



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۳۸۹
تجدید نظر چهارم
۱۳۹۹

INSO
389
4th Revision
2020

سیمان پرتلند - ویژگی‌ها

Portland cement — Specifications

ICS:91.100.10

استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۹ (تجدید نظر چهارم): سال ۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴۰۳۲۸ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وب گاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

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

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

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

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

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

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

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روز رسانی و نشر استانداردهای ملی ایران را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهای ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، 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 کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

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

4-Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«سیمان پرتلند-ویژگی‌ها»

رئیس:

تدین، محسن
(دکتری مهندسی عمران)

سمت و/یا محل اشتغال:

انجمن بتن ایران و شرکت مهندسی
مشاور سیناب غرب

دبیران:

مجتبوی، سید علیرضا
(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

رییس قاسمی، امیر مازیار
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

انجمن صنفی کارفرمایان صنعت سیمان

آشوری، کاظم
(کارشناسی شیمی)

شرکت سیمان دورود

بهفر، رضوان
(دکتری مهندسی شیمی)

شرکت سیمان آبیک

توکلی، پیمان
(کارشناسی شیمی)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

خدابنده، ناهید
(کارشناسی شیمی)

شرکت سیمان شرق

رحمانی، مزدک
(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

دانشگاه شهید بهشتی

رحمتی، علیرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

سازمان ملی استاندارد ایران

رشیدوندی، وحید
(کارشناسی ارشد نانو فناوری)

<u>اعضا:</u> (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	<u>سمت و/یا محل اشتغال:</u>
روح اللهی، محمدرضا (کارشناسی شیمی کاربردی)	سیمان سپاهان
سامانیان، حمید (کارشناسی مهندسی ارشد مواد)	پژوهشگاه استاندارد
عباسی رزگله، محمد حسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	سازمان ملی استاندارد ایران
فیروزیار، فهیمه (کارشناسی شیمی)	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
قهری، هما (کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)	پژوهشگاه استاندارد
کریمی، محرم (دیپلم ساختمان)	انجمن صنفی تولیدکنندگان بتن آماده و قطعات بتنی ایران
لطفی، مجید (کارشناسی ارشد شیمی)	شرکت سیمان بجنورد
محرری، حسن (کارشناسی ارشد معماری)	سازمان ملی استاندارد ایران
محمودی سعید (کارشناسی مهندسی معدن)	کارشناس استاندارد
منتظریان، روشن (کارشناسی شیمی)	شرکت سیمان زاوه تربت
ویسه، سهراب (دکتری مهندسی معدن)	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

ویراستار:

عباسی رزگله، محمد حسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	سازمان ملی استاندارد ایران
--	----------------------------

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ انواع سیمان پرتلند
۵	۵ رده‌بندی
۵	۶ اطلاعات سفارش
۵	۷ اجزای تشکیل‌دهنده
۶	۸ ویژگی‌های شیمیایی
۸	۹ ویژگی‌های فیزیکی
۱۰	۱۰ ویژگی مکانیکی
۱۰	۱۱ نمونه‌برداری
۱۰	۱۲ بازرسی
۱۰	۱-۱۲ بازرسی توافقی
۱۰	۲-۱۲ بازرسی نهاد صدور گواهی
۱۰	۱۳ شرایط عدم پذیرش
۱۰	۱۴ اظهار تولید کننده
۱۲	۱۵ نحوه عرضه سیمان
۱۲	۱-۱۵ بسته‌بندی
۱۲	۲-۱۵ فله
۱۲	۱۶ نگهداری سیمان
۱۲	۱۷ نشانه‌گذاری
۱۴	پیوست الف (الزامی) محاسبات پتانسیل ترکیب فازهای سیمان
۱۷	پیوست ب (الزامی) سنگ آهک موجود در سیمان پرتلند
۱۸	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «سیمان پرتلند-ویژگی‌ها» که نخستین بار در سال ۱۳۴۶ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای چهارمین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در هشتصد و نود و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فراورده‌های ساختمان مورخ ۱۳۹۹/۰۸/۰۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۹: سال ۱۳۷۸ می‌شود.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

- 1- ASTM C150/C150M: 2019, Standard Specification for Portland Cement
- 2- EN 197-1: 2011, Cement — Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

سیمان پرتلند - ویژگی‌ها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی انواع سیمان پرتلند است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

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

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ASTM C51, Terminology Relating to Lime and Limestone (as used by the Industry)
- 2-2 ASTM C109/C109M, Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)
- 2-3 ASTM C114, Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

یادآوری ۱- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۲: سال ۱۳۸۱، سیمان‌های هیدرولیکی - روش‌های آزمون شیمیایی - اندازه‌گیری عناصر اصلی، با استفاده از ASTM C114:2001 تدوین شده است.

یادآوری ۲- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۳-۱: سال ۱۳۸۱، سیمان‌های هیدرولیکی - روش‌های آزمون شیمیایی - قسمت ۱: اندازه‌گیری عناصر فرعی، با استفاده از ASTM C114:2001 تدوین شده است.

یادآوری ۳- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۳-۲: سال ۱۳۸۱، سیمان‌های هیدرولیکی - روش‌های آزمون شیمیایی - قسمت ۲: اندازه‌گیری کلسیم اکسید آزاد، با استفاده از ASTM C114:2001 تدوین شده است.

یادآوری ۴- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۴: سال ۱۳۸۱، سیمان‌های هیدرولیکی - روش‌های آزمون شیمیایی - اندازه‌گیری گوگرد به صورت سولفید، با استفاده از ASTM C114:2001 تدوین شده است.

یادآوری ۵- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۵: سال ۱۳۸۱، سیمان‌های هیدرولیکی - روش‌های آزمون شیمیایی - تعیین سدیم اکسید و پتاسیم اکسید، با استفاده از ASTM C114:2001 تدوین شده است.

- 2-4 ASTM C151, Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۱: سال ۱۳۸۶، سیمان هیدرولیکی - تعیین انبساط به روش اتوکلاو - روش آزمون، با استفاده از ASTM C151:2001 تدوین شده است.

