



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۲۵۱

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO
20251
1st.Edition
2016

بسته‌بندی - الزامات بسته‌بندی قابل بازیابی به

عنوان ماده تولید انرژی همراه با مشخص

کردن ارزش حرارتی پایین

**Packaging - Requirements for packaging
recoverable in the form of energy
recovery, including specification of
minimum inferior calorific value**

ICS: 13.030.99, 55.020

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 موسسه 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 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 استانداردهای 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 آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عبار 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 Electro technical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
« بسته‌بندی - الزامات بسته‌بندی قابل بازیابی به عنوان ماده تولید انرژی همراه با مشخص کردن
ارزش حرارتی پایین »

رئیس:

مغانلو، فرهاد
(دکتری مهندسی مکانیک)

سمت و/ یا نمایندگی

دانشگاه محقق اردبیلی

دبیر:

ابراهیم فر، رضا
(کارشناس شیمی)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آقاجانی، ساره
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

سازمان ملی استاندارد ایران

بابازاده، فرشته
(کارشناس ارشد شیمی)

کارشناس استاندارد

بدلی افشرد، سولماز
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

شهرداری تبریز

پیرا، رویا
(کارشناس ارشد شیمی)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

جوادی، افسانه
(کارشناس ارشد شیمی)

اداره کل محیط زیست استان آذربایجان-
شرقی

رحیم‌اوغلی، شاهین
(کارشناس مهندسی شیمی)

اداره کل محیط زیست استان آذربایجان-
شرقی

سلیمانی، میثم
(کارشناس مهندسی مکانیک)

اتحادیه صنایع بازیافت ایران

هادی، کاظم
(کارشناس ارشد مکانیک)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

سازمان صنعت، معدن و تجارت آذربایجان-
شرقی

طالعی مهربانی، علیرضا
(کارشناس شیمی)

سازمان مدیریت پسماند استان آذربایجان-
شرقی

هراتی، حبیبه
(کارشناس شیمی)

پیش گفتار

استاندارد «بسته‌بندی- الزامات بسته‌بندی قابل بازیابی به عنوان ماده تولید انرژی همراه با مشخص کردن ارزش حرارتی پایین» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در ۸۷ امین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۴/۱۱/۱۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع ، علوم و خدمات ، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود ، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین ، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

BS EN 13431: 2004, Packaging —Requirements for packaging recoverable in the form of energy recovery, including specification of minimum inferior calorific value

فهرست مندرجات

صفحه		عنوان
ب		آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج		کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه		پیش گفتار
ز		مقدمه
۱	۱	هدف و دامنه کاربرد
۱	۲	مراجع الزامی
۲	۳	اصطلاحات و تعاریف
۳	۴	مشخص کردن حداقل ارزش حرارتی پایین (حداقل ارزش حرارتی خالص)
۳	۵	الزامات
۴	۶	روش‌ها
		پیوست الف (الزامی)، تعیین بهره حرارتی و مشخص کردن حداقل ارزش حرارتی پایین نظری (حداقل ارزش حرارتی خالص)
۵		پیوست ب (اطلاعاتی)، استخراج حداقل ارزش حرارتی پایین (حداقل ارزش حرارتی خالص) بسته‌بندی برای بهینه‌سازی بازیابی انرژی در یک سامانه صنعتی واقعی
۷		پیوست پ (اطلاعاتی)، مواد با قابلیت تأثیر منفی بر فرایند بازیابی انرژی و مواد، ترکیب مواد یا طراحی بسته‌بندی با قابلیت ایجاد مشکلات حین بازیابی انرژی
۱۲		پیوست ت (اطلاعاتی)، مثالی از نمونه گزارش انطباق با این استاندارد
۱۳		کتابنامه
۱۴		

مقدمه

راهنمای بسته‌بندی و پسماند بسته‌بندی (94/62/EC) الزامات بسته‌بندی قابل بازیافت را شرح داده و این استاندارد موضوع را با توجه به بازیابی انرژی بسط می‌دهد. استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۰۷ چارچوبی را ارائه می‌کند.

یادآوری - اصلاحیه راهنمای 94/62/EC توسط پارلمان اروپا و مصوبه شورا 2004/12/EC در تاریخ ۱۱ فوریه سال ۲۰۰۴ انجام شده است.

هدف از بسته بندی، مهار، محافظت، حمل، تحویل و ارائه فرآورده‌ها است. بازیافت انرژی بسته‌بندی به کار برده شده یکی از چندین گزینه بهینه‌سازی بازیابی در تمام چرخه کاربرد یک بسته‌بندی است. به منظور ذخیره منابع و کمینه کردن پسماند، توصیه می‌شود کل سامانه بسته‌بندی بهینه‌سازی شود. این کار شامل پیشگیری و استفاده مجدد و بازیافت پسماند بسته‌بندی است.

این استاندارد، چارچوبی برای ارزیابی رعایت الزامات آن ارائه می‌کند. رویکرد آن مشابه سامانه‌های استاندارد نظیر مجموعه استاندارد ایزو ۹۰۰۰ یا سامانه مدیریت زیست محیطی مانند استاندارد ایزو ۱۴۰۰۱ است. از آنجایی که انرژی بازیافتی از پسماند بسته‌بندی، جایگزین سایر سوخت‌ها می‌شود، کل سامانه بهینه‌سازی در تولید گرما و/یا نیرو خلاصه می‌شود. این استاندارد تنها الزامات ترمودینامیکی بسته‌بندی با بازیابی انرژی ناشی از سوزاندن پسماند را شامل می‌شود و انتقال و بکارگیری انرژی تولید شده در آن منظور نشده است. بسته‌بندی و فن‌آوری‌های بازیافت هر دو همیشه در حال تغییر و پیشرفت هستند.

