ISIRI
8551
1st.edition

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

استاندارد ملی ایران
۸۵۵۱
چاپ اول

موازنه انرژی حرارتی خشک کن پیوسته برای خشک کردن سنگ های معدنی و سایر مواد

Heat balancing of continuous dryer for ores and other materials

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران :کرج ـ شهر صنعتی ،صندوق پستی۱۶۳-۳۱۵۸۵

دفتر مرکـزی :تـهران – ضلع جنوبی میدان ونک - صندوق پستی : ۱٤۱۵۵-٦۱۳۹

تلفن مؤسسه در کرج : ۸-۲۸۰٦۰۳۱ —۰۲٦۱

تلفن مؤسسه در تهران ۵-۸۸۷۹٤٦۱ – ۰۲۱

دورنگار : کرج ۲۸۰۸۱۱٤ - ۰۲٦۱ تهران: ۸۸۸۷۱۰۳-۸۸۷۰۸۰ — ۰۲۱

پخش فروش — تلفن : ۲۸۰۷۰٤۵ —۰۲٦۱ دورنگار : ۲۸۰۷۰٤۵ -۰۲٦۱

پیام نگار : Standard @ isiri.or. ir

بها : ۶۶۲۵ ریال

Headquater: Institute of Standards and Industrial Research of IRAN

P .O . BOX : 31585-163Karaj – IRAN

Central office : Southern corner of Vanak square , Tehran

P .O . BOX : 14155 –6139 Tehran – IRAN

Tel .(Karaj): 0098 261 2806031 –8

Tel .(Tehran): 0098 21 8879461-5

Fax (Karaj): 0098 261 2808114

Fax (Tehran): 0098 21 8887080 , 8887103

Email : Standard @ isiri . or . ir

Price : 6625 RLS

بسمه‌تعالی

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده‌دار وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی(رسمی) می‌باشد.

تدوین استاندارد در رشته‌های مختلف توسط کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحبنظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت می‌گیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت‌ها و مصالح ملی وبا توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن‌آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمان‌های دولتی باشد. پیش‌نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی(رسمی) چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمان‌های علاقمند وذیصلاح وبا رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می‌گردد. بدین‌ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره« ۵» تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل می‌گردد به تصویب رسیده باشد .

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد می‌باشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی استفاده می‌نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش بینی‌شده در قانون به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می‌تواندبه منظورحفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور،اجرای استاندارد کالاهای صادراتی ودرجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین به منظور اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی‌کنندگان سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و کالیبره‌کنندگان وسایل‌سنجش، موسسه استاندارد اینگونه سازمان‌ها و موسسات را براساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی‌نامه تایید صلاحیت به آنها اعطاء نموده و برعملکرد آنها نظارت می‌نماید. ترویج سیستم بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل‌سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این موسسه می باشد.

کمیسیون استاندارد " موازنه انرژی حرارتی خشک کن پیوسته برای خشک کردن سنگ های معدنی و سایر مواد"

رئیس	سمت یا نمایندگی
ورامینیان ، فرشاد (دکترای مهندسی شیمی)	دانشگاه سمنان

اعضاء

امام وردی ، فاطمه (لیسانس مهندسی شیمی)	شرکت کاشی رویال
پهلوان ، مهدی (فوق لیسانس مهندسی پلیمر)	شرکت پارمیدا
حیدریان ، مجید (فوق لیسانس مهندسی شیمی)	اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی استان سمنان
خیرخواهان ، مازیار (لیسانس شیمی)	شرکت ایران فسفات
دوستمحمدی ، محمدرضا (لیسانس مهندسی شیمی)	شرکت پارمیدا
کاشفی ، کامران (لیسانس مهندسی معدن وفوق لیسانس مدیریت صنعتی)	شرکت تولیدی شیمیکان
اعوانی ، مسعود (لیسانس مهندسی صنایع)	شرکت کالا گستر فرآیند

دبیر

قزوینیان ، مرضیه (لیسانس مهندسی شیمی)	اداره کل استانداردوتحقیقات صنعتی استان سمنان

اعضای دویست و چهل و یکمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی

رئیس	سمت یا نمایندگی
نورانی، محمد	دفتر صنایع الکتریکی وفلزی

اعضاء

اخیاری، شهاب	کارشناس اداره کل استانداردوتحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی
امجدی منش، محمدصادق	کارشناس مسئول سازمان گسترش ونوسازی صنایع ایران
بردبار، منصوره	منشی رئیس جلسه
خیرخواهان، مازیار	مدیر کنترل کیفیت شرکت ایران فسفات
دارابی ، ژیلا	کارشناس اداره کل استانداردوتحقیقات صنعتی کرمانشاه
رجبی ، محمد	استاد دانشگاه فنی و مهندسی سمنان
سیروسی، آریادات	کارشناس مسئول مدیریت مکانیک و فلزشناسی
صباغیان، حمیدرضا	مدیر تولید کارخانه گالوانیزه ورق و لوله ماهان سمنان
عقیلی ، همایون	نماینده معاونت تحقیقات فلزی موسسه استانداردوتحقیقات صنعتی کرج
قاسمی ، جهان بخش	استاد دانشگاه رازی ورئیس مرکز تحقیقات نفت
قزوینیان، مرضیه	دبیر تدوین وکارشناس اداره کل استانداردوتحقیقات صنعتی سمنان
کاشفی ، کامران	مدیریت کارخانه شیمیکان
نوروزی، سعید	مشاورونماینده ریاست محترم موسسه استانداردوتحقیقات صنعتی کرج
ورامینیان ، فرشاد	عضو هیات علمی دانشگاه سمنان

دبیر

نوروزی زاده ، حمیرا	کارشناس و نماینده مدیریت تدوین

فهرست مندرجات.....**صفحه**

پیش گفتار.....ب
۱ هدف و دامنه کاربرد.....۱
۲ مراجع الزامی.....۱
۳ اصطلاحات و تعاریف.....۲
٤ اصول کار.....۳
٥ ثبت موارد اندازه گیری شده.....۳
٦ روش اندازه گیری.....٥
۷ موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن.....۱۰
۸ ثبت و گزارش نتایج موازنه انرژی.....۳۳
۹ پیوست الف.....٤۱
۱۰ پیوست ب.....٤٥

پیش گفتار

استاندارد " موازنه انرژی حرارتی خشک کن پیوسته برای خشک کردن سنگ های معدنی و سایر مواد" بوسیله کمیسیون های فنی مربوطه تهیه و تدوین شده و در دویست و چهل و یکمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلز شناسی مورخ ۱۳۸٤/۱۰/۲۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند ۱ ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه سال ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استاندارد ارائه شود ، درهنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهدگرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین چاپ و تجدیدنظر آن ها استفاده‌کرد.

در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است :

1- JIS R 0304 : 1991 Heat balancing of continuous dryer for ores and other materials

موازنه انرژی حرارتی خشک کن پیوسته برای خشک کردن سنگ های معدنی و سایر مواد

۱ هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد برای موازنه انرژی حرارتی خشک کن های پیوسته به منظور خشک کردن سنگ های معدنی و محصولات فرآوری شده آن ها تدوین شده است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن ها ارجاع داده شده است. به این ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می شود . در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و/ یا تجدید نظر ، اصلاحیه ها و تجدید نظر های بعدی این مدارک مورد نظر نیست . معهذا بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه ها و تجدید نظر های مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و/ یا تجدیدنظر، آخرین چاپ و/ یا تجدیدنظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است :

2-1) JIS K 2205 : Fuel oil
2-2) JIS K 2251 : Crude petroleum and petroleum products - sampling
2-3) JIS K 2270 : Crude petroleum and petroleum products - determination of carbon residue
2-4) JIS K 2272 : Testing methods for ash and sulfated ash of crude oil and petroleum products
2-5) JIS K 2275 : Testing methods for water content of crude oil and petroleum products
2-6) JIS K 2279 : Testing method for heat of combustion of liquid hydrocarbon fuel by bomb calorimeter
2-7) JIS K 2283 : Testing methods for kinematic viscosity and calculating method for viscosity index of crude oil and petroleum products

2-8) JIS K 2301 : Fuel gases and natural gas –methods for chemical analysis and testing
2-9) JIS K 2541 : Testing methods for sulfur in crude oil and petroleum products
2-10) JIS M 8810 : General rules for sampling ,analysis and testing of coal and coke
2-11) JIS M 8811 : Methods for sampling and determination of total moisture and adherent moisture of coal and coke
2-12) JIS M 8812 : Methods for proximate analysis of coal and coke
2-13) JIS M 8813 : Methods for ultimate analysis of coal and coke
2-14) JIS M 8814 : Determination of calorific value of coal and coke

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و/ یا واژه ها با تعاریف زیر به کار می رود :

۳-۱ سنگ های معدنی

به زغال سنگ ، خاک رس ، شن و ماسه ، سنگ آهک و ... می گویند .

۳-۲ محصولات فرآوری شده

به محصولات بدست آمده از آجر ، محصولات سفالی ، قالبهای ریخته گری و مانند آن می گویند. **۳-۳**

مواد

کلیه اجسامی که خشک کردن آن ها مد نظر است .

۳- ۴ مواد خشک

مواد خشک ، مواد عاری از رطوبت هستند .

۳- ۵ مواد عاری از رطوبت

به موادی اطلاق می شود که اگر بیشتر از یک ساعت در دمای۲ ± ۱۰۷ درجه سلسیوس قرار گیرند ، اختلاف رطوبت آن ها کمتر از ۰/۵ درصد باشد .

۳- ۶ مواد خام

به مواد قبل از خشک شدن ، مواد خام گویند .

۳- ۷ محصولات خشک

به مواد بعد از خشک شدن ، محصولات خشک گویند .

۴ اصول کار

۴-۱ اندازه گیری ها برای موازنه انرژی حرارتی باید حداقل پس از گذشت ۵ ساعت از شروع خشک کردن انجام شود.

۴-۲ موازنه انرژی حرارتی باید براساس یک تن ماده خشک خام انجام شود .

۴-۳ دمای مرجع موازنه انرژی حرارتی باید دمای معمولی یا (دمای محیط) درنظرگرفته شود.

۴-۴ برای مقدار ارزش حرارتی سوخت [1] ، مقدار کمینه ارزش حرارتی آن (در زمان مصرف) مبنای محاسبات می باشد .

۵ ثبت موارد اندازه گیری شده

۵-۱ گزارش مشخصات دستگاه : این گزارش باید شامل موارد زیر باشد :

۵-۱-۱) نام کارخانه ، مکان نصب و شخص مسؤول دستگاه.

۵-۱-۲) نام ، شماره و کاربرد خشک کن.

۵-۱-۳) ظرفیت خشک کردن ، منبع گرمایی خشک کن و دمای گاز داغ.