- 2-5** ASTM C183, Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement
- 2-6** ASTM C185, Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar
- یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۶۱۷۰: سال ۱۳۸۷، سیمان - تعیین هوای ملات سیمان هیدرولیکی - روش آزمون، با استفاده از ASTM C185:2001 تدوین شده است.
- 2-7** ASTM C191, Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle
- یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۲: سال ۱۳۸۸، سیمان - تعیین زمان گیرش سیمان هیدرولیکی با سوزن ویکات - روش آزمون، با استفاده از ASTM C191:2001 تدوین شده است.
- 2-8** ASTM C204, Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus
- یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۰: سال ۱۳۸۸، سیمان - تعیین نرمی سیمان هیدرولیکی با دستگاه نفوذپذیری هوا - روش‌های آزمون، با استفاده از ASTM C204:2001 تدوین شده است.
- 2-9** ASTM C219, Terminology Relating to Hydraulic Cement
- 2-10** ASTM C226, Specification for Air-Entraining Additions for Use in the Manufacture of Air-Entraining Hydraulic Cement
- 2-11** ASTM C266, Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic-Cement Paste by Gillmore Needles
- 2-12** ASTM C451, Test Method for Early Stiffening of Hydraulic Cement (Paste Method)
- 2-13** ASTM C452, Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate
- 2-14** ASTM C465, Specification for Processing Additions for Use in the Manufacture of Hydraulic Cements
- 2-15** ASTM C563, Guide for Approximation of Optimum SO₃ in Hydraulic Cement
- 2-16** ASTM C1038, Test Method for Expansion of Hydraulic Cement Mortar Bars Stored in Water
- 2-17** ASTM C1702, Test Method for Measurement of Heat of Hydration of Hydraulic Cementitious Materials Using Isothermal Conduction Calorimetry
- 2-18** ASTM E29, Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications
- 2-19** IEEE/ASTM SI 10, American National Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System
- 2-20** EN 196-1, Methods of testing cement. Determination of strength
- یادآوری** - استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۸۰۷-۱: سال ۱۳۹۳، روش‌های آزمون سیمان - قسمت ۱: تعیین مقاومت، با استفاده از EN 196-1 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ASTM C219، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳

کلینکر سیمان پرتلند

portland cement clinker

کلینکر سیمان پرتلند فراورده‌ای است مرکب که عمدتاً از کلسیم سیلیکات‌ها و آلومینات‌ها تشکیل شده و از واکنش حرارتی - شیمیایی مواد آهکی و رسی در کوره سیمان تا دمای معین به دست می‌آید.

۲-۳

سیمان پرتلند

portland cement

سیمان پرتلند چسباننده‌ای است آبی، که از پودر کردن همزمان کلینکر سیمان پرتلند همراه با مقدار مناسبی سنگ گچ در آسیاب به دست می‌آید.

سیمان پرتلند با ویژگی‌های تعیین شده در این استاندارد در مجاورت آب و در اثر واکنش‌های هیدراته شدن، گرما ایجاد می‌کند و خمیر حاصل گیرش یافته و با گذشت زمان سخت می‌شود و در شرایط محیطی مناسب، مقاومت پایداری را کسب می‌کند. چنانچه این سیمان با آب و سنگدانه‌های مناسب، پیمانانه و مخلوط شود، ملات یا بتن با کارایی و روانی مطلوب ایجاد می‌کند که با گذشت زمان مقاومت‌های معینی را کسب می‌نماید و ثبات حجمی خود را نیز در زمان‌های طولانی حفظ می‌کند و در رویارویی با شرایط محیطی از دوام کافی برخوردار است.

۳-۳

فرایند سخت شدن سیمان

cement hardening process

سیمان در مجاورت آب با انجام واکنش هیدراته شدن، سخت می‌شود. محصول واکنش عمدتاً کلسیم سیلیکات‌های آبدار است. ترکیبات شیمیایی دیگر نظیر آلومینات‌ها نیز در این عمل مؤثر هستند.

۴-۳

افزونه‌ها

Additives

موادی هستند که خواص سیمان (به ویژه گیرش) آن را تنظیم می‌کنند. کلسیم سولفات متبلور خام، ماده افزودنی متداول و مجازی است که به هنگام آسیاب کردن کلینکر در حین تولید سیمان اضافه می‌شود.

۴ انواع سیمان پرتلند

سیمان پرتلند شامل ۱۱ نوع به شرح زیر است که با مخفف فارسی نشان داده می‌شود:

۴-۱ سیمان پرتلند نوع یک (پ ۱): برای کاربردهای عمومی، هنگامی که مشخصات ویژه‌ای مطابق آن چه که برای دیگر انواع سیمان مشخص شده است، مورد نیاز نباشد؛

۴-۲ سیمان پرتلند نوع یک هوازا (پ ۱ه): برای کاربرد مشابه نوع یک و در جایی که ایجاد هوای عمدی مورد نظر است؛

۴-۳ سیمان پرتلند نوع دو (پ ۲): برای کاربردهای عمومی، به خصوص در مواردی که مقاومت متوسط در برابر سولفات‌ها مورد نظر است؛

۴-۴ سیمان پرتلند نوع دو هوازا (پ ۲ه): برای کاربرد مشابه نوع دو و در جایی که ایجاد هوای عمدی مورد نظر است؛

۴-۵ سیمان پرتلند نوع دو با گرمای هیدراته شدن متوسط (پ ۲گ): برای کاربرد عمومی و به طور خاص هنگامی که گرمای هیدراته شدن متوسط و مقاومت متوسط در برابر حمله سولفات‌ها مورد نیاز است؛

۴-۶ سیمان پرتلند نوع دو هوازا با گرمای هیدراته شدن متوسط (پ ۲هگ): برای کاربرد مشابه سیمان نوع دو با گرمای هیدراته شدن متوسط، در جایی که ایجاد هوای عمدی مورد نظر است؛

۴-۷ سیمان پرتلند نوع دو دریایی (پ ۲د): برای کاربردهای عمومی و دریایی، به خصوص در مواردی که مقاومت شیمیایی همزمان در برابر یون‌های کلرید و سولفات مورد نظر است؛

۴-۸ سیمان پرتلند نوع سه (پ ۳): برای کاربرد در مواردی که مقاومت فشاری اولیه زیادی مورد نظر است؛

۴-۹ سیمان پرتلند نوع سه هوازا (پ ۳ه): برای کاربرد مشابه سیمان نوع سه، در صورتی که ایجاد هوای عمدی نیز مورد نظر باشد؛

۴-۱۰ سیمان پرتلند نوع چهار (پ ۴): برای کاربرد در مواردی که گرمای هیدراته شدن کم مورد نظر است؛ و

۴-۱۱ سیمان پرتلند نوع پنج (پ ۵)، برای کاربرد در مواردی که به مقدار زیاد در برابر حمله سولفات‌ها مقاوم است، مورد نظر می‌باشد.

