

ویژگی‌های کاربردی سیلیکای رسوبی در صنعت لاستیک و توانمندی تولید داخلی آن

Features and applications of sedimentary silica in the rubber industry and its domestic production capability

چکیده:

در این مقاله، به انواع مختلف سیلیکا به ویژه سیلیکای رسوبی، استفاده و کاربردهای آن در صنعت لاستیک و تایر از جمله بهبود خصوصیات فیزیکی و مکانیکی محصولات لاستیکی و کاهش مقاومت غلتشی تایر اشاره می‌شود. همچنین، مشخصات کیفی سیلیکای رسوبی مانند اندازه و مساحت سطح ویژه ذرات، ساختار و عوامل فعال سطحی و تأثیر این مشخصات بر عملکرد محصول، آمیزه‌کاری و اختلاط آمیزه‌های حاوی سیلیکا، روش تولید سیلیکای رسوبی و مواد اولیه آن و وضعیت تولید داخلی این ماده اولیه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: سیلیکای رسوبی، اندازه و مساحت سطح ویژه ذرات، ساختار، عوامل فعال سطحی، رطوبت ظاهری و نهان.

نوع مقاله: پژوهشی

ابراهیم قربانی

مدیر تکنولوژی شرکت لاستیک نیکرو گسترش،
مدیر عامل شرکت بهسازان لاستیک فخر ایرانیان،
تهران، ایران

* عهده‌دار مکاتبات:

eb_ghorbani@yahoo.com

مقدمه

امروزه سیلیکای رسوبی در صنعت لاستیک به دلیل نقش ویژه آن در تقویت‌کنندگی آمیزه‌ها و محصولات لاستیکی و همچنین کاهش مقاومت غلتشی تایر کاربرد وسیعی یافته است. سیلیکای رسوبی که انواع مختلفی دارد، علاوه بر لاستیک در محصولات مختلفی از جمله رنگ و پوشش، مواد آرایشی و بهداشتی، خوراک دام، بتن و غیره

مصرف می‌شود. به دلیل گستردگی موضوع ویژگی‌ها و کاربردهای سیلیکا، در این مقاله به موضوعات مطروحه به صورت کلی اشاره می‌شود. زیرا در مورد هریک از عناوین و سرفصل‌های مطروحه به دلیل اهمیت و پیچیدگی آن‌ها می‌توان بحث‌های مفصلی را مطرح نمود که هدف این مقاله کوتاه نیست.

سیلیکا و انواع آن

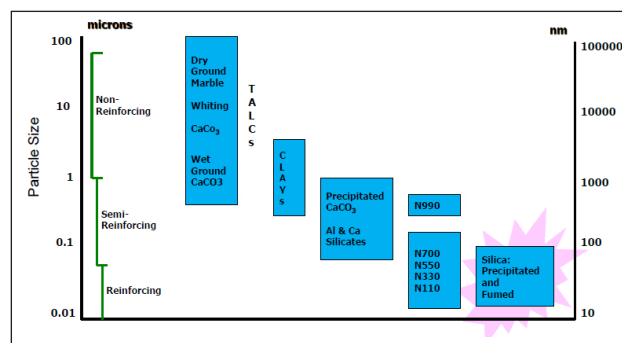
صورت بی‌شکل (آمورف) است. در جدول ۱ تقسیم‌بندی انواع سیلیکا از نظر گستره اندازه ذرات که مهم‌ترین نقش را تقویت‌کنندگی لاستیک دارد. همچنین، کاربرد عمومی در لاستیک نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود، انواع سیلیس طبیعی در لاستیک فقط نقش پرکننده غیر تقویتی (Extender) می‌توانند داشته باشند. سیلیکای فیوم (Fumed) یا پیروژنیک (Pyrogenic) که اندازه ذرات بسیار ریزی دارد، خاصیت تقویت‌کنندگی بالایی دارد ولی به دلیل قیمت بالای آن فقط برای کاربردهای ویژه و یا در لاستیک‌های سیلیکونی مورد مصرف قرار می‌گیرد.

