

کمک سایش

جزوه فنی

معرفی شرکت

شرکت خانه‌سازی پارسمن سازه با بیش از یک دهه فعالیت در حوزه صنعت ساختمان، با تکیه بر تجربه و دانش فنی کارشناسان خود، همواره شرکتی پیشرو در راستای ارتقا کیفی صنعت ساخت و ساز بوده است. گروه پارسمن به عنوان مجموعه‌ای فنی و تخصصی در چهار واحد پارسمن ساخت (طرح، اجرا و نظارت بر سازه‌های بتن مسلح)، کوبیاکس ایران (مالک انحصاری تکنولوژی کوبیاکس در ایران)، پارسمن فرم (تامین کننده تجهیزات قالب بندهای بتن و داریست تحت برندۀای معتبر اروپایی) و پارسمن شیمی ساختمان ایجاد گردیده است. در راستای توسعه فعالیت گروه پارسمن و با تکیه بر مطالعات انجام شده در بخش تحقیق و توسعه، واحد پارسمن شیمی ساختمان در سال ۱۳۹۴ باهدف ارتقا کیفی صنعت ساخت و ساز تأسیس شد. با توجه به نگاه دانش محور گروه پارسمن، پارسمن شیمی ساختمان به عنوان واحدی فنی و مهندسی در حوزه محصولات شیمیایی مورد استفاده در صنعت ساختمان فعالیت دارد. این واحد با تکیه بر تجربه و دانش از یک سو و ارتباط مناسب با مراجع فنی و دانشگاهی و کشورهای پیشرفته و صاحب تکنولوژی از سویی دیگر، سعی در ارائه بهترین پاسخ به نیازهای این حوزه دارد. رسالت اصلی فعالیت پارسمن شیمی ساختمان در سه بخش زیر خلاصه می‌گردد.

- شناسایی نیازها و مطالبات صنعت ساخت و ساز کشور در حوزه‌ی شیمی ساختمان
- تامین و تولید محصولات با کیفیت شیمی ساختمان با تکیه بر بومی سازی تکنولوژی‌های روز دنیا
- ارائه مشاوره تخصصی و فنی با تکیه بر سال‌ها تجربه، دانش و ارتباط با مراجع معتبر علمی کشور

یکی از زمینه‌های اصلی فعالیت واحد پارسمن شیمی ساختمان، کمک سایش‌ها و بهبود دهنده‌های کیفیت صنعت سیمان و مواد معدنی می‌باشد. این شرکت با بهره گیری از جدیدترین تکنیک‌ها و امکانات آزمایشگاهی روز دنیا اقدام به تولید محصولات خود در این حوزه نموده است. این شرکت آمادگی دارد تا براساس نیازها و شرایط واحدهای تولیدی سیمان و مواد معدنی محصولاتی تخصصی و منحصر به فرد برای هر واحد تولیدی تولید و ارائه نماید. در جزو فنی پیش رو مقدمه‌ای در مورد کمکسایش‌ها، ضرورت استفاده از آن‌ها، مکانیزم اثر آن‌ها و تاثیر این مواد بر خواص نهایی سیمان ارائه می‌گردد. همچنین کاربرد کمکسایش‌ها در آسیای سایر مواد معدنی شرح می‌گردد.

کمکسایش چیست؟

آسیای مواد معدنی همواره یک فرآیند با راندمان پایین و مصرف انرژی بالاست. به ویژه در مورد سیمان این مسئله نمود بیشتری دارد. حدود ۷۰ درصد انرژی مصرفی یک کارخانه سیمان در بخش آسیا مصرف می‌شود و از این میزان هم حدود ۳۰ درصد به صورت گرما هدر می‌رود. یک بررسی نشان داده است، کمتر از ۱ درصد انرژی ورودی به آسیا صرف خردایش مواد می‌شود. از طرف دیگر آسیاها دارای بار برگشتی بسیار بالا هستند. در بعضی موارد بار در گردش آسیا تا ۲۰ برابر کل بار ورودی است. این نشان دهنده راندمان پایین فرآیند آسیا می‌باشد.

کمکسایش‌ها موادی هستند که به عنوان راه حلی برای کاهش مصرف انرژی و افزایش راندمان آسیا ارائه شده‌اند.