پیوست الف مفاهیم نظری و بهره‌رسانی، پیوست‌های ب و پ مقررات حمایت‌کننده همزمان با نتایج بدست آمده در حین آماده کردن این متن را شرح می‌دهند. فرض بر این است که گرمای تولید شده از فرآیند سوختن تا جایی که ممکن است بازیابی شود، ولی هدف و دامنه کاربرد این استاندارد دیدگاهی درباره کارایی صنعتی را ارائه نمی‌دهد.

الزامات موادی که منجر به یک تأثیر منفی در فرآیند بازیابی انرژی می‌شوند در استاندارد EN 13428 مشخص شده است. طبق پیوست پ الزامات بیشتر ضرورتی ندارد.

مواد، ترکیبات مواد یا طراحی بسته‌بندی که مشکلاتی را در حین بازیابی انرژی ایجاد می‌کند در پیوست (پ) بحث شده است. نتیجه آن که طراحی بسته‌بندی و ترکیبات مواد در فرآیند بازیافت انرژی مشکلی ایجاد نمی‌کند.

پیوست ت به اثبات انطباق با الزامات کمک می‌کند.

بسته‌بندی - الزامات بسته‌بندی قابل بازیابی به عنوان ماده تولید انرژی همراه با مشخص کردن ارزش حرارتی پایین

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات جهت طبقه بندی کردن بسته بندی قابل بازیافت در قالب انرژی بوده و روش‌هایی برای برآورد انطباق با این الزامات ارائه می‌کند. دامنه کاربرد این استاندارد با عوامل تحت کنترل از سوی تأمین کننده محدود می‌شود. این استاندارد، به تنهایی نمی‌تواند فرض انطباق را فراهم کند. روش کاربرد این استاندارد در استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۰۷ ارائه شده است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۰۷، بسته بندی و محیط زیست - الزامات عمومی برای استفاده از استانداردهای ملی در زمینه بسته بندی و محیط زیست

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۷۷، سوخت‌های معدنی جامد - تعیین خاکستر

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۴۵، زغال سنگ و کک - ارزش گرمایی ناخالص - روش آزمون

2-4 EN 13193, Packaging - Packaging and the Environment - Terminology

2-5 EN 13428, Packaging – Requirements specific to manufacturing and composition - Prevention by source reduction.

2-6 CR 13695-1, Packaging - Requirements for measuring and verifying the four heavy metals and other dangerous substances present in packaging, and their release into the environment - Part 1: Requirements for measuring and verifying the four heavy metals present in packaging.

2-7 CEN/TR 13695-2, Packaging - Requirements for measuring and verifying the four heavy metals and other dangerous substances present in packaging, and their release into the environment - Part 2: Requirements for measuring and verifying dangerous substances present in packaging, and their release into the environment.

2- 8 EN 14182, Packaging - Terminology - Basic terms and definitions.

2-9 Directive 2000/76/EC on the incineration of waste. Directive 2000/76/EC repeals Directive 94/67/EC from December 28, 2005 also for old plants.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد EN 13193 و EN 14182 و استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۰۷، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود.

۱-۳

ارزش حرارتی پایین^۱ (ارزش حرارتی خالص)^۲

Q_{net}

ارزش حرارتی پایین، عبارتی که در دستورالعمل M 200 rev.3^۳ برای ارزش حرارتی خالص به کار برده می‌شود و در استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۴۵ تعریف شده و در حجم ثابت اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۳

انرژی لازم^۴

H_a

انرژی لازم برای گرم کردن بی‌دررو^۵ مواد پس‌احتراقی^۶ و هوای مازاد برای رسیدن از دمای محیط تا دمای مشخص نهایی است.

۳-۳

بهره حرارتی^۷

اختلاف مثبت بین انرژی آزاد شده از احتراق ماده و H_a است.

۴-۳

حداقل ارزش حرارتی پایین نظری^۸ (حداقل ارزش حرارتی خالص نظری)

$Q_{net, min, theor}$

کسری از انرژی آزاد شده از احتراق که برای گرما دادن بی‌دررو مواد پس‌احتراقی یا محصول و هوای اضافی، از دمای مشخص محیط تا دمای مشخص نهایی، کافی باشد.

1-Inferior calorific value

2-Net calorific value

3-EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE GENERAL XI, ENVIRONMENT, NUCLEAR SAFETY AND CIVIL PROTECTION, DG XI.C.7 – Waste Management Policy, Brussels, 8 March 1996

4-Required energy

5- Adiabatically

6-post combustion

7-Calorific gain

8-Theoretical minimum inferior calorific value

۵-۳

انرژی گرمایی در دسترس^۱

کسری از انرژی آزاد شده از احتراق در یک سامانه صنعتی واقعی که به عنوان مثال به چرخه بخار یک دیگ بخار منتقل می‌شود، به عبارت دیگر انرژی کل آزاد شده منهای تلفات گرمایی است.

۶-۳

احتراق^۲

واکنش اکسایش که هم سوختن مواد آلی و هم اکسایش فلزات است.

۷-۳

اجزای بسته بندی^۳

بخشی از بسته بندی که می‌توان آن را به روش دستی یا با به کارگیری ابزار ساده فیزیکی جدا کرد.

[EN 13193]

۸-۳

ترکیب بسته بندی^۴

بخش سازنده بسته بندی یا اجزای آن که نمی‌توان آن را به روش دستی یا با به کارگیری ابزار ساده فیزیکی جدا کرد.