سیلیکای رسوبی (Precipitated Silica) یکی از انواع سیلیسیم اکسید (SiO_2) یا سیلیس است که به صورت سنتزی و به روش رسوبی (ترسیبی) تولید می‌شود. در طبیعت سیلیسیم‌اکسید به صورت خالص یا به صورت ترکیب در کانی‌های سیلیکاته حدود ۶۰ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. سیلیسیم‌اکسید یا سیلیس در طبیعت عمدتاً به صورت بلوری (کریستالی) وجود دارد. کوارتز نمونه‌ای از سیلیس کریستالی است که در طبیعت فراوان یافت می‌شود. تولید سیلیس با روش‌های متفاوت، انواع متفاوتی دارد. دو نوع سیلیکای رسوبی و فیوم (Fumed) به ویژه رسوبی بیش‌ترین کاربرد را در لاستیک دارد. سیلیکای رسوبی به

جدول ۱- تقسیم بندی انواع سیلیکا

| عملکرد در لاستیک | اندازه ذرات (میکرومتر) | نوع سیلیکا |
|-------------------------|------------------------|--|
| طبیعی (کریستالی) | | |
| پرکننده غیر تقویتی | ۱-۱۰ | کوارتز |
| کمک فرایند - غیر تقویتی | ۱-۵ | دیاتومیت |
| پرکننده غیر تقویتی | ۱-۵ | نئوبرگ |
| مصنوعی (آمورف) | | |
| پرکننده تقویتی | ۰,۰۲-۰,۰۰۵ | فیوم (Fumed) |
| پرکننده تقویتی | ۰,۰۳-۰,۰۱ | رسوبی |
| پرکننده نیمه تقویتی | ۰,۰۴ | رسوبی |
| کمک فرایند - سفیدکنندگی | ۰,۰۸ | رسوبی |
| غیر تقویتی | ۰,۱ | میکرو سیلیس (محصول جانبی تولید فروسیلیس) |

در شکل ۱ طبقه‌بندی کلی پرکننده‌ها از جمله سیلیکا از نظر اندازه ذرات مشاهده می‌شود:



شکل ۱- طبقه‌بندی کلی پرکننده‌ها از جمله سیلیکا از نظر اندازه ذرات

همچنین، تایرهای راه‌سازی (OTR) استفاده از سیلیکا موجب افزایش مقاومت پارگی در ناحیه رویه و دیواره می‌شود. ۲- در سال‌های اخیر، به ویژه در تایرهایی که اصطلاحاً تایر سبز نامیده می‌شوند، به منظور کاهش مقاومت غلتشی با حفظ مقاومت سایشی و بهبود چنگزنی در سطوح خیس، از سیلیکا به ویژه در آمیزه رویه تایر به مقدار قابل توجهی به همراه عامل جفت کننده یا اتصال دهنده (Coupling Agent) استفاده می‌شود تا به عنوان واسط بین سیلیکا و پلیمر پیوندهای شیمیایی ایجاد کند. تایر سبز (Green Tire) برای نخستین بار توسط شرکت میشلن در سال ۱۹۹۲ معرفی شد. شرکت مذکور در رویه تایرهای جدید سواری علاوه بر سیلیکا به همراه دوده، از عامل اتصال دهنده سیلانی و همچنین، کائوچوی SSBR استفاده کرد.

در تایر، تأمین بهینه سه ویژگی مهم مقاومت غلتشی پایین (Rolling resistance)، فرسایش کم رویه (Wear) و چنگزنی بالا به ویژه در سطوح خیس (Wet grip) که به‌عنوان مثلث جادویی مشهور است تا پیش از استفاده از سیلیکا به صورت مطلوب وجود نداشت. برای کاهش مقاومت غلتشی تایر نیاز به آمیزه رویه تایر با ویژگی اتلاف کم (Low hysteresis) در فرکانس‌های پایین (مرتبط با چرخین تایر) است. در صورتی‌که در مورد چنگزنی تایر که در تماس با سطح جاده و زبری‌های آن است و با تغییر شکل‌های کم و با فرکانس زیاد (مرتبط با تغییر شکل‌های کوچک ناشی از برخورد تایر با زبری سطح جاده) سروکار دارد، نیاز به آمیزه‌ای است که انرژی بالایی را جذب کند (High hysteresis). همچنین، فرسایش کم رویه تایر و طول عمر آن اهمیت زیادی دارد. استفاده از سیلیکا در رویه تایر خصوصیات بالا را بهینه می‌کند. استفاده از سیلیکا در تایرهای زمستانی نیز به دلیل بهبود چنگزنی در سطوح خیس و یخ رایج شده است. آمیزه رویه حاوی سیلیکا در دماهای پایین دارای خصوصیت

همان‌طور که در شکل بالا مشاهده می‌شود، بیشتر سیلیکای رسوبی و دوده‌ها خاصیت تقویت‌کنندگی دارند و بقیه پرکننده‌ها نقش نیم‌تقویت‌کنندگی و یا صرفاً پرکنندگی به منظور کاهش قیمت محصول دارند. استفاده از بعضی انواع سیلیکا به عنوان پرکننده از جمله بعضی مواد معدنی یا سنتزی مانند کائولن، کربنات کلسیم، تالک و غیره علاوه بر ارزان کردن آمیزه، در بهبود و یا تنظیم خصوصیات فرایندی از جمله کاهش چقرمگی (Nerve) پلیمر نیز نقش ایفا می‌کند که از این دیدگاه به عنوان کمک فرایند عمل می‌کند.

