

میکروسیلیس

میکروسیلیس، سیلیکافیوم یا میکروسیلیکا بصورت زیر تعریف می‌گردد:

مطابق تعریف ACI (موسسه بتن آمریکا)، میکروسیلیس ماده‌ای تحت عنوان سیلیس غیربلوری بسیار ریز می‌باشد که در واقع حاصل محصول جانبی تولیدی در کوره‌های قوس الکتریکی کارخانجات تولید فروسیلیس، آلیاژهای سیلیسیم یا سیلیسیم فلزی است. میکروسیلیس، پودری خاکستری رنگ، تا حدی شبیه سیمان پرتلند یا خاکستر بادی است که غالباً دارای اندازه‌ی ذرات آن زیر ۴۰ میکرون می‌باشد.

شکل زیر تصویری از پودر میکروسیلیس را نشان می‌دهد.



فرآیند تولید میکروسیلیس

مواد پخته شده در کوره‌های قوس الکتریکی پس از ذوب‌گیری در محوطه تعبیه شده در کارخانجات ریخته می‌شود. پس از سرد شدن و خرد شدن، این مواد جهت سایز بندی، درون سنگ‌شکن‌ها منتقل می‌شود. گرد و غبار حاصل از این خردایش بوسیله کانال‌ها و فیلترهای تعبیه شده به سیلوهای ذخیره سیلیکافیوم منتقل شده و سپس جهت ارائه به بازار درون جانپو بگ‌های مخصوص بسته‌بندی می‌شود. فرآیند تولید پودر میکروسیلیس بصورت اجمالی و شماتیک در شکل زیر نمایش داده شده است.



ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی میکروسیلیس

۱- شکل ذرات:

میکروسیلیس ماده‌ای کریستالی نیست و در واقع بصورت بی شکل یا آمورف (Amorphous) است. مواد کریستالی در آب حل نمی‌شوند. به عنوان مثال، ماسه سیلیسی ماده‌ی کریستالی است.

۲- حداقل خلوص سیلیس:

حداقل خلوص سیلیس (SiO_2) مطابق استاندارد ملی به شماره ۱۳۲۷۸ باید ۸۵ درصد باشد. به دلیل وجود مقادیر فراوان این ماده، میکروسیلیس ماده‌ی پوزولانی بسیار واکنش‌پذیری است. با شروع واکنش‌های شیمیایی در سیمان، کلسیم هیدروکسید یا آهک آزاد تولید شده با میکروسیلیس واکنش داده و به تولید کلسیم سیلیکات هیدراته می‌پردازد.

۳- اندازه‌ی ذرات:

بیش از ۹۰ درصد اندازه ذرات میکروسیلیس مطابق استاندارد ملی باید کوچک‌تر از ۴۵ میکرون باشد. طبق استاندارد ACI 234R با جایگزینی ۱۵ درصد از سیمان با میکروسیلیس به ازای هر یک ذره سیمان دو میلیون ذره میکروسیلیس وجود دارد. در عمل معمولاً اندازه‌ی بیش از ۹۵ درصد ذرات میکرو سیلیس کمتر از یک میکرومتر است.

۴- چگالی توده‌ای (Bulk Density)

چگالی توده‌ای بستگی به فلزات موجود در کوره و نحوه‌ی عملکرد آن دارد. چگالی توده‌ای بسیار پایین، حمل به مقاصد دورتر را غیراقتصادی می‌کند. به همین دلیل معمولاً کارخانجات تولیدی دو نوع چگالی سبک یا غیرمتراکم و سنگین یا متراک شده ارائه می‌دهند.

چگالی توده‌ای میکروسیلیس در هنگام تولید ۲۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب بوده و چگالی تحکیم شده آن بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است.

۵- چگالی ویژه (Specific Gravity)

چگالی ویژه عددی نسبی است که چگالی را نسبت به چگالی آب بیان می‌دارد. چگالی ویژه میکروسیلیس ۲,۲ و چگالی ویژه سیمان ۳,۱۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب است.

۶- سطح ویژه یا نرمی

سطح ویژه جمع تمامی مساحت سطوح ذرات میکروسیلیس است و با واحد مترمربع بر گرم یا سانتی‌متر مربع بر گرم مطرح می‌شود. همان طور که ماسه در مخلوط بتن موجب بالا رفتن تقاضای آب می‌شود در مورد میکروسیلیس نیز همین گونه است.

مطابق استاندارد حداقل سطح ویژه میکروسیلیس باید ۱۵ باشد که معمولاً بین ۱۵ تا ۳۰ متر مربع بر گرم است.

۷- رطوبت:

رطوبت موجود میکروسیلیس نباید از ۳ درصد تجاوز کند. افزایش رطوبت باعث بهم پیوستن ذرات ریز میکروسیلیس شده و کارایی آن را کاهش می‌دهد.