[EN 13193]

۴ مشخص کردن حداقل ارزش حرارتی پایین (حداقل ارزش حرارتی خالص)

حداقل ارزش حرارتی پایین نظری (حداقل ارزش حرارتی خالص نظری) $(Q_{net\ min,theor})$ ، ویژگی ماده است و به دما و سایر شرایط مورد نیاز در فرایند احتراق بستگی دارد. در این استاندارد با H_a تعریف شده و می‌تواند با روش شرح داده شده در پیوست الف اندازه گیری شود. پیوست الف حداقل ارزش حرارتی پایین نظری (حداقل ارزش حرارتی خالص) را از طریق مفهوم فنی بهره حرارتی تعیین می‌کند. حداقل ارزش حرارتی پایین واقعی (حداقل ارزش حرارتی خالص واقعی) $(Q_{net\ min,theor})$ ، برای بهینه سازی بازیابی انرژی در یک سامانه صنعتی واقعی که در پیوست ب آمده است، تنظیم می‌شود.

۵ الزامات

برای بهینه سازی بازیابی انرژی در یک سامانه صنعتی واقعی، بهره حرارتی نظری بهتر است بالاتر از صفر باشد. برای بازیابی انرژی باید q_{net} مساوی یا بزرگتر از $5\ MJ/kg$ باشد.

1-Available thermal energy

2-Combustion

3-Packaging component

4-Packaging constituent

یادآوری ۱- بسته‌بندی متشکل از بیش از ۵۰٪ وزنی ترکیبات آلی نظیر چوب، مقوا، کاغذ و دیگر الیاف آلی، نشاسته و پلاستیک‌ها بهره‌ر حرارتی را فراهم کرده و q_{net} مساوی یا بزرگتر از ۵ MJ/kg را برآورد می‌کند.

یادآوری ۲- بسته‌بندی متشکل از بیش از ۵۰٪ وزنی ترکیبات غیرآلی نظیر پرکننده‌ها و لایه‌های غیرآلی باعث بازیابی انرژی شده و q_{net} مساوی یا بزرگتر از ۵ MJ/kg را برآورد می‌کند.

یادآوری ۳- ورق آلومینیومی نازک (به طور معمول ضخامت ورق تا ۵۰ μm) به ارزش حرارتی خالص بسته‌بندی کمک کرده و انتظار می‌رود انرژی قابل بازیابی باشد. همچنین، آلومینیوم با ضخامت بیش از ۵۰ μm انتظار می‌رود قابل احتراق نباشد.

یادآوری ۴- بسته‌بندی با بیش از ۵۰٪ وزنی ترکیبات غیرآلی نظیر شیشه یا ظروف فلزی صلب با درپوش پلاستیکی انتظار می‌رود چنین بسته‌بندی برای بازیابی انرژی مناسب نباشد.

۶ روش‌ها

۱-۶ کاربرد

کاربرد این استاندارد برای هر گونه بسته بندی خاص باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۰۷ باشد.

۲-۶ ارزیابی

بسته‌بندی ممکن است از نظر قابلیت بازیابی به شکل انرژی، با محاسبه داده‌های پیوست ب یا با استفاده از روش‌شناسی پیوست الف ارزیابی شود.

۳-۶ ادعاهای انطباق

تأمین کننده باید یک تأییدیه کتبی مبنی بر انطباق با الزامات بند ۵ طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۵۰۷ آماده کند. پیوست ت می‌تواند به عنوان راهنما استفاده شود.

پیوست الف

(الزامی)

تعیین بهره حرارتی و مشخص کردن حداقل ارزش حرارتی پایین نظری (حداقل ارزش حرارتی خالص)

تعیین بهره حرارتی بر مبنای روش‌های استاندارد محاسبه دمای نهایی بی‌دررو در شیمی احتراق و ترمودینامیک^۱ است.

ارزش حرارتی پایین (ارزش حرارتی خالص) (q_{net}) یک ماده عبارت است از مقدار گرمای آزاد شده در زمان احتراق و زمانی که همه آب در فاز گازی باقی می‌ماند. برای این که بسته‌بندی به صورت انرژی قابل بازیابی باشد، باید در فرایند بازیابی انرژی دارای بهره حرارتی باشد. برای اهداف این استاندارد، فرض بر این است که q_{net} باید از مقدار انرژی لازم (H_a)، فراتر رود تا دمای بی‌دررو مواد پسا احتراقی (از جمله هوای اضافی) به صورت بی‌دررو از دمای محیط افزایش یافته، به دمای نهایی مشخص شده برسد. بهره حرارتی هنگام برقراری معادله ۱، به دست می‌آید:

$$q_{net} - H_a > 0 \quad (1)$$

ارزش حرارتی پایین (ارزش حرارتی خالص) بسته‌بندی متشکل از اجزا و/یا ترکیبات مختلف را می‌توان از معادله ۲ محاسبه کرد:

$$q_{net} = \sum_{i=1}^n f_i q_{net,i} \quad (2)$$

که در آن:

q_{net} ارزش حرارتی پایین (ارزش حرارتی خالص) بسته بندی؛

f_i کسر جرمی جز یا ترکیب «i» در بسته بندی؛

$q_{net,i}$ ارزش حرارتی پایین (ارزش حرارتی خالص) جزء یا ترکیب «i» در بسته بندی.

بسته‌بندی قابل احتراق ممکن است شامل اجزا و/یا ترکیبات غیرقابل احتراق با ماهیت خنثی یا فعال باشد که می‌تواند تأثیر منفی برافزایش بهره حرارتی داشته باشد.