کاربرد سیلیکا در لاستیک

۱- همان‌طور که اشاره شد، علت استفاده از سیلیکا در آمیزه‌های لاستیکی افزون‌بر خاصیت تقویت‌کنندگی، نقش کمک فرایندی هم است. وقتی به خاصیت تقویت‌کنندگی سیلیکا اشاره می‌شود، منظور بیشتر بهبود مقاومت سایشی (Abrasion Resistance)، بهبود مقاومت پارگی (Tear Resistance) و افزایش مقاومت کششی آمیزه (Tensile Strength) است. در تایرهایی که در جاده‌های خاکی و سنگلاخی تردد می‌کنند مانند تایر بعضی خودروهای SUV، برخی تایرهای باری و

شیمیایی متیلن دهنده مانند HMMM یا هگزامتیلن تترامین و مواد رزورسینول دهنده است که تشکیل یک سیستم اتصال دهنده خشک (Dry Bonding) می‌دهند. همچنین، در افزایش چسبندگی (Adhesion) آمیزه به نخ لایه تایر و یا سیم بدنه و به لت تایر مؤثر است.

مشخصات سیلیکا

۱- اندازه ذرات

مانند دوده یکی از ویژگی‌ها با اهمیت سیلیکا که در خاصیت تقویت‌کنندگی آن مؤثر می‌باشد، اندازه ذرات اولیه (Primary Particle) آن است. اندازه ذرات سیلیکای رسوبی معمولاً در مقیاس نانومتر است. ذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر را نانوذرات می‌نامند. از این رو سیلیکای رسوبی نیز در خانواده نانو یا به عبارت دیگر نانوسیلیکا قرار می‌گیرد. خاصیت تقویت‌کنندگی در اندازه ذرات کمتر از ۵۰ نانومتر ایجاد می‌شود. از اندازه ۵۰ نانومتر بالاتر، سیلیکا در دسته نیمه‌تقویت‌کننده و یا پرکننده غیر تقویت‌کننده و کمک فرایند قرار می‌گیرد.

برای بررسی اندازه‌گیری اندازه ذرات از مشخصه مساحت سطح ویژه ذرات (Specific Surface Area) استفاده می‌شود. هرچه اندازه ذرات کوچکتر باشد، مساحت سطح ویژه بزرگتر است و برعکس. اندازه مساحت سطح ذرات به نوع به هم پیوستن ذرات که ساختار نام دارد نیز، بستگی دارد. برای اندازه‌گیری مساحت سطح ذرات روش‌های مختلفی بکار می‌رود که روش BET با استفاده از گاز نیتروژن مناسب‌ترین روش است که با استفاده از دستگاه پیشرفته مربوطه انجام می‌شود. با استفاده از گاز نیتروژن، خلل و فرج نامنظم بین ذرات و همچنین، شکل‌های نامنظم ذرات سیلیکا تأثیری در اندازه‌گیری مساحت سطح نخواهد داشت. در روش CTAB (ستیل‌تری‌متیل آمونیم برمید) برای

الاستیک و انعطاف‌پذیری بالاتر و دارای چنگزنی و ترمزگیری بهتر در شرایط زمستانی است.

به دلیل وجود گروه‌های سیلانول در سطح سیلیکا (Si-OH) و خاصیت جذب آب ناشی از وجود این گروه‌ها که از پیوند سیلیکا و بسپار تا حدی جلوگیری می‌کند. همچنین، تمایل سیلیکا به خوشه‌ای شدن را ایجاد می‌کند. استفاده بیشتر از یک حد معین از سیلیکا در آمیزه (حدود ۱۰ تا ۱۵ پارت) بدون استفاده از مواد شیمیایی ویژه، افزون‌بر بر ایجاد مشکلات اختلاط و پراکندگی نامناسب سیلیکا در آمیزه، تأثیر موردنظر به ویژه کاهش مقاومت غلتشی ایجاد نمی‌شود. فقط در صورت ایجاد پیوندهای شیمیایی بین سیلیکا و بسپار با استفاده از عامل واسطه به عنوان ماده اتصال دهنده می‌توان به ویژگی‌ها موردنظر دست یافت. بعضی انواع سیلیکا دارای پوشش سطحی برای جلوگیری از کلوخه و خوشه‌ای شدن در هنگام اختلاط هستند. به این نوع سیلیکا، سیلیکای با قابلیت پراکنش بالا (Highly Dispersible) می‌گویند.

