



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۹۶۵۳

چاپ اول

ISIRI

9653

1st. Edition

معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی
حرارتی و الکتریکی در فرآیندهای تولید
آهن و فولاد

**Technical specification and criteria for
thermal and electrical energy consumption
in iron and steel production processes**

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
تهران - خیابان ولیعصر، ضلع جنوبی میدان ونک، پلاک ۱۲۹۴، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹
تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱
دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳
کرج - شهر صنعتی، صندوق پستی ۳۱۵۸۵-۱۶۳
تلفن: ۸-۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶۱)
دورنگار: ۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶۱)
پیام نگار: standard@isiri.org.ir
وبگاه: www.isiri.org
بخش فروش، تلفن: ۲۸۱۸۹۸۹ (۰۲۶۱)، دورنگار: ۲۸۱۸۷۸۷ (۰۲۶۱)
بها: ۱۵۰۰ ریال

Institute of Standards and Industrial Research of IRAN
Central Office: No.1294 Valiaser Ave. Vanak corner, Tehran, Iran
P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran
Tel: +98 (21) 88879461-5
Fax: +98 (21) 88887080, 88887103
Headquarters: Standard Square, Karaj, Iran
P.O. Box: 31585-163
Tel: +98 (261) 2806031-8
Fax: +98 (261) 2808114
Email: standard@isiri.org.ir
Website: www.isiri.org
Sales Dep.: Tel: +98(261) 2818989, Fax.: +98(261) 2818787
Price:1500 Rls.

بسمه تعالی

امروزه استانداردها مفاهیم گسترده‌ای یافته‌اند و از کارائی مطلوبی برخوردار می‌باشند. بدون تردید مبانی و زیرساخت‌های علمی و فنی یک تولید خوب، تجارت سالم و مصرف مطمئن مستلزم رعایت استانداردها می‌باشد بنحویکه کشورهای توسعه یافته، موفقیت و پیشرفت‌های خویش را مدیون نظام استانداردسازی می‌دانند. خوشبختانه تعالیم غنی اسلامی نیز حکایت از اهمیت و حساسیت مقوله استاندارد دارد.

در قرآن کریم آمده است "قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا" برآستی که خداوند برای هر چیز حدّ و اندازه نهاده است. این امر در سوره‌های مختلفی از قرآن کریم به اشکال مختلف مورد تأکید قرار گرفته است. پیشوایان دین ما نیز بر این معنا توجه ویژه‌ای داشته‌اند تا آنجا که از پیامبر گرامی اسلام (ص) نقل شده است:

"اِذَا عَمَلْتَ عَمَلًا، فَاتَّقِنْ صُنْعَهُ، فَإِنَّ النَّاسَ لِأَيِّشَاتُونَ كَيْفَ صَنَعْتَ، بَلْ يَقُولُونَ كَيْفَ صَنَعَ" (غررالحکم و دررالکلم) وقتی کاری را انجام دادی آن را نیکو و استوار انجام بده به درستی که مردم نمی‌پرسند چقدر کار کردی بلکه می‌گویند چگونه (با چه کیفیتی) انجام دادی. و علی (ع) به عنوان پیشوای مسلمین جهان نیز در ساعات پایانی حیات پر برکتش می‌فرماید: "اوصیکم به تقوی الله و نظم امرکم". قدر مسلم فرهنگ غنی دینی و سابقه درخشان تمدن در ایران، دستیابی به جدیدترین استانداردها و رعایت آن به عنوان عامل مؤثر در عرصه رقابت پیچیده اقتصادی سهل و آسان خواهد نمود گرچه انجام این مهم نیازمند اراده و عزم ملی می‌باشد.

آشنائی با سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (ساتصا):

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، طبق قانون تنها مرجع رسمی کشور برای تدوین استانداردهای ملی می‌باشد. از طرفی با توجه به عضویت در سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML) در تدوین استانداردهای بین‌المللی مشارکت و نقش دارد و به عنوان تنها رابط کمیسیون کدکس غذایی (CAC) در کشور فعالیت می‌کند.

برای اینکه واحدهای تولیدی و خدماتی بتوانند استانداردهای خاص خود (شبه استاندارد) را داشته باشند آنها را راهنمایی می‌کند.

"ساتصا" برای تدوین استانداردها از افراد ذینفع و ذیربط اعم از حقیقی و حقوقی کمک می‌گیرد و از نظرات خبرگان در بخش صنعت، خدمات و تجارت استفاده می‌کند و همچنین از نظرات متخصصین، صاحب نظران و اساتید دانشگاه بهره‌مند می‌شود و در این راستا تلاش می‌نماید تا:

- عملکردی متعهدانه و سازمان یافته در مواجهه با چالش‌های اقتصادی در عرضه رقابت ملی و جهانی داشته باشد؛
- استانداردهای ملی ایران عادلانه، مسئولانه و کارآمد تدوین شود؛
- در آموزش، ترویج و اجرای استانداردهای ملی و فعالیت‌های بهینه ارزیابی انطباق از هیچ کوششی دریغ ننماید؛
- با نظارت بر هماهنگی فعالیت‌ها از اعتبار نام و نشان ساتصا صیانت کند؛
- به تدوین استاندارد به صورت فراگیر در گستره صنعت، خدمات، تجارت، مدیریت و حوزه انسانی توجه نماید؛
- از مشارکت ذینفعان در فعالیت‌های استانداردسازی اطمینان حاصل نماید.

و در مجموع میتوان گفت: شکوفائی اقتصادی و رفاه ملی از طریق ارتقاء کیفیت محصولات ایرانی از آرمان‌های بلند خانواده بزرگ استاندارد در سطح کشور می‌باشد.