حداقل ارزش حرارتی پایین نظری (حداقل ارزش حرارتی خالص) که با H_a نشان داده می‌شود، می‌تواند با کاربرد معادله‌های ۳ و ۴ تعیین شود:

$$q_{net,min,theo.} = H_a = \sum_{i=1}^n f_i H_{a,i} \quad (3)$$

که در آن:

H_a انرژی لازم برای گرم کردن بی‌دررو محصولات احتراق، مواد باقی‌مانده و هوای اضافی از T_0 تا T_a ؛
 $H_{a,i}$ انرژی لازم برای گرم کردن بی‌دررو محصولات احتراق، مواد باقی‌مانده و هوای اضافی از T_0 تا T_a جزء یا ترکیب «i» ماده بسته‌بندی.

$$H_{a,i} = \sum_{j=1}^m g_j C_{pj} (T_a - T_0) \quad (4)$$

که در آن:

g_j نسبت محصولات احتراق و مواد باقی‌مانده‌ها (گاز دودکش و خاکسترها) و هوای اضافی (j) ناشی از مقدار جز یا ترکیب «i» در بسته‌بندی؛

C_{pj} ظرفیت گرمایی ویژه محصول پس از احتراق «j» در فشار ثابت؛

T_a گرمای بی‌دررو نهایی؛

T_0 دمای محیط.

معادله ۴ برای شرایط بی‌دررو معتبر است. برای اهداف این استاندارد، H_a باید طبق شرایط مشخص شده طبق راهنمای 2000/76/EC محاسبه شود، یعنی دمای نهایی (T_a) در 850°C و ۶٪ اکسیژن مازاد و T_0 در 25°C تنظیم می‌شود.

می‌توان H_a را از ترکیب شیمیایی که تأمین‌کننده ماده اعلام کرده، محاسبه کرد.

مقادیر q_{net} برای مواد یک بسته‌بندی منحصربه‌فرد از تأمین‌کننده مواد خام یا از کتاب‌های راهنمای استاندارد به دست می‌آید. q_{net} یک بسته‌بندی طبق معادله ۲ محاسبه می‌شود. همچنین، q_{net} را می‌توان به طور تجربی طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۴۵ تعیین شود.

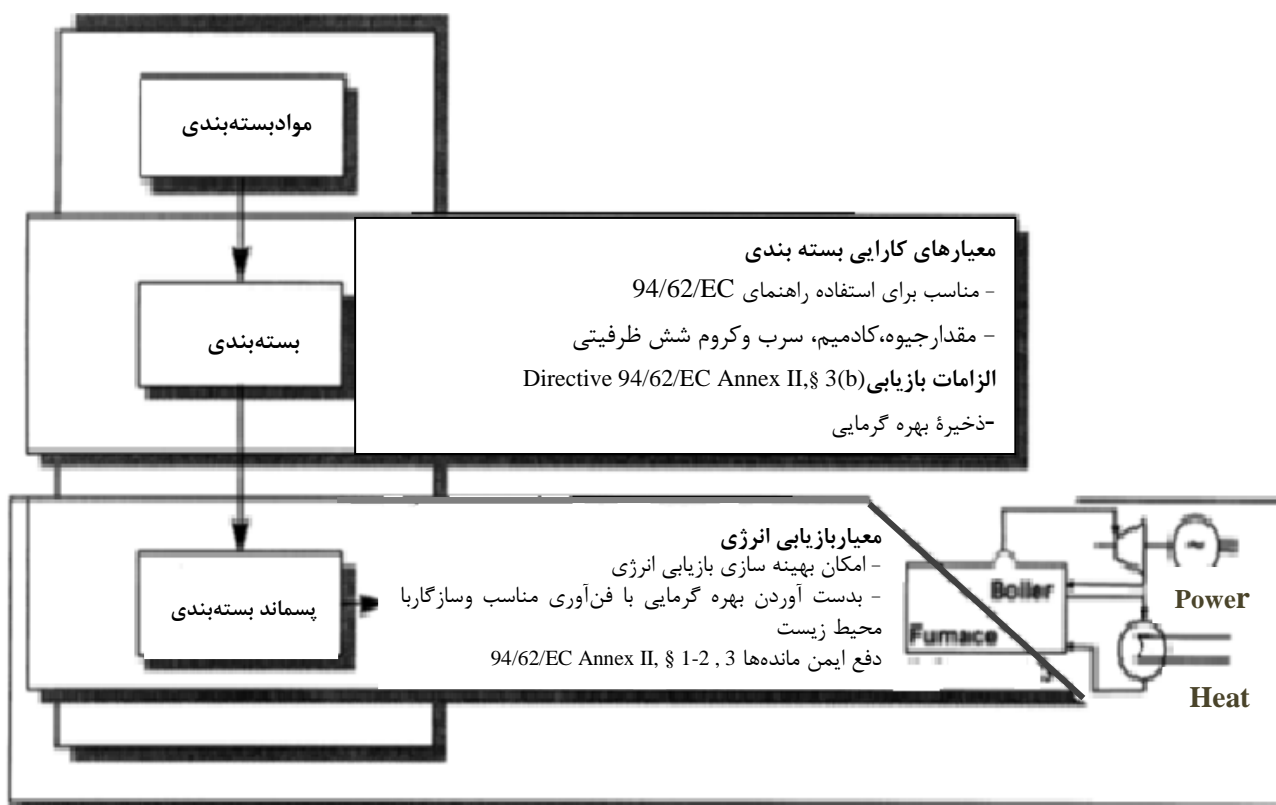
میزان خاکستر (یا باقی‌مانده‌های جامد)، به هنگامی که برای محاسبه H_a ضرورت داشته باشد، باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۳۷۷ تعیین شود.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

استخراج حداقل ارزش حرارتی پایین (حداقل ارزش حرارتی خالص) بسته‌بندی برای بهینه سازی بازیابی انرژی در یک سامانه صنعتی واقعی

پیشرفت و مفهوم بازیابی انرژی را استاندارد CR 1460^[3] در حالت کلی در نظر می‌گیرد، در حالی که استاندارد CR 13686^[4] مفهوم بهینه‌سازی بازیابی انرژی را شرح می‌دهد. ارتباط بین طراحی یک بسته‌بندی، الزامات بسته بندی، بهینه سازی و نیازهای بازیابی انرژی در شکل ب-۱ به تصویر کشیده شده‌اند.



