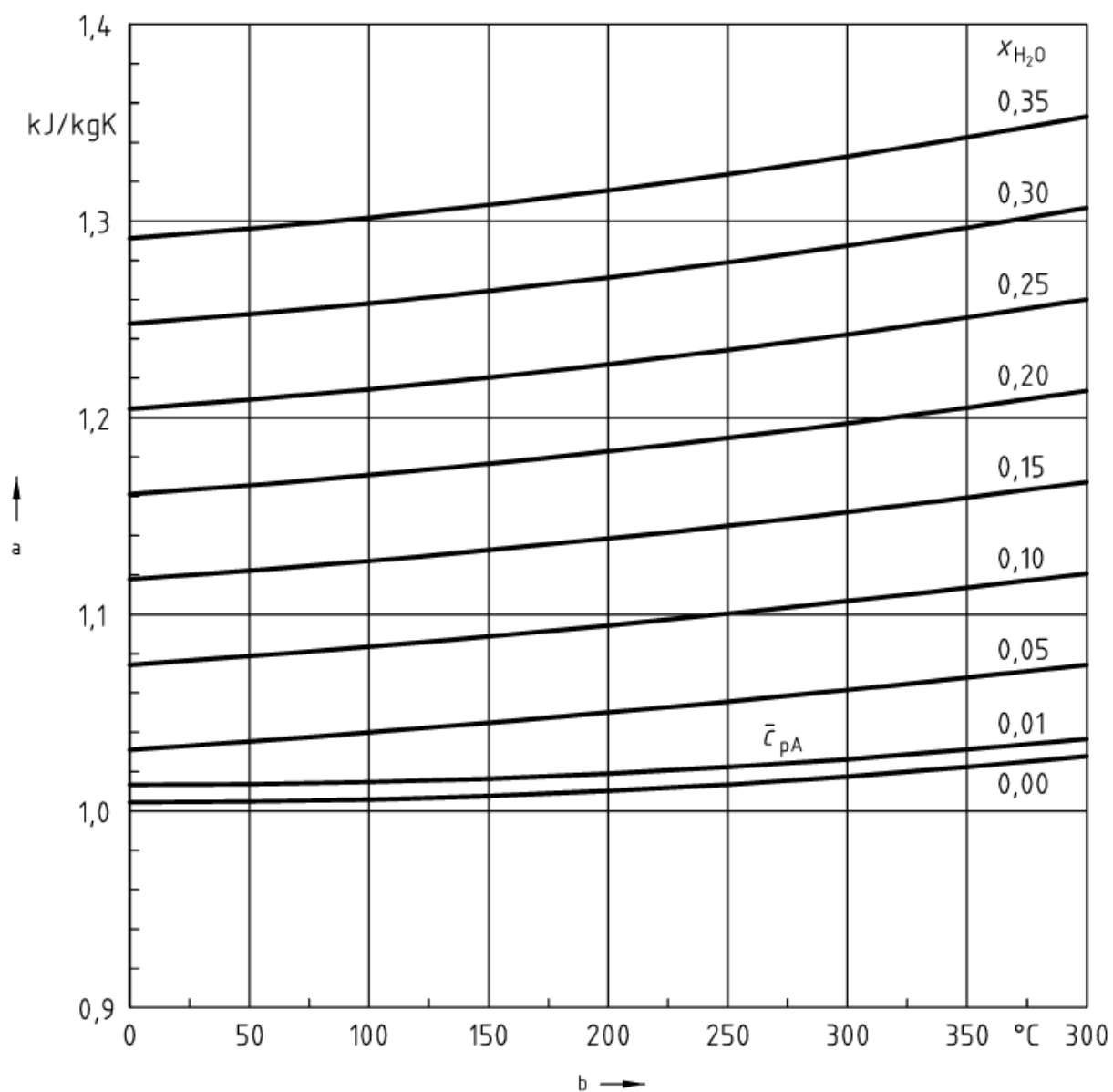
$$0^\circ\text{C} < t < 1200^\circ\text{C}$$

جمع انتگرالی گرمای ویژه بین دماهای t_1 و t_2 با معادله زیر داده می‌شود :

$$\bar{c}_p = \frac{\bar{c}_{p0}(t_1)t_1 - \bar{c}_{p0}(t_2)t_2}{t_1 - t_2} \quad (\text{الف-۴-۷})$$

