

از نحوه اثر کمک سایش‌های سیمان چه می‌دانید؟

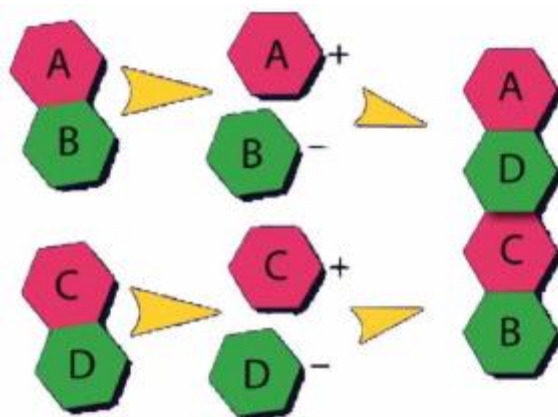
در جهان امروز محدودیت منابع انرژی، مشکلات زیست محیطی و هزینه‌هایی که بابت انرژی به صنایع مختلف تحمیل می‌شود، صنایع مختلف را به سوی افزایش هر چه بیشتر بازدهی فرآیندهای صنعتی و کاهش مصرف انرژی سوق داده است. صنعت سیمان به عنوان یکی از بزرگترین و گسترده‌ترین صنایع در جهان از این نظر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. آلاینده‌گی بالای این صنعت و بازدهی پایین فرآیندهای صنعت سیمان به ویژه در بخش آسیا، این صنعت را از نقطه نظر خطرات محیط زیستی و همچنین مصرف انرژی در کانون توجه قرار داده است. یک مطالعه انجام شده در ایران نشان می‌دهد، صنعت سیمان حدود ۱۵ درصد کل انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده است. برای تولید هر تن کلینکر بیش از ۳۰۰۰ مگاژول سوخت مصرف می‌شود که کمتر از ۵۰ درصد آن منجر به تشکیل کلینکر می‌شود. همچنین برای تولید هر تن سیمان بیش از ۱۰۰ کیلووات ساعت برق مصرف می‌شود که حدود دو سوم آن در فرآیند آسیای مواد خام و آسیای سیمان مصرف می‌شود. آنچه در عمل منجر به آسیا می‌گردد بسته به نوع آسیا متفاوت است. در آسیاهای گلوله‌ای که در ایران متداول تر هستند، کمتر از ۱ درصد انرژی در آسیای سیمان صرف عمل خردایش کلینکر می‌شود. این نشان دهنده بازدهی بسیار پایین فرآیند آسیای سیمان است. علاوه بر اتلاف انرژی به صورت حرارتی و مکانیکی، یکی از علل این بازدهی پایین، کلوخه شدن ذرات سیمان حین فرآیند آسیا است. کلوخه شدن به معنای به هم پیوستن ذرات ریز سیمان و تشکیل ذرات درشت تر است. از علل این پدیده می‌توان به جاذبه الکترواستاتیک میان ذرات سیمان، پیوند ذرات تحت فشار، تمایل ذرات به کاهش انرژی سطحی و شکل نامنظم ذرات اشاره کرد. کمک سایش‌ها، افزودنی‌های شیمیایی بر پایه مواد آلی هستند که به عنوان راه حلی برای کاهش کلوخه شدن ذرات ارائه شده‌اند. اما کمک سایش‌ها چگونه عمل می‌کنند و با چه سازوکارهایی کلوخه شدن را کاهش می‌دهند؟ در این مقاله سعی شده است به اختصار به این پرسش پاسخ داده شود.