۵-۱-٤) نوع خشک کن ، نحوه خشک کردن ، اندازه و روش خوراک دهی مواد خام ، شمای کلی تجهیزات عملیاتی و زمان عبور مواد. [2]

۵-۱-۵) نوع تجهیزات احتراق ، سطح سینی های [3] مشبک نگهدارنده سوخت های جامد ، ظرفیت و تعداد مشعل ها ، حجم محفظه احتراق.

۵-۱-٦) روش تهویه ، شکل ، ظرفیت فن ، اندازه دودکش ، نام و تعداد اتصالات.

۵-۱-۷) نوع دستگاه غبارگیر و راندمان آن.

۵-۱-۸) شکل دستگاه خشک کن (با ذکر مکان های نصب تجهیزات اندازه گیری).

۵-۲ موارد اندازه گیری شونده : این موارد عبارتند از :

۵-۲-۱) نوبت های اندازه گیری با ذکر تاریخ ، زمان ونام شخص مسؤول اندازه گیری.

۵-۲-۲) عوامل محیطی ، فشار ، دما و رطوبت محیط.

---

[1] - calorific value of fuel
[2] -passing time
[3] - area of grate

۵-۲-۳) نام و شکل مواد.

۵-۲-٤) ضریب ظرفیت عملی. [1]

یادآوری : ضریب ظرفیت عملی(F) از فرمول زیر به دست می آید :

$$F\ (\%) = \frac{b}{a} \times 100$$

که درآن b : ظرفیت عملی خشک کن (ton/h) .

a : ظرفیت اسمی خشک کن (ton/h) .

۵-۲-۵) طبقه بندی ، منبع تامین کننده سوخت[2] ، ویژگی ها [(1)] ، ترکیب [(1)] (در زمان مصرف)، ارزش حرارتی [(1)] و مقدار سوخت مصرفی.

۵-۲-٦) دما ، رطوبت ، ترکیب و میزان گاز داغ ورودی.

۵-۲-۷)جرم ، میزان آب(برحسب ماده تر)، میزان رطوبت(برحسب ماده خشک) ، دمای مواد خام.

۵-۲-۸) جرم ، میزان آب ، میزان رطوبت و دمای محصولات خشک.

۵-۲-۹) جرم ، میزان آب ، میزان رطوبت و دمای مواد در حال گردش.

۵-۲-۱۰) میزان آب تبخیرشده.

۵-۲-۱۱) جرم ، دمای تجهیزات و واگن های خشک کن.

۵-۲-۱۲) دما ، رطوبت ، فشار و دبی هوای ورودی.

۵-۲-۱۳) دما ، رطوبت ، ترکیب و دبی گازهای درحال گردش.

۵-۲-۱٤) دما ، رطوبت ، فشار، ترکیب و دبی گاز خروجی.

۵-۲-۱۵) مقدار پس ماند سوخت ، دما و میزان کربن نسوخته.

یادآوری[(1)] : ویژگی ها، ترکیب وارزش حرارتی سوخت مصرف شده باید برطبق موارد زیرگزارش داده شود: (الف) زغال سنگ

- دانه بندی ، میزان کک شوندگی ، نقطه ذوب خاکستر.

- درصد رطوبت.

- درصد آب، خاکستر، مواد فرار ، کربن ثابت [3] ، کربن ، هیدروژن ، اکسیژن ، گوگرد قابل احتراق ونیتروژن.

- ارزش حرارتی سوخت که برمبنای رطوبت ثابت اندازه گیری شده است (kJ/kg).

---

[1] – Load factor

[2] – brand of fuel

۳) درصد کربن ثابت (fixed carbon) = (درصد خاکستر + درصد رطوبت + درصد مواد فرار)-۱۰۰

- ارزش حرارتی بیشینه و کمینه (درزمان مصرف) (kJ/kg).

(ب) سوختهای هیدروکربوری مایع

- چگالی مخصوص ، گرانروی.

- درصد آب ، خاکستر ، گوگرد و کربن.

- درصد هیدروژن ، اکسیژن و نیتروژن.

- ارزش حرارتی (مقدار اندازه گیری شده) (kJ/kg).

- ارزش حرارتی کمینه (درزمان مصرف) (kJ/kg).

(پ) سوخت های گازی

- میزان رطوبت (g/m^3_N).

- درصد دی اکسید کربن ، منواکسید کربن ، متان ، اکسیژن ، هیدروژن ، هیدروکربنها ($C_m H_n$)ونیتروژن.

- ارزش حرارتی (مقدار اندازه گیری شده)(kJ/m^3_N).

- ارزش حرارتی بیشینه و کمینه (درزمان مصرف) (kJ/m^3_N).

یادآوری : m^3_N نشانگر واحد حجم گاز در شرایط استاندارد (صفر درجه سلسیوس و فشار ۱۱۰/۳کیلو پاسکال (یک اتمسفر)) می باشد.

۶ روش اندازه گیری

۶-۱ سوخت

۶-۱-۱ اندازه گیری مقدار سوخت مصرفی

سوخت باید نزدیک محل مصرف، وزن شده و زغال سنگ نیز باید توسط ترازو توزین شود.

کلیه دستگاه های اندازه گیری باید کالیبره باشند.

- دبی جرمی سوخت نفتی(مایع) ازحاصل ضرب دبی حجمی درچگالی مخصوص آن به دست می آید که دبی حجمی به روش های مناسب توسط دبی سنج حجمی [1] ویا به روش اندازه گیری حجم سوخت مصرفی در یک زمان مشخص به دست می آید .

1-flowmeter of volumetric type

– دبی حجمی سوخت گازی به وسیله دبی سنج حجمی یا دبی سنج اختلاف فشار [1]، اندازه گیری می شود.

۶-۱-۲ آزمون ، تجزیه شیمیایی و اندازه گیری ارزش حرارتی سوخت مصرفی

آزمون ، تجزیه شیمیایی واندازه گیری ارزش حرارتی سوخت مصرفی باید مطابق استانداردهای تعیین شده در بند ۲ (مراجع الزامی) انجام گیرد .

یادآوری ۱) ترکیب اجزای سوخت گاز باید برمبنای گاز خشک محاسبه شود.

یادآوری ۲) اگر اندازه گیری آزمایشگاهی رطوبت گاز مقدور نمی باشد، می توان با فرض اشباع بودن گاز وبااستفاده از دمای آن از جدول بخار، میزان رطوبت گاز را تعیین کرد.

یادآوری ۳) ارزش حرارتی سوخت گازی را می توان با استفاده از نتایج تجزیه شیمیایی نیز به دست آورد.

۶-۲ گاز داغ ورودی

۶-۲-۱ اندازه گیری دما و رطوبت گاز

دما و رطوبت گاز در ورودی خشک کن اندازه گیری شده و دمای گاز نیز به وسیله دماسنج مکشی [2] اندازه گیری می شود و باید دقت شود که دمای اندازه گیری شده، متوسط دمای گاز در مقطع ورودی خشک کن باشد .

اندازه گیری رطوبت به کمک ماده جاذب رطوبت (مانند کلرید کلسیم) انجام می شود. در صورتی که این کار میسر نباشد ، می توان مقدار آن را با استفاده از ترکیب شیمیایی سوخت و میزان مصرف آن به دست آورد.

۶-۲-۲ نمونه برداری و تجزیه شیمیایی گاز

نمونه برداری و تجزیه شیمیایی گاز باید مطابق با استاندارد بند ۲-۸ مراجع الزامی انجام گیرد و می توان برای این کار از دستگاه تجزیه ارسات [3]نیز استفاده کرد و باید میانگین اندازه گیری بر روی چند نمونه گزارش شود .

---

[1] - differential pressure type flowmeter
[2] - thermometer of suction type
[3] - Orsat analyzer

۶-۲-۳ اندازه گیری مقدار گاز

مقدار گاز به وسیله اریفیس[1] ویا لوله پیتوت [2] اندازه گیری شود.

۶-۳ مواد

۶-۳-۱ اندازه گیری جرم

جرم مواد، همان جرم مواد خام درنظرگرفته شده که با دقت وبراساس روش های متداول، اندازه-گیری می شود. زمانی که اندازه گیری جرم مقدور نباشد، اندازه گیری آن براساس نمونه برداری صورت می گیرد وبرای اندازه گیری جرم محصول خشک فرض می شود که هیچ گونه اتلاف جرمی در مواد خام صورت نگرفته است یعنی صرفا آب همراه مواد خام تبخیر شده است و هیچ گونه اتلاف جرمی دیگری ندارد.

۶-۳-۲ اندازه گیری میزان رطوبت

میزان رطوبت (برمبنای ماده خشک) مطابق روش زیر اندازه گیری می شود :

نمونه هایی قبل از ورودی خشک کن و همچنین بعد از خروجی آن گرفته و مقدار آب (بر مبنای ماده تر) آن ها را اندازه گیری کنید.

اندازه گیری مقدار آب باید مطابق زیر انجام شود:

نمونه را در دمای ۲ ± ۱۰۷ درجه سلسیوس تا زمانی که به وزن ثابت برسد (بیشتر ازیک ساعت) حرارت دهید واین کار را تا جایی که نمونه به وزن ثابت برسد، ادامه دهید سپس میزان در صد کاهش وزن نمونه را به عنوان مقدار آب آن محاسبه کنید.

میزان رطوبت نمونه (بر مبنای ماده خشک) باید از مقدار آب آن (بر مبنای ماده تر) مطابق با فرمول زیر بدست آید :

$$x(\%) = \frac{w}{100 - w} \times 100$$

که درآن x : مقدار رطوبت (در صد بر مبنای ماده خشک).

w : مقدار آب (در صد بر مبنای ماده تر).

مقدار رطوبت زغال سنگ باید مطابق با استاندارد بند ۲-۱۱ مراجع الزامی اندازه گیری شود.

---

[1] - Orifice

[2] - Pitot tube

۶-۳-۳ اندازه گیری دما

دمای مواد باید قبل از ورودی و بعد از خروجی خشک کن اندازه گیری شود .

۶-۴ تجهیزات و واگن ها

۶-۴-۱ اندازه گیری جرم جرم تجهیزات و واگن ها باید به وسیله اندازه گیری دقیق جرم قسمت های نسوز ، فلزی و سایراجزای آن به دست آید.

یادآوری) جرم قسمت های چوبی و نظایر آن نیزعلاوه بر قسمت های نسوز و فلزی باید در نظر گرفته شوند.

۶-۴-۲ اندازه گیری دما

دمای قسمتهای نسوز، فلزی و سایر اجزای تجهیزات وواگنها را در ورودی وخروجی خشک کن اندازه گیری کنید.