به عبارت دیگر کمک سایش‌ها عبارتند از؛ ترکیبات شیمیایی آلی به صورت مایع که در میزان کم به کلینکر ورودی به آسیا افزوده شده و با ممانعت از کلوخه شدن ذرات برخواص نهایی سیمان و فرآیند تولید تاثیرات قابل توجهی دارند.

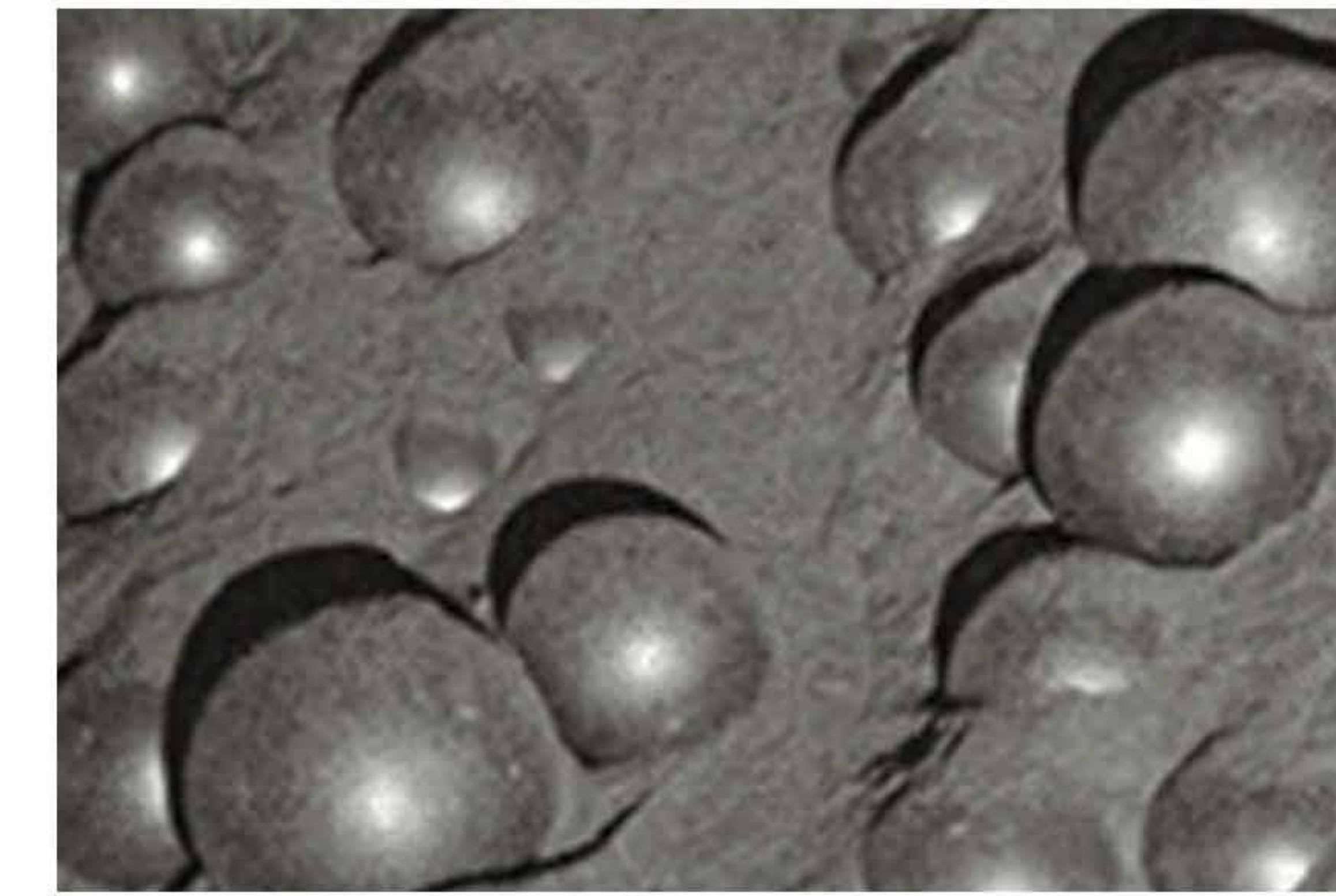
چرا کمکسایش؟

۷۰ درصد انرژی مصرفی در تولید سیمان مربوط به بخش آسیا است و ۳۰ درصد از این ۷۰ درصد هم به صورت گرما هدر می‌رود. یک بررسی نشان داده است تنها ۰/۶ درصد از کل انرژی مصرفی آسیا صرف کاهش اندازه ذرات می‌شود. استفاده از کمک سایش‌ها علاوه بر امکان دستیابی