سازوکارهای اثر کمک سایش‌ها

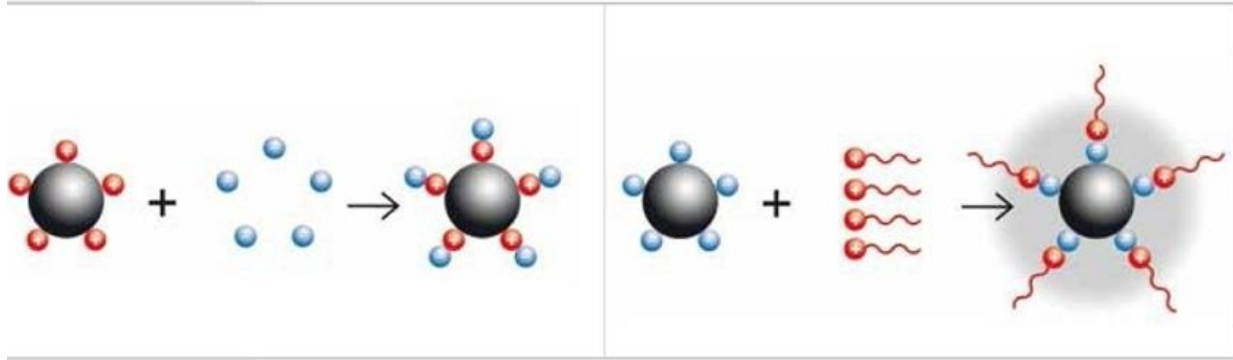
چنانچه اشاره شد، کلوخه شدن ذرات سیمان غالباً ناشی از فرآیندهایی است که مرتبط با سطح ذرات است. دو علت اصلی کلوخه شدن ذرات جاذبه الکترواستاتیک ذرات و تمایل ذرات به کاهش انرژی سطحی است. کمک سایش‌ها با برهم کنشی که با سطح ذرات سیمان در حین فرآیند آسیا دارند، این دو علت اصلی را تحت تاثیر قرار می‌دهند و منجر به کاهش تمایل ذرات به کلوخه شدن و در نتیجه آن افزایش بازدهی فرآیند آسیای سیمان می‌شوند.

تأثیر کمک‌سایش‌ها بر جاذبه الکترواستاتیک بین ذرات سیمان

سایش ذرات سیمان با یکدیگر و با عوامل آسیا و شکست ذرات در طی فرآیند آسیا موجب می‌شود در سطح ذرات و همچنین سطوح شکست بار الکتریکی ساکن ایجاد شود. این پدیده از طرفی با ایجاد بارهای مخالف در سطوح ذرات مختلف سبب جذب ذرات به یکدیگر و کلوخه شدن ذرات می‌شود و از طرف دیگر سبب جذب ذرات ریز سیمان روی عوامل آسیا و جداره داخلی آسیا می‌گردد و در نتیجه کارایی عوامل آسیا را کاهش داده و منجر به کاهش بازدهی آسیا می‌گردد. همچنین این پدیده هزینه‌های تعمیر و نگهداری آسیا را افزایش خواهد داد. یکی از سازوکارهای عمل کمک‌سایش‌ها غلبه بر جاذبه الکترواستاتیک با خنثی سازی بار سطحی ذرات است. اکثر کمک‌سایش‌ها دارای عوامل قطبی در ساختار مولکولی خود هستند. این ویژگی ساختاری به این مواد این قابلیت را می‌دهد که با محیط پیرامون خود تبادل الکترون یا پروتون داشته باشند. با افزودن کمک‌سایش‌ها به آسیا، این مواد جذب سطح ذرات باردار شده و با تبادل بار الکتریکی موجب خنثی سازی بارهای سطحی شده و از جذب ذرات به سوی یکدیگر و روی عوامل و جداره آسیا ممانعت می‌کنند.



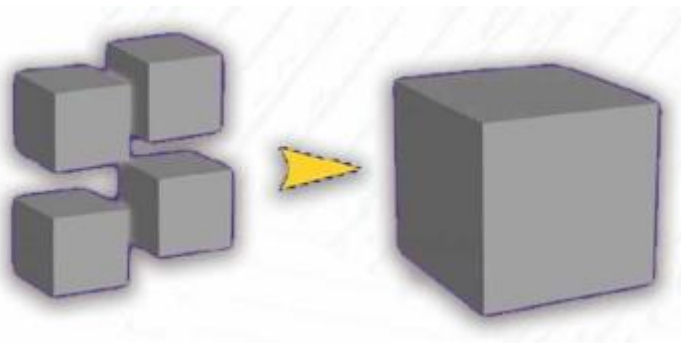
شکل ۱- شماتیک کلوخه شدن ذرات در اثر جاذبه الکترواستاتیک