۳- استفاده از سیلیکا در قطعات مختلف لاستیکی به ویژه قطعات صنعتی نیز رایج است. با استفاده از سیلیکا به همراه دوده خصوصیات فیزیکی و مکانیکی قطعه لاستیکی بهبود می‌یابد. خصوصیات زمان مندی در اثر حرارت (Aging) نیز بهبود پیدا می‌کند که در بعضی قطعات صنعتی اهمیت ویژه دارد. در قطعات لاستیکی رنگی و یا سفید به دلیل عدم امکان استفاده از دوده، بهترین پرکننده تقویت‌کننده سیلیکای رسوبی است.

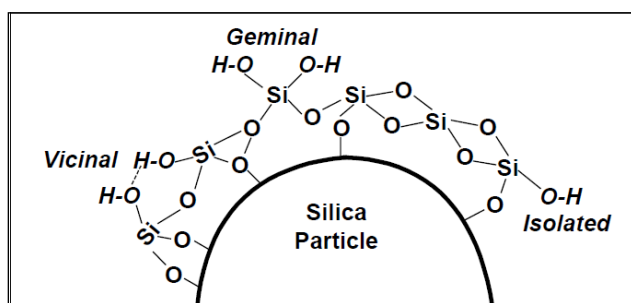
۴- در زیره و پاشنه کفش در انواع رنگی و مشکی آن با توجه به اهمیت مقاومت سایشی و پارگی، کاربرد سیلیکا بسیار گسترده است. در این محصولات معمولاً از سیلیکای رسوبی با اندازه ذرات پایین (مساحت سطح ویژه بالا) استفاده می‌شود.

۵- از دیگر کاربردهای سیلیکا مصرف آن به همراه مواد

برشی تغییر نمی‌کند، ساختار سیلیکا به ویژه agglomerate ناپایدار بوده و در مراحل اختلاط به هم می‌ریزد. بنابراین، اهمیت ساختار در سیلیکا در ایجاد خصوصیات فرایندی و مشخصات کیفی محصول در مقایسه با دوده به دلیل ناپایداری آن کمتر است. در دوده نوع پیوستن ذرات به صورت زنجیروار (Chain like) و شاخه‌ای (Branched) است و از پایداری بالاتری نسبت به تجمع‌های ذرات سیلیکا که بیشتر خوشه‌ای (Cluster) برخوردار است. در مواردی که سیلیکا به عنوان ماده حامل (Carrier) برای مواد دیگر از جمله خوراک دام و یا بعضی مواد روغنی شکل (به منظور حمل و توزین مناسب‌تر) بکار می‌رود، ساختار سیلیکا اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند زیرا در میزان جذب مواد به ویژه مواد روغنی و مایع و همچنین، نحوه جریان یافتن (Free Flow) مواد مورد نظر تأثیر قابل توجهی دارد.

۳- عوامل فعال سطحی

مانند دوده، در مورد سیلیکا نیز عوامل فعال سطحی در خصوصیات سیلیکا و به ویژه اتصال به پلیمر مؤثر است. مهم‌ترین عوامل سطحی در سیلیکا وجود گروه‌های سیلانول (Si-OH) است که ناشی از وجود اکسیژن و تمایل به جذب هیدروژن و در نتیجه آب و رطوبت است. در شکل ۳ گروه‌های سیلانول در سطح سیلیکا مشاهده می‌شود:

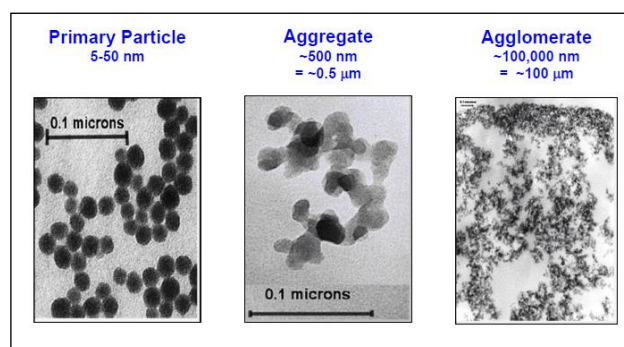


شکل ۳- گروه‌های سیلانول در سطح سیلیکا

اندازه‌گیری اندازه ذرات به روش شیمیایی، به دلیل بزرگ بودن مولکول این ماده در مقایسه با نیتروژن در روش BET تمام سطوح در تماس قرار نمی‌گیرند. بنابراین، دقت اندازه‌گیری از روش اول کمتر است.