یادآوری - سیمان‌ها را می‌توان در دو یا چند نوع همزمان طبقه‌بندی کرد، مانند «نوع یک/دو»، که نشان می‌دهد این نوع سیمان با الزامات «انواع مشخص شده» (در این مثال، هم سیمان نوع یک و هم سیمان نوع دو) مطابقت دارد و برای کاربرد در تمامی مصارف مشخص شده برای آن سیمان‌ها مناسب است.

۵ رده بندی

انواع سیمان براساس مقاومت فشاری به چهار رده مقاومتی ۲۲/۵، ۳۲/۵، ۴۲/۵ و ۵۲/۵ رده‌بندی می‌شود.

۶ اطلاعات سفارش

اطلاعات سفارش سیمان طبق این استاندارد، باید شامل موارد زیر باشد:

۱-۶ شماره این استاندارد (INSO ۳۸۹)؛

۲-۶ نوع یا انواع مجاز (طبق بند ۴) و رده (طبق بند ۵)؛ اگر مشخص نشده باشد، نوع یک رده ۳۲/۵ باید تأمین شود.

۳-۶ هر یک از الزامات شیمیایی اختیاری، که طبق جدول ۲ مورد نظر است.

۴-۶ هر یک از الزامات فیزیکی اختیاری، که طبق جدول ۴ مورد نظر است.

۷ اجزای تشکیل دهنده

۱-۷ سیمان طبق این استاندارد نباید حاوی هیچ ماده‌ای به جز مواد تشکیل‌دهنده زیر باشد:

۱-۱-۷ کلینکر سیمان پرتلند؛

۲-۱-۷ آب یا کلسیم سولفات، یا هردو؛ مقادیر مجاز کلسیم سولفات و افت ناشی از سرخ شدن، نباید از حدود درج شده در جدول ۱ تجاوز کند.

۳-۱-۷ سنگ آهک، مقدار سنگ آهک نباید از ۵٫۰ درصد وزن سیمان بیشتر باشد به‌گونه‌ای که الزامات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی ارایه شده در این استاندارد را برآورده کند (به یادآوری این زیربند مراجعه شود). سنگ آهک مطابق با تعریف ذکر شده استاندارد ASTM C51، باید طبیعی و حاوی حداقل ۷۰ درصد وزنی یک یا بیش از یک کانی به شکل کلسیم کربنات باشد. اگر سنگ آهک استفاده شده باشد، تولیدکننده باید مقدار مورد مصرف را بر حسب درصد وزنی سیمان و مطابق با پیوست ب، همراه با اکسیدهای ترکیبی سنگ آهک، گزارش کند.

یادآوری - سیمان پرتلند می‌تواند حاوی سنگ آهک باشد، ولی لزوماً جزء اجزای تشکیل‌دهنده سیمان نیست. بر این اساس در هنگام سفارش یا قرارداد، می‌توان سیمان بدون سنگ آهک آسیاب شده را درخواست کرد.

۷-۱-۴ افزونه‌های فرایندی غیر آلی، مقدار مصرف این مواد نباید بیش از ۵/۰ درصد جرم سیمان باشد. در یک سیمان، نباید بیش از یک نوع ماده افزونه فرایندی غیر آلی استفاده شود. در صورتی که میزان مصرف ماده افزونه فرایندی غیر آلی بیش از ۱/۰ درصد باشد، باید نشان داده شود الزامات استاندارد ASTM C465 برای میزان مصرف شده، یا مقادیر بیشتر، برآورده می‌شود. چنانچه ماده فرایندی غیر آلی مورد استفاده قرار گیرد، تولید کننده باید مقدار مصرف آن را بر اساس جرم سیمان و ترکیب اکسیدهای تشکیل دهنده آن اظهار کند.

یادآوری - این الزامات بر اساس اطلاعات موجود و توصیه‌های مرجع [1] کتاب‌نامه می‌باشد.

۷-۱-۵ افزونه‌های فرایندی آلی، باید نشان داده شود که این مواد الزامات استاندارد ASTM C465 را برای مقادیر استفاده شده و یا مقادیر بیشتر برآورده می‌کند و مجموع مقدار مواد افزونه فرایندی آلی استفاده شده نباید از ۱/۰ درصد جرم سیمان بیشتر باشد.

۷-۱-۶ افزونه هوازا (فقط برای سیمان پرتلند هوازا)؛ این افزونه باید با الزامات استاندارد ASTM C226 مطابقت داشته باشد.

۸ ویژگی‌های شیمیایی

۸-۱ ویژگی‌های شیمیایی انواع سیمان پرتلند، باید مطابق با الزامات ارائه شده در جدول ۱ باشد. همچنین ویژگی‌های اختیاری شیمیایی نیز در جدول ۲، ارائه شده است.

یادآوری ۱- در ویژگی‌های شیمیایی الزامی ارائه شده در جدول ۱، نیاز به گزارش معادل قلیایی‌ها است. سیمان‌هایی با معادل قلیایی کمتر از ۰/۶ درصد، به‌طور معمول سیمان «کم قلیا» نامیده می‌شود و برای استفاده با سنگدانه‌هایی که استعداد واکنش قلیایی سیلیسی دارند (ASR)^۱، توصیه شده است. هرچند استفاده از سیمان کم قلیا (در صورت عدم به‌کارگیری سایر الزامات پیشگیرانه)، ممکن است در پیشگیری و کنترل واکنش قلیایی مؤثر نباشد. در استاندارد ASTM C1778 راهنمایی در خصوص طرح مخلوط، شامل نحوه محاسبه قلیایی‌های مؤثر مورد استفاده در مقدار معادل قلیایی برای کاهش استعداد بالقوه واکنش قلیایی سیلیسی سنگدانه‌ها ارائه شده است.

یادآوری ۲- محدودیت ارائه شده در جدول ۱ برای مجموع $C_3S + 4.75C_3A$ ، به‌منظور کنترل گرمای هیدراته‌شدن است و مطابق با روش استاندارد ASTM C1702، گرمای هیدراته‌شدن سه روزه به 315 kJ/kg [75 kcal/g] محدود شده است.