شکل ۲- شماتیکی از اثر کمکسایش بر خنثی سازی بار سطحی ذرات

تأثیر کمکسایش‌ها بر انرژی سطحی ذرات سیمان

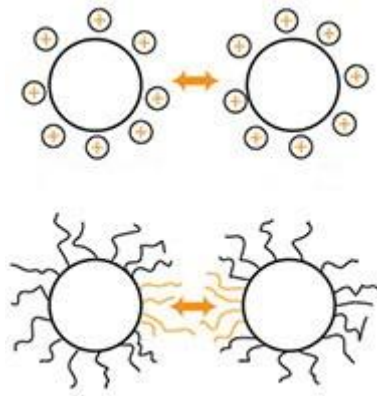
از نظر ترمودینامیک هر سیستمی تمایل دارد در پایدارترین حالت خود قرار گیرد که این همان کمترین میزان سطح انرژی است. بخشی از انرژی هر ماده انرژی سطحی است که ناشی از سطوح آزاد توده ای از مواد است. سطوح آزاد به علت بی‌نظمی‌های ساختاری که نسبت به توده ماده دارند سطح انرژی بالاتری دارند. بنابراین هر چه سطوح آزاد افزایش یابد، میزان انرژی نیز افزایش خواهد یافت. طی فرآیند آسیا در اثر خردایش مواد، سطوح جدیدی ایجاد می‌شود و با افزایش سطوح آزاد، انرژی سیستم نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه ذرات برای کاهش سطح انرژی به یکدیگر می‌پیوندند تا با کاهش سطوح آزاد، سیستم را به سمت پایداری بیشتر با کاهش میزان انرژی سوق دهند. کلوخه شدن ذرات در واقع واکنش سیستم برای کاهش سطح انرژی خود است.



شکل ۳- شماتیکی از کاهش سطوح آزاد با به هم پیوستن ذرات

کمکسایش‌ها با جذب شدن روی سطوح آزاد ذرات، از طرفی با کاهش سطح انرژی از طریق کاهش بی‌نظمی‌های سطحی و از طرف دیگر با ایجاد لایه ای روی سطوح و ممانعت از نزدیک شدن و به هم پیوستن ذرات، از کلوخه شدن ذرات ریز جلوگیری می‌کنند. ممانعت از به هم پیوستن ذرات می‌تواند ناشی از دافعه الکتروستاتیک بین

مولکول‌های کمک‌سایش جذب شده روی سطح ذرات و یا به علت ایجاد فاصله بین ذرات در اثر زنجیره‌های بلند مولکولی کمک‌سایش‌های جذب شده باشد. بنابراین کمک‌سایش‌ها با ایجاد سطح پایداری جدیدی در سیستم و کاهش سطح انرژی از حرکت سیستم به سوی کلوخه شدن ممانعت می‌کنند.



شکل ۴- شماتیکی از اثر کمک‌سایش بر ایجاد دافعه میان ذرات

اینکه در واقع با افزودن کمک‌سایش‌ها چه برهم‌کنشی میان آن‌ها و ذرات سیمان رخ می‌دهد که منجر به کاهش کلوخه و افزایش بازدهی آسیا می‌شود، کاملاً روشن نیست. بررسی‌ها و مطالعات انجام شده نشان می‌دهد احتمالاً ترکیبی از سازوکارهای مختلف که به دو مورد اصلی از آن‌ها اشاره شد، بسته به نوع ماده کمک‌سایش، آنالیز شیمیایی کلینکر و شرایط آسیا، رخ خواهد داد. اما آنچه کاملاً روشن است اثر مثبت این افزودنی‌ها بر افزایش بازدهی آسیا است. کمک‌سایش‌ها علاوه بر افزایش ظرفیت عملی آسیا، می‌تواند اثرات قابل توجهی بر نرمی و دانه بندی سیمان و در نتیجه آن بهبود کیفیت سیمان و کاهش مشکلات ذخیره سازی و بسته بندی داشته باشد. امروزه در کشورهای پیشرفته کمتر کارخانه تولید سیمان را می‌توان یافت که از کمک‌سایش در فرآیند تولید سیمان استفاده نکنند. هر چند کاهش هزینه‌های انرژی که از مزایای استفاده از این افزودنی‌هاست در کشورهای دیگر به علت قیمت بالای انرژی، استفاده از کمک‌سایش را از نظر اقتصادی به صرفه تر خواهد کرد، اما بهبود کیفیت سیمان مسئله ای است که در رقابت با سایر تولیدکنندگان می‌تواند تعیین کننده باشد.