"ساتصا" تلاش می‌نماید با تأیید صلاحیت شرکت‌های بازرسی فنی، مشاوره‌ای، ممیزی، آزمایشگاه‌ها و مراکز آموزشی، از ظرفیت‌های علمی، فنی و اجرایی کشور برای انجام بهینه مأموریت‌های خود، گسترش و تعمیق استانداردسازی در سطح ملی استفاده نماید و از انجمن‌ها و تشکل‌های ایجاد شده برای سازماندهی و نهادینه کردن فرهنگ استاندارد سازی حمایت کند.

کمیسیون فنی تدوین استاندارد «معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی
حرارتی و الکتریکی در فرآیندهای تولید آهن و فولاد»

رئیس

محمدنژاد، حمدالله
(فوق لیسانس مهندسی نفت)

سمت و/یا نمایندگی

سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور

دبیر

نفیسی، فرهاد
(لیسانس مهندسی مکانیک)

سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور

اعضا

اکبری، حشمت الله
(فوق لیسانس مهندسی انرژی)

وزارت نیرو

ذاکری، یدالله
(دکتری مهندسی مکانیک)

مشاور شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور

زروانی، رامش
(لیسانس شیمی)

وزارت نفت

غلامرئائی، منیژه
(فوق لیسانس مهندسی برق)

شرکت توسعه و نوسازی صنایع و معادن

قزلباش، پریچهر
(لیسانس فیزیک کاربردی)

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

شکاری، نسیم
(لیسانس مهندسی شیمی)

سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور

پیش‌گفتار

استاندارد " معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در فرایندهای تولید آهن و فولاد " که پیش‌نویس آن توسط سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور تهیه و تدوین شده و در جلسه کمیته تصویب معیارهای مصرف انرژی در وزارت نفت مورخ ۱۳۸۶/۴/۱۹ مطابق با مواد قانونی بند (الف) ماده ۱۲۱ قانون برنامه پنج ساله سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران و مصوبات شورای عالی استاندارد مورد تأیید قرار گرفته است، اینک به استناد بند ۱ ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌گردد.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها مطرح شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده کرد. لذا با بررسی امکانات و مهارت‌های موجود این استاندارد با استفاده از منبع زیر تهیه گردیده است:

گزارش " معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی تولید آهن و فولاد " - سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور

مقدمه

با توجه به بهای فراورده های نفتی در داخل کشور و یارانه پرداختی دولت و همچنین محدودیت منابع فسیلی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، عدم کارایی فنی و اقتصادی مصرف انرژی، امکان صادرات فراورده های نفتی در صورت صرفه جویی واحدهای تولیدی، مسائل و مشکلات مرتبط با محیط زیست ناشی از مصرف غیر مجاز سوخت، مدیریت مصرف انرژی و بالا بردن بازده و بهره وری انرژی در این دسته از صنایع به یک ضرورت تبدیل شده است.

طبق ماده ۱۲۱ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، دولت موظف است به منظور اعمال صرفه جویی، منطقی کردن مصرف انرژی و حفاظت از محیط زیست، نسبت به تهیه و تدوین معیارها و مشخصات فنی مرتبط با مصرف انرژی در تجهیزات، فرایندها و سیستم های مصرف کننده انرژی، اقدام نماید، به ترتیبی که کلیه مصرف کنندگان و وارد کنندگان این تجهیزات، فرایندها و سیستمها ملزم به رعایت این مشخصات و معیارها باشند. معیارهای مذکور توسط کمیته ای متشکل از نمایندگان وزارت نفت، وزارت نیرو، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، سازمان حفاظت محیط زیست و وزارتخانه ذی ربط تدوین می شود.

همچنین بر اساس مصوبات شورای عالی استاندارد، پس از تصویب استانداردهای مربوط در کمیته مزبور، این استانداردها طبق آیین نامه اجرائی قانون فوق الذکر، همانند استانداردهای اجباری توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به اجرا در خواهد آمد.

معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در فرآیندهای تولید آهن و فولاد

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین معیار مصرف انرژی در فرآیندهای مختلف تولید آهن و فولاد است. در این استاندارد، نحوه ارزیابی و اندازه گیری میزان انرژی حرارتی و الکتریکی مصرفی در فرآیند تولید آهن و فولاد مشخص می‌شود.

این استاندارد، فرآیندهای تولید آهن و فولاد را در برمی‌گیرد و فرآیندهای تولید فولادهای آلیاژی را شامل نمی‌گردد.

۲ مراجع الزامی

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

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- | | |
|-----|--|
| ۱-۲ | استاندارد ملی ۱۲۲۵ سال ۱۳۵۶- پوشاندن آهن و فولاد با پوششی از روی و آلومینیوم به روش پاشیدن برای محافظت در برابر خوردگی |
| ۲-۲ | استاندارد ملی ۱۰۷۰ سال ۱۳۸۳- فولاد و چدن - اندازه گیری مقدار سیلیس کل روش وزنی - روش آزمون |
| ۳-۲ | استاندارد ملی ۱۰۷۴ سال ۱۳۸۳- فولاد و چدن - اندازه گیری کربن کل روش وزنی، احتراقی روش آزمون (تجدیدنظر) |
| ۴-۲ | استاندارد ملی ۱۷۹۷ سال ۱۳۷۰- اندازه‌های میله‌های فولادی گرم نوردیده- میل گرد |
| ۵-۲ | استاندارد ملی ۲۰۶۱ سال ۱۳۷۱- تجزیه شیمیائی فولاد - اندازه گیری منگنز - روش اسپکتروفتومتری |
| ۶-۲ | استاندارد ملی ۳۶۹۳ سال ۱۳۷۵- ورق فولادی گرم نوردیده با کیفیت معمولی و کششی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون |
| ۷-۲ | استاندارد ملی ۳۹۳ سال ۱۳۷۳۵- لوله فولادی عمل آمده و آهنی عمل آمده |
| ۸-۲ | استاندارد ملی ۴۴۰- ضخامت ورق‌های فولادی |

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر تعاریف استانداردهای ملی ذکر شده در بند ۲، اصطلاحات و/یا واژه‌ها با تعاریف زیر به کار می‌روند:

۱-۳ مصرف انرژی ویژه در فرآیند تولید آهن و فولاد (SEC)^۱

مصرف انرژی ویژه در فرآیند تولید آهن و فولاد عبارت است از نسبت میزان مصرف انرژی بر میزان تولید آهن و فولاد. واحد مصرف انرژی ویژه در فرآیند تولید آهن و فولاد، مجموع انرژی ویژه الکتریکی بر حسب کیلووات ساعت بر تن (kwh/Ton) و انرژی حرارتی (سوخت‌های فسیلی) بر حسب گیگاژول بر تن (GJ/Ton) است.