یادآوری ۳- مواردی وجود دارد که عملکرد سیمان با مقادیر SO_3 بیشتر، نسبت به محدوده ارائه شده در جدول ۱، بهبود یافته است. راهنمای ASTM C563 یکی از چند روشی است که تولید کننده می‌تواند تأثیر سولفات را در مشخصات سیمان، مورد ارزیابی قرار دهد. در مواردی که مقدار SO_3 بیش از مقادیر مجاز ارائه شده در جدول ۱ باشد، با استفاده از روش استاندارد ASTM C1038، می‌توان نشان داد که آیا انبساط بیش از حد مجاز، در مقادیر زیاد SO_3 رخ می‌دهد یا خیر.

¹ - Alkali-Silica Reaction

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی الزامی

نوع سیمان ^a							روش آزمون	ویژگی
پ ۵	پ ۴	«پ ۳» و «پ ۳ هـ»	پ ۲ د	«پ ۲ گ» - «پ ۲ هـ گ»	«پ ۲» - «پ ۲ هـ»	«پ ۱» و «پ ۱ هـ»		
-	-	-	-	۶۰	۶۰	-	ASTM C114	آلومینیوم اکسید (Al ₂ O ₃)، بیشینه %
-	۶۵	-	-	۶۰ ^b	۶۰ ^b	-		آهن اکسید (Fe ₂ O ₃)، بیشینه %
۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰		منیزیم اکسید (MgO)، بیشینه %
۲۳	۲۳	۳۵	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰		تری گوگرد اکسید (SO ₃) ^d ، بیشینه %
f	f	۴/۵	f	f	f	۳/۵		تری گوگرد اکسید (C ₃ A) ^e ، بیش از ۸ %
۳۰	۲۵	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰		افت ناشی از سرخ شدن، حداکثر %
۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵		در صورت عدم استفاده از سنگ آهک
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵		در صورت استفاده از سنگ آهک
g	g	g	g	g	g	g		باقی‌مانده نامحلول، بیشینه %
-	۳۵ ^c	-	-	-	-	-		معادل قلیایی‌ها (Na ₂ O+0.658 K ₂ O)، %
-	۴۰ ^c	-	-	-	-	-	تری کلسیم سیلیکات (C ₃ S) ^e ، بیشینه %	
۵ ^b	۷ ^c	۱۵	۱۰	۸	۸	-	دی کلسیم سیلیکات، کمینه %	
-	-	-	۶	-	-	-	تری کلسیم آلومینات، (C ₃ A) ^e ، %	
-	-	-	-	۱۰۰	-	-	تری کلسیم سیلیکات، کمینه	
۲۵ ^b	-	-	-	-	-	-	مجموع تری کلسیم سیلیکات (C ₃ S) و ۴۱۷۵ تری کلسیم آلومینات، (C ₃ A) ^e ، بیشینه %	
-	-	-	-	-	-	-	تتراکلسیم آلومینات فریت به‌علاوه دو تا تری کلسیم آلومینات (C ₄ AF + 2(C ₃ A)) یا محلول جامد (C ₄ AF + C ₂ F) بسته به مورد، بیشینه %	
<p>^a به یادآوری بند ۴ مراجعه شود.</p> <p>^b در مواردی که مقاومت در برابر سولفات مطابق با جدول ۴ محدود شده است، نباید اعمال شود.</p> <p>^c در مواردی که گرمای هیدراته‌شدن مطابق با جدول ۴ محدود شده است، نباید اعمال شود.</p> <p>^d امکان تجاوز از مقادیر ارایه شده برای SO₃ وجود دارد، به شرط آن‌که با انجام آزمون ASTM C1038 نشان داده شود سیمانی با مقدار SO₃ بیش از حد مجاز، دارای پتانسیل انبساطی بیش از ۰٫۲۰ درصد در ۱۴ روز نخواهد بود. در صورتی که تولید کننده، سیمانی با این مشخصه را عرضه کند، باید اطلاعات تکمیلی مبنی بر عملکرد مناسب آن را نیز به خریدار ارایه کند. به یادآوری ۲ زیربند ۸-۱ مراجعه شود.</p> <p>^e برای انجام محاسبات، به پیوست الف مراجعه شود.</p> <p>^f قابل اعمال نیست.</p> <p>^g معادل قلیایی‌ها به‌عنوان بخشی از گواهی تولیدکننده گزارش شود. به یادآوری بند ۵ مراجعه شود.</p> <p>^h به یادآوری بند ۴ مراجعه شود.</p> <p>ⁱ علاوه بر این، حداقل هر شش ماه باید آزمون تعیین گرمایی هیدراته‌شدن سه روزه مطابق استاندارد ASTM C1702 انجام شود. این نوع آزمون‌ها اگرچه نباید برای رد یا پذیرش سیمان مورد استفاده قرار گیرد، ولی باید به‌عنوان اطلاعات تکمیلی گزارش شوند.</p>								

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی اختیاری^a

نوع سیمان							روش آزمون	ویژگی	
توضیحات	پ ۵	پ ۴	«پ۳» و «پ۳ه»	پ ۲ د	«پ۲» - «پ۲ه» - «پ۲گ» - «پ۲ه» «گ»	«پ۱» و «پ۱ه»			
برای سیمان با مقاومت متوسط در برابر سولفات	-	-	۸	-	-	-	ASTM C114	برای سیمان با مقاومت متوسط در برابر سولفات	تری کلسیم آلومینات (C3A) ^b بیشینه درصد
برای سیمان با مقاومت زیاد در برابر سولفات	-	-	۵	-	-	-		برای سیمان با مقاومت زیاد در برابر سولفات	
سیمان‌های کم قلیا	۰,۶ ^c	۰,۶ ^c	۰,۶ ^c	۰,۶ ^c	۰,۶ ^c	۰,۶ ^c		مقدار قلیائیت معادل (Na ₂ O + 0,658K ₂ O)، حداکثر درصد	

^A این الزامات اختیاری، تنها در موارد خاص که مورد درخواست باشد، اعمال می‌شود. قبل از ثبت سفارش امکان برآورده شدن موارد بررسی شود.

^B برای انجام محاسبات به پیوست الف مراجعه شود.

^C این محدودیت در مواردی که سیمان برای ساخت بتنی که دارای سنگدانه‌هایی با قابلیت واکنش قلیایی، مورد استفاده قرار می‌گیرد و هیچ راهکار پیشگیرانه‌ای برای کنترل واکنش مخرب قلیایی سنگدانه‌ها انجام نشده است، باید کنترل شود. برای اطلاعات بیشتر به استاندارد ASTM C33 مراجعه شود.