۶-۵ هوای ورودی

۶-۵-۱ اندازه گیری دمای هوا

اگر هوای ورودی توسط منبع حرارتی دیگری پیش گرم شده باشد ،اندازه گیری دمای هوا پس از واحد پیش گرم ودر ابتدای ورودی خشک کن انجام می گیرد و اگر از واحد پیش گرم استفاده نشده باشد، دمای هوای محیط به عنوان دمای هوای ورودی درنظر گرفته می شود .

۶-۵-۲ اندازه گیری رطوبت هوا

رطوبت هوا به روش زیر به دست می آید :

رطوبت نسبی هوا را توسط دماسنج با حباب خشک و تر[1] اندازه گیری کرده ، سپس رطوبت مطلق را محاسبه کنید .

۶-۵-۳ اندلزه گیری فشار هوا

فشار هوا از اندازه گیری استاتیکی آن در ابتدای ورودی به خشک کن به دست می آید .

۶-۵-۴ اندازه گیری مقدار هوا

مقدار هوا از ترکیب سوخت و گاز احتراق محاسبه می شود ولی مقدارهوای پیش گرم شده توسط منابع حرارتی دیگر باید به کمک اریفیس یا لوله پیتوت اندازه گیری شود .

1-Psychrometer

۶-۶ گاز در حال گردش

۶-۶-۱ اندازه گیری دما و رطوبت گاز

دما ورطوبت گازدرحال گردش باید درمقطع ورودی به خشک کن طبق بند ٦-۲-۱ اندازه گیری شود.

۶-۶-۲ نمونه برداری و تعیین ترکیب گاز

نمونه برداری و تعیین ترکیب گاز باید طبق بند ٦-۲-۲ انجام شود .

۶-۶-۳ اندازه گیری مقدار گاز

اندازه گیری مقدار گاز باید طبق بند ٦-۲-۳ انجام شود .

۶-۷ گاز خروجی

۶-۷-۱ اندازه گیری دما و رطوبت گاز

دما و رطوبت گاز باید در مقطع خروجی خشک کن طبق بند ٦-۲-۱ اندازه گیری شود.

۶-۷-۲ نمونه برداری و تعیین ترکیب گاز

نمونه برداری گاز باید در مقطع خروجی خشک کن صورت گیرد . میزان دی اکسید کربن ، اکسیژن ، منواکسید کربن و نیتروژن باید طبق بند ٦-۲-۲ اندازه گیری شود .

۶-۷-۳ اندازه گیری مقدار گاز

در مواردی که تنها از سوخت برای تامین انرژی حرارتی خشک کن استفاده می شود، مقدار گاز خروجی باید از محاسبه ترکیب سوخت و گاز خروجی به دست آید .در مواردی که گاز گرم از منبع حرارتی دیگری بدست آمده، مقدارگازخروجی باید توسط اندازه گیری واقعی آن به دست آید.

۶-۸ پس ماند احتراق [1]

1-Combustion residue

۶-۸-۱ اندازه گیری پس ماند احتراق

مقدار پس ماند احتراق به وسیله اندازه گیری واقعی به دست می آید در غیر این صورت ، میزان آن باید از مقدار سوخت مصرف شده ، خاکستر سوخت و نسبت کربن نسوخته در آن محاسبه شود.

۶-۸-۲ اندازه گیری دمای پس ماند احتراق

دمای پس ماند احتراق از اندازه گیری واقعی دمای خاکستر بعد ازخروجی خشک کن به دست می آید .

۶-۸-۳ اندازه گیری مقدار کربن نسوخته در پس ماند احتراق

اندازه گیری مقدار کربن نسوخته باید طبق استاندارد بند ۲-۱۲ مراجع الزامی اندازه گیری شود .

۷ موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

موازنه انرژی حرارتی بر اساس یک تن ماده خشک و مطابق جدول یک انجام می گیرد. ضمنا ، روش های محاسبه برای تبدیل ترکیب سوخت به مقدار واقعی آن در زمان مصرف ، مقدار گاز خروجی ، نسبت هوا در گاز خروجی ، هوای تئوری موردنیاز و مقدار بخار در گاز خروجی باید بر اساس روش های ارائه شده در پیوست های الف و ب انجام شود.

جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
۱) گرمای ورودی Q_l (kJ)	(۱) گرمای احتراق سوخت Q_a (kJ)	$Q_a = m_f \times H_l$ که m_f : مقدار سوخت مصرف شده به ازای یک تن از ماده خشک (kg or m^3_N) H_l : ارزش حرارتی کمینه در زمان مصرف سوخت (kJ/kg or kJ/m^3_N)
	(۲) گرمای محسوس سوخت Q_b (kJ)	هرگاه سوخت توسط منبع دیگری پیش گرم شود این بند محاسبه می شود .
		(الف) گرمای محسوس سوخت خشک $Q_{b1} = m_{df} \times C_{df} \times (t_f - t)$ که m_{df} : مقدار سوخت خشک مصرف شده به ازای یک تن از ماده خشک (kg or m^3_N) C_{df} : متوسط گرمای ویژه سوخت خشک (kJ/kg °C or kJ/m^3_N°C) t_f : دمای سوخت مصرفی (° C) t : دمای محیط (° C) **یادآوری : گرمای ویژه سوخت گاز از فرمول زیر وبا در دست داشتن گرمای ویژه اجزای گاز به دست می آید.** **(به جدول ۵ مراجعه شود.)** $C_f = \frac{1}{100} \times \left[C_{f_{CO_2}} \times (CO_2) + C_{fO_2} \times (O_2) + C_{fH_2} \times (H_2) + C_{fCO} \times (CO) + C_{fCH_4} \times (CH_4) + ... \right]$ **که C_{fCO_2}: گرمای ویژه دی اکسید کربن (kJ/m^3_N °C)**

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی وروش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		C_{fO_2}: گرمای ویژه اکسیژن ($kJ/m^3_N\,°C$) C_{fH_2}: گرمای ویژه هیدروژن ($kJ/m^3_N\,°C$) C_{fCO}: گرمای ویژه مونواکسید کربن ($kJ/m^3_N\,°C$) C_{fCH_4}: گرمای ویژه متان ($kJ/m^3_N\,°C$) (CO_2) : در صد دی اکسید کربن در سوخت (O_2) : درصد اکسیژن در سوخت (H_2) : درصد هیدروژن در سوخت (CO) : درصد مونواکسیدکربن در سوخت (CH_4) : درصد متان در سوخت
		(ب) گرمای محسوس آب موجود در سوخت Q_{b2} (kJ) $Q_{b2} = m_r \times C_w \times (t_f - t)$ که m_r : مقدار آب موجود در سوخت مصرف شده به ازای یک تن از ماده خشک (kg) C_w : گرمای ویژه آب (kJ / kg°C)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		t_f : دمای سوخت مصرفی (° C) t : دمای محیط (° C) **یادآوری :** $C_w = 4\ kJ/kg°C$ (ج) گرمای محسوس سوخت Q_b (kJ) $Q_b = Q_{b1} + Q_{b2}$ که Q_{b1} : گرمای محسوس سوخت خشک (kJ) Q_{b2} : گرمای محسوس آب موجود در سوخت (kJ)
	(۳) گرمای محسوس گاز داغ ورودی Q_c (kJ)	(الف) گرمای محسوس گاز داغ خشک ورودی Q_{c1} (kJ) $Q_{c1} = V_{dg} \times C_{dg} \times (t_{dg} - t)$ که V_{dg} : مقدار گاز داغ خشک ورودی به ازای یک تن از ماده خشک (m^3_N) C_{dg} : گرمای ویژه گاز داغ خشک ($kJ/m^3_N°C$) t_{dg} : دمای گاز داغ ورودی (° C) t : دمای محیط (° C) **یادآوری : C_{dg} با توجه به ترکیب گاز از فرمول در یادآوری بند ۱- (۲)- (الف) این جدول به دست می آید.** (ب) گرمای محسوس رطوبت گاز داغ ورودی $Q_{c2} = m_{dgs} \times C_s \times (t_{dg} - t)$

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		که m_{dgs} : مقدار بخار موجود در گاز داغ ورودی به ازای یک تن از ماده خشک (kg) C_s : گرمای ویژه متوسط بخار آب (kJ/kg°C) t_{dg} : دمای گاز داغ ورودی (° C) t : دمای محیط (° C) (ج) گرمای محسوس گاز داغ ورودی Q_c (kJ) $Q_c = Q_{c1} + Q_{c2}$ که Q_{c1} : گرمای محسوس گاز داغ خشک ورودی (kJ) Q_{c2} : گرمای محسوس رطوبت در گاز داغ ورودی (kJ)
	(٤) گرمای محسوس مواد خام Q_d (kJ)	هرگاه سوخت توسط منبع دیگری پیش گرم شود این بند محاسبه می شود.
		(الف) گرمای محسوس ماده خشک Q_{d1}(kJ) $Q_{d1} = m \times C_m \times (t_m - t)$ که m=1000 kg ماده خشک C_m : گرمای ویژه ماده خشک (kJ/kg°C) t_m : دمای مواد خام (° C)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		(ب) گرمای محسوس آب موجود در مواد خام Q_{d2} (kJ) $Q_{d2} = m_{mr} \times C_w \times (t_m - t)$ که m_{mr} : مقدار آب موجود به ازای یک تن از ماده خشک (kg) C_w : گرمای ویژه آب (kJ/kg°C) t_m : دمای مواد خام (° C) t : دمای محیط (° C) (ج) گرمای محسوس مواد خام Q_d (kJ) $Q_d = Q_{d1} + Q_{d2}$ که Q_{d1} : گرمای محسوس مواد خشک (kJ) Q_{d2} : گرمای محسوس آب موجود در مواد خام (kJ)
	(۵) گرمای محسوس هوای ورودی Q_e (kJ)	هرگاه سوخت توسط منبع دیگری پیش گرم شود این بند محاسبه می شود.
		(الف) گرمای محسوس هوای خشک Q_{e1} (kJ) $Q_{e1} = V_a \times C_a \times (t_a - t)$ که V_a : مقدار هوای خشک ورودی به ازای یک تن ماده خشک (m^3_N) C_a : گرمای ویژه متوسط هوای خشک (kJ/m^3_N°C) t_a : دمای هوا (° C) t : دمای محیط (° C)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		(ب) گرمای محسوس آب موجود در هوا Q_{e2} (kJ) $Q_{e2} = m_{as} \times C_s \times (t_a - t)$ که m_{as} : مقدار بخار در هوا به ازای یک تن از ماده خشک (kg) C_s : گرمای ویژه متوسط بخار آب (kJ/kg°C) t_a : دمای هوا (° C) t : دمای محیط (° C) $m_{as} = \frac{29}{22/4} \times A_l \times Z$ که A_l : مقدار هوای مصرف شده به ازای یک تن ماده خشک (m^3_N) (بر اساس پیوست۲ محاسبه شود.) Z : رطوبت مطلق (ج) گرمای محسوس هوای ورودی Q_e (kJ) $Q_e = Q_{e1} + Q_{e2}$ که Q_{e1} : گرمای محسوس هوای خشک (kJ) Q_{e2} : گرمای محسوس آب موجود در هوا (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
	(٦) گرمای محسوس ورودی به وسیله تجهیزات و واگن ها Q_f (kJ)	(الف) گرمای محسوس ورودی به وسیله قسمت های نسوز Q_{f1} (kJ) $Q_{f1} = m_b \times C_b \times (t_b - t)$ که m_b : جرم قسمتهای نسوز تجهیزات و واگن ها به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_b : گرمای ویژه متوسط قسمت های نسوز (kJ/kg°C) t_b: دمای قسمت های نسوز (° C) t: دمای محیط (° C) (ب) گرمای محسوس ورودی به وسیله قسمت های فلزی Q_{f2} (kJ) $Q_{f2} = m_i \times C_i \times (t_i - t)$ که m_i : جرم قسمت ای فلزی تجهیزات و واگن ها به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_i: گرمای ویژه قسمت های فلزی (kJ/kg°C) t_i : دمای قسمت های فلزی (° C) t: دمای محیط(° C) (ج) گرمای محسوس ورودی به وسیله سایرقسمت ها Q_{f3} (kJ) $Q_{f3} = m_\theta \times C_\theta \times (t_\theta - t)$