۱-۱-۳ مصرف انرژی ویژه الکتریکی (SEC_e) و حرارتی (SEC_{th}) در فرآیند تولید آهن و فولاد
مصرف انرژی ویژه الکتریکی (SEC_e) و مصرف انرژی ویژه حرارتی (SEC_{th}) در فرآیند تولید آهن و فولاد، میزان مصرف انرژی الکتریکی/حرارتی را به ازای واحد تولید بیان می‌کند.

۴ بخش‌های مختلف در فرآیند تولید آهن و فولاد

۱-۴ تکنولوژی آگلومراسیون

دانه‌بندی سنگ‌های آهن پس از استخراج از معادن و خرد شدن، بسیار متفاوت است و می‌تواند بین صفر تا ۶۰۰ میلیمتر تغییر کند. ذرات بسیار ریز ممکن است موجب خفگی کوره شوند، چون منافذ عبور گازها را مسدود می‌کنند، یا به صورت غبار از کوره خارج می‌شوند. ذرات درشت هم احتمال دارد که باعث خرابی تجهیزات باردهی و بارگیری و کوره شده و حتی ممکن حاست بدون اینکه کاملاً احیاء شوند از کوره خارج گردند (در کوره‌های احیاء مستقیم) یا وارد بوته کوره بلند شوند که در این صورت درصد اکسید آهن در سرباره افزایش می‌یابد و عملاً بازدهی کوره کاهش می‌یابد.

سنگ آهن بعد از کانه‌آرایی دارای اندازه بسیار ریز است. بنابراین نمی‌توان از نرمه‌های کنسانتره کانه آهن، مستقیم در کوره بلند و کوره‌های احیاء مستقیم استفاده نمود. لذا آگلومراسیون آنها لازم است. آگلومراسیون نرمه سنگ آهن به سه روش متداول است:

۱- خشته سازی^۲؛

۲- گندله سازی^۳

۳- کلوخه سازی^۴

۱-۱-۴ گندله سازی

از میان سه روش آگلومراسیون، گندله سازی از اهمیت بیشتری برخوردار است. ماده اولیه برای گندله‌سازی، سنگ‌هایی با دانه بندی صفر تا صد میکرون است. سنگ آهن تجاری با دانه‌بندی کمتر از ۱۰ میلیمتر

1- Specific Energy Consumption

2- Briquette

3 - Palletizing

4- Sintering

(معمولاً ۶ میلیمتر) برای کلوخه‌سازی و جهت استفاده در کوره بلند مناسب است. سنگ آهن‌های تجاری با ابعاد ۶ تا ۷۰ میلیمتر نیز در بازارهای جهانی عرضه می‌شود. هرگاه دانه‌بندی سنگ حدود ۱۵ میلیمتر باشد، آن را کلوخه طبیعی می‌نامند. به طور کلی نرمه‌های سنگ آهن برای گندله‌سازی باید حدود ۴۰ میکرون باشند که این نرمه‌ها حدود ۹۰ درصد بار گندله‌سازی را شامل می‌شوند؛ لذا هر گاه ذرات قبل و یا پس از پیر عیار کردن درشت‌تر از این مقدار باشد، باید آسیاب شود. خواص فیزیکی و مکانیکی گندله‌ها به اندازه ذرات سنگ آهن، میزان و نوع ناخالص‌ها، افزودنی‌ها، دستگاه‌های گندله‌سازی، کیفیت پخت گندله‌ها و دمای پخت بستگی دارد.

۲-۱-۴ کلوخه سازی

کلوخه سازی یا زینترینگ عبارت است از تبدیل نرمه سنگ آهن همراه با سایر مواد اولیه مورد مصرف در کوره بلند مانند غبار، لجن کنورتور و غیره به دانه‌های درشت و متخلخل با مقاومت مکانیکی بالا در سرما و گرما که قابل استفاده در کوره بلند باشد. این عمل توسط ذوب منطقه‌ای و جداره این دانه‌ها انجام می‌گیرد؛ به این علت، کلوخه کاملاً متخلخل و از نظر کانی شناسی با مواد اولیه سازنده آن متفاوت می‌باشد. در کلوخه‌سازی از سه نوع عامل پیوند دهنده می‌توان استفاده نمود که عبارتند از پیوند هیدرولیکی (با کمک آب)، پیوند شیمیایی (مواد آلی و معدنی مانند ملاس، اوره سولفات‌ها و سیلیکات‌ها) و پیوندهای سرامیکی. دانه بندی بار کلوخه‌سازی بین صفر تا ۱۰ میلیمتر می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت که حدود ۵۰ درصد بار دارای ابعاد ۱ تا ۱۰ میلیمتر و ۵۰ درصد باقیمانده دارای ابعاد کوچکتر از یک میلیمتر است و حدود ۲۵ درصد کل بار را نرمه زیر ۱۵۰ میکرون تشکیل می‌دهد.

