میکروسیلیس چیست ؟

میکروسیلیس یا میکروسیلیسا محصول جانبی از کوره‌های قوس الکتریکی القایی در صنایع فلز سیلیس و آلیاژ فرو سیلیس می‌باشد؛ که در صنعت بتن کاربرد زیادی دارد.
کاهش کوارتز به سیلیس در دمای ۲۰۰۰ درجه سانتی گراد موجب تولید بخارات SiO_2 می‌شود.
این بخار در منطقه دما پایین به ذرات بسیار ریز کروی متشکل از سیلیس غیر کریستالی (آمورف) اکسیده و متراکم می‌شود.
مبکروسیلیکا با فیلتر کردن گازهای خروجی در بگ فیلترها ، جمع آوری شده و متوسط توزیع اندازه ذرات میکروسیلیکا، سیمان معمولی پرتلند و خاکستر بادی در شکل زیر مقایسه شده است :
با دقت بیشتر می‌توان دریافت که توزیع اندازه ذرات یک نمونه میکروسیلیکا به صورت ۲۰ درصد کمتر از ۰٫۰۵ میکرومتر، ۷۰ درصد کمتر از ۰٫۱۰ میکرومتر، ۹۵ درصد کمتر از ۰٫۲۰ میکرومتر و ۹۹ درصد کمتر از ۰٫۵۰ میکرومتر ارائه شده‌است.
از آنجا که اندازه اکثر ذرات این ماده کمتر از ۱۰۰ نانومتر است، می‌توان آن‌ها را به عنوان نانو ذرات محسوب کرد.
ترکیب شیمیایی غالب سیلیس (۹۲ درصد) است. این ماده دارای سطح ویژه 20 g/m2 و دانسیته متوسط توده آن 586 m3/kg است.

مشخصات فنی میکروسیلیس

میکروسیلیس (silica micro) جزء مواد پوزولانی بسیار فعال است که دارای ذرات کروی شکل است که قطر ذرات آن کمتر از ۱ نانومتر بوده و به طور متوسط دارای قطر ۱۵ نانومتر هستند که به طور تقریبی ۱۰۰ برابر کوچک تر از ذرات سیمان می باشند. مقدار SiO_2 موجود در ساختار باید بیشتر از ۸۵ درصد باشد.
میکروسیلیس تحت عنوان دوده سیلیس (fume silica) نیز شناخته می شود که به واسطه درصد بالای SiO_2 در ساختار شیمیایی خود خاصیت پوزولانی بسیار بالایی دارد. چگالی ویژه میکروسیلیس را می توان در حدود 2.2 در نظر گرفت این در حالی است که چگالی ویژه سیمان 3.15 میباشد. برای کنترل کیفیت میکروسیلیس آیین نامه ملی شماره 13278 و آیین نامه C1240 ASTM مورد استفاده قرار می گیرد.

انواع میکروسیلیس

به طوری کلی میکروسیلیس به سه شکل مورد استفاده قرار می گیرد.

- پودر میکروسیلیس
- ژل میکروسیلیس
- دوغاب میکروسیلیس

تاثیر استفاده از میکروسیلیس بر خواص بتن

۰ کاهش نفوذپذیری بتن

واکنش میکرو سیلیس با کلسیم هیدروکسید $Ca(OH)_2$که از مواد حاصل هیدراسیون سیمان است منجر به

تولید ژل کلسیم سیلیکات آلومینات (CSH) شده که می تواند خلل و فرج را در بتن کاهش داده و منجر به کاهش تخلل و نفوذ پذیری شود. تحقیقات نشان داده است جایگزینی دوده سیلیس تا ۱۵ درصد وزن سیمان منتج به کاهش ویژه در تخلخل می شود. به هر حال مقدار کاهش تخلخل زمانی بیشتر بوده که مقدار جایگزینی بیشتر از ۱۰ درصد شده است.

۰ مقاومت فشاری بتن

در مجموع استفاده از پوزولان ها منجر به کاهش مقاومت در سنین اولیه می شود. ولی میکروسیلیس به واسطه داشتن SiO_2 بالا در ساختار خود باعث کاهش مقاومت اولیه کمتری در بتن می شود. حال آنکه در تحقیقات مشخص شده است که کاربرد میکروسیلیس به عنوان جایگزین سیمان می تواند مقاومت فشاری بتن را در سنین اولیه و حتی نهایی نیز بهبود ببخشد. این مهم در ساخت بتن های پرمقاومت، توانمند و فوق توانمند بسیار حائز اهمیت است.

۰ کاهش درجه حرارت بتن

در بتن ریزی های حجیم که میزان سیمان و نسبت حجم به سطح زیاد است میتوان با جایگزین کردن بخشی از سیمان با میکروسیلیس حرارت ناشی هیدراسیون را کاهش داد چرا که مواد پوزولانی دیرتر وارد واکنش می-شوند این مهم در کاهش ترک های حرارتی بسیار موثر است.