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		که m_θ : جرم سایر تجهیزات (به جز قسمت های نسوز و فلزی)(kg) C_θ : گرمای ویژه متوسط سایر قسمت ها (kJ/kg°C) t_θ : دمای سایر تجهیزات (° C) t : دمای محیط (° C) (د) گرمای محسوس ورودی به وسیله تجهیزات وواگن ها Q_f (kJ) $Q_f = Q_{f1} + Q_{f2} + Q_{f3}$ که Q_{f1} : گرمای محسوس ورودی بوسیله قسمت های نسوز (kJ) Q_{f2} : گرمای محسوس ورودی بوسیله قسمت های فلزی (kJ) Q_{f3} : گرمای محسوس ورودی بوسیله سایر تجهیزات (kJ)
	(۷) کل گرمای ورودی Q_l (kJ)	$Q_l = Q_a + Q_b + Q_c + Q_d + Q_e + Q_f$ که Q_a : گرمای احتراق سوخت (kJ) Q_b : گرمای محسوس سوخت (kJ) Q_c : گرمای محسوس گاز داغ ورودی (kJ) Q_d : گرمای محسوس مواد خام (kJ) Q_e : گرمای محسوس هوای ورودی (kJ) Q_f: گرمای محسوس ورودی بوسیله تجهیزات و واگن ها (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
۲) گرمای خروجی Q_2 (kJ)	(۱) گرمای محسوس محصولات خشک Q_g (kJ)	(الف) گرمای محسوس مواد خشک Q_{g1} (kJ) $Q_{g1} = m \times C_m \times (t'_m - t)$ که $m=1000$ kg ماده خشک C_m : گرمای ویژه مواد خشک (kJ/kg°C) t'_m : دمای محصول خشک (° C) t: دمای محیط (° C) (ب) گرمای محسوس مقدار آب باقیمانده در محصولات خشک Q_{g2} (kJ) $Q_{g2} = m'_{mr} \times C_w \times (t'_m - t)$ که m'_{mr} : مقدار آب باقیمانده به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_w : گرمای ویژه آب (kJ/kg°C) t'_m : دمای محصول خشک (° C) t : دمای محیط (° C) (ج) گرمای محسوس محصول خشک Q_g (kJ) $Q_g = Q_{g1} + Q_{g2}$ که Q_{g1} : گرمای محسوس مواد خشک (kJ) Q_{g2}: گرمای محسوس مقدار آب باقیمانده در محصولات خشک (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
	(۲) گرمای محسوس و گرمای نهان تبخیر آب همراه Q_h (kJ)	(الف) گرمای محسوس آب تبخیر شده Q_{h1} (kJ) $Q_{h1} = m_e \times C_w \times (t_e - t)$ که m_e : مقدار آب تبخیر شده به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_w : گرمای ویژه آب (kJ/kg°C) t_e : دمای تبخیرآب(° C) t : دمای محیط(° C) (ب) گرمای نهان مقدار آب تبخیر شده Q_{h2} (kJ) $Q_{h2} = m_e \times r$ که m_e : مقدار آب تبخیر شده به ازای یک تن ماده خشک (kg) r : گرمای نهان در دمای تبخیر (kJ/kg) **یادآوری :** مقدار r از جدول بخار به دست می آید . (ج) گرمای محسوس بخار Q_{h3} (kJ) $Q_{h3} = m_e \times C_s \times (t_g - t_e)$ که m_e : مقدار آب تبخیر شده به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_s : گرمای ویژه بخار آب (kJ/kg°C)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		t_g : دمای گاز خروجی (° C)
		t_e : دمای تبخیرآب (° C)
		یادآوری ۱) m_e **طبق فرمول زیر محاسبه می شود.**
		$m_e = m_{mr} - m'_{mr} = 1000 \times \frac{(x - x')}{100}$
		که m_{mr} **: مقدار آب موجود در مواد خام به ازای یک تن ماده خشک (kg)**
		m'_{mr} **: مقدار آب باقیمانده در محصول به ازای یک تن ماده خشک (kg)**
		x : درصد میزان رطوبت در مواد خام
		x′ : درصد میزان رطوبت در محصولات خشک
		یادآوری ۲) t_e **هرگاه دمای محصولات خشک کمتراز ۱۰۰°C است ، همان دمای محصول خشک می باشد و هرگاه دمای محصول خروجی بیشتر از۱۰۰ °C باشد ،** t_e **را ۱۰۰ °C در نظر بگیرید .**
		(د) $Q_h = Q_{h1} + Q_{h2} + Q_{h3}$
		که Q_{h1} : گرمای محسوس مقدار آب تبخیر شده (kJ)
		Q_{h2} : گرمای نهان مقدار آب تبخیر شده (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		Q_{h3}: گرمای محسوس بخار (kJ)
	(۳) گرمای محسوس گاز خروجی Q_i(kJ)	(الف) گرمای محسوس گاز خشک خروجی Q_{i1} (kJ) $Q_{i1} = V_g \times C_g \times (t_g - t)$ که V_g : مقدار گاز خشک خروجی به ازای یک تن ماده خشک (m^3_N) (بر اساس پیوست ب محاسبه شود.) C_g : گرمای ویژه متوسط گاز خشک خروجی ($kJ/m^3_N°C$) t_g : دمای گاز خروجی (° C) t : دمای محیط (° C) **یادآوری : C_g باتوجه به ترکیب گاز خروجی وازفرمول دریادآوری بند ۱- (۲)- (الف) این جدول محاسبه می شود .** (ب) گرمای محسوس بخار آب در گاز خروجی Q_{i2} (kJ) $Q_{i2} = m_{gs} \times C_s \times (t_g - t)$ که m_{gs} : مقدار بخارآب درگاز خروجی به ازای یک تن ماده خشک (kg) (بر طبق پیوست ب محاسبه شود.) C_s : گرمای ویژه متوسط بخار آب (kJ/kg°C) t_g : دمای گاز خروجی (° C) t : دمای محیط (° C)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند	روش محاسبه
	(ج) گرمای محسوس گاز خروجی Q_i (kJ) $Q_i = Q_{i1} + Q_{i2}$ که Q_{i1} : گرمای محسوس گاز خشک خروجی (kJ) Q_{i2} : گرمای محسوس بخار آب در گاز خروجی (kJ)
(٤) اتلاف گرما ناشی از احتراق ناقص Q_j (kJ)	$Q_j = V_{bg} \times \frac{(CO)}{100} \times 3.050$ ($kJ/m^3_N°C$) که V_{bg} : مقدار گازهای حاصل از احتراق به ازای یک تن ماده خشک (m^3_N) (CO) : در صد مونواکسید کربن موجود در گاز خروجی
(٥) گرمای محسوس پس ماند احتراق و گرمای احتراق کربن نسوخته Q_k (kJ)	(الف) گرمای محسوس پس ماند احتراق Q_{k1} (kJ) $Q_{k1} = m_a \times C_a \times (t_a - t)$ که m_a : مقدار پس ماند احتراق به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_a : گرمای ویژه پس ماند احتراق($kJ/kg°C$) t_a : دمای پس ماند احتراق (° C) t : دمای محیط (° C) **یادآوری ۱) m_a طبق فرمول زیر بدست می آید.** $m_a = m_f \times (\frac{a}{1-u})$ **که m_f : مقدار سوخت مصرف شده به ازای یک تن ماده خشک (kg)**