۲-۴ تکنولوژی کک سازی

در فرآیند کک سازی، ذغال سنگ تا دماهای بالا (۹۰۰ الی ۱۲۰۰°C) در اتمسفری بدون اکسیژن به طور غیر مستقیم حرارت می‌یابد تا مواد فرار از آن خارج گردد. باقیمانده این فرآیند کک می‌باشد که احیاء کننده‌ای مناسب برای تولید چدن در کوره‌های بلند می‌باشد و جریان آزاد گاز در کوره بلند را نیز میسر می‌کند. کک از ذغال سنگ‌های کک شو (ذغال سنگ نرم) تولید می‌شود. ذغال از طرف درب‌های بالائی به داخل اجاق‌ها شارژ می‌شوند. حرارت لازم برای تقطیر و خارج شدن مواد فرار با استفاده از احتراق گازهای واحدهای کک سازی، گاز کوره بلند و گاز طبیعی حاصل می‌شود که شعله‌های این گازها بین اجاق‌ها قرار دارد.

بعد از اتمام فرآیند کک سازی، درب‌های دو طرف بالا و پائین اجاق‌های کک سازی باز می‌شود و به کک از بالا فشار وارد می‌شود تا از پائین وارد ماشین‌های مخصوص سرد کن کک شود. سپس کک به منطقه سرد کاری فرستاده می‌شود. برای سرد کردن هر تن کک تقریباً ۱۰۰۰ لیتر آب نیاز است که بر روی آن اسپری می‌شود تا سرد گردد. سپس کک بدست آمده دانه بندی می‌گردد (له شده و سرند می‌گردد) و به کوره بلند یا انبار ذخیره ارسال می‌شود. زمان یک سیکل کامل کک‌سازی بسته به اندازه سلول‌ها و نوع ذغال بین ۱۲-۲۴ ساعت می‌باشد. گاز خارج شده از سلول‌های کک سازی، گازهای آلاینده‌ای هستند که می‌توان با عملیات تصفیه مختلف، محصولات فرعی نظیر قطران (قیر یا آسفالت) نفت سبک، آمونیاک و نفتالین از آن بدست آورد.

۳-۴ تکنولوژی تولید آهن به روش کوره بلند

سنگ آهن به شکل‌های کلوخه، گندله و کلوخه طبیعی، دولومیت به عنوان کمک ذوب، کک به عنوان سوخت و عامل احیاء از بالا وارد کوره می‌گردد. هوای گرم از طریق دمنده‌های پایین کوره به داخل کوره دمیده می‌شود. در منطقه دمش اکسیدهای آهن، کک و کمک ذوب‌ها با هوای گرم دمیده شده واکنش داده و سبب تشکیل مذاب آهن، مونواکسید کربن (CO) و سرباره می‌شود. همچنین به علت حضور ناخالصی‌ها و عدم احیاء آنها و نیز به علت حضور آهک در شارژ، سرباره‌ای در بالای چدن خام در بوته ایجاد می‌گردد. در بوته کوره بلند، آهن خام مذاب و سرباره در دمائی حدود ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد از یکدیگر جدا می‌شوند. نکته قابل توجه این است که کار کوره بلند به طور پیوسته می‌باشد و معمولاً فقط برای تعمیرات دوره‌ای کوره خاموش می‌شود.

گاز تولید شده از کوره بالا می‌رود و می‌تواند اکسیدهای آهن را در مناطق فوقانی به روش احیاء مستقیم، احیاء کند. با این حال احیاء کامل که با ذوب شدن همراه می‌شود در جلوی دمنده‌ها صورت می‌گیرد. گازها از طریق لوله‌های بالای کوره به خارج فرستاده می‌شود. به علت حضور ذرات ریز فراوان و انواع گازها، تکنولوژی‌های مختلف تصفیه گاز صورت می‌گیرد. همچنین به علت دارا بودن درصد زیادی گاز CO در گاز خروجی، از احتراق گاز خروجی کوره بلند جهت گرم کردن گرم‌خانه‌های هوای دم استفاده می‌شود.

۴-۴ تولید آهن به روش احیاء مستقیم

عامل احیاء کننده در روش احیاء مستقیم، گازهای احیایی تولید شده از گازهای طبیعی یا ذغال و کک می‌باشد. در اغلب این روشها، سنگ آهن به صورت گندله وارد کوره شده و در اثر مجاورت با گازهای احیاء کننده به آهن تبدیل می‌گردد. چون دما در کوره‌های احیاء مستقیم بالا نیست، بنابراین محصولات این کوره‌ها در حالت جامد می‌باشند. اغلب این محصولات از نظر شکل ظاهری متخلخل هستند و لذا به محصول نهائی فرآیند احیاء مستقیم، آهن اسفنجی 1 گفته می‌شود.

بر خلاف روش کوره بلند، در روش احیاء مستقیم، تکنولوژی‌ها و کوره‌های مختلفی وجود دارد که در سطوح مختلف آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی پیاده شده‌اند.

۱-۴-۴ تکنولوژی تولید آهن اسفنجی به روش میدرکس

روش میدرکس از نوع کوره‌های استوانه‌ای است که به گندله سنگ آهن نیاز دارد. عامل احیاء در این روش، گاز احیایی حاصل از شکستن گاز طبیعی است. البته این فرآیند می‌تواند گاز حاصل از سوختن ذغال را به عنوان احیاء کننده استفاده کند؛ سوختن ذغال و تولید گاز احیایی به دو صورت می‌تواند انجام شود:

در کوره‌های مجزا و ویژه جهت تولید گاز احیایی از آن،

در کوره‌های احیاء آهن نظیر Corex و Hismelt.

به همین دلیل در بعضی از واحدهای تولید آهن، فرآیندهای Corex (یا Hismelt) و میدرکس در کنار یکدیگر احداث شده تا مکمل یکدیگر باشند. برای مثال، در کره جنوبی و آفریقای جنوبی واحدهای میدرکس و Corex در کنار یکدیگر ایجاد شده‌اند و گاز خروجی واحد Corex به عنوان عامل احیایی وارد کوره

میدرکس می‌شود. البته گاز خروجی از واحد Corex ابتدا در اثر تماس مستقیم با آب سرد و تمیز شده و سپس جهت بهبود قابلیت احیایی آن، عملیات حذف گاز CO₂ از آن انجام می‌شود.