به نرمی بالاتر به علت میزان مصرف کم (حدود ۳۰۰ گرم به ازای هر تن) تاثیر قابل توجهی روی قیمت تمام شده محصول نخواهد داشت و مصرف انرژی رانیز کاهش خواهد داد. از طرف دیگر کمک سایش‌ها به جلوگیری از کوتینگ گلوله‌های آسیا و لاینینگ با ذرات ریز کمک می‌کند.

اثر کمکسایش در جلوگیری از پوشش گلوله‌ها



پوشش سیمانی ایجاد شده بر روی گلوله‌های آسیا و افزایش آسیا در حالت عدم استفاده از کمک سایش



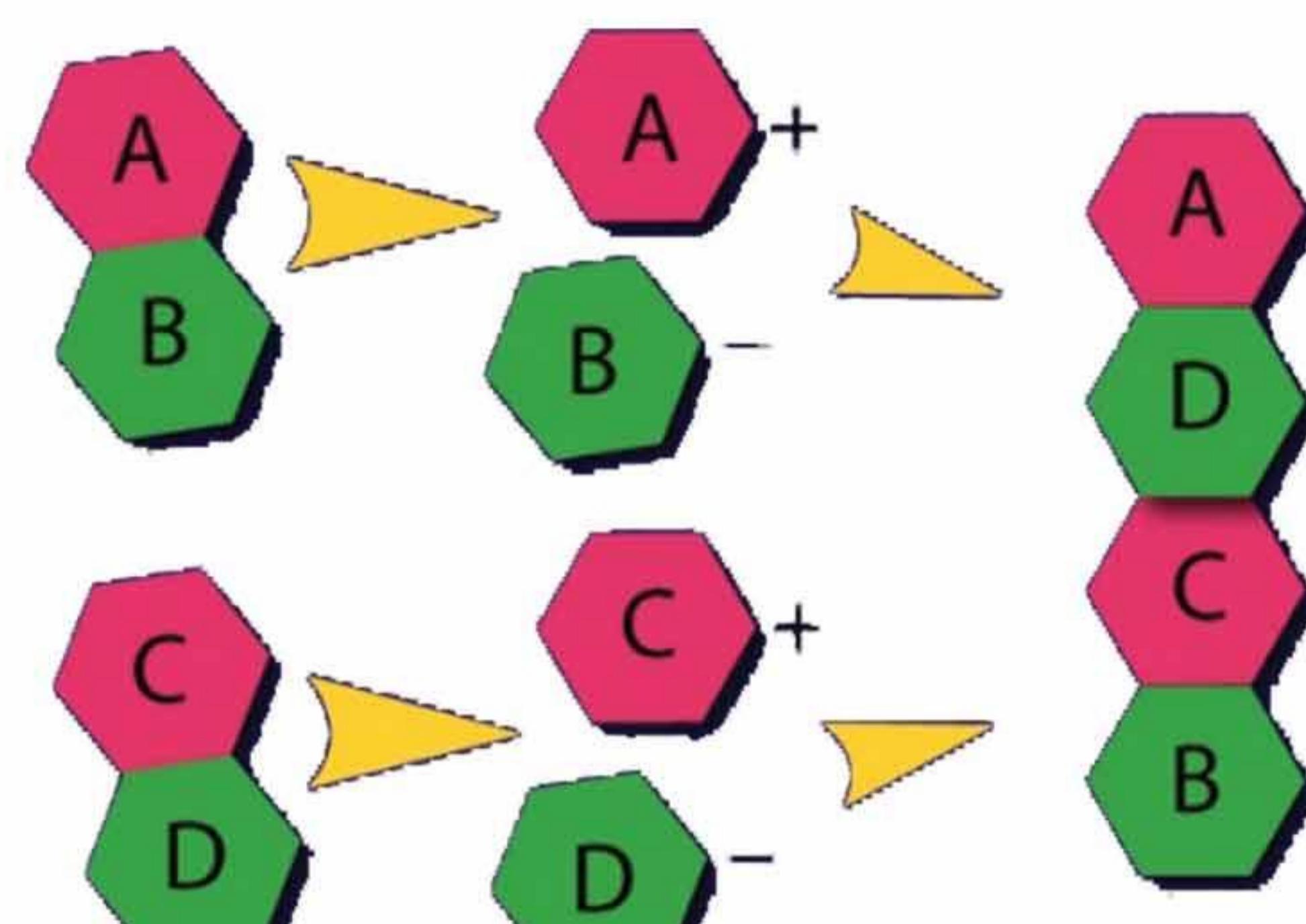
ایجاد سطوح تمیز بر روی گلوله‌های آسیا و افزایش تولید پذیری آن‌ها با استفاده از کمک سایش