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		u: مقدار کربن نسوخته در یک کیلوگرم از پس ماند احتراق سوخت **(kg)** **a**: مقدار خاکستر در یک کیلو گرم از سوخت **(kg)** **یادآوری ۲)** $C_a = 0.8$ **kJ/kg°C** (ب) گرمای احتراق کربن نسوخته در پس ماند احتراق Q_{k2} (kJ) $Q_{k2} = m_c \times 33910$ (kJ/kg) که m_c : مقدار کربن نسوخته به ازای یک تن ماده خشک (kg) **یادآوری : m_c از فرمول زیر به دست می آید .** $\mathbf{m_c = m_a \times u}$ **که m_a : مقدار پس ماند احتراق به ازای یک تن ماده خشک (kg)** **u : مقدار کربن نسوخته در یک کیلوگرم از پس ماند احتراق (kg)** (ج) گرمای محسوس پس ماند احتراق و گرمای احتراق کربن نسوخته Q_k (kJ) $Q_k = Q_{k1} + Q_{k2}$ که Q_{k1} : گرمای محسوس پس ماند احتراق (kJ) Q_{k2} : گرمای احتراق کربن نسوخته در پس ماند احتراق (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
	(٦) گرمای محسوس خروجی به وسیله تجهیزات و واگن ها Q_l (kJ)	(الف) گرمای محسوس خروجی به وسیله قسمت های نسوز Q_{l1} (kJ) $Q_{l1} = m_b \times C_b \times (t'_b - t)$ که m_b : جرم قسمتهای نسوز تجهیزات و واگن ها به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_b : گرمای ویژه متوسط قسمت های نسوز (kJ / kg °C) t'_b : دمای خروجی قسمت های نسوز (° C) t: دمای محیط (° C) (ب) گرمای محسوس خروجی به وسیله قسمت های فلزی Q_{l2} (kJ) $Q_{l2} = m_i \times C_i \times (t'_i - t)$ که m_i : جرم قسمتهای فلزی تجهیزات و واگن ها به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_i : گرمای ویژه متوسط قسمت های فلزی (kJ / kg °C) t'_i : دمای خروجی قسمت های فلزی (° C) t : دمای محیط (° C) (ج) گرمای محسوس خروجی به وسیله سایر قسمت ها Q_{l3} (kJ) $Q_{l3} = m_\theta \times C_\theta \times (t'_\theta - t)$ که m_θ : جرم سایر قسمت ها (به جز قسمت های نسوز و فلزی) (kg)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		C_θ : گرمای ویژه متوسط سایر قسمت ها (به جز قسمت های نسوز و فلزی) ($kJ / kg\ °C$) t'_θ : دمای خروجی سایر قسمت ها ($°C$) t : دمای محیط ($°C$) (د) گرمای محسوس خروجی به وسیله تجهیزات و واگن ها $Q_ı$ (kJ) $Q_ı = Q_{ı1} + Q_{ı2} + Q_{ı3}$ که $Q_{ı1}$: گرمای محسوس خروجی به وسیله قسمت های نسوز (kJ) $Q_{ı2}$: گرمای محسوس خروجی به وسیله قسمت ای فلزی (kJ) $Q_{ı3}$: گرمای محسوس خروجی به وسیله سایر قسمت ها (kJ)
	(۷) تشعشع و سایر اتلافهای گرمایی Q_m (kJ)	$Q_m = Q_l - (Q_g + Q_h + Q_i + Q_j + Q_k + Q_ı)$ که Q_l : کل گرمای ورودی (kJ) Q_g : گرمای محسوس محصول خشک (kJ) Q_h : گرمای نهان مقدار آب تبخیر شده (kJ) Q_i: گرمای محسوس گاز خروجی (kJ) Q_j : اتلاف گرمای ناشی از احتراق ناقص (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		Q_k : گرمای محسوس پس ماند احتراق و گرمای احتراق کربن نسوخته (kJ) Q_l : گرمای محسوس خروجی به وسیله تجهیزات وواگن ها (kJ)
	(۸) کل گرمای خروجی Q_2 (kJ)	$Q_2 = Q_g + Q_h + Q_i + Q_j + Q_k + Q_l + Q_m$ که Q_g : گرمای محسوس محصول خشک (KJ) Q_h : گرمای محسوس و گرمای نهان مقدار آب تبخیر شده (kJ) Q_i: گرمای محسوس گاز خروجی (kJ) Q_j : اتلاف گرمای نهان ناشی از احتراق ناقص (kJ) Q_k : گرمای محسوس پس ماند احتراق و گرمای احتراق کربن نسوخته (kJ) Q_l : گرمای محسوس خروجی به وسیله تجهیزات وواگن ها(k J) Q_m : تشعشع و سایر اتلاف های گرمایی (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
۳) گرمای در گردش Q_3 (kJ)	(۱) گرمای محسوس مواد در حال گردش Q_n (kJ)	(الف) گرمای محسوس مواد خشک در حال گردش Q_{n1} (kJ) $Q_{n1} = m_{cm} \times C_{cm} \times (t_{cm} - t)$ که m_{cm} : مقدار مواد در حال گردش به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_{cm} : گرمای ویژه مواد خشک درحال گردش (kJ / kg °C) t_{cm} : دمای مواد در حال گردش (° C) t : دمای محیط (° C) (ب) گرمای محسوس آب موجود در مواد در حال گردش Q_{n2} (kJ) $Q_{n2} = m_{cmr} \times C_w \times (t_{cm} - t)$ که m_{cmr} : مقدار آب موجود در مواد در حال گردش به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_w : گرمای ویژه آب (kJ / kg °C) t_{cm} : دمای مواد در حال گردش (° C) t : دمای محیط (° C) (ج) گرمای محسوس مواد در حال گردش Q_n (kJ) $Q_n = Q_{n1} + Q_{n2}$ که Q_{n1} : گرمای محسوس مواد خشک در حال گردش (kJ) Q_{n2} : گرمای محسوس آب موجود در مواد در حال گردش (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
	(۲) گرمای محسوس گاز در حال گردش Q_o (kJ)	(الف) گرمای محسوس گاز خشک در حال گردش Q_{o1} (kJ) $Q_{o1} = V_{cg} \times C_{cg} \times (t_{cg} - t)$ که V_{cg} : مقدار گاز در حال گردش به ازای یک تن ماده خشک (m^3_N) C_{cg} : گرمای ویژه گاز خشک در حال گردش ($kJ/m^3_N°C$) t_{cg} : دمای گاز در حال گردش(° C) t : دمای محیط (° C) **یادآوری : C_{cg} باتوجه به ترکیب گاز وازفرمول دریادآوری بند ۱- (۲)- (الف) این جدول محاسبه می شود.** (ب) گرمای محسوس رطوبت گاز در حال گردش Q_{o2} (kJ) $Q_{o2} = m_{cgs} \times C_s \times (t_{cg} - t)$ که m_{cgs} : مقدار آب تبخیر شده به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_s : گرمای ویژه بخار آب (kJ / kg °C) t_{cg} : دمای گاز در حال گردش(° C) t: دمای محیط (° C) (ج) گرمای محسوس گاز در حال گردش Q_o (kJ) $Q_o = Q_{o1} + Q_{o2}$ که Q_{o1} : گرمای محسوس گاز خشک در حال گردش (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
		Q_{o2} : گرمای محسوس رطوبت گاز در حال گردش (kJ)
	(۳) گرمای در حال گردش Q_3 (kJ)	$Q_3 = Q_n + Q_o$ که Q_n : گرمای محسوس مواد در حال گردش (kJ) Q_o : گرمای محسوس گاز در حال گردش (kJ)
٤) گرمای تامین شده ورودی Q_4 (kJ)		$Q_4 = Q_a + Q_b + Q_c + Q_e$ که Q_a : گرمای احتراق سوخت (kJ) Q_b : گرمای محسوس سوخت (kJ) Q_c : گرمای محسوس گاز گرم ورودی (kJ) Q_e : گرمای محسوس هوای ورودی (kJ)
٥) گرمای مؤثر Q_5 (kJ)	(۱) گرمای مورد نیاز برای گرم کردن آب همراه تا نقطه تبخیر Q_p (kJ)	$Q_p = m_e \times C_w \times (t_e - t_m)$ که m_e : مقدار آب تبخیر شده به ازای یک تن ماده خشک (kg) C_w : گرمای ویژه آب (kJ / kg °C) t_e : دمای تبخیر آب(° C) (مطابق بند ۲- (۲) این جدول) t_m : دمای مواد خام (° C) (مطابق بند ۱- (٤) این جدول)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
	(۲) گرمای نهان تبخیر آب همراه Q_q (kJ)	$Q_q = Q_{h2}$ **یادآوری : Q_{h2} از بند ۲- (۲) – (ب) این جدول به دست می آید.**
	(۳) گرمای مورد نیاز برای گرم کردن مواد خشک تا دمای تبخیر آب Q_r (kJ)	$Q_r = m \times C_m \times (t_e - t_m)$ که $m=1000\ kg$ ماده خشک C_m : گرمای ویژه مواد خشک ($kJ / kg\ °C$) t_e : دمای تبخیرآب($°C$) (مطابق بند ۲- (۲) این جدول) t_m : دمای مواد خام ($°C$) (مطابق بند ۱- (٤) این جدول)
	(٤) گرمای مؤثر Q_5 (kJ)	$Q_5 = Q_p + Q_q + Q_r$ که Q_p : گرمای مورد نیاز برای گرم کردن آب همراه تا نقطه تبخیر (kJ) Q_q : گرمای نهان تبخیر آب همراه (kJ) Q_r : گرمای مورد نیاز برای گرم کردن مواد خشک تا نقطه تبخیر آب (kJ)

ادامه جدول ۱- موازنه انرژی حرارتی و روش محاسبه آن

بند		روش محاسبه
٦) راندمان حرارتی η (%)	(۱) راندمان خشک کردن η_1 (%)	$\eta_1 = \frac{Q_p + Q_q}{Q_4} \times 100$ که Q_4 : گرمای تامین شده ورودی (kJ) Q_p : گرمای مورد نیاز برای گرم کردن آب همراه تا نقطه تبخیر آن(kJ) Q_q : گرمای نهان تبخیر آب همراه (kJ)
	(۲) راندمان خشک کن η_2 (%)	$\eta_2 = \frac{Q_5}{Q_4} \times 100$ که Q_4 : گرمای تامین شده ورودی (kJ) Q_5 : گرمای مؤثر (kJ)

۸ ثبت و گزارش نتایج موازنه انرژی

جدول ۲- مشخصات کلی دستگاه

نام کارخانه :			مکان نصب :	
نام ونام خانوادگی شخص مسؤول دستگاه:				
نام و شماره خشک کن :				
کاربرد خشک کن :				
ظرفیت خشک کن :		ton/h		
نوع منبع حرارتی برای خشک کردن :				
دمای گاز گرم :		°C		
خشک کن	شکل :			
	روش خشک کردن :			
	اندازه :	m		
	روش خوراک دهی مواد خام :			
	چیدمان تجهیزات عملیاتی :			
	زمان اقامت :	min		
تجهیزات احتراق	شکل :			
	سطوح مشبک نگهدارنده سوخت های جامد (ظرفیت وتعدادمشعل ها)	m^2		
	حجم محفظه احتراق :	m^3		
تجهیزات تخلیه گازهای احتراق	روش تخلیه گاز:			
	مکش اجباری فن : شکل :			
	ظرفیت :	m^3/min		
	مکش طبیعی: شکل :			
	ظرفیت :	m^3/min		
	دودکش : اندازه (قطر × ارتفاع)	m		
	نام و تعداد تجهیزات جانبی :			
غبارگیر	شکل :			
	راندمان :	%		
نمای کلی دستگاه	**یادآوری :** در نمای کلی دستگاه باید مکان های نصب تجهیزات اندازه گیری مشخص شود.			