۲-۴-۴ تکنولوژی تولید آهن اسفنجی به روش HYL III

واحدها و تأسیسات احیای مستقیم با روش‌های اچ-وای-ال شامل بخش‌های زیر است:
کوره‌هایی برای احیای مستقیم کانه‌های آهن؛

راکتورهایی برای تولید گاز احیاء کننده از گاز طبیعی؛

راکتورها، تجهیزات و تأسیسات جانبی برای آماده سازی مواد اولیه محصولات و افزایش بازده فرآیند تولید؛
در روش‌های اچ-وای-ال یک و دو، فرآیند تولید آهن اسفنجی به صورت مداوم نبوده و هر مدول آنها شامل چهار کوره می‌باشد. ولی در روش اچ-وای-ال سه، هر مدول شامل یک کوره بوده و فرآیند تولید به صورت مداوم می‌باشد. این فرآیند شباهت زیادی به فرآیند میدرکس دارد. به این معنی که در این روش، گندله‌ها و کلوخه‌های طبیعی آهن از بالا و گاز احیایی حاصل از شکست گاز طبیعی به عنوان عامل احیایی از سمت جداره‌ها وارد کوره می‌شوند.

۵-۴ فرآیند فولاد سازی در کنورتور

در کنورتور، چدن مذاب حاصل از کوره بلند با مقداری قراضه از طریق دمش اکسیژن با خلوص بالا به فولاد تبدیل می‌شود. معمولاً مواد شارژ شامل ۷۰ درصد چدن مذاب و ۳۰ درصد قراضه فلزی می‌باشد. در بعضی موارد و تکنولوژی‌ها، آهن اسفنجی نیز به شارژ اضافه می‌شود. مزیت اصلی فولادسازی در کنورتور، نرخ تولید بسیار بالا و مقدار کم عناصر باقیمانده و نیتروژن در فولاد مذاب می‌باشد. در کنورتور، اکسیژن با کربن واکنش داده و آن را از مذاب خارج می‌کند.

در واقع با انجام عملیات کربن‌زدائی، چدن به فولاد تبدیل می‌شود. به همراه کربن ناخالصی‌های دیگر مانند سیلیسیم، فسفر، منگنز و گوگرد نیز می‌توانند اکسید شده و از فلز مذاب خارج و وارد سرباره شوند. تمامی واکنش‌های اکسیداسیون، گرمازا هستند و بنابراین هیچ منبع حرارتی خارجی برای ذوب قراضه‌ها و بالا بردن دمای مذاب نیاز نیست. معمولاً از آهن اسفنجی و کانه‌های آهن (ضایعات کانه آهن) برای سرد کردن مذاب نیز استفاده می‌گردد.

۶-۴ تکنولوژی فولادسازی در کوره‌های قوس الکتریک

در روش Mini-mill فولاد از طریق ذوب قراضه‌های آهنی در کوره قوس الکتریک و سپس تصفیه و آلیاژ سازی فولاد مذاب در پاتیل (معمولاً کوره‌های پاتیلی) تولید می‌شود. اکثر انرژی مورد نیاز برای ذوب از انرژی الکتریسیته (برق) تأمین می‌شود با این حال تمایلات زیادی وجود دارد که انرژی الکتریکی را با تزریق اکسیژن، ذغال و سایر سوخت‌های فسیلی تا حدی جایگزین نمایند.

در این روش دیگر به سلول‌های کک سازی؛ فرآیندهای آماده سازی کانه‌های آهن نظیر گندله سازی، خسته‌سازی و غیره نیاز نیست. علاوه بر قراضه فولادی، جایگزین‌های فلزی دیگر نظیر آهن اسفنجی یا آهن مذاب حاصل از فرآیندهای ذوب و احیاء نیز از اهمیت بالایی برخوردار هستند؛ در نقاطی که دسترسی به قراضه محدودیت دارد یا در مواردی که میزان ناخالصی‌ها در قراضه زیاد است و یا جاهایی که این نوع مواد (آهن اسفنجی) قابل دسترس می‌باشد، این جایگزینی در اولویت بالایی قرار دارد.

کوره‌های فولادسازی قوس الکتریک (EAF) با استفاده از قراضه فلزی به همراه مقادیری آهن اسفنجی چدن سرد و بریکت گرم آهن اسفنجی، انواع فولادهای کربنی و آلیاژی تولید می‌کنند. چنانچه چدن خام مذاب نیز در دسترس باشد، می‌توان آن را به عنوان شارژ وارد کوره کرد. شارژ یا بار کوره با استفاده از الکترودهای گرافیتی (معمولاً یک و یا سه الکتروود برای جریان‌های مستقیم یا متناوب) و اعمال قوس الکتریک ذوب می‌شود.

با برداشتن درب کوره، مواد شارژ اولیه از بالا وارد کوره می‌شوند؛ ولی آلیاژسازها و کمک ذوب‌هایی که بعداً نیاز به افزودن آنها می‌باشد، از طریق درب کناری کوره شارژ می‌گردند. بعد از بسته شدن درب کوره، الکترودها از بالا به پایین آمده و وارد کوره می‌شوند و در یک فاصله حدود ۲/۵ سانتی متری از فلز، قوس اعمال می‌گردد. حرارت تولید شده سبب ذوب شدن شارژ می‌گردد.