شکل ب-۱- الزامات عمومی برای بهینه سازی بسته بندی- مناطق بحرانی برای بازیابی انرژی

الزامات بهره انرژی حرارتی به معنی تولید انرژی از بسته‌بندی به هنگام احتراق آن در شرایط مشخص شده طبق راهنمای 2000/76/EC است. بهره حرارتی برای یک حالت بی‌دررو مطلوب، در شرایط پایدار و بدون اتلاف تعیین می‌شود. در سامانه صنعتی واقعی، انرژی گرمایی در دسترس همیشه از بهره حرارتی نظری بزرگ‌تر است. علی‌رغم وجود اتلاف حرارتی در یک واحد احتراق، بازده کل حرارتی در بازیابی گرما از گازهای دودکش ۷۵٪ تا ۹۰٪ است. جدول ب-۱ مقادیر بهره حرارتی و انرژی گرمایی در دسترس را برای

ترکیبات بسته‌بندی معمولی، مواد بسته‌بندی ارائه می‌کند. برخی از مواد بسته‌بندی کاربرد روزمره ندارند ولی برای نشان دادن گستره امکانات آورده شده‌اند.

تنها چند درصد از انرژی ورودی صرف پالایش گاز دودکش و حمل مواد مانده می‌شود. کل بازیابی پسماند یا دفع بهینه برای حمل و نقل نیاز به انرژی دارند. این به شرایط بستگی دارد ولی به طور معمول بهتر است کمتر از ۱ مگاژول به ازای هر کیلوگرم پسماند باشد.

شکل ب-۲ طرحی از جدول ب-۱ است. بهره‌وری حرارتی به عنوان تابعی از q_{net} رسم شده است. یک خط میانگین براساس روش کمترین مربعات محاسبه شده و تا $q_{net} = 0$ برون‌یابی می‌شود.

برون‌یابی نشان می‌دهد که وقتی $q_{net} > 2 \text{ MJ/kg}$ باشد، بهره‌وری حرارتی بزرگتر از صفر می‌باشد. با توجه به حد اطمینان ۹۵٪، حداقل نظری مقدار $q_{net, min, theor}$ بین 1.5 MJ/kg و 2.5 MJ/kg است. با اعمال ضریب اطمینان ۲، که به طور معمول در طراحی و ساخت فرآیندهای صنعتی به کار می‌رود، مقدار مورد نیاز در 5 MJ/kg تنظیم می‌شود.

برای $q_{net} = 5 \text{ MJ/kg}$ ، بهره‌وری حرارتی تقریباً برابر با 2 MJ/kg است و انرژی گرمایی در دسترس محاسبه شده 4 MJ/kg یا بیشتر می‌باشد. حتی وقتی که مصرف انرژی برای حمل و نقل اضافی، پالایش گاز دودکش و حمل باقی‌مانده‌ها هم به حساب آید، انرژی گرمایی در دسترس از انرژی مصرفی این موارد بیشتر است.

جدول ب-۱- بهره حرارتی محاسبه شده برای دمای محیط 25°C و دمای نهایی 850°C با اکسیژن ۶٪، برای گستره اجزا، ترکیبات سازنده و بسته بندی است. Q_{net} ماده ویژه بوده و ممکن است با روش های استاندارد مانند گرماسنجی (طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۴۵) تعیین شود. داده ها برای بیشتر مواد در منابع (از جمله کتاب راهنمای شیمی و فیزیک) در دسترس است.