۲- ساختار سیلیکا (Structure):

ذرات اولیه سیلیکا (Primary Particle) در مراحل تولید به هم متصل شده و مجموعه به هم پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهند که به آن aggregate گفته می‌شود. از به هم پیوستن aggregateها مجموعه‌های بزرگتری به نام agglomerate ایجاد می‌شود. نحوه به هم پیوستن ذرات اولیه و همچنین، مجموعه‌های بعدی که ذکر شد، ساختار سیلیکا را تشکیل می‌دهد که بر ویژگی‌ها فرایندی و مشخصات کیفی سیلیکا نقش مؤثری دارد. نوع فضاهای خالی ایجاد شده به دلیل ساختار سیلیکا و اندازه‌های تقریبی مجموعه‌های به هم پیوسته در سیلیکا در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲- ساختار سیلیکا

در تجمع نوع aggregate پیوند بین ذرات از نوع شیمیایی بیشتر پیوند هیدروژنی یا فیزیکی - شیمیایی است که در مقایسه با تجمع نوع agglomerate که بیشتر پیوند اجزای آن از نوع واندروالسی است، قوی‌تر و پایدارتر است. برخلاف دوده که ساختار آن در هنگام اختلاط و اعمال تنش‌های

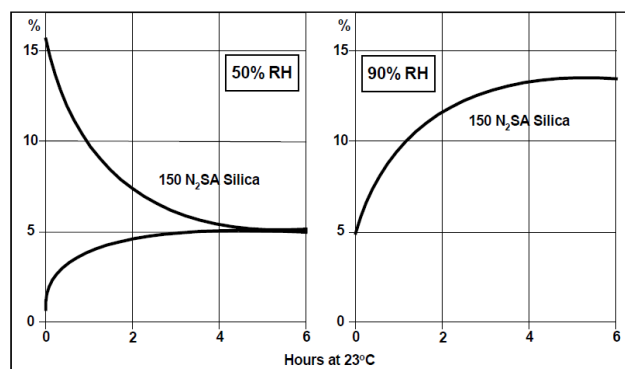
در شکل بالا، انواع سه گانه گروه‌های سیلانول مشاهده می‌شود. به دلیل وجود گروه‌های سیلانول که آبدوست (Hydrophilic) هستند، ابری از مولکول‌های آب اطراف مولکول‌های سیلیسیم‌اکسید تشکیل می‌شود و به حالت اشباع می‌رسد.

در ارتباط با موضوع جذب آب، در شکل ۴ در دو وضعیت رطوبت نسبی محیط، مقدار تعادلی رطوبت جذب‌شده توسط سیلیکا نشان داده شده است.

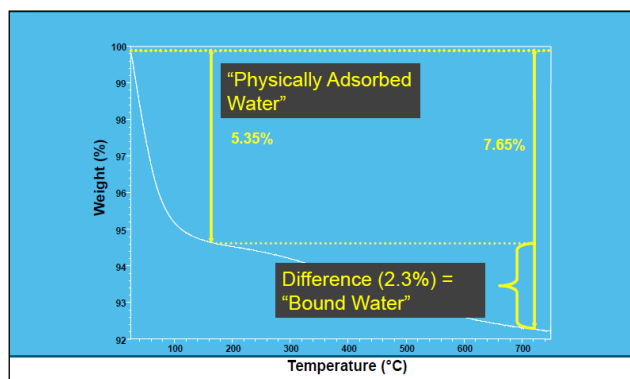
در دماهای بالا از سیلیکا خارج می‌شوند. به این نوع آب، آب نهان متصل شده (Bound Water) می‌گویند. آب نهان در سیلیکا در دمای بالاتر از ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد شروع به خارج شدن می‌کند. به‌طور کلی با حرارت دادن سیلیکا تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد گروه‌های سیلانول و آب نهان سیلیکا به صورت کامل خارج می‌شود. سیلیکا چنانچه در معرض دما تا حدود ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد و رطوبت ظاهری آن خارج شود، پس از رفع حرارت و رسیدن به دمای محیط دوباره از نظر میزان جذب رطوبت با محیط به تعادل خواهد رسید. در صورت اعمال حرارت بالاتر به ویژه تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد، سیلیکا مجدداً رطوبت و آب را جذب نمی‌کند. در شکل ۵ با انجام آزمون TGA (Thermal Gravimetry Analysis) در دماهای بالا در مورد یک نمونه سیلیکای رسوبی، می‌توان کاهش وزن به دلیل از دست دادن آب و گروه‌های سیلانول را بررسی نمود. به‌طور معمول، درصد خلوص سیلیکا را بر مبنای نمونه‌ای که تا ۱۰۰۰ درجه حرارت دیده، تعیین می‌کنند.