زمان عملیات با کوره قوس الکتریک برای حالت ۱۰۰ درصد شارژ قراضه، بین ۴۵ دقیقه تا چند ساعت می‌باشد. در بهترین شرایط، متوسط زمان ذوب‌گیری ۴۰ تا ۴۵ دقیقه است که در این حالت ۳۰ تا ۳۵ دقیقه کوره روشن و ۵ تا ۱۰ دقیقه کوره خاموش می‌باشد. پس از ذوب شدن کامل شارژ، عملیات تصفیه برای خارج سازی و کاهش عناصری نظیر گوگرد، فسفر، سیلیسیم، منگنز و کربن انجام می‌پذیرد. سپس فلز مذاب تهیه شده و به داخل پاتیل ریخته شده و برای عملیات بعدی فولادسازی به واحد متالورژی ثانویه و ریخته‌گری ارسال می‌گردد. در کوره‌های قوس الکتریک به خاطر استفاده از قراضه به عنوان شارژ اصلی، دیگر نیاز به فرآیندهای کک‌سازی، آگلومراسیون، و تولید چدن نیست. البته، تولید فولاد براساس کوره قوس الکتریک و آهن اسفنجی نیز وجود دارند که در این صورت واحدهای احیاء مستقیم مسئولیت تولید شارژ آهنی را به عهده دارند. با این حال در همه واحدها، درصدی از شارژ فلزی از قراضه تأمین می‌گردد.

۴-۷ تکنولوژی ریخته‌گری فولاد

به طور کلی دو روش زیر برای ریخته‌گری فولاد مورد استفاده قرار می‌گیرد:

شمش ریزی

ریخته‌گری مداوم

محصولات این فرآیندها به صورت شمش^۱، تختال^۲، بیلت^۳ و بلوم^۴ می‌باشد، با توجه به رشد فرآیند ریخته‌گری مداوم، عمده تولید تختال، بیلت و بلوم به روش ریخته‌گری مداوم صورت می‌گیرد.

۴-۸ تکنولوژی نورد

نورد و عملیات نهائی، فولاد نیمه تمام یا شمش را به محصول نهائی تبدیل می‌کند که از نظر شکل، اندازه، خواص مکانیکی و سایر خواص، مشخصات معینی دارد.

عملیات نورد در دو حالت گرم و سرد انجام می‌پذیرد. عملیات نهائی اغلب شامل عملیات حرارتی خاص روی محصول نهائی نورد است که می‌تواند شامل کروی سازی، نرماله کردن، آنیل کردن، عملیات سطحی (نظیر گالوانیزه کردن، کربن‌دهی، ماشینکاری و سختکاری القایی و نظایر آنها) باشد.

1- Ingot
2- Slab
3- Billet
4- Bloom

به خاطر اینکه عملیات نورد و نهائی اغلب آخرین عملیاتی هستند که ساختار و خواص فولاد را معین می‌سازند؛ لذا طراحی و کنترل این فرآیندها جهت دستیابی به خواص و ساختار مورد نظر بسیار مهم است. همچنین تولید ضایعات در این مرحله به شدت بهره‌وری و بازده تولید را کاهش می‌دهد. از این رو دقت در انجام این عملیات و رعایت استانداردها بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

در تکنولوژی نورد گرم از کوره‌های پیشگرم جهت رساندن دمای فولاد (به عنوان نمونه تختال) به دماهای مناسب برای نورد گرم (بالای 1100°C) استفاده می‌شود. تکنیک‌های تولید مداوم ورق شامل نزدیک شدن ریخته‌گری و نورد، استفاده از سرد کردن سریع یا کوئنچ مستقیم و کاربرد نورد 'steckel' می‌باشد. از نورد steckel برای نورد ورق‌های نازک کلاف شده و جهت کنترل خوب دما حین نورد استفاده می‌شود.

۵	معیار مصرف انرژی در فرآیند تولید آهن و فولاد
۱-۵	معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در فرآیند تولید آهن و فولاد کارخانه های موجود
۱-۱-۵	واحد تولید نورد

جدول ۱- معیار مصرف انرژی حرارتی فرآیند تولید نورد

گروه	محصول	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول ^۲)
۱	(تولید ورق گرم)	$SEC_{th} \leq 1/8$
۲	(تیرآهن و میلگرد)	$SEC_{th} \leq 3/3$
۳	(میلگرد)	$SEC_{th} \leq 1/32$

یادآوری مصرف ویژه انرژی حرارتی کارخانه فولاد کرمان پس از بازسازی کوره پیشگرمکن، ۲ گیگا ژول بر تن محصول در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۲: ضرایب کارخانه ها برای ارزیابی معیار مصرف انرژی حرارتی فرآیند نورد

ضریب	محصول
کارخانه فولاد کاویان (۲/۲)	ورق گرم

۱- Steckel mill: نوعی فرآیند نورد کویل‌های نازک است که در آن ضرورت دارد تا دمای ورق‌های نوردی کنترل شده و از افت دمایی جلوگیری شود و لذا این فرآیند با مجهز بودن به کوره‌هایی در قبل و بعد از ایستگاه نورد دمای کویل را بالا نگه می‌دارد. این فرآیند برای فلزات با شکل‌پذیری کم، نظیر فولادهای زنگ نزن و آلیاژهای تیتانیوم بکار می‌رود.

۲- ارزش حرارتی گاز طبیعی ۳۵۷۱۰ بی تی یو بر مترمکعب معادل ۳۷/۶۸ مگاژول بر مترمکعب است. یک کیلووات ساعت برق ۰/۰۰۳۶ گیگاژول است.

جدول ۳- معیار مصرف انرژی الکتریکی فرآیند تولید نورد

معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)	محصول	گروه
$SEC_e \leq 105$	ورق گرم	۱
$SEC_e \leq 120$	میلگرد	۲
$SEC_e \leq 110$	تیرآهن	۳

یادآوری مصرف ویژه انرژی الکتریکی براساس ضریب تکنولوژی برای کارخانه های مختلف در دستورالعمل کنترل و ارزیابی معیار مصرف کارخانه ها مدنظر قرار می گیرد که به شرح جدول ۴ می باشد:

جدول ۴: ضرایب کارخانه ها برای ارزیابی معیار مصرف انرژی الکتریکی فرآیند نورد

ضریب	محصول
کارخانه فولاد کویان و نورد و لوله اهواز (۱/۱)	ورق گرم
کارخانه گروه ملی صنعتی فولاد ایران (۱/۱۷) کارخانه ذوب آهن اصفهان (۱/۱)	میلگرد
کارخانه گروه ملی صنعتی فولاد ایران (۱/۱۵)	تیرآهن

۲-۱-۵ فرآیند آگلومراسیون

جدول ۵: معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند آگلومراسیون

معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول)	فرآیند
$SEC_e \leq 53$	-	فرآیند آگلومراسیون

یادآوری مصرف ویژه انرژی الکتریکی با احتساب انبار مواد خام و هوای فشرده و آب مدار گردش می باشد.