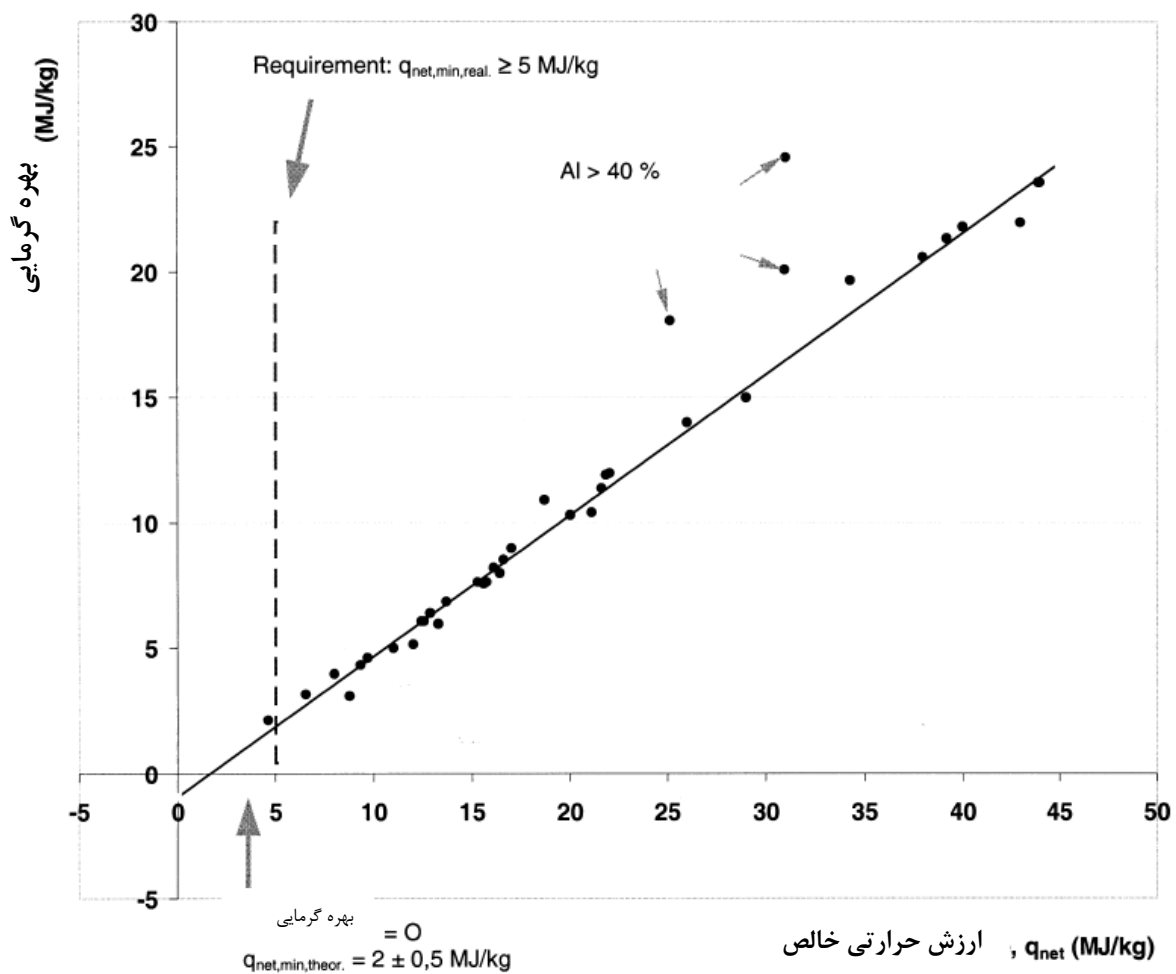
مثال ها	Q_{net}	H_a	$Q_{\text{net}} - H_a$	در دسترس	خاکستریا باقی مانده های جامد (درصد وزنی) ^g
الزاماتی که باز یافت انرژی را کاملاً تأمین می کنند	Q_{net} (MJ/kg) ^e	H_a MJ/kg	بهره حرارتی MJ/kg	انرژی گرمایی (MJ/kg) ^f	
الزاماتی که باز یافت انرژی را کاملاً تأمین نمی کنند					
سلولز	۱۶۱	۷٫۹	۸٫۲	۱۲٫۱	<۰٫۱
لیگنین	۲۶۰	۱۲٫۰	۱۴٫۰	۱۹٫۵	<۰٫۱
نشاسته	۱۶۱	۷٫۹	۸٫۲	۱۲٫۰	<۰٫۱
ماده خنثی (سرامیک، شیشه و غیره)	۰	۱٫۰	-۱٫۰	-	۱۰۰
کلسیم کربنات ^a	-۲۰	۱٫۰	-۳۰	-	۵۶
آب (به صورت رطوبت)	-۲۰	۲٫۰	-۴۰	-	۰
چوب					
چوب خشک	۲۰٫۰	۹٫۷	۱۰٫۳	۱۵٫۰	۰٫۴
چوب با ۳۰٪ رطوبت	۱۳٫۳	۷٫۳	۶٫۰	۱۰٫۰	۰٫۳
چوب با ۵۰٪ رطوبت	۸٫۸	۵٫۷	۳٫۱	۶٫۶	۰٫۲
کاغذو مقوا					
مقوا (۶۶٪ سلولز، ۲۳٪ لیگنین، ۱۱٪ پوشش بی-اثر، خشک)	۱۶۶	۸٫۱	۸٫۵	۱۲٫۵	۱۱
مقوا (۶۶٪ سلولز، ۲۳٪ لیگنین، ۱۱٪ پوشش بی-اثر، خشک)، ۷٪ رطوبت	۱۵۳	۷٫۶	۷٫۷	۱۱٫۵	۱۰
مقوا (۸۵٪ سلولز، ۱۵٪ پرکننده بی اثر)، خشک	۱۳۷	۶٫۸	۶٫۹	۱۰٫۳	۱۵
مقوا (۸۵٪ سلولز، ۱۵٪ پرکننده بی اثر، خشک)، ۷٪ رطوبت	۱۲۶	۶٫۵	۶٫۱	۹٫۵	۱۴
کاغذ بسته بندی (۸۰٪ سلولز، ۲۰٪ پرکننده بی-اثر) خشک	۱۲۹	۶٫۵	۶٫۴	۹٫۷	۲۰
کاغذ بسته بندی (۸۰٪ سلولز، ۲۰٪ پرکننده بی اثر، خشک) ۳٪ رطوبت	۱۲۴	۶٫۴	۶٫۰	۹٫۴	۱۹
کاغذ بسته بندی (۶۰٪ سلولز، ۴۰٪ پرکننده بی-اثر) خشک	۹۷	۵٫۱	۴٫۶	۷٫۳	۴۰
کاغذ بسته بندی (۶۰٪ سلولز، ۴۰٪ پرکننده بی اثر، خشک) ۳٪ رطوبت	۹۳	۵٫۰	۴٫۳	۷٫۰	۳۹