در شکل بالا، انواع سه گانه گروه‌های سیلانول مشاهده می‌شود. به دلیل وجود گروه‌های سیلانول که آبدوست (Hydrophilic) هستند، ابری از مولکول‌های آب اطراف مولکول‌های سیلیسیم‌اکسید تشکیل می‌شود و به حالت اشباع می‌رسد.

در ارتباط با موضوع جذب آب، در شکل ۴ در دو وضعیت رطوبت نسبی محیط، مقدار تعادلی رطوبت جذب‌شده توسط سیلیکا نشان داده شده است.



شکل ۴- وضعیت رطوبت نسبی محیط، مقدار تعادلی رطوبت جذب‌شده با استفاده از سیلیکا



شکل ۵- آزمون TGA (Thermal Gravimetry Analysis) در دماهای بالا در مورد یک نمونه سیلیکای رسوبی

برخی دیگر از ویژگی‌ها سیلیکا

- PH در سیلیکا به دلیل تأثیر در واکنش پخت اهمیت

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در رطوبت نسبی ۵۰ درصد، میزان جذب رطوبت در حالت تعادل حدود ۵ درصد و در رطوبت نسبی ۹۰ درصد، حدود ۱۳ درصد است. به دلیل اتصال مولکول‌های آب به سیلیکا (SiO₂) به صورت جذب سطحی که به حالت تعادل می‌رسند و همچنین، وجود آب نهان در آن، به سیلیکای مورد بحث، سیلیکای رسوبی هیدراته نیز گفته می‌شود. رطوبتی که به آن اشاره شد، در واقع رطوبت ظاهری است که در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و ۲ ساعت خارج می‌شود. افزون‌بر، وجود این آب (رطوبت)، مولکول‌های آبی در شبکه سیلیکا وجود دارند که با پیوندهای قوی‌تر حبس شده‌اند و فقط

به هم پیوستن مجدد آن‌ها وجود دارد. این اشکال به ویژه در حالت استفاده از مقادیر زیاد (بالتر از ۱۰ تا ۱۵ پارت) سیلیکا به وجود می‌آید. برای جلوگیری یا کاهش مشکل پراکنش سیلیکا به ویژه در استفاده از مقادیر زیاد آن معمولاً از سیلیکای با قابلیت پراکنش بالا (Highly dispersible silica) استفاده می‌شود. در این نوع سیلیکا پوشش سطح نرات با استفاده از برخی مواد سیلانی انجام می‌شود. در ارتباط با پراکنش سیلیکا (Dispersion) افزون‌بر ویژگی نکرشده، نوع میکسر اختلاط و روش اختلاط نیز مؤثر است. در صورت استفاده از مقادیر بالای سیلیکا، معمولاً توصیه می‌شود از میکسر نوع اینترمش (Intermesh) که فاصله روتورهای آن در مقایسه با نوع مماسی (Tangential) کمتر و سطح تماس بالا و بازده کنترل حرارت بالاتری را دارا هستند، استفاده شود. همچنین، در صورت استفاده از مواد اتصال دهنده (Coupling agent) در آمیزه به همراه سیلیکا و با توجه به ضرورت اعمال شرایط خاص حرارتی در هنگام اختلاط به منظور انجام واکنش سیلانیزه کردن (ایجاد پیوند بین سیلیکا و سیلان)، از میکسر نوع اینترمش به دلیل سیستم کنترل حرارت مؤثرتر آن استفاده می‌شود. با توجه به حساسیت شرایط واکنش سیلانیزه کردن سیلیکا در هنگام اختلاط و یا نداشتن میکسر مناسب برای این کار، نوع اصلاح‌شده سیلیکا با سیلان نیز وجود دارد که قابل تهیه است. قیمت این نوع سیلیکا گران‌تر از انواع دیگر است. اتصال سیلیکا با بسپار از طریق ماده اتصال دهنده، در هنگام پخت تأیر انجام می‌شود. با توجه به خوردگی سایشی سیلیکا، در میکسرهای مورد استفاده برای اختلاط آمیزه‌های حاوی سیلیکا به ویژه مقادیر بالای آن و همچنین، در تجهیزات اکستروژن آمیزه‌های دارای سیلیکا به ویژه رویه تأیر سواری از آلیاژهای ویژه و مناسب به منظور کاهش میزان سایش سطح تماس استفاده می‌شود.