جدول ۳- کمیت های اندازه گیری شده

تاریخ و زمان اندازه گیری :				
نام ونام خانوادگی شخص مسؤول اندازه گیری :				
هوا	فشار :	دمای هوای محیط :	درصدرطوبت:	
	Pa	°C	٪	
نام و شکل مواد :				
ضریب ظرفیت عملی :	٪			

	بند		واحد	مقدار اندازه گیری شده	دفعات اندازه گیری	روش اندازه گیری
سوخت	نوع و نام تجاری سوخت :					
	ویژگی ها :					
	دمای مصرف :		°C			
	رطوبت (مقدار آب همراه سوخت مایع) :		% or g/m^3_N			
	ترکیب شیمیایی	گزارش تجزیه شیمیایی(در زمان خرید)	٪			
	زغال سنگ	در زمان مصرف:	٪			
	ارزش حرارتی (مقدار اندازه گیری شده)		kJ/kg or kJ/m^3_N			
	بیشینه ارزش حرارتی (درزمان مصرف)		kJ/kg or kJ/m^3_N			
	کمینه ارزش حرارتی (درزمان مصرف)		kJ/kg or kJ/m^3_N			
	مقدار استفاده شده	به ازای یک تن ماده خام	kg/h or m^3_N/h			
		به ازای یک تن ماده خشک	kg/t or m^3_N/t			
گاز گرم ورودی	دما :					
	رطوبت :					
	ترکیب	CO_2	٪			
		O_2	٪			
		CO	٪			
		N_2	٪			
	ظرفیت	گاز مرطوب به ازای یک تن ماده	m^3_N/h			
		گاز خشک به ازای یک تن ماده خشک	m^3_N/t			
مواد خام	جرم	به ازای یک ساعت (جرم تر) :	ton/h			
		به ازای یک ساعت (جرم خشک) :	ton/h			
	مقدار آب همراه (بر مبنای ماده تر) :		%			
	مقدار رطوبت همراه (برمبنای ماده خشک):		%			
	دما :		°C			
محصول خشک	جرم	به ازای یک ساعت (جرم تر) :	ton/h			
		به ازای یک ساعت (جرم خشک) :	ton/h			
	مقدار آب همراه (برمبنای ماده تر):		%			
	مقدار رطوبت همراه (برمبنای ماده خشک) :		%			
	دما :		°C			

ادامه جدول ۳- کمیت های اندازه گیری شده

مواد در گردش	جرم	به ازای یک ساعت (جرم تر)		ton/h			
		به ازای یک ساعت (جرم خشک)		ton/h			
	مقدار آب همراه (برمبنای ماده تر)			٪			
	مقدار رطوبت همراه (برمبنای ماده خشک)			٪			
	دما			°C			
مقدار آب تبخیر شده	به ازای یک ساعت			kg/h			
	به ازای یک تن ماده خشک			kg/t			
تجهیزات و واگن ها	جرم	قسمت های نسوز		kg			
		قسمت های فلزی		kg			
		سایر قسمت ها		kg			
	دما	قسمت های نسوز	ورودی	°C			
		قسمت های فلزی		°C			
		سایر قسمت ها		°C			
		قسمت های نسوز	خروجی	°C			
		قسمت های فلزی		°C			
		سایر قسمت ها		°C			
هوای ورودی	دما	هوای اولیه		°C			
		هوای ثانویه		°C			
	رطوبت			هوای خشک kg/kg			
	فشار خروجی فن			Pa			
	ظرفیت	به ازای واحد سوخت		m^3_N/kg or m^3_N/m^3_N			
		به ازای یک ساعت		m^3_N/h			
		به ازای یک تن ماده خشک		m^3_N/ton			
گاز در حال گردش	دما			°C			
	رطوبت			g/m^3_N			
	ترکیب	CO_2		%			
		O_2		%			
		CO		%			
		N_2		%			
	مقدار گاز درگردش	به ازای یک ساعت		m^3_N/h			
		به ازای یک تن ماده خشک		m^3_N/ton			
گاز خروجی	دما			°C			
	رطوبت			g/m^3_N			
	ترکیب	CO_2		%			
		O_2		%			

ادامه جدول ۳- کمیت های اندازه گیری شده

گاز خروجی	ترکیب	CO	٪			
		N_2	٪			
	مقدار گاز خروجی	به ازای واحد سوخت	m^3_N/kg or m^3_N/m^3_N			
		گاز مرطوب به ازای یک ساعت	m^3_N/h			
		گاز مرطوب به ازای یک تن ماده خشک	m^3_N/ton			
		گاز خشک به ازای یک تن ماده خشک	m^3_N/ton			
	فشار	فشار مکش فن	Pa			
		فشار دمش فن	Pa			
	نسبت هوا					
پس ماند احتراق	خاکستر:		%			
	کربن نسوخته :		%			
	دما :		°C			
	جرم	به ازای یک کیلوگرم سوخت	Kg/kg			
		به ازای یک تن ماده خشک خروجی	Kg/ton			

ملاحظات:

یادآوری : هنگامی که برخی کمیت ها از طریق محاسبه به دست می آیند ، ذکر توضیحات الزامی است.

جدول ۴- موازنه انرژی

بند			گرمای ورودی		گرمای خروجی		گرمای در گردش	
			۱۰۰۰kJ	٪	۱۰۰۰ kJ	٪	۱۰۰۰ kJ	٪
گرمای ورودی Q_1	(۱) گرمای احتراق سوخت	Q_a						
	(۲) گرمای محسوس سوخت	Q_b						
	(الف) گرمای محسوس سوخت خشک							
	(ب) گرمای محسوس آب موجود در سوخت							
	(۳) گرمای محسوس گاز داغ ورودی	Q_c						
	(الف) گرمای محسوس گاز داغ خشک ورودی							
	(ب) گرمای محسوس رطوبت گاز داغ ورودی							
	(٤) گرمای محسوس مواد خام	Q_d						
	(الف) گرمای محسوس ماده خشک							
	(ب) گرمای محسوس آب موجود در مواد خام							
	(۵) گرمای محسوس هوای ورودی	Q_e						
	(الف) گرمای محسوس هوای خشک							
	(ب) گرمای محسوس آب موجود در هوا							
	(٦) گرمای محسوس ورودی بوسیله تجهیزات و واگن ها	Q_f						

ادامه جدول ۴- موازنه انرژی

بند		گرمای ورودی		گرمای خروجی		گرمای در گردش	
		۱۰۰۰kJ	٪	۱۰۰۰kJ	٪	۱۰۰۰kJ	٪
ادامه	(الف)گرمای محسوس ورودی بوسیله قسمت های نسوز						
	(ب)گرمای محسوس ورودی بوسیله قسمت های فلزی						
	(ج)گرمای محسوس ورودی بوسیله سایر قسمت ها						
گرمای خروجی Q_2	(۷) گرمای محسوس محصولات خشک Q_g						
	(الف)گرمای محسوس مواد خشک						
	(ب)گرمای محسوس آب باقیمانده در محصولات خشک						
	(۸)گرمای محسوس وگرمای نهان تبخیر آب همراه Q_h						
	(الف)گرمای محسوس مقدار آب تبخیر شده						
	(ب)گرمای نهان مقدار آب تبخیر شده						
	(ج) گرمای محسوس بخار						
	(۹)گرمای محسوس گاز خروجی Q_i						
	(الف)گرمای محسوس گازخشک خروجی						
	(ب) گرمای محسوس بخارآب در گاز خروجی						

ادامه جدول ۴- موازنه انرژی

بند		گرمای ورودی		گرمای خروجی		گرمای در گردش	
		۱۰۰۰kJ	٪	۱۰۰۰kJ	٪	۱۰۰۰kJ	٪
ادامه	(۱۰) اتلاف گرما ناشی از احتراق ناقص Q_j						
	(۱۱) گرمای محسوس پس ماند احتراق و گرمای احتراق کربن نسوخته Q_k						
	(الف) گرمای محسوس پس ماند احتراق						
	(ب) گرمای احتراق کربن نسوخته در پس ماند احتراق						
	(۱۲) گرمای محسوس خروجی بوسیله تجهیزات وواگن ها Q_l						
	(الف) گرمای محسوس خروجی بوسیله قسمت های نسوز						
	(ب) گرمای محسوس خروجی بوسیله قسمت های فلزی						
	(ج) گرمای محسوس خروجی بوسیله سایر قسمت ها						
	(۱۳) تشعشع وسایر اتلاف های گرمایی Q_m						

ادامه جدول ۴- موازنه انرژی

بند		گرمای ورودی		گرمای خروجی		گرمای در گردش	
		۱۰۰۰kJ	٪	۱۰۰۰kJ	٪	۱۰۰۰kJ	٪
گرمای در گردش Q_3	(۱۴) گرمای محسوس مواد در گردش Q_n						
	(الف) گرمای محسوس مواد خشک در حال گردش						
	(ب) گرمای محسوس آب موجود در مواد در حال گردش						
	(۱۵) گرمای محسوس گاز در حال گردش Q_o						
	(الف) گرمای محسوس گاز خشک در حال گردش						
	(ب) گرمای محسوس رطوبت گاز در حال گردش						
جمع							
گرمای تامین شده ورودی Q_4 $Q_4 = Q_a + Q_b + Q_c + Q_e$		۱۰۰۰kJ					
گرمای مؤثر Q_5		۱۰۰۰kJ					
(۱) گرمای مورد نیاز برای گرم کردن آب همراه تا رسیدن به نقطه تبخیر Q_p							
(۲) گرمای نهان تبخیر آب همراه Q_q							
(۳) گرمای مورد نیاز برای گرم کردن مواد خشک تادمای تبخیر آب Q_r							
راندمان حرارتی η	(۱) راندمان خشک کردن η_1	٪					
	(۲) راندمان خشک کن η_2	٪					

پیوست الف

فرمول تبدیل ترکیب شیمیایی و ارزش حرارتی سوخت به مقدار آن در زمان مصرف

(الزامی)

الف ۱۰ ترکیب

مقادیرw، a، c، h ، s، n و o توسط فرمول های زیر بدست می آیند .

$$w = w_2 + \frac{100 - w_2}{100} \times w_1$$

$$a = \frac{100 - w_2}{100} \times a_1$$

$$c = \frac{100 - w_1}{100} \times \frac{100 - w_2}{100} \times c_0 = \frac{100 - w}{100} \times c_0$$

$$h = \frac{100 - w_1}{100} \times \frac{100 - w_2}{100} \times h_0 = \frac{100 - w}{100} \times h_0$$

$$s = \frac{100 - w_1}{100} \times \frac{100 - w_2}{100} \times s_0 = \frac{100 - w}{100} \times s_0$$

$$n = \frac{100 - w}{100} \times \frac{100 - w_2}{100} \times n_0 = \frac{100 - w}{100} \times n_0$$

$$o = 100 - (w + a + c + h + s + n)$$

که درآن:

w : درصد آب همراه

a : درصد خاکسترسوخت

c : درصد کربن

h : درصد هیدروژن

s : درصد گوگرد قابل احتراق

n : درصد نیتروژن

o : درصد اکسیژن

w_2 : درصد رطوبت سوخت

w_1: درصدآب براساس اندازه گیری صنعتی(وقتی که میزان رطوبت به حالت تعادل رسیده است.)

a_1 : درصد خاکستربراساس اندازه گیری صنعتی(وقتی که میزان رطوبت به حالت تعادل رسیده است.)

c_0 : درصد کربن براساس اندازه گیری شیمیایی و برمبنای بدون آب

h_0: درصد هیدروژن براساس اندازه گیری شیمیایی و بر مبنای بدون آب

s_0 : درصدگوگرد قابل احتراق براساس اندازه گیری شیمیایی و بر مبنای بدون آب

n_0: درصد نیتروژن براساس اندازه گیری شیمیایی وبر مبنای بدون آب

الف ۲۰ ارزش حرارتی

ارزش حرارتی بیشینه H_h (kJ) و ارزش حرارتی کمینه H_l(kJ) از روابط زیربه دست می آیند

$$H_h = \frac{100 - w_2}{100} \times H_0$$

$$H_l = H_h - 6 \times (9h + w)$$

که H_0 : ارزش حرارتی بیشینه (وقتی که مقدار رطوبت به حالت تعادل رسیده است.)(kJ/kg)

w_2: درصد رطوبت

h : درصد هیدروژن

w : درصد آب همراه

یادآوری ۱) درصد رطوبت (w_2) برای سوخت های نفتی مایع صفر در نظر گرفته می شود.ترکیب شیمیایی و ارزش حرارتی بیشینه باید به وسیله نمونه گیری و آزمون تعیین شود .