۳-۱-۵ فرآیند گندله سازی

جدول ۶: معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند گندله سازی

معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول)	فرآیند
$SEC_e \leq 50$	$SEC_{th} \leq 0.92$	فرآیند گندله سازی

۴-۱-۵ فرآیند کوره بلند

جدول ۷: معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند کوره بلند

فرآیند	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)
فرآیند کوره بلند	$SEC_{th} \leq 3/9$ (گاز طبیعی)	$SEC_e \leq 102$

یادآوری مصرف انرژی حرارتی با در نظر گرفتن شرایط جوی و کیفیت و محدودیت گاز کک در نظر گرفته شده است.

۵-۱-۵ فرآیند احیا مستقیم

جدول ۸: معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند احیا مستقیم

فرآیند	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)
فرآیند احیا مستقیم	$SEC_{th} \leq 10/85$	$SEC_e \leq 115$

۶-۱-۵ فرآیند فولاد سازی

جدول ۹: معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند فولاد سازی

فرآیند	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول)		معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)
	کوره قوس الکتریک	کل فولاد سازی	
فرآیند فولادسازی	$SEC_{th} \leq 1/43$		
روش کنورتور	$SEC_{th} \leq 0/565$		$SEC_e \leq 155$
روش قوس الکتریکی	$SEC_{th} \leq 15 \text{ m}^3 / \text{ton}$	$SEC_e \leq [580 + 80 * (\%DRI) * A]$	مصرف ویژه کوره ($SEC_e \leq$ مصرف ویژه کوره) + ۱۵۰)

یادآوری ۱ مصرف انرژی فرآیند کنورتور (انرژی الکتریکی و حرارتی) با توجه به تولید انرژی (بخار) حداکثر ۱/۱ گیگاژول بر تن محصول می باشد.

یادآوری ۲ مصرف برق در روش قوس الکتریکی مربوط به کوره های قوس و سایر مصارف برق می باشد.

یادآوری ۳ ضریب ویژه برای مصرف برق کارخانه در دستورالعمل کنترل و ارزیابی معیار مصرف کارخانه ها مدنظر قرار می گیرد که به شرح ذیل می باشد:

ضرایب کارخانه ها برای ارزیابی معیار مصرف انرژی الکتریکی فولاد سازی

محصول	ضریب
کارخانه فولاد خراسان	۱/۰۵
گروه ملی فولاد	۱/۰۵
کارخانه فولاد خوزستان	۱/۳
کارخانه فولاد مبارکه	۱

۷-۱-۵ فرآیند کک سازی

جدول ۱۰: معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند کک سازی

فرآیند	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)
فرآیند کک سازی	-	$SEC_e \leq 43/5$

یادآوری ۱ مصرف انرژی حرارتی در فرآیند کک سازی مربوط به گاز کک می باشد و گاز طبیعی مصرف نمی شود.

معیار مصرف انرژی برای دسته های مختلف فرآیندهای تولید آهن و فولاد، مطابق جداول ۱ الی ۱۰ برای مصرف گاز طبیعی و انرژی الکتریکی تعیین می شود.

یادآوری ۱ معیار های مصرف انرژی تعیین شده در جدول ۱ الی ۱۰ برای مرحله اول (اولین دوره زمانی) اجرای این استاندارد در نظر گرفته شده اند.

یادآوری ۲ مصرف انرژی بیش از مقدار جدول مجاز نیست.

یادآوری ۳ مرحله اول اجرای این استاندارد به مدت دو سال از ۱۳۸۷/۷/۱ تا ۱۳۸۹/۷/۱ تعیین می گردد.

۲-۵ مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در فرآیند تولید آهن و فولاد کارخانه های تازه تاسیس

منظور از کارخانه های تازه احداث کارخانه هایی هستند که از تاریخ تصویب و ابلاغ به بعد، گشایش اعتبار خواهند داشت.

۱-۲-۵ فرآیند گندله سازی

جدول ۱۱: معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند گندله سازی

فرآیند	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)
فرآیند گندله سازی	$SEC_{th} \leq 0/83$	$SEC_e \leq 40$

۲-۲-۵ فرآیند احیا مستقیم

جدول ۱۲: معیار مصرف ویژه انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند احیا مستقیم

فرآیند	معیار مصرف انرژی حرارتی (مترمکعب گاز طبیعی بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)
فرآیند احیا مستقیم	$SEC_{th} \leq 285$	$SEC_e \leq 115$

یادآوری: گاز طبیعی مورد نیاز این واحد باید از حداقل ۹۳ درصد متان و کمتر از ۵ درصد سایر هیدروکربورهای سنگین تر تشکیل شده باشد و عاری از ترکیبات گوگردی باشد.

۳-۲-۵ فرآیند فولاد سازی

جدول ۱۳: معیار مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی فرآیند کوره قوس الکتریکی

فرآیند	معیار مصرف انرژی حرارتی (مترمکعب گاز طبیعی بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)
فرآیند کوره قوس الکتریک	$SEC_{th} \leq 15$	$SEC_e \leq [500 + 80 * (\%DRI)]$

۴-۲-۵ فرآیند نورد

جدول ۱۴: معیار مصرف انرژی حرارتی فرآیندهای نورد

فرآیند	معیار مصرف انرژی حرارتی (گیگاژول بر تن محصول)	معیار مصرف انرژی الکتریکی (کیلووات ساعت بر تن محصول)
میلگرد و مقاطع مشابه	$SEC_{th} \leq 1,32$	$SEC_e \leq 95$
ورق گرم	$SEC_{th} \leq 1,55$	$SEC_e \leq 100$
تیر آهن	$SEC_{th} \leq 1,0$	$SEC_e \leq 110$

یادآوری: انرژی حرارتی فرآیند نورد در کوره پیشگرمکن نورد مصرف می شود.