۹ ویژگی‌های فیزیکی

ویژگی‌های فیزیکی الزامی انواع سیمان‌های پرتلند، باید مطابق با ویژگی‌های ارایه شده در جدول ۳ باشند. همچنین ویژگی‌های فیزیکی اختیاری نیز در جدول ۴ ارایه شده است.

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی الزامی

نوع سیمان ^a											روش آزمون	ویژگی	
۵ پ	۴ پ	۳ پ ه	۳ پ	۲ پ د	۲ پ ه گ	۲ پ گ	۲ پ ه	۲ پ	۱ پ ه	۱ پ			
-	-	۲۲	-	-	۲۲	-	۲۲	-	۲۲	-	ASTM C185	بیشینه	هوای ملات، درصد حجمی
-	-	۱۶	-	-	۱۶	-	۱۶	-	۱۶	-		کمینه	
۲۶۰	۲۶۰	-	-	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰	ASTM C204	کمینه	نرمی، سطح ویژه، بر اساس روش بلین m ² /kg
۳۶۰ ^d	۳۶۰ ^c	-	-	۳۶۰ ^c	۳۶۰ ^c	۳۶۰ ^c	۳۶۰ ^c	۳۶۰ ^c	۳۶۰ ^c	۳۶۰ ^c		بیشینه	
۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	۰٫۸۰	ASTM C151	انبساط در اتوکلاو، حداکثر درصد	
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	ASTM C191	کمینه	زمان گیرش، بر اساس آزمون ویکات ^e ، دقیقه
۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵		بیشینه	
-	۲۰۰ ^f (۵۰)	-	-	-	۳۵۵ ^f (۸۰)	(۸۰) ۳۵۵ ^f	-	-	-	-	ASTM C1702	۳ روزه	گرمای هیدراته شدن، روش گرماسنجی، بیشینه، [cal/g] kJ/kg
-	۲۲۵ ^f (۵۵)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		۷ روزه	

^a به یادآوری بند ۴ مراجعه شود.

^c در مواردی که مجموع $C_3S+4.75C_3A$ کمتر یا برابر با ۹۰ است، نیاز به رعایت بیشینه میزان نرمی نمی‌باشد.

^d در صورتی که رده ۴۲٫۵ و ۵۲٫۵ به کار رود محدودیت بیشینه نرمی به ۴۰۰ محدود می‌شود.

^e زمان گیرش در استاندارد ASTM C191 بعنوان زمان گیرش اولیه در نظر گرفته شده است.

^f در مواردی که بیشینه دمای هیدراته شدن محدود می‌شود، این الزام باید جایگزین الزامات مربوط به C_3S ، C_2S ، C_3A و Fe_2O_3 ارائه شده در جدول ۱ شود.

جدول ۴- ویژگی‌های فیزیکی اختیاری

نوع سیمان											روش آزمون	ویژگی	
۵ پ	۴ پ	۳ پ ه	۳ پ	۲ پ د	۲ پ ه گ	۲ پ گ	۲ پ ه	۲ پ	۱ پ ه	۱ پ			
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	ASTM C451	گیرش کاذب، نفوذ نهایی، حداقل درصد	
۱۲	۱۲	-	۱۲	۱۲	-	۱۲	-	۱۲	-	۱۲	ASTM C185	بیشینه	هوای ملات، درصد حجمی
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		کمینه	
۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	ASTM C266	اولیه، کمینه	گیرش به روش گیلومر، دقیقه
۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰		نهایی، بیشینه	
۰٫۴۰	-	-	-	-	-	- ^b	-	-	-	- ^b	ASTM C452	درصد مقاومت در برابر سولفات ^a ، ۱۴ روزه، بیشینه انبساط	

^a در مواردی که مقاومت در برابر سولفات مطابق این الزام انجام می‌شود، این محدودیت باید جایگزین الزامات C_3A ، C_4AF+2C_3A و Fe_2O_3 ارائه شده در جدول ۱ شود.

^b سیمانی که الزام مربوط به مقاومت زیاد در برابر سولفات را مطابق سیمان نوع پنج برآورده کند، بنظر می‌رسد که مقاومت در برابر سولفات متوسط برای سیمان نوع دو را نیز خواهد داشت.

۱۰ ویژگی‌های مکانیکی

مقاومت فشاری در سنین مختلف بر حسب رده مقاومتی، ویژگی مکانیکی الزامی انواع سیمان‌های پرتلند است که باید مطابق جدول ۵ باشد.

جدول ۵- ویژگی مکانیکی الزامی

مقاومت فشاری انواع سیمان MPa						روش آزمون	رده مقاومتی	
پ ۵	پ ۴	پ ۳، پ ۳هـ	پ ۲	پ ۲، پ ۲هـ، پ ۲گ، پ ۲هـ گ	پ ۱، پ ۱هـ			
۱۲٫۰	۱۰٫۰	-	-	-	-	EN 196-1	۷ روزه، حداقل	۲۲٫۵
۲۲٫۵	۲۲٫۵	-	-	-	-		۲۸ روزه، حداقل	
۴۲٫۵	۳۲٫۵	-	-	-	-		۲۸ روزه، حداکثر	
-	-	۱۰٫۰	-	-	-		۲ روزه، حداقل	۳۲٫۵
۱۶٫۰	-	-	۱۸٫۰	۱۸٫۰	۲۰٫۰		۷ روزه، حداقل	
۳۲٫۵	-	۳۲٫۵	۳۲٫۵	۳۲٫۵	۳۲٫۵		۲۸ روزه، حداقل	
۵۲٫۵	-	۵۲٫۵	۵۲٫۵	۵۲٫۵	۵۲٫۵		۲۸ روزه، حداکثر	۴۲٫۵
۱۰٫۰	-	۲۰٫۰	۱۰٫۰	۱۰٫۰	۱۰٫۰		۲ روزه، حداقل	
۴۲٫۵	-	۴۲٫۵	۴۲٫۵	۴۲٫۵	۴۲٫۵		۲۸ روزه، حداقل	
۶۲٫۵	-	۶۲٫۵	۶۲٫۵	۶۲٫۵	۶۲٫۵	۲۸ روزه، حداکثر	۵۲٫۵	
-	-	۳۰٫۰	۲۰٫۰	۲۰٫۰	۲۰٫۰	۲ روزه، حداقل		
-	-	۵۲٫۵	۵۲٫۵	۵۲٫۵	۵۲٫۵	۲۸ روزه، حداقل		
-	-	-	-	-	-		۲۸ روزه، حداکثر	

۱۱ نمونه برداری

۱-۱۱ در مواردی که خریدار مایل است، انطباق مشخصات سیمان با الزامات این استاندارد را کنترل کند، نمونه برداری و انجام آزمون‌ها طبق استاندارد ASTM C183 انجام می‌شود.