یادآوری ۲) در صورتی که تجزیه شیمیایی **سوخت نفتی مایع انجام نمی شود، مقدار کربن ۸۶ ٪ و هیدروژن ۱۲ ٪ درنظرگرفته می شود.**

یادآوری ۳) برای به دست آوردن ترکیب شیمیایی زغال سنگ، می توان ازنتایج اندازه گیری های صنعتی برطبق فرمول زیر استفاده کرد:

(۱) درصد مقدار ماده فرار زغال سنگ خشک بدون خاکستر(V')

$$V' = \frac{v_1}{v_1 + c_1} \times 100$$

که v_1 : درصد ماده فرار اندازه گیری شده توسط روش های اندازه گیری صنعتی (وقتی که مقدار رطوبت به حالت تعادل رسیده است.)

c_1 : درصد کربن ثابت اندازه گیری شده توسط روش های اندازه گیری صنعتی (وقتی که مقدار رطوبت به حالت تعادل رسیده است.)

(۲) درصد مقدار کربن ثابت زغال سنگ خشک بدون خاکستر (F')

$$F' = 100 - V'$$

(۳) در صورت در اختیار داشتن مقدار گوگرد قابل احتراق زغال سنگ خشک بدون خاکستر(S') وF' و V' مقادیر C'، H' ، N' و O' از فرمول های زیر بدست می آیند :

$$C' = F' + 0.65 \times (V' - 7)$$
$$H' = 0.013 \times (V' + 436)$$
$$N' = 0.017 \times (140 - V')$$
$$O' = 100 - [C' + H' + N' + S'(^1)]$$

نکته (^{1}): همچنین می توان مقدار گوگرد قابل احتراق زغال سنگ خشک بدون خاکستر(S') را ازفرمول زیر بدست آورد :

$$S' = \frac{100}{100 - a_0} \times s_0$$

که درآن a_0 : درصد خاکستر گزارش شده بر مبنای خشک

s_0 : درصد گوگرد قابل احتراق گزارش شده برمبنای خشک

(٤) درصد کربن (c_0)، درصد هیدروژن (h_0) ، درصد نیتروژن (n_0) و درصد اکسیژن (o_0) بر مبنای زغال سنگ خشک ، از مقادیر C'، H' ، N' و O' توسط فرمول های زیر بدست می آیند :

$$c_0 = C' \times \frac{100 - a_0}{100}$$
$$h_0 = H' \times \frac{100 - a_0}{100}$$
$$n_0 = N' \times \frac{100 - a_0}{100}$$
$$o_0 = O' \times \frac{100 - a_0}{100}$$

یادآوری ۴) هنگامی که سوخت مصرفی زغال سنگ باشد وتجزیه شیمیایی آن در اختیار نباشد، ومقدار هیدروژن زغال سنگ خشک بدون خاکستر۵/۷ درصد باشد. h ،از فرمول زیر بدست می آید :

$$h = 5.7 \times \frac{100 - (w_1 + a_1)}{100} \times \frac{100 - w_2}{100}$$

که w_1 : درصد آب بر اساس اندازه گیری صنعتی (وقتی که مقدار رطوبت به حالت تعادل رسیده است.)

w_2 : درصد رطوبت

a_1 : در صد خاکستربر اساس اندازه گیری صنعتی (وقتی که مقدار رطوبت به حالت تعادل رسیده است.)

پیوست ب

تعیین مقدار گاز خروجی خشک ، نسبت هوا ، مقدار هوای تئوری و مقدار بخار در گاز خروجی

(الزامی)

ب ۱۰ در حالتی که فقط از سوخت استفاده می شود

ب ۱۰-۱ در حالتی که از زغال سنگ و سوخت نفتی مایع استفاده می شود : روش

محاسبه مطابق زیر است :

ب ۱۰-۱-۱ مقدار گاز خشک خروجی به ازای یک کیلوگرم از سوخت

$G'\ (m^3{}_N / kg\ \ fuel)$

$$G' = (m - 0.21) \times A_0 + \frac{1}{100}(1.867c + 0.7s + 0.8n)$$

که درآن m : نسبت هوا

A_0 : مقدار هوای تئوری $(m^3{}_N/kg\ fuel)$

c : درصد کربن سوخت در زمان مصرف

s : درصد گوگرد قابل احتراق سوخت در زمان مصرف

n : درصد نیتروژن سوخت در زمان مصرف

یادآوری : G' را از فرمول زیر نیز، می توان به دست آورد :

$$G' = G_0 + (m - 1) \times A_0 - \frac{22.4}{18} \times (\frac{9h + w}{100})$$

که درآن G_0 : مقدار تئوری گاز مرطوب حاصل از احتراق $(m^3{}_N / kg\ \ fuel)$

m : نسبت هوا

A_0 : مقدار هوای تئوری $(m^3{}_N/kg\ fuel)$

h : درصد هیدروژن سوخت در زمان مصرف

w : درصد آب موجود درسوخت در زمان مصرف

G_0 از فرمول زیر نیز، می تواند به دست آید :

برای زغال سنگ:

$$G_0 = \frac{1.17 \times H_l}{1000} + 0.05 \quad \mathbf{m^3{}_N/kg\ \ fuel}$$

برای سوخت نفتی مایع :

$$G_0 = \frac{1.11 \times H_l}{1000} + 0.04 \quad \mathbf{m^3{}_N/kg\ \ fuel}$$

که درآن H_l : ارزش حرارتی کمینه سوخت در زمان مصرف (kJ/kg)

ب ۱۰-۱-۲ مقدار هوای تئوری به ازای یک کیلوگرم از سوخت

A_0 ($m^3{}_N$/kg fuel)

$$A_0 = \frac{1}{100} \times [8.89c + 26.7 \times (h - \frac{o}{8}) + 3.33s] \quad m^3{}_N/kg\ \ fuel$$

که درآن c : درصد کربن سوخت در زمان مصرف

h : درصد هیدروژن سوخت درزمان مصرف

o : درصد اکسیژن سوخت درزمان مصرف

s : درصد گوگرد قابل احتراق سوخت درزمان مصرف

یادآوری : $A_0(m^3{}_N/kg\ \ fuel)$ از فرمول زیر نیز می تواند به دست آید:

برای زغال سنگ :

$$A_0 = \frac{1.09 \times H_l}{1000} - 0.09 \quad \mathbf{m^3{}_N/kg\ \ fuel}$$

برای سوخت نفتی مایع :

$$A_0 = \frac{1.04 \times H_l}{1000} - 0.02 \quad \mathbf{m^3{}_N/kg\ \ fuel}$$

که درآن H_l : ارزش حرارتی کمینه سوخت در زمان مصرف (kJ/kg)

ب ۱۰-۱-۳ نسبت هوا (m)

$$m = \frac{(N_2)}{(N_2) - 3.76 \times [(O_2) - 0.5(CO)]}$$

که درآن (N_2) : درصد نیتروژن درگازهای حاصل از احتراق

(O_2) : درصد اکسیژن درگازهای حاصل از احتراق

(CO) : درصد مونواکسیدکربن درگازهای حاصل از احتراق

یادآوری : m توسط فرمول زیر نیز می تواند به دست آید :

$$m = \frac{CO_{2\max}}{(CO_2)}$$

که درآن (CO_2) : درصد دی اکسید کربن درسوخت گازی

$CO_{2\max}$: حداکثر مقدار دی اکسید کربن درسوخت بر حسب درصد (این مقدار می تواند برای زغال سنگ ۱۸/۵٪ و برای سوخت نفتی مایع ۱۵/۳ ٪ درنظرگرفته شود.)

ب . ۱-۱-۴ مقدار بخار در گاز خروجی به ازای یک کیلوگرم سوخت

w_{gs} (kg/kg fuel)

$$w_{gs} = \frac{29}{22.4} \times A \times Z + \frac{1}{100} \times (w + 9h)$$

که درآن A : مقدار هوای مصرف شده به ازای یک کیلوگرم سوخت ($m^3{}_N$/ kg fuel)

Z : رطوبت مطلق

w : درصد مقدار آب موجود در سوخت در زمان مصرف

h : درصد هیدروژن سوخت درزمان مصرف

یادآوری ۱) A ($m^3{}_N$/kg) توسط فرمول زیر به دست می آید :

$$A = m \times A_0$$

که درآن m : نسبت هوا

A_0 : مقدار هوای تئوری

یادآوری ۲) Z توسط فرمول زیر بدست می آید :

$$Z = \frac{0.6 \times \varphi \times ps}{p - \varphi \times ps} \quad \textbf{kg/kg dry air}$$

که درآن p : فشار اتمسفری (pa)

φ : رطوبت نسبی

p_s : فشار بخار اشباع (pa)

ب . ۱-۲ در حالتی که از سوخت گاز استفاده می شود : روش محاسبه مطابق زیر است:

ب . ۱-۲-۱ مقدار گاز خروجی خشک به ازای (۱ $m^3{}_N$) از سوخت

G´ ($m^3{}_N$ /$m^3{}_N$ fuel)

$$G' = m \times A_0 + 1 - 1.5H_2 - 0.5CO - 2CH_4 - 2C_2H_2$$

که درآن m : نسبت هوا

A_0 : مقدار هوای تئوری ($m^3{}_N$/$m^3{}_N$ fuel)

H_2 : درصد هیدروژن درسوخت گازی

CO : درصد مونواکسید کربن درسوخت گازی

CH_4 : درصد متان در سوخت گازی

C_2H_2 : درصد استیلن در سوخت گازی

یادآوری : $G'(m^3{}_N/m^3{}_N$ fuel) از فرمول زیر نیز می تواند به دست آید :

$$G' = G_0 + (m-1)\times A_0 - (H_2 + 2CH_4 + 2C_2H_4 + H_2O)$$

که درآن G_0 : مقدار تئوری گازهای مرطوب حاصل از احتراق $(m^3{}_N/m^3{}_N$ fuel)

m : نسبت هوا

A_0 : مقدار تئوری هوا $(m^3{}_N/m^3{}_N$ fuel)