۶ شیوه ارزیابی و اندازه گیری مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی

ارزیابی و اندازه گیری مصرف انرژی حرارتی/الکتریکی در هر فرآیند تولید آهن و فولاد به صورت فصلی (سه ماهه) انجام می گیرد.

برای تعیین میزان مصرف انرژی ویژه بایستی انرژی حرارتی/الکتریکی مصرف شده کل در طی دوره زمانی تعیین شده و بر میزان محصول تولید شده کل در همان زمان تقسیم گردد.

۱-۶ شیوه اندازه گیری و محاسبه مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی

برای تعیین میزان مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در بخش های مختلف هر فرآیند تولید آهن و فولاد

بایستی کنتورهای اندازه گیری در هر یک از بخش‌های مختلف انرژی‌بر، از ابتدای دوره مورد نظر (ابتدای سال) نصب شده باشد. میزان انرژی حرارتی و الکتریکی مصرفی در پایان فصل و هنگام ارزیابی و اندازه گیری بر اساس مقادیر این کنتورها و با توجه به اسناد و مدارک موجود در واحد تولیدی، از قبیل قبض‌های مربوط به انواع سوخت برای دوره زمانی مشخص (فصلی) تعیین می‌شود.

یادآوری ۱ به منظور اطمینان از عملکرد صحیح این کنتورها، ضروری است گواهی کالیبراسیون از مراکز معتبر در مورد هر کنتور وجود داشته باشد.

یادآوری ۲ توصیه می‌شود ارزیابی و اندازه گیری مقادیر انرژی مصرفی نشان داده شده توسط این کنتورها در فواصل زمانی مناسب توسط واحدی تولیدی ثبت گردد. مرکز ارزیابی کننده نیز می‌تواند در بازه‌های زمانی مناسب (به طور مثال هر سه ماه یک بار) از این گونه وسایل اندازه گیری بازدید و نظارت کند.

۲-۶ شیوه اندازه گیری و محاسبه میزان آهن و فولاد تولیدی در یک فصل

با توجه به دشواری های اندازه گیری مستقیم، میزان آهن و فولاد تولیدی در فرآیند تولید آهن و فولاد، بر اساس مقادیر اعلام شده توسط تولید کننده در نظر گرفته می‌شود. مقدار تولید که توسط سازنده اعلام می‌شود، بایستی با مقادیر قید شده در دفاتر و اسناد موجود در واحد تولیدی مطابقت کند.

۳-۶ شیوه محاسبه مصرف انرژی ویژه حرارتی SEC_{th}

مصرف انرژی ویژه حرارتی تولید واحدهای مختلف کارخانه آهن و فولاد به ترتیب از حاصل تقسیم مصرف انرژی حرارتی آن واحد در یک دوره زمانی مشخص بر میزان محصول تولیدی همان واحد در همان دوره زمانی تعیین می‌گردد.

$$\text{مصرف انرژی حرارتی واحد تولیدی در یک فصل} = \frac{\text{مصرف انرژی ویژه حرارتی واحد تولیدی (SEC}_{th})}{\text{میزان محصول تولیدی در همان واحد در یک فصل}}$$

مقدار مصرف انرژی حرارتی ویژه SEC_{th} بر حسب گیگاژول بر تن محصول تولیدی و یا مترمکعب (گاز طبیعی) بر تن محصول تولیدی بیان می‌شود.

یادآوری ۱ مصرف انرژی ویژه حرارتی بر اساس رعایت تفکیک کارگاه‌های تعریف شده در این استاندارد شامل واحدهای آگلومراسیون، گندله سازی، کوره بلند، کنورتور-ریخته گری، کوره قوس-ریخته گری و نورد بطور مجزا انجام می‌شود.

یادآوری ۲ برای ارزیابی وضعیت کارخانه مقدار محاسبه شده براساس فرمول فوق با معیار تعیین شده انرژی ویژه حرارتی کارخانه که براساس میزان تولید محصولات کارخانه و مصرف سوخت استاندارد محاسبه می‌شود مقایسه می‌گردد.

۴-۶ نحوه محاسبه مصرف انرژی ویژه الکتریکی SEC_e

مصرف انرژی ویژه الکتریکی تولید آهن و فولاد در واحدهای مختلف به ترتیب از حاصل تقسیم مصرف انرژی الکتریکی واحد مورد نظر در یک دوره زمانی مشخص بر میزان محصول تولیدی همان واحد در همان دوره زمانی تعیین می‌گردد.

$$\text{مصرف انرژی الکتریکی هر واحد در یک فصل} = \frac{\text{میزان محصول تولیدی همان واحد در یک فصل}}{\text{مصرف انرژی ویژه الکتریکی (SEC}_e\text{)}}$$

مقدار مصرف انرژی الکتریکی ویژه SEC_e بر حسب کیلووات ساعت بر تن محصول تولیدی بیان می‌شود.

یادآوری ۱ مصرف انرژی ویژه الکتریکی بر اساس رعایت تفکیک کارگاه‌های تعریف شده در این استاندارد شامل واحدهای آگلومراسیون، گندله سازی، کوره بلند، کنورتور-ریخته گری، کوره قوس-ریخته گری و نورد بطور مجزا انجام می‌شود.

یادآوری ۲ برای ارزیابی وضعیت کارخانه مقدار محاسبه شده در فرمول فوق با معیار تعیین شده انرژی ویژه الکتریکی کارخانه که براساس میزان تولید محصولات کارخانه و مصرف برق استاندارد محاسبه می‌شود مقایسه می‌گردد.