کلوخه شدن چگونه اتفاق می‌افتد؟

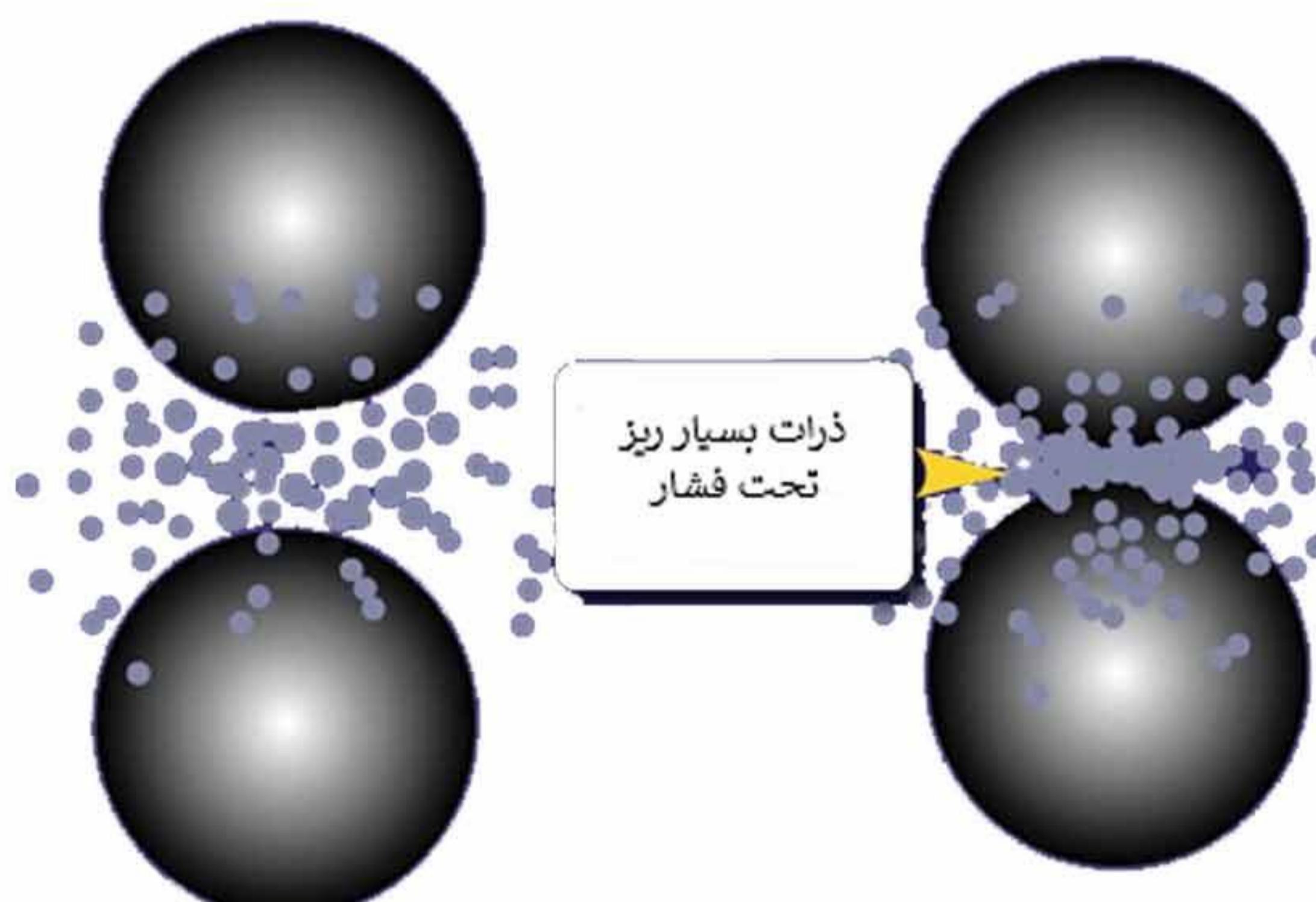
دلایل پدیده کلوخه شدن به شرح زیر است.