H_2 : درصد هیدروژن در سوخت گازی

CH_4 : درصد متان در سوخت گازی

C_2H_4 : درصد اتیلن در سوخت گازی

H_2O : درصد آب در سوخت گازی

G_0 توسط فرمول زیر بدست می آید:

$$G_0 = \frac{1.06\times H_l}{1000} + 0.61 \qquad (m^3{}_N/m^3{}_N \text{ fuel gas})$$

که درآن H_l : ارزش حرارتی کمینه سوخت گازی $(kJ/m^3{}_N)$

ب . ۱-۲-۲ مقدار تئوری هوا به ازای ۱ $m^3{}_N$ از سوخت A_0 $(m^3{}_N/m^3{}_N$ fuel)

$$A_0 = \frac{1}{0.21}\times(0.5H_2 + 0.5CO + 2CH_4 + 3C_2H_4 - O_2)$$

که درآن H_2 : درصد هیدروژن در سوخت گازی

CO : درصد مونواکسید کربن در سوخت گازی

CH_4 : درصد متان درسوخت گازی

C_2H_4 : درصد اتیلن در سوخت گازی

O_2 : درصد اکسیژن در سوخت گازی

یادآوری : A_0 $(m^3{}_N/m^3{}_N$ fuel) از فرمول زیر نیز می تواند به دست آید :

$$A_0 = \frac{1.10\times H_l}{1000} - 0.32 \qquad (m^3{}_N/m^3{}_N \text{ fuel})$$

که درآن H_l : ارزش حرارتی کمینه سوخت گازی $(kJ/m^3{}_N)$

ب . ۱-۲-۳ نسبت هوا (m)

$$m = \frac{(N_2)}{(N_2) - 3.76 \dfrac{(O_2) - 0.5 \times (CO)}{1 - \dfrac{N_2}{(N_2)} \times \dfrac{(CO) + (CO_2)}{CO + CO_2 + CH_4 + 2C_2H_4}}}$$

$$= \frac{1}{1 - 3.76 \dfrac{(O_2) - 0.5 \times (CO)}{(N_2) - \dfrac{N_2 \times [(CO) + (CO_2)]}{CO + CO_2 + CH_4 + 2C_2H_4}}}$$

که درآن N_2 : درصد نیتروژن در سوخت گازی

CO : درصد مونواکسید کربن درسوخت گازی

CO_2 : درصد دی اکسید کربن در سوخت گازی

CH_4 : درصد متان در سوخت گازی

C_2H_4 : درصد اتیلن درسوخت گازی

(N_2) : درصد نیتروژن در گازهای حاصل از احتراق

(CO) : درصد مونواکسید کربن درگازهای حاصل از احتراق

(CO_2) : درصد دی اکسید کربن در گازهای حاصل از احتراق

(O_2) : درصد اکسیژن در گازهای حاصل از احتراق

ب . ۱-۲-۴ مقدار بخار در گاز احتراق $w_{gs}(kg/m^3{}_N \text{ fuel})$

$$w_{gs} = \frac{29}{22.4} \times A \times Z + \frac{18}{22.4} \times (H_2 + 2CH_4 + 2C_2H_4 + H_2O)$$

که درآن A : مقدار هوای مصرف شده $(m^3{}_N/m^3{}_N \text{ fuel})$ (بر طبق بند ۱-۱-٤ بدست می آید.)

Z : رطوبت مطلق (بر طبق بند ۱-۱-٤ بدست می آید.)

H_2 : درصد هیدروژن در سوخت گازی

CH_4 : درصد متان در سوخت گازی

C_2H_4 : درصد اتیلن در سوخت گازی

H_2O : درصد بخار در سوخت گازی

ب . ۲ در حالتی که گاز گرم وارد می شود

ب . ۲-۱ در حالتی که از گاز گرم استفاده می شود : روش محاسبه مطابق زیر است :

ب . ۲-۱-۱ مقدار گاز خروجی خشک به ازای یک تن ماده خشک $G_2'(kg)$

$$G_2' = G_2 - \frac{22.4}{18} \times w_{gs}$$

که درآن G_2 : مقدار گاز خروجی مرطوب به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

w_{gs} : مقدار بخار در گاز خروجی (kg)

ب . ۲-۱-۲ مقدار بخار در گاز خروجی به ازای یک تن ماده خشک $w_{gs}(kg)$

$$w_{gs} = \frac{G_1' \times w_1}{1000} \times w + \frac{29}{22.4} \times A' \times Z$$

که درآن G_1' : مقدار گاز گرم خشک ورودی به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

w_1 : رطوبت گازگرم ورودی به ازای یک تن ماده خشک $(g/m^3{}_N \text{ dry gas})$

w : مقدار آب تبخیر شده به ازای یک تن ماده خشک (kg)

A' : مقدار هوای خشک ورودی به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

Z : رطوبت مطلق

یادآوری ۱) $G_1'(m^3{}_N)$ **از فرمول زیر به دست می آید :**

$$G_1' = \frac{G_1}{1 + \frac{22.4}{18 \times 1000} \times w_1}$$

که درآن G_1 **: مقدار گاز گرم ورودی مرطوب** $(m^3{}_N)$

w_1 **: رطوبت گازگرم ورودی** $(g/m^3{}_N \text{ dry gas})$

یادآوری ۲) $A'(m^3{}_N)$ **از فرمول زیر به دست می آید :**

$$A' = \frac{A}{1 + \frac{29}{18} \times Z}$$

که درآن Z **: رطوبت مطلق**

A **: مقدار هوای ورودی به ازای یک تن ماده خشک** $(m^3{}_N)$

و A **از فرمول زیر به دست می آید :**

$$A = G_2 - G_1 - \frac{22.4}{18} \times w$$

که درآن G_2 : مقدار گاز خروجی مرطوب به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

G_1 : مقدار گاز گرم ورودی مرطوب به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

w : مقدار آب تبخیر شده به ازای یک تن ماده خشک (kg)

یادآوری۳) رطوبت گاز خروجی $w_2(g/m^3{}_N)$ از فرمول زیر به دست می آید :

$$w_2 = \frac{w_{gs}}{G_2}$$

که درآن G_2 : مقدار گاز خروجی مرطوب به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

w_{gs} : مقدار بخار در گاز خروجی به ازای یک تن ماده خشک (g)

ب ۲۰-۱ در حالتی که گاز ورودی به وسیله احتراق گرم شده است

دراین حالت ، روش محاسبه مطابق زیراست :

ب ۲۰-۲-۱ مقدار گاز خروجی خشک به ازای یک تن ماده خشک $G_2'(m^3{}_N)$

$$G_2{}' = \frac{G_2}{1 + \frac{22.4}{18 \times 1000} \times w_2}$$

که درآن w_2 : رطوبت گاز خروجی $(g/m^3{}_N)$

G_2 : مقدار گاز خروجی مرطوب به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

ب ۲۰-۲-۲ مقدار بخار در گاز خروجی به ازای یک تن ماده خشک w_{gs} (kg)

$$w_{gs} = \frac{G_2}{1000 + \frac{22.4}{18 \times 1000} \times w_2} \times w_2$$

که درآن w_2 : رطوبت گاز خروجی $(g/m^3{}_N)$

G_2 : مقدار گاز خروجی مرطوب به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

یادآوری : (w_2) و(m) نسبت هوا از دو فرمول (a) و (b) بدست می آید :

$$\text{(a)} \quad \frac{G_2}{1000 + \frac{22.4}{18} \times w_2} \times w_2 = \frac{G_1{}' \times w_1}{1000} + m + m_f \times \left(\frac{29}{22.4} \times m \times A_0 \times Z + \frac{w}{100} + \frac{9h}{100}\right)$$

$$\text{(b)}\quad \frac{G_2}{1+\frac{22.4}{18\times 1000}\times w_2} - G_1{}' = m_f \times \left[(m-0.21)A_0 + \frac{1.867c}{100} + \frac{0.7s}{100} + \frac{0.8n}{100}\right]$$

که درآن G_2 : مقدار گاز خروجی مرطوب به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

G_1' : مقدار گاز گرم خشک ورودی به ازای یک تن ماده خشک $(m^3{}_N)$

w_1 : مقدار آب در گاز گرم ورودی $(g/m^3{}_N)$

m : مقدار آب تبخیر شده به ازای یک تن ماده خشک (kg)

m_f : مقدار سوخت مصرف شده به ازای یک تن ماده خشک $(kg \text{ or } m^3{}_N)$

A_0 : مقدار هوای تئوری به ازای یک کیلوگرم از سوخت $(m^3{}_N/kg\ fuel)$

Z : رطوبت مطلق

w : درصد آب موجود در سوخت در زمان مصرف

h : درصد هیدروژن سوخت در زمان مصرف

c : درصد کربن سوخت درزمان مصرف

s : درصد گوگرد قابل احتراق سوخت در زمان مصرف

n : درصد نیتروژن سوخت در زمان مصرف

جدول ۵- گرمای ویژه متوسط در فشار ثابت $(kJ/m^3{}_N\ °C)$

دما t(°C)	CO_2	H_2	Air	CO	N_2	O_2	CH_4	C_2H_4	H_2O	H_2O (KJ/kg°C)
0	1.610	1.296	1.296	1.300	1.292	1.304	1.543	1.885	1.493	1.931
100	1.710	1.296	1.300	1.300	1.296	1.313	1.618	2.070	1.505	1.942
200	1.710	1.296	1.304	1.304	1.300	1.334	1.756	2.341	1.522	1.948
300	1.869	1.296	1.317	1.317	1.304	1.355	1.890	2.546	1.543	1.956
400	1.936	1.296	1.329	1.329	1.317	1.375	2.015	2.738	1.564	1.965
500	1.994	1.300	1.342	1.342	1.325	1.392	2.132	2.914	1.589	1.977
600	2.049	1.300	1.355	1.355	1.350	1.409	2.249	3.069	1.614	1.990
700	2.095	1.304	1.367	1.371	1.367	1.426	2.358	3.211	1.639	2.003
800	2.136	1.309	1.384	1.388	1.380	1.438	2.462	3.365	1.668	2.023

جدول ۶- گرمای ویژه سوختها و مواد (0 to 100 °C) (kJ/kg)

0.74	آجر	0.71	لعاب کاشی(بهداشتی)	1.88	سوخت مایع نفتی
0.83	آجر سیلیس	0.76	سفال پخته شده	1.05	زغال سنگ قیری (خالص)
0.82	آجر نسوز	0.79	سیلیس	0.84	کائولنت
0.95	آجر منیزیتی	0.88	سنگ آهک	0.67	فلدسپار
0.50	آهن	0.79	خاک رس	0.79	کوآرتز
		0.89	خاک دیاتومه	0.77	خاک چینی

ICS: 17.200.10 ; 25.180.01; 73.120