ادامه جدول ب ۱

مثال ها الزاماتی که بازیافت انرژی را کاملا " تأمین می کنند الزاماتی که بازیافت انرژی را کاملا" تأمین نمی کنند	q_{net} (MJ/kg) ^e	Ha MJ/kg	$q_{net} - Ha$ بهره حرارتی MJ/kg	دردسترس انرژی گرمایی (MJ/kg) ^f	خاکستریا باقی مانده های جامد (درصد وزنی) ^g
پلیمرها					
پلی اتیلن، PE	۴۳٫۰	۲۱٫۰	۲۲٫۰	۳۲٫۲	<۰٫۱
پلی پروپیلن، PP	۴۴٫۰	۲۰٫۴	۲۳٫۶	۳۳٫۰	<۰٫۱
پلی استایرن، PS	۴۰٫۰	۱۸٫۲	۲۱٫۸	۳۰٫۰	<۰٫۱
پلی وینیل کلراید، PVC	۱۷٫۰	۸٫۰	۹٫۰	۱۲٫۸	<۰٫۱
پلی اتیلن ترفتالات، PET	۲۲٫۰	۱۰٫۰	۱۲٫۰	۱۶٫۵	<۰٫۱
پلی کربنات	۲۹٫۰	۱۴٫۰	۱۵٫۰	۲۲٫۰	<۰٫۱
فلزات					
آلومینیم (قابل احتراق) ^b	۳۱٫۰	۶٫۴	۲۴٫۶	۲۳٫۳	۱۸۹
آلومینیوم (بی اثر) ^c	۰	۱٫۰	-۱٫۰	-	۱۰۰
استیل (بی اثر)	۰	۰٫۴	-۰٫۴	-	۱۰۰
پلاستیک ها					
PP با ۵۰٪ پرکننده کربنات	۲۱٫۱	۱۰٫۷	۱۰٫۴	۱۵٫۸	۲۸
PP با ۷۰٪ پرکننده کربنات	۱۲٫۰	۶٫۸	۵٫۲	۹٫۰	۳۹
PS با ۲٪ TiO ₂	۳۹٫۲	۱۷٫۹	۲۱٫۳	۲۹٫۴	۲
لامینیت					
مقوا (۶۶٪ سلولز، ۲۳٪ لیگنین، ۱۱٪ پوشش بی-اثر، خشک) با ۷٪ رطوبت، ۲۰٪ PE، ۵٪ AL	۲۱٫۶	۱۰٫۲	۱۱٫۴	۱۶٫۲	۱۷
۱٪ PE، ۱۲٪ AL، ۱۲٪ PET	۳۸٫۰	۱۷٫۳	۲۰٫۶	۲۸٫۵	۲۳
۴۹٪ PE، ۲۲٪ AL، ۲۹٪ PET	۳۴٫۲	۱۴٫۶	۱۹٫۷	۲۵٫۷	۴۲
۲۳٪ PE، ۴۶٪ AL، ۳۱٪ PET	۳۱٫۰	۱۰٫۹	۲۰٫۱	۲۳٫۳	۸۷
فیلم PP با ۷٪ لایه فلزی AL	۴۳٫۹	۲۰٫۳	۲۳٫۶	۳۲٫۹	۱
فیلم PET با ۷٪ لایه SiO _x	۲۱٫۹	۹٫۹	۱۱٫۹	۱۶٫۴	۱
۵۸/۱٪ Al، ۴۱/۹٪ PVC	۲۵٫۰	۷٫۰	۱۸٫۰	۱۹٫۰	۱۱۰
بسته بندی					
پالت چوبی، ۴٪ میخ، ۱۶٪ رطوبت	۱۵٫۸	۸٫۱	۷٫۷	۱۱٫۹	۴
جعبه چوبی، ۵٪ میخ، ۱۶٪ رطوبت	۱۵٫۶	۸٫۰	۷٫۶	۱۱٫۸	۵
قوطی ادویه (۸۱/۸٪ استیل، ۱۸/۲٪ PP) ^d	۸٫۰	۴٫۰	۴٫۰	۶٫۰	۸۲
قوطی افشانه استیل (۸۵/۲٪ استیل، ۱۴/۸٪ PP) ^d	۶٫۵	۳٫۴	۳٫۱	۴٫۹	۸۵
قوطی شربت (۸۹/۵٪ استیل، ۱۰/۵٪ PP) ^d	۴٫۶	۲٫۵	۲٫۱	۳٫۵	۸۹

ادامه جدول ب ۱

^a طی فرآیند احتراق، کربنات کلسیم به شکل گرماگیر، کلسیم اکسید و کربن دی اکسید تولید می کند.
^b ورق آلومینیومی تا ضخامت $50\ \mu\text{m}$ مطابق بند ۵ یادآوری ۳ محاسبه می شود.
^c ورق آلومینیومی با ضخامت بیش از $50\ \mu\text{m}$ مطابق بند ۵ یادآوری ۳ انتظار می رود قابل احتراق نباشد.
^d بسته بندی تمام الزامات قابلیت بازیابی انرژی را تأمین نمی کند، ولی اجزای آلی انرژی گرمایی در دسترس را فراهم می کند (بند ۵ ، یادآوری ۴)
^e مقادیر Q_{net} با حروف پر رنگ نشان می دهند که اجزا و ترکیبات بسته بندی الزامات بند ۵ را برآورده می کند.
^f برای شرایط یک واحد تبدیل پسماند به انرژی با اتلاف گرمایی $0.25 \times Q_{\text{net}} = 0.75 Q_{\text{net}}$ انرژی گرمایی در دسترس
^g همان طور که در استاندارد ملی ایران شماره ۳۷۷ تعیین شده است.



راهنما

خط مطابق روش کمترین مربع محاسبه و تا $Q_{\text{net}} = 0$ برون یابی می شود.

یادآوری - سه نقطه که بالای خط نشانگر قرار گرفته اند مثال های حاوی بیش از ۴۰٪ وزنی آلومینیوم است. آلومینیوم از نظر ترمودینامیکی نمی تواند مانند مواد آلی رفتار کند و این داده ها از محاسبات بدست می آید.