۲-۱۱ استاندارد ASTM C183 برای کنترل کیفیت تولید کننده طراحی نشده است و در صدور گواهینامه تولید کننده لزومی به رعایت آن نیست.

۱۲ بازرسی

۱-۱۲ بازرسی توافقی: بازرسی سیمان باید به صورت توافقی بین خریدار و فروشنده به عنوان بخشی از قرارداد فروش انجام شود.

۲-۱۲ بازرسی نهاد صدور گواهی: بازرسی توسط نهاد صدور گواهی براساس ضوابط و مقررات آن نهاد انجام می‌شود.

۱۳ شرایط عدم پذیرش

۱۳-۱ در صورتی که سیمان با هر یک از الزامات این استاندارد مطابقت نداشته باشد، قابل پذیرش نیست.

۱۳-۲ طبق نظر خریدار، آزمون مجدد پیش از استفاده، برای سیمان فله در سیلو به مدت بیش از ۶ ماه پس از تاریخ تولید و برای سیمان‌های بسته‌بندی در محل ذخیره تامین کننده به مدت بیش از ۳ ماه پس از تاریخ تولید باید صورت گیرد و در صورتی که ویژگی‌های آنها با هر یک از الزامات این استاندارد مطابقت نداشته باشد آن سیمان مردود شناخته خواهد شد. مسئولیت سیمانی که مردود شده با صاحب آن در زمان نمونه‌برداری و آزمون مجدد می‌باشد.

۱۳-۳ وزن هر بسته سیمان باید بر روی آن درج شود. رواداری منفی وزن اندازه‌گیری شده هر بسته منفرد سیمان، نباید بیش‌تر از ۲ درصد وزن اسمی باشد و همچنین میانگین وزن هر ۵۰ بسته سیمان که به‌طور تصادفی از یک محموله انتخاب و توزین می‌شود نباید از وزن اسمی کم‌تر باشد، در غیر این‌صورت محموله مردود و غیرقابل پذیرش می‌باشد.

یادآوری - ارزیابی میانگین وزن هر ۵۰ بسته سیمان، صرفاً به‌منظور تنظیم رابطه بین خریدار و فروشنده می‌باشد.

۱۴ اظهار تولیدکننده

۱۴-۱ در صورت درخواست خریدار، تولیدکننده باید ماهیت مواد اصلی تشکیل دهنده و مقادیر سیمان، استفاده از هر نوع ماده افزودنی حباب‌ساز و هر نوع ماده افزونه فرایندی را به صورت کتبی اعلام کند، همچنین در صورت درخواست خریدار باید نتایج آزمون‌هایی را که انطباق ماده افزودنی حباب‌ساز را با استاندارد ASTM C226 و ماده افزودنی فرایندی را با الزامات استاندارد ASTM C465، نشان می‌دهد، ارائه کند.

۱۴-۲ در این استاندارد اجازه داده شده سیمان پرتلند، حاوی سنگ آهک باشد، ولی لزوماً جزئی از اجزای تشکیل دهنده سیمان ناست. بر این اساس در هنگام سفارش یا قرارداد، می‌توان سیمان بدون سنگ آهک آسیاب شده را درخواست نمود. ولی چنان‌چه از سنگ آهک استفاده شده است، تولیدکننده باید مقدار آن را به صورت کتبی اعلام کند و در صورت درخواست خریدار، نتایج آزمون‌های مقایسه‌ای را در مورد خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی سیمان با و بدون سنگ آهک ارائه کند (به یادآوری این زیربند مراجعه شود). نتایج آزمون‌های مقایسه‌ای نباید برای تایید یا رد نتایج آزمون‌هایی که طبق این استاندارد برای کنترل کیفیت و پذیرش مشخصات سیمان انجام می‌شود، به‌کار رود. مقدار آهک در سیمان باید مطابق با پیوست ب تعیین شود.

یادآوری - نتایج آزمون‌های مقایسه‌ای را می‌توان از نتایج آزمون‌هایی که تولید کننده برای به‌دست آوردن تایید فرمول ساخت سیمان حاوی آهک انجام داده است، به‌دست آورد.

۱۴-۳ در صورت درخواست خریدار، تولید کننده باید مقدار کلرید را بر حسب وزن سیمان مطابق با استاندارد ASTM C114 گزارش کند (به یادآوری این زیربند مراجعه شود).

یادآوری- میزان کلرید بتن ناشی از اجزای تشکیل دهنده آن است و برای تخمین میزان کلرید بتن، ممکن است نیاز به میزان کلرید سیمان باشد. الزامات مربوط به میزان کلرید مجاز بتن در مقررات ملی، آیین نامه بتن و ذکر شده است.

۱۵ نحوه عرضه سیمان

۱-۱۵ بسته بندی

۱-۱-۱۵ سیمان باید در کیسه های مناسب، مقاوم و قابل انعطاف بارگیری شود، به طوری که رطوبت و مواد خارجی به داخل آن نفوذ نکند و به هنگام حمل و نقل پاره نشود. در صورت استفاده از پاکت کاغذی باید مشخصات پاکت ها مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۵۴۳ و در صورت استفاده از کیسه های پلی پروپیلنی، باید مشخصات کیسه ها مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۴۰ باشد.

۱۵-۲ فله

سیمان را می توان به صورت فله به وسیله بونکرهای مخصوص و یا در کیسه های بزرگ نیز عرضه کرد.

یادآوری- توصیه می شود دمای سیمان هنگام تحویل به مشتری، کمتر از ۸۰ درجه سلیسیوس باشد.

۱۶ نگه داری سیمان

۱-۱۶ نگه داری سیمان در کیسه و یا به صورت فله در سیلو، باید به گونه ای باشد که تشخیص محموله ها از یکدیگر، بازرسی و نمونه برداری از هر یک به آسانی امکان پذیر باشد.

۱۶-۲ محل نگه داری سیمان باید به طور کامل خشک باشد و رطوبت به داخل آن نفوذ نکند.

۱۶-۳ چنان چه هر محموله سیمان قبل از حمل به صورت فله، بیش از شش ماه در سیلو و یا به صورت بسته بندی، بیش از سه ماه مانده باشد، باید قبل از حمل دوباره مورد ارزیابی و انطباق با استاندارد قرار گیرد.