جدول الف-۴-۱ - ضرایب چندجمله ای برای تعیین مقادیر جمع انتگرالی ارزش حرارتی ویژه

coefficients (A—43)		coefficients (A—44)		coefficients (A—45)	
a	0,100 417 3 E + 01	a_1	0,855 453 5	a_2	- 0,100 231 1
b	0,191 921 0 E - 04	b_1	0,203 600 5 E - 03	b_2	0,766 186 4 E - 03
c	0,588 348 3 E - 06	c_1	0,458 308 2 E - 06	c_2	- 0,925 962 2 E - 06
d	- 0,701 118 4 E - 09	d_1	- 0,279 808 0 E - 09	d_2	0,529 349 6 E - 09
e	0,330 952 5 E - 12	e_1	0,563 441 3 E - 13	e_2	- 0,109 357 3 E - 12
f	- 0,567 387 6 E - 16				



راهنما :

a جمع انتگرالی گرمای ویژه گاز حاصل از احتراق ، $\bar{c}_{pG}$ و جمع انتگرالی گرمای ویژه هوای احتراق $\bar{c}_{pA}$
 b دما t

شکل الف-۴-۱- جمع انتگرالی گرمای ویژه گاز حاصل از احتراق و هوای احتراق به عنوان تابعی از دما

پیوست ب

(الزامی)

دیگ‌هایی که با گرمای اتلافی کار می‌کنند

ب-۱ کلیات

این پیوست کاربرد دیگ‌های با گرمای اتلافی^۱ را پوشش می‌دهد که گرمای مورد نیاز، از گازهای هدر رفته که از میان دیگ عبور می‌کنند حاصل می‌شود. گازهای عبور کننده از داخل دیگ ممکن است از منابع مختلفی مانند توربین‌های گازی، موتورهای رفت و برگشتی، زباله سوزها و کوره‌ها تامین شوند.

ب-۲ توان خروجی مفید

اگر از تلفات ناشی از تشعشع و همرفتی دیگ صرف‌نظر شود، توان خروجی مفید $\dot{Q}_N$ ، برابر حرارت گازهای اتلافی^۲ می‌باشد.

$$\dot{Q}_N = \dot{Q}_Z \quad (\text{ب-۲-۱})$$

تلفات ناشی از تشعشع و همرفتی در یک دیگ بخار با گرمای اتلافی از درجه اهمیت کمی برخوردار هستند، اما تلفات ناشی از نشت دود از میان دمپرهای موجود در مسیر انحرافی و غیره باید مد نظر قرار گیرند. اتلاف $\dot{Q}_{RC}$ می‌تواند تقریباً براساس شکل ۸-۵-۱ و با استفاده از منحنی ۱ و ثابت C برای دیگ‌های با سوخت زغال سنگ باشد.

$$\dot{Q}_N = \dot{Q}_Z - \dot{Q}_{RC} \quad (\text{ب-۲-۲})$$

ب-۳- توان حرارتی حاصل از گازهای اتلافی

توان حرارتی حاصل از دود و گازهای اتلافی برابر است با :

$$\dot{Q}_Z = \dot{m}_G \cdot \bar{c}_{pG}(t_1 - t_2) \quad (\text{ب-۳-۱})$$

که :

$\dot{m}_G$ = جریان جرمی گازهای اتلافی

$\bar{c}_{pG}$ = جمع انتگرالی گرمای ویژه بین دماهای t_1 و t_2 (به معادله الف-۴-۷ مراجعه شود)

t_1 = دمای گازها در ورودی دیگ

t_2 = دمای گازها در خروجی دیگ

جمع انتگرالی ظرفیت گرمایی ویژه برای یک مخلوط، باید به شکل زیر تعیین شود :

$$\bar{c}_{pG} = \sum_{i=1}^n x_i C_{pi} \quad (\text{ب-۳-۲})$$

C_{pi} = جمع انتگرالی ظرفیت گرمایی ویژه جزء i بین t_1 و t_2

x_i = میزان جزء مخلوط بوسیله جرم

n = تعداد اجزاء

در روشی مشابه با آنچه در الف-۴ آمد، جمع انتگرالی ظرفیت گرمایی ویژه هر جزء، بین ۲۷۳/۱۵K و t (کلوین) می‌تواند به صورت زیر باشد :

1- Waste heat boilers

2- Waste gases

$$C_{pi} = a + bt + ct^2 + dt^3 + et^4 \quad (\text{ب-۳-۳})$$

ضرایب چند جمله ای برای گازهای رایج در جدول ب-۳-۱ در زیر آمده است:

جدول ب-۳-۱- ضرایب چند جمله ای برای تعیین مقادیر جمع انتگرالی گرمای ویژه

Gas	a	b	c	d	e
CO ₂	$4,1025 \cdot 10^{-1}$	$1,961 \cdot 10^{-3}$	$-2,029 \cdot 10^{-6}$	$1,1997 \cdot 10^{-9}$	$-3,0775 \cdot 10^{-13}$
H ₂ O	1,9212	$-7,9726 \cdot 10^{-4}$	$2,6338 \cdot 10^{-6}$	$-2,1229 \cdot 10^{-9}$	$6,5776 \cdot 10^{-13}$
O ₂	$9,6681 \cdot 10^{-1}$	$-6,5424 \cdot 10^{-4}$	$2,2309 \cdot 10^{-8}$	$-2,1578 \cdot 10^{-9}$	$7,0413 \cdot 10^{-13}$
N ₂	$1,0969 \cdot 10^{-0}$	$3,9612 \cdot 10^{-4}$	$7,8749 \cdot 10^{-7}$	$-2,9026 \cdot 10^{-10}$	$-2,9647 \cdot 10^{-14}$
SO ₂	$4,1527 \cdot 10^{-1}$	$7,2801 \cdot 10^{-4}$	$-3,2149 \cdot 10^{-8}$	$-5,4327 \cdot 10^{-10}$	$2,7543 \cdot 10^{-13}$
Ar	C _p آرگون در 0,519kJ/(kgK) ثابت است				

ب-۴- توان حرارتی ورودی

گرمای موجود در گازهای ورودی به دیگ در t₁°C باید طبق معادله زیر مشخص شود:

$$\bar{C}_{Ztot} = \dot{m}_G \cdot \bar{c}_{pG1} t_1 \quad (\text{ب-۴-۱})$$

که :

$$\bar{c}_{pG1} = \text{جمع انتگرالی گرمای ویژه بین } 0^\circ\text{C و } t_1^\circ\text{C}$$

ب-۵- راندمان حرارتی

راندمان حرارتی دیگ باید به شرح زیر تعیین شود :

$$\eta_B = \frac{\dot{Q}_N}{\dot{Q}_{Ztot}} \quad (\text{ب-۵-۱})$$

ب-۶- روش‌های اندازه گیری

ب-۶-۱- جریان جرمی گاز

در جایی که عملی باشد، جریان جرمی گاز با روش اشاره شده در زیربند ۷-۴-۳-۲ باید اندازه‌گیری شود. به هر حال جریان جرمی گاز قبل از آزمون باید به طور قراردادی توافق شود.

یادآوری- اگر دیگ برای یک جریان جرم خاص طراحی شده است، ساده تر است که مقدار داده شده را به منظور آزمون بپذیریم.

ب-۶-۲- دمای گاز

از روش‌های ذکر شده در بند ۷-۳ استفاده شود.

ب-۶-۳- ترکیب گاز

این مورد یا باید با روش‌های ذکر شده در زیربند ۷-۶-۳ انجام شود و یا با محاسبات تعیین شود، یا اینکه در قرارداد قبل از آزمون توافق شود.

یادآوری- اگر دیگ برای یک ترکیب گاز خاص طراحی شده باشد، ساده تر است که تحلیل را به منظور آزمون بپذیریم.

کتابنامه

- [1] Directive 97/23/EC of the European Parliament and of the Council of 29 May 1997 on the approximation of the laws of the Member States concerning pressure equipment; OJEC, L181.
- [2] EN 764-1, Pressure equipment - Part 1: Terminology - Pressure, temperature, volume, nominal size
- [3] EN 764-2, Pressure equipment - Part 2: Quantities, symbols and units
- [4] EN 12953-2, Shell boilers - Part 2: Materials for pressure parts of boilers and accessories
- [5] EN 14222, Stainless steel shell boilers
- [6] EN 14394, Heating boilers - Heating boilers with forced draught burners - Nominal heat output not exceeding 10 MW and maximum operating temperature of 110°C
- [7] EN 45510-3-2, Guide for procurement of power station equipment - Part 3-2: Boilers – Shell boilers
- [8] EN 764-3:2002, Pressure equipment - Part 3: Definition and parties involved
- [9] CEN/TS 764-6:2004, Pressure equipment - Part 6: Structure and content of operating instructions
- [10] EN 12953-7:2002, Shell boilers - Part 7: Requirements for firing systems for liquid and gaseous fuels for the boiler
- [11] EN 12953-8:2001, Shell boilers - Part 8: Requirements for safeguards against excessive pressure