شکل ب ۲- بهره حرارتی به عنوان تابعی از Q_{net} برای اجزا، ترکیبات سازنده و بسته بندی از جدول ب ۱

پیوست پ (اطلاعاتی)

مواد با قابلیت تأثیر منفی بر فرایند بازیابی انرژی و مواد، ترکیب مواد یا طراحی بسته‌بندی با قابلیت ایجاد مشکلات حین بازیابی انرژی

مواد بسته بندی قابل احتراق طی جمع آوری یا انبار کردن پیش از بازیابی انرژی، به خودی خود خطری را نشان نمی‌دهد. با اینحال، اقدامات احتیاطی مناسب حین حمل پسماند هر بسته بندی که احتمال می‌رود پیشتر برای بسته‌بندی مواد خطرناک بودند ضروری به نظر می‌رسد. این از الزامات دستورالعمل 67/548/EEC است و اصلاحیه‌های آن مربوط به بسترهای خطرناک مشاهده می‌شوند.

الزامات با توجه به مقدار فلزات سنگین در راهنمای بسته‌بندی و پسماند بسته‌بندی (94/62/EC) تنظیم می‌شود. غلظت آنها در مواد بسته‌بندی با روش‌های استاندارد تعیین شده و برای هر بسته‌بندی خاص محاسبه آن از روی ترکیب مواد محاسبه می‌شود. این مورد در استانداردهای EN 13428 و CR 13695-1 ارائه شده می‌شود. حین فرایند بازیابی انرژی، میزان فلزات سنگین تا حد زیادی در مانده‌های جامد تغلیظ شده و به این ترتیب به حذف چنین عناصری از جریان گردش مواد کمک می‌کند و فرایند دفع نهایی ایمن را تسهیل می‌کند.

هر ترکیب آلی خطرناک که احتمال وجود آن در پسماند بسته بندی می‌رود، در دمای بالای فرآیند احتراق تجزیه می‌شود. تولید گازهای گلخانه‌ای تابع مقررات است.

مواد ناشی از احتراق عناصر تشکیل دهنده مواد اسیدی مانند گوگرد، نیتروژن و هالوژن‌ها، پیامدهای فنی و زیست محیطی دارند. برخی از این عناصر به دلایل عملکرد سالم در بسته‌بندی قابل احتراق ممکن است به کار روند. به حداقل رساندن سایر مواد خطرناک در استانداردهای EN 13428 و CEN/TR 13695-2 شرح داده شده است. بسته‌بندی علی‌رغم نیاز به مدیریت فرآیند ویژه، باز هم در فرایند احتراق منجر به بهره‌برداری می‌شود. کوره‌های سوخت پسماند جامد شهری برای مقابله با اسیدهای تشکیل شده به یک روش فنی و سازگار با محیط زیست مجهز شده‌اند که تحت پوشش الزامات راهنمای 94/67/EC و 2000/76/EC در مورد سوزاندن پسماند است. باقی مانده‌های به جا مانده از سوخت نیز مشمول مقررات هستند.

به طور ضمنی، الزامات بهره‌برداری مقدار خاکستر بسته بندی در قالب انرژی بازیافتی را نیز محدود می‌کند. این محدودیت‌ها تابع ترکیب بسته بندی است.

طراحی بسته بندی و ترکیب مواد برای فرآیند بازیابی انرژی مشکلی ایجاد نمی‌کند. تجهیزاتی برای کاهش دادن حجم پسماند بسته‌بندی بزرگ ورودی به جریان پسماند، در دسترس است.

پیوست
(اطلاعاتی)

مثالی از نمونه گزارش انطباق با این استاندارد

شماره استاندارد:	تاریخ:
شناسه بسته بندی:	

۱- روش ارزیابی

الف: محتوای مواد آلی بزرگتر یا برابر ۵۰٪ وزنی است؟	بله مناسب برای بازیابی انرژی به قسمت الف بند ۳ این پیوست مراجعه شود	خیر به قسمت ب بند ۳ این پیوست مراجعه شود
ب: محتوای مواد غیر آلی بزرگتر از ۵۰٪ وزنی است؟ با استفاده از بند ۲ این گزارش محاسبه شود	بله اگر به صورت ترکیب وجود دارد: به قسمت بند ۲ این گزارش مراجعه شود	بله اگر به صورت جزء وجود دارد؛ برای بازیافت انرژی مناسب نیست به قسمت ب بند ۳ این گزارش مراجعه شود
پ: آیا $q_{net} \geq 5 \text{ MJ/kg}$ است؟	بله مناسب برای بازیافت انرژی به قسمت الف بند ۳ این گزارش مراجعه شود	خیر الزامات استاندارد EN 13431 را به طور کامل تأمین نمی کند به قسمت ب بند ۳ این گزارش مراجعه شود

۲- توصیف بسته بندی، محاسبه درصد وزنی و q_{net}

ماده	کاربرد	% (وزن)	q_{net} (MJ/kg)	q_{net} (MJ/kg) وزن شده	مرجع
۱	جزء سازنده				
۲	ترکیب ماده				
مجموع					
به قسمت ب یا پ بند ۱ این گزارش مراجعه شود.					

۳- ارزیابی انطباق

- الف- بسته بندی برای بازیابی انرژی مناسب است. به بند ۴ این گزارش مراجعه شود.
□ ب- بسته بندی الزامات این استاندارد را به طور کامل تأمین نمی کند.

۴- بیان انطباق

این بسته بندی با الزامات این استاندارد مبنی بر بازیابی انرژی مطابقت دارد.
تاریخ و امضاء:

کتابنامه

- [1] 94/67/EC Council Directive of 16 December 1994 on the incineration of hazardous waste.
- [2] Directive 67/548/EEC and its amendments on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances.
- [3] CR 1460, Packaging - Energy recovery from used packaging.
- [4] CR 13686, Packaging - Optimization of energy recovery from packaging waste
- [5] Handbook on Chemistry and Physics, 82th Edition, CRC Press, Cleveland, Ohio, 2001.