دارد. برای اندازه‌گیری PH از محلول ۵ درصد سیلیکا در آب استفاده می‌شود.

- هدایت الکتریکی سیلیکا بیشتر نشان‌دهنده وجود نمک حاصل از اسید مصرفی در واکنش خنثی‌سازی سیلیکات است که از حدی (معمولاً ۱۳۰۰ میکرو زیمنس بر سانتیمتر) بالاتر نباید باشد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی از محلول ۴ درصد سیلیکا در آب استفاده می‌شود.

- رطوبت سیلیکا که در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت اندازه‌گیری می‌شود. از نظر تأثیر در فرایند تولید که می‌تواند موجب تغییر در گرانیوی آمیزه شود. همچنین، احتمال وجود حباب در محصول ناشی از تبخیر آب اهمیت دارد.

آمیزه کاری و اختلاط سیلیکا در آمیزه لاستیکی

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، سطح سیلیکا از عوامل فعال سیلانول (Si-OH) که قطبی هستند، پوشیده شده که موجب جذب رطوبت و تاحدی از پیوند سیلیکا و پلیمر جلوگیری می‌کند. گروه‌های فعال مذکور با برخی مواد شیمیایی آمیزه لاستیکی به ویژه فعال‌کننده‌های پخت مانند روی‌اکسید واکنش کرده و تا حدی میزان اتصالات جانبی در پخت محصول را کاهش می‌دهند و در نتیجه سرعت پخت کاهش یافته و موجب افت خصوصیات فیزیکی می‌شوند. برای جلوگیری از این تأثیر نامطلوب معمولاً از دی اتیلن گلیکول یا پلی‌اتیلن گلیکول در آمیزه استفاده می‌شود.

به دلیل وجود گروه‌های سیلانول در سطح نرات سیلیکا، تمایل به کلوخه و خوشه‌ای شدن سیلیکا وجود دارد که این امر در اختلاط آمیزه حاوی سیلیکا مشکلاتی را به صورت پراکنندگی نامناسب در آمیزه ایجاد می‌کند. حتی پس از شکستن تجمع‌های نوع agglomerate در هنگام اختلاط، تمایل

مواد اولیه و روش تولید سیلیکا

برای تولید سیلیکای رسوبی روش‌های متفاوتی وجود دارد. معمولاً از سدیم‌سیلیکات که ترکیبی از Na_2O و SiO_2 با نسبت‌های مختلف می‌تواند باشد (Ratio) به عنوان ماده اولیه اصلی استفاده می‌شود. انتخاب نسبت مناسب دو ماده بالا در سدیم‌سیلیکات اهمیت ویژه‌ای دارد. سدیم‌سیلیکات ماده‌ای بازی است و در راکتور مخصوص با اسید قوی مانند سولفوریک‌اسید یا کلریدریک‌اسید در شرایط ویژه از نظر دما، غلظت، دبی و غیره و در حضور مواد افزودنی ویژه خنثی‌سازی شده و در نتیجه سیلیکا به صورت محلول تعلیق به دست آمده و رسوب می‌کند. این محلول به روش‌های مختلف از جمله سانتریفیوژ یا فیلترپرس آگیری و شستشو می‌شود تا نمک‌های حاصل از واکنش خارج شود. سپس، برای رسیدن به رطوبت موردنظر (بین ۴ تا ۶ درصد) خشک می‌شود. روش‌های خشک کردن می‌تواند متفاوت باشد. از جمله استفاده از خشک‌کن پاششی (Spray drier)، خشک‌کن دوار، خشک‌کن نواری و غیره. سیلیکای رسوبی به صورت پودر و یا گرانول تولید می‌شود. در شرکت‌های تیرسازی و در تولید قطعات لاستیکی که از میکسرهای بسته (Internal Mixer) استفاده می‌شود، به‌طور معمول نوع گرانول ترجیح داده می‌شود زیرا استفاده از آن گرد و غبار بسیار کمتری ایجاد می‌کند.