۰ مقاومت در برابر سیکل های ذوب و یخ

تحقیقات نشان داده اند که با جایگزین کردن حدود ۱۰ درصد سیمان با میکرو سیلیس می تواند مقاومت بتن را در برابر سیکل های ذوب و یخ را افزیش دهد. علت اصلی این پدیده را می توان کاهش نفوذ پذیری دانست که از ورود آب به داخل خلل و فرج جلوگیری میکند. البته برای دست یابی به مقاومت مناسب در برابر سیکل های ذوب و یخ باید از نسبت آب به سیمان کم، الیاف و مواد حباب ساز بهره جست.

۰ سرطان بتن

واکنش قلیایی سنگدانه که تحت عنوان سرطان بتن ساخته می شود به علت واکنش سنگدانه دارای سیلیس فعال با قلیایی های سیمان است که به صورت ترک های نقشه ای در سطح بتن نمایان می شود. جایگزینی سیمان توسط میکروسیلیس باعث می شود علاوه بر کاهش قلیایی های سیمان، نفود پذیری بتن نیز کاهش یابد که در مجموع می تواند باعث کنترل سرطان بتن شود.

۰ مقاومت در برابر حمله یون های کلراید

نتایج برآمده از پژوهش های اخیر حاکی از آن است که با کاهش نسبت آب به مواد سیمان در بتن های حاوی ۷٫۵ درصد میکروسیلیس می توان نفوذپذیری و نفوذ یون های کلراید را به طور ویژهای کاهش داد.
در پژوهشی دیگر جایگزین کردن دوده سیلیس به اندازه ۱۰ درصد جرم سیمان در دال های بتنی مسلح منجر به مقامت حدود ۷۰ مگاپاسکال شده که باعث کاهش خوردگی و پتانسیل نیم پیل نیز می شود .
این مقادیر حتی پس از مدت طولانی که بتن در معرض یون های کلراید قرار داشتند، پایین مانده بودند.
همچنین تحقیق ها نشان داده است در محیط خلیج فارس میزان جایگزینی 7.5درصد دوده سیلیس مقدار بهینه است و ضریب انتشار یون های کلراید به طور قابل توجهی کاهش می دهد.
در نهایت می توان به عنوان توصیه اولیه درصد جایگزینی 7.5 در صد را توصیه کرد ولی بهتر است پیش از شروع کار از تست های آزمایشگاهی بهره جست.

۰ مقاومت در برابر محیط سولفاتی

افزودن میکروسیلیس به بتن می تواند به کاهش حمله سولفاتی در بتن منجر شود که دوام در این محیط ها را فزونی می بخشد.

فواید استفاده از میکروسیلیس

- افزایش مقاومت فشاری
- افزایش مقاومت کششی
- افزایش مقاومت در برابر سایش
- کاهش نفوذپذیری
- افزایش مقاومت الکتریکی
- افزایش دوام در محیط های مختلف (کلرایدی، سولفاتی ، ذوب و یخ و ..)

معایب استفاده از میکروسیلیس

یکی از مواردی که در استفاده از میکروسیلیس وجود دارد افت کارایی و اسلامپ بتن است. علاوه بر این جمع شدگی بتن را نیز افزایش میدهد که میتواند منجر به ترک هایی در سطح بتن شود که نهایتا به کاهش دوام بتن منجر شود.

موارد استفاده از میکروسیلیس

· بتن های پر مقاومت
· بتن های توانمند
· بتن های فوق توانمند
· بتن های خود تراکم
· بتن های سبک سازهایی
· بتن های ژئوپلیمری

نحوه استفاده و نکات اجرایی

میکروسیلیس به دو صورت پودر و ژل موجود بوده و می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.
توصیه می شود میکروسیلیس به صورت ژل آماده تهیه شود و در صورت استفاده به صورت پودری قبل از اختلاط با یک سوم مقدار آب طرح اختلاط مخلوط شده و به صورت دوغاب به طرح مخلوط اضافه شود چرا که استفاده از میکروسیلیس به صورت پودر تنها می تواند منجر به هسته زایی شود که باعث کاهش کارآمدی میکروسیلیس شده که کاهش دوام بتن را به همراه دارد.
استفاده از میکروسیلیس باعث کاهش کارایی بتن شده و نیاز به مقدار بیشتری از روان کننده برای جبران افت کارایی می باشد لذا توصیه می شود در طرح های حاوی میکروسیلیس از روان کننده یا فوق روان کننده مناسب استفاده شود تا روانی لازم تامین شود. پس از ریختن بتن های حاوی میکروسیلیس عمل آوری سطحی بسیار حائز اهمیت است و باید عمل آوری به طور جدی به همراه مراقبت های ویژه صورت بپذیرد.