۱- جاذبه الکترواستاتیک

بار الکتریکی ایجاد شده روی سطح ذرات در آسیا به دو عامل نسبت داده می‌شود. عامل اول سایش ذرات با یکدیگر و با محیط آسیا و عوامل آسیاکننده است که باعث ایجاد بار الکترواستاتیک روی سطح ذرات می‌شود. عامل دوم در اثر خردایش ذرات است که با شکست ذرات در مقطع شکست الکترون‌های آزاد و یا یون‌های پدیدار می‌شود که باعث باردار شدن مقطع شکست می‌شود. باردار شدن ذرات سبب جذب آن‌ها به سوی یکدیگر و کلوخه شدن آن‌ها می‌گردد.



باردار شدن سطح ذرات و کلوخه شدن آن‌ها



کلوخه شدن ذرات ریز تحت فشار

۲- پیوند مکانیکی

ذرات ریز تحت فشار عوامل آسیا به همدیگر می‌پیونند و کلوخه می‌شوند.

۳- ترمودینامیک

از نظر ترمودینامیکی هر سیستمی تمایل دارد انرژی خود را به حداقل برساند. ذرات دارای انرژی سطحی هستند که این معنا که به علت بی نظمی هایی که در سطح وجود دارد میزان انرژی آن از توده ماده بیشتر است. هر چه اندازه ذرات کوچکتر می‌شود میزان سطح آزاد افزایش می‌یابد و نتیجتاً مجموع انرژی سطحی ذرات بیشتر شده و انرژی سیستم افزایش می‌یابد. کلوخه شدن ذرات سبب کاهش سطح آزاد و انرژی سطحی و کاهش انرژی سیستم می‌شود.

۴- شکل ذرات

ذرات دارای اشکال نامنظم و مختلفی هستند و همگی یک شکل و کروی نمی‌باشند. این شکل‌بی نظم و متفاوت سبب می‌شود در اثر تماس ذرات با یکدیگر و تحت فشار عوامل آسیا ذرات به نوعی در یکدیگر قفل شوند و کلوخه شدن اتفاق بیافتد.

ضرورت دیگر استفاده از کمکسایش‌ها بار برگشتی بالا در آسیا می‌باشد. بار برگشتی در آسیا افقی ۲ تا ۳ برابر بار ورودی و در آسیای قائم ۶ تا ۲۰ برابر بار ورودی است. این مقادیر بالا ناشی از کلوخه شدن ذرات در حین آسیاست. کمکسایش‌ها با ممانعت از کلوخه شدن ذرات بار برگشتی آسیا را کاهش می‌دهند

کلوخه شدن چیست؟

کلوخه شدن عبارت است از اجتماع ذرات در پودر و ایجاد ذرات بزرگتر. در فرایند آسیای سیمان و سایر مواد معدنی مهم ترین دلیل کاهش بازده آسیا کلوخه شدن ذرات می‌باشد. این پدیده به موارد زیر بستگی دارد.

• نوع و ترکیب سیمان: تمایل به کلوخه شدن در انواع مختلف سیمان متفاوت است. این مسئله ناشی از تمایل متفاوت ترکیبات مختلف سیمان به کلوخه شدن می‌باشد. انرژی آگلومراسیون یا کلوخه شدن پارامتری است که تمایل اجزای مختلف سیمان را نشان می‌دهد.