۱۷ نشانه گذاری

روی هر بسته محتوی سیمان پرتلند باید موارد مندرج در زیربندهای ۱-۱۷ تا ۸-۱۷ به وضوح و ترجیحاً با رنگ سیاه، به زبان فارسی برای توزیع داخل کشور و یا هر زبان دیگر برای توزیع خارج کشور، درج شود. در صورت عرضه سیمان به صورت فله باید کلیه موارد نشانه گذاری در برگ های بارنامه یا تحویل، درج شود:

۱-۱۷ نام و یا نشان تجاری واحد تولیدی؛

۳-۱۷ مشخصات سیمان شامل: نوع سیمان، رده مقاومتی؛

یادآوری - عدم اظهار رده در هر نوع سیمان به منزله پایین ترین رده در هر نوع سیمان است.

۴-۱۷ وزن بسته سیمان، بر حسب kg؛

۵-۱۷ تاریخ تولید، ماه، سال؛

۶-۱۷ نشانی واحد تولیدی؛

۷-۱۷ عبارتی مبنی بر دارا بودن سنگ آهک (در صورت دارا بودن)؛

۸-۱۷ نشان استاندارد و کد ده رقمی پروانه کاربرد علامت استاندارد، در صورت دارا بودن پروانه کاربرد علامت استاندارد.

پیوست الف

(الزامی)

محاسبات پتانسیل ترکیب فازهای سیمان

الف- ۱ کلیه مقادیر محاسبه شده مطابق این پیوست، باید بر اساس استاندارد ASTM E29 گرد شوند. در مواردی که ارزیابی انطباق با مشخصات مورد نظر است، قبل از انجام مقایسه، مقادیر، به اعداد متناظر جدول‌ها گرد شوند. در بیان محدودیت‌های شیمیایی، با استفاده از محاسبه فازهای مفروض، لزوماً به این معنی نیست که اکسیدها، دقیقاً به‌عنوان فازهای موجود هستند.

الف- ۲ در هنگام بیان فازهای سیمان از حروف اختصاری: $C=CaO$, $S=SiO_2$, $A=Al_2O_3$ و $F=Fe_2O_3$ استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال: $C_3A=3CaO \cdot Al_2O_3$.

تیتانیوم دی اکسید و فسفر پنتوکسید (P_2O_5 و TiO_2) نباید حاوی Al_2O_3 باشد.

یادآوری - در مواردی که مقایسه اکسیدها و فازهای محاسبه شده حاصل از منابع مختلف سیمان، یا در زمان‌های مختلف مدنظر باشد، باید توجه داشت که ممکن است گزارش‌ها دقت کافی نداشته باشند. در مواردی که از روش تجزیه سریع دستگاهی استفاده نمی‌شود، ممکن است نتایج آزمون‌های شیمیایی بر اساس مواد مرجع و روش آزمون جایگزین مطابق استاندارد ASTM C114 (شیمی تر)، شامل تیتانیا و فسفر، به‌عنوان آلومینا باشند، مگر آن‌که اصلاحات لازم اعمال شود (روش آزمون در استاندارد ASTM C114 ملاحظه شود). این نتایج ممکن است تفاوت‌های کمی در محاسبه فازهای تشکیل دهنده داشته باشد. این میزان تفاوت معمولاً در حدود مجاز دقت اندازه‌گیری روش‌های تجزیه‌ای است، هرچند که صلاحیت این روش‌ها بر اساس الزامات استاندارد ASTM C114 به‌طور کامل مورد تایید باشد.

الف- ۳ در مواردی که نسبت درصد آلومینیوم اکسید به آهن اکسیدها برابر یا بیشتر از ۰٫۶۴ است، درصد تری کلسیم سیلیکات، دی کلسیم سیلیکات، تری کلسیم آلومینات و تترا کلسیم آلومینوفریت حاصل از تجزیه شیمیایی، باید با استفاده از روابط زیر محاسبه شوند:

$$(C_3S) = (4.071 \times \% CaO) - (7.600 \times \% SiO_2) - (6.718 \times \% Al_2O_3) - (1.430 \times \% Fe_2O_3) - (2.852 \times \% SO_3) \quad (\text{الف- ۱})$$

$$(C_2S) = (2.867 \times \% SiO_2) - (0.7544 \times \% C_3S) \quad (\text{الف- ۲})$$

$$(C_3A) = (2.650 \times \% Al_2O_3) - (1.692 \times \% Fe_2O_3) \quad (\text{الف- ۳})$$

$$(C_4AF) = 3.043 \times \% Fe_2O_3 \quad (\text{الف- ۴})$$

الف - ۳ در مواردی که نسبت آلومین به اکسید فریت کمتر از ۰٫۶۴ است، محلول جامد آلومینیوفریت (که به صورت محلول جامد $(C_4AF + C_2F)$ نشان داده می شود) تشکیل می شود. در این گونه سیمان ها، تری کلسیم آلومینات تشکیل نخواهد شد. دی کلسیم سیلیکات باید از رابطه الف - ۲ تعیین شود. مقادیر این محلول جامد و تری کلسیم سیلیکات باید از رابطه زیر محاسبه شود:

$$(الف - ۵) \quad (C_4AF + C_2F) = (2.100 \times \% Al_2O_3) + (1.702 \times \% Fe_2O_3)$$

$$(الف - ۶) \quad (C_3S) = (4.071 \times \% CaO) - (7.600 \times \% SiO_2) - (4.479 \times \% Al_2O_3) - (2.859 \times \% Fe_2O_3) - (2.852 \times \% SO_3)$$

الف - ۴ چنانچه در فرایند تولید سیمان، از افزونه غیر آلی فرایندی یا سنگ آهک استفاده نشده باشد، یا در مواردی که اطلاعاتی در خصوص استفاده از سنگ آهک یا مواد افزونه غیر آلی وجود ندارد، فازها باید با استفاده از روابط الف - ۱ تا الف - ۶، بدون اعمال هیچ اصلاحی، محاسبه شود.

الف - ۵ در مواردی که اطلاعاتی در خصوص استفاده از سنگ آهک یا مواد افزونه غیر آلی وجود ندارد، در ارایه نتایج، باید ذکر شود که هیچ اصلاحی بدلیل احتمال استفاده از سنگ آهک یا مواد افزونه غیر معدنی فرایندی، اعمال نشده است.