۸- شاخص پوزولانی

شاخص پوزولانی یا اندیس هیدرولیکی از فاکتورهای مهم یک میکروسیلیس است. مطابق استاندارد ملی ۱۳۲۷۸ میانگین مقاومت ۷ روزه‌ی ملات سیمان با جایگزینی ۱۰ درصد سیمان با میکروسیلیس نسبت به نمونه شاهد بعنوان شاخص پوزولانی میکروسیلیس محاسبه می‌گردد. این شاخص برای سیمان‌های مختلف اعداد متفاوتی خواهد بود ولی طبق استاندارد این شاخص باید حداقل ۱۰۵ درصد باشد.

۹- کاهش وزن در دمای بالا

حداکثر کاهش وزن در دمای بالا مطابق استاندارد ASTM C311 تعیین می‌شود. این عدد نباید از ۶ درصد تجاوز کند.

مزایا و کاربردهای استفاده از میکروسیلیس در بتن

میکروسیلیس با پر کردن منافذ میکروسکوپی در داخل بتن و خمیر سمان، منجر به ایجاد یک بافت مستحکم در بتن می‌گردد. از طرفی میکروسیلیس با چسبندگی بیشتر به سیمان و انجام واکنش شیمیایی با آن، مقاومت بتن را افزایش می‌دهد. البته میزان مصرف میکروسیلیس در بتن کاملاً به شرایط کارگاه و انتظارات استفاده کننده وابسته است. سطوح تمام شده بتنی، با استفاده از این ترکیبات، صاف، صیقل و نفوذناپذیرتر است، لذا برای ساخت کف سالن‌های ورزشی، کف‌سازی‌های صنعتی یا پیست‌های مخصوص و به طور کلی هر سطحی که صاف و نفوذناپذیر بودن آن مهم است، می‌توان در ترکیب بتن بکار برده شود.

پس از بتن‌ریزی، به علت کمتر بودن منافذ بتن، باید عملیات پرداخت و نگهداری از سازه بتنی با دقت و مراقبت ویژه‌ای صورت پذیرد تا اختلاف دمای قسمت‌های فوقانی و داخلی بتن که با میکروسیلیس تقویت شده، زیاد نشده و به ترک خوردن و ایجاد شکست‌های درونی بتن منجر نشود. از مهم‌ترین موارد کاربردی میکروسیلیس در پروژه‌های عمرانی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. ساخت انواع سازه بتنی با مقاومت بالا در برج‌ها و ساختمان‌های مرتفع
۲. ساخت انواع سازه‌های دریایی و ساحلی
۳. ساخت پی ساختمان‌های صنعتی با مقاومت بالا
۴. ساخت سیل بند و سد
۵. ساخت تاسیسات و ساختمان‌های حساس و حیاتی مانند نیروگاه‌ها، فرودگاه‌ها و ...
۶. ساخت بتن با مقاومت بالا در ستون‌های ساختمان‌های بلند مرتبه
۷. کف‌های صنعتی و ورزشی و ...
۸. سیلوهای ذخیره
۹. سازه‌های مربوط به تاسیسات اتمی
۱۰. سازه و تاسیسات فرودگاه

میزان استفاده از میکروسیلیس در بتن

میزان مجاز مصرف میکروسیلیس باید در حد ۱۰ درصد از حجم کل بتن باشد. استفاده بیش از حد، حالت خمیری و چسبناکی بتن را افزایش داده و اختلاط و ترکیب کامل بتن را با مشکل مواجه می‌کند. برای حل این مشکل، می‌توان از روان‌کننده‌های بتن استفاده کرد. البته اشکال مختلفی از محصولات پایه میکروسیلیس توسط واحد تولیدی پارسمان شیمی ارائه می‌گردد که وقوع این مشکلات را به حداقل می‌رساند.

حداقل میزان مصرف میکروسیلیس در بتن هم بستگی به انتظارات کارفرما دارد. بطور کلی می‌توان گفت که:

- میزان مصرف میکروسیلیس جهت کسب دوام بالاتر حدود ۷-۸ درصد است
- و میزان مصرف میکروسیلیس جهت کسب مقاومت بالاتر نیز حدود ۱۰ درصد یا بیشتر است.

اشکال استفاده از میکروسیلیس در بتن

میکروسیلیس را می‌توان در اشکال و حالات مختلف به شرح زیر در بتن بکار برد

- پودر میکروسیلیس
- سیمان‌های پوزولانی یا در واقع میکروسیلیسی
- ژل میکروسیلیس
- دوغاب میکروسیلیس
- دوغاب میکروسیلیس الیاف‌دار