و در مواردی در به لت تایر سنگین است، کم بودن تجهیزات اختلاط مناسب به ویژه میکسرهای اینترمش در شرکت‌های داخلی، عدم اعمال استانداردهای مرتبط با مقاومت غلتشی تایر در مورد تولیدکنندگان داخلی و سطح فعلی فناوری موجود برای تولید تایر، هنوز میزان استفاده از سیلیکا در کشور در مقایسه با کشورهای پیشرفته فاصله زیادی دارد. به‌تازگی، استانداردهای مرتبط با صدا، مقاومت غلتشی و چنگزنی در سطح خیس (ترمزگیری) در موسسه استاندارد با همکاری شرکت‌های تیرسازی داخلی تدوین شده است ولی به نظر می‌رسد اجرای آن نیاز به تغییر شرایط فعلی از جمله تغییر فناوری در برخی از شرکت‌های داخلی و آمادگی بیشتر این شرکت‌ها و همچنین، تاحدی رفع شرایط تحریم دارد. در حال حاضر، میزان مصرف سیلیکا در صنعت لاستیک و تایر کشور حدود ۶۰۰ تا ۷۰۰ تن در سال برآورد شده که بخش کوچکی از آن توسط تولیدکنندگان داخلی تأمین می‌شود. تولید داخلی از نظر کمی و کیفی رو به گسترش است ولی نیازمند ارتقای دانش فنی و توسعه تجهیزات به منظور تولید انواع سیلیکای مورد نیاز کشور است. بازار جهانی انواع سیلیکای رسوبی برای کاربردهای مختلف حدود ۲٫۳ میلیارد دلار است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۳ به ۲٫۳ میلیارد دلار افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

تولید سیلیکا به دلیل مشخصات کیفی ویژه آن از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار است. با توجه به اینکه مواد اولیه اصلی این محصول در داخل کشور تولید می‌شود، در صورتی که حساسیت‌های مربوط به مشخصات کیفی سیلیکا و یکنواختی محصول مدنظر تولیدکنندگان داخلی قرار گیرد، با همکاری و راهنمایی شرکت‌های تیرسازی در ارتقای کیفی محصولات داخلی و دیدگاه مثبت این شرکت‌ها

تولید سیلیکا در داخل کشور

خوشبختانه در چند سال اخیر امکان تولید سیلیکای رسوبی در کشور فراهم شده است. کاربرد سیلیکا در کشور افزون‌بر، بر استفاده در برخی قطعات لاستیکی به ویژه غیرسیاه، در بعضی آمیزه‌های لاستیکی تایر به ویژه آمیزه‌های لایه و به لت استفاده می‌شود. به دلیل مشکلات ناشی از اختلاط سیلیکا در مقادیر بالا که به‌طور معمول در رویه تایر سواری

درخصوص جایگزین کردن منابع داخلی می‌توان امیدوار محصول که افزون بر لاستیک کاربردهای گوناگونی دارد، بود که شرایط برای رشد کمی و کیفی در تولید این فراهم شود *IRM*

مراجع

- ۱- کتاب Compounding Precipitated Silica in Elastomers نوشته Norman Hewitt سال ۲۰۰۷
- ۲- کتاب Silica Reinforced Tyre Rubbers نوشته Annemieke ten Brinke سال ۲۰۰۲
- ۳- کتاب تکنولوژی جامع لاستیک (هافمن): انتشارات شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک
- ۴- کتاب سیلان پیوند در مرز مشترک: انتشارات شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک
- ۴- جزوات و بروشورهای شرکت‌های بزرگ تولیدکننده سیلیکای رسوبی مانند PPG، Solvay، Evonik و ...

C

haracteristics and applications of sedimentary silica in the rubber industry and its domestic production capability

E. Ghorbani

Managing Director of Behsazan Fakhri Iranian Rubber Company, Tehran, Iran

*Corresponding author Email: eb_ghorbani@yahoo.com

Abstract: This article discusses various types of silica, especially precipitated silica, its uses and applications in the rubber and tire industry, including improving the physical and mechanical properties of rubber products and reducing tire rolling resistance. Also, the qualitative characteristics of depositional silica such as particle size and surface area, particle surface area, structure and active agents and their effects on product performance, blending and mixing of silica-containing compounds, depositional silica production method and its raw materials and the internal production status of this raw material are examined.

Keywords: Precipitated silica, particle size, specific surface area, structure, surface activity,