الف - ۶ در مواردی که از سنگ آهک یا مواد افزونه غیر آلی فرایندی یا از هردو به صورت همزمان، در سیمان پایه (شامل: کلینکر سیمان و مقداری کلسیم سولفات) استفاده شده است، باید مقادیر C_3A ، C_2S ، C_3S و C_4AF بر اساس بندهای زیر اصلاح شوند:

الف - ۶-۱ درصد C_3A ، C_2S ، C_3S و C_4AF در سیمان پایه (به یادآوری این زیربند مراجعه شود) باید بر اساس تجزیه شیمیایی مطابق با روش آزمون استاندارد ASTM C114 و رابطه های الف - ۱ تا الف - ۶ محاسبه شوند. مقادیر هر یک از این فازها باید بر اساس میزان استفاده از سنگ آهک و مواد افزونه غیر آلی فرایندی مطابق زیر اصلاح شوند:

$$(الف - ۷) \quad X_f = X_b \times \frac{(100 - L - P)}{100}$$

که در آن:

X_b درصد جرمی C_3A ، C_2S ، C_3S یا C_4AF در سیمان پایه (کلینکر سیمان به همراه مقداری کلسیم سولفات)؛

L درصد جرمی سنگ آهک؛

P درصد جرمی مواد افزونه غیر آلی فرایندی؛

X_f درصد جرمی C_3A ، C_2S ، C_3S یا C_4AF در سیمان نهایی است.

در گزارش تولید کننده، باید مقادیر اصلاح شده برای سیمان تولید شده (محصول نهایی) ذکر شود.

یادآوری ۱- در مواردی که تجزیه شیمیایی روی سیمان نهایی که حاوی سنگ آهک و مواد افزونه غیر آلی فرایندی است، و درصد استفاده از سنگ آهک (L) و مواد افزونه غیر آلی فرایندی (P)، به تنهایی مشخص است، یکی از روش‌های تعیین درصد اکسیدهای تشکیل دهنده سیمان پایه، استفاده از رابطه زیر است:

$$O_b = 100 \times (O_f - (L / 100 \times O_l) - (P / 100 \times O_p)) / (100 - L - P) \quad (\text{الف-۸})$$

که در آن:

O_b اکسیدهای سیمان پایه (درصد جرمی در سیمان پایه)،
 O_f اکسیدهای سیمان نهایی (درصد جرمی در سیمان نهایی)،
 O_l مقدار سنگ آهک (درصد جرمی)، و
 O_p مقدار مواد غیر آلی فرایندی (درصد جرمی) است.

ترکیب سیمان پایه را می‌توان با استفاده از مقادیر به‌دست آمده از روابط الف-۱ تا الف-۶ و الف-۷ برای اصلاح فازهای تشکیل دهنده به‌دست آورد.

یادآوری ۲- مثال برای محاسبه و اصلاح فازهای تشکیل دهنده:

در صورتی که سیمان حاوی ۳/۵ درصد سنگ آهک و ۳/۰ درصد مواد افزونه غیر آلی فرایندی است، و فازهای سیمان پایه ۶۰ درصد C_3S ، ۱۵ درصد C_2S ، ۷ درصد C_3A و ۱۰ درصد C_4AF می‌باشد، اصلاح فازهای تشکیل دهنده مطابق زیر می‌باشد:

$$C_3S_f = \frac{60 \times (100 - 3.5 - 3.0)}{100} = 56 \%$$

$$C_2S_f = \frac{15 \times (100 - 3.5 - 3.0)}{100} = 14 \%$$

$$C_3A_f = \frac{7 \times (100 - 3.5 - 3.0)}{100} = 7 \%$$

$$C_4AF_f = \frac{10 \times (100 - 3.5 - 3.0)}{100} = 9 \%$$

الف-۶-۲ فقط درصد فازهای C_3S ، C_2S ، C_3A و C_4AF باید مطابق زیربند الف-۶-۱ اصلاح شود.

پیوست ب

(الزامی)

سنگ آهک موجود در سیمان پرتلند

ب-۱ در مواردی که سنگ آهک استفاده می‌شود، مقدار سنگ آهک در سیمان پرتلند باید بر اساس محاسبه مقدار CO_2 سیمان نهایی، به دست آید. تجزیه CO_2 باید مطابق روش ارائه شده در استاندارد ASTM C114 انجام گیرد. درصد سنگ آهک در سیمان، از تجزیه CO_2 ناشی از مقدار CO_2 موجود در سنگ آهک مورد استفاده، به دست می‌آید. گزارش آسیاب کارخانه باید شامل مقدار CO_2 و سنگ آهک، باشد. مقدار سنگ آهک سیمان بر اساس رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{درصد سنگ آهک سیمان} = \frac{\text{درصد } CO_2 \text{ سیمان}}{\text{درصد } CO_2 \text{ سنگ آهک}} \times 100$$

یادآوری - به طور مثال، در صورتی که مقدار CO_2 سیمان نهایی برابر با ۱٫۵ درصد و CO_2 سنگ آهک نیز ۴۳ درصد ($CaCO_3=98\%$ سنگ آهک) باشد، در این صورت درصد سنگ آهک سیمان برابر خواهد بود با:

$$\frac{1.5}{43} \times 100 = 3.5\%$$

ب-۲ بر اساس الزامات این استاندارد، سنگ آهک باید دارای حداقل ۷۰ درصد $CaCO_3$ باشد. تولید کننده باید میزان $CaCO_3$ موجود در سنگ آهک را در گزارش تولید درج کند. نحوه محاسبه میزان $CaCO_3$ مطابق زیر است:

$$\% CaCO_3 = 2.274 \times \% CO_2$$

یادآوری - برای تایید درصد سنگ آهک موجود در سیمان، خریدار می‌تواند با تجزیه CO_2 موجود، و ایجاد رابطه همبستگی با $CaCO_3$ موجود در سنگ آهک، نتایج را اصلاح نموده تا با گزارش ارایه شده توسط تولید کننده قابل مقایسه شود.

ب-۳ سیمان پرتلند بدون سنگ آهک، به طور ذاتی دارای مقدار محدودی CO_2 بوده که ناشی از فرایند تولید است. به طور مثال، ناشی از کربناته شدن. این مقدار CO_2 پایه و محدود، به عنوان بخشی از سنگ آهک محاسبه می‌شود.

کتابنامه

- [1] Taylor, P., "Specifications and Protocols for Acceptance Tests on Processing Additions in Cement Manufacturing," NCHRP Report 607, Transportation Research 3 Board, Washington, DC 20008, 96 pp. Available at www.trb.org.