• اجزای ثانویه: تمایل به کلوخه شدن در اجزای ثانویه سیمان مانند پوزولان و سرباره میزان کلوخه شدن سیمان را تاثیر قرار می‌دهد.

• نرمی سیمان: هر چه نرمی سیمان بالاتر باشد، پدیده کلوخه شدن ذرات بیشتر اتفاق می‌افتد و ذرات تمایل بیشتری به کلوخه شدن نشان می‌دهند.

• نوع آسیا: فرآیند آسیا بر کلوخه شدن ذرات تاثیرگذار است. مکانیزم خردایش و زمان ماندگاری مواد در آسیا در آسیاهای مختلف متفاوت است که این مسئله سبب تفاوت کلوخه شدن در انواع آسیا می‌شود.

• شرایط محیط و عوامل آسیا: نوع عوامل آسیا و شرایط آن‌ها می‌تواند بر پدیده کلوخه شدن تاثیر گذار باشد. دما، رطوبت و تهویه هوای داخل آسیا: میزان کلوخه شدن ذرات با دما و رطوبت رابطه مستقیم دارد. تهویه هوای داخل آسیا از آنجا که بر این دو عامل موثر است بر کلوخه شدن ذرات تاثیرگذار است.



هیدراتاسیون جزئی سطح ذرات آلومینات و فریت در حضور آب و الکانول آمین‌ها و تغییر مورفولوژی این ذرات پدیده دیگری است که اثر کمک‌سایش را در جلوگیری از کلخه شدن ذرات توجیه می‌کند. همچنین نفوذ کمک‌سایش‌ها با اندازه مولکولی کوچک به درون ترک‌ها با اعمال فشار باعث شکست ذرات و ممانعت از بسته شدن ترک‌ها می‌شود.

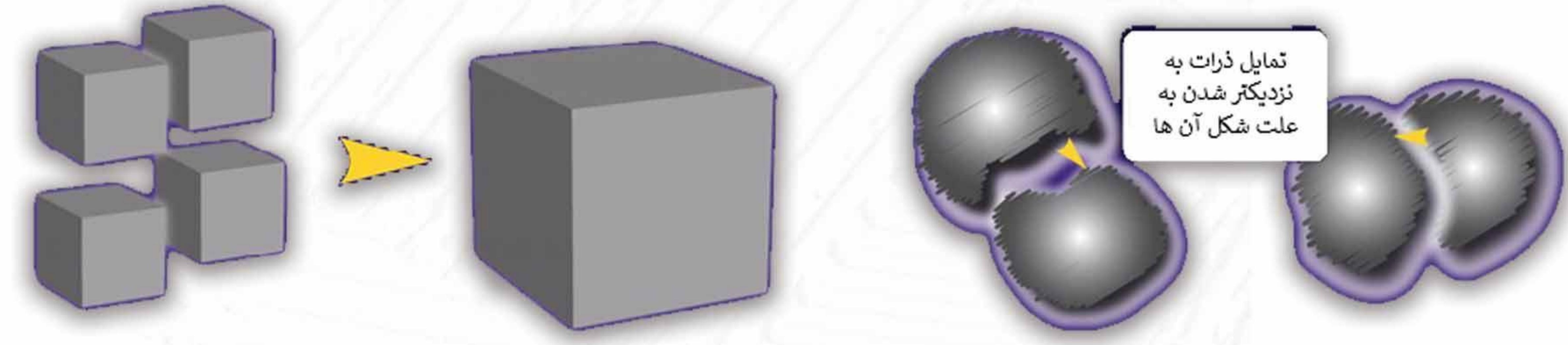
با توجه به میزان کم مصرف کمک‌سایش‌ها (میانگین ۳۰۰ گرم بر تن، این مقدار به صورت تجربی به دست آمده است) این فرض که کمک‌سایش سطح تمامی ذرات را می‌پوشاند نمی‌تواند صحیح باشد. اما مکانیزم توزیع مولکول‌های کمک‌سایش که در دو صورت انتقال در فاز گازی و انتقال با تماس سطحی ذرات است سبب توزیع کمک‌سایش بین ذرات می‌شود. اینکه مکانیزم غالب توزیع کدام مکانیزم است بسته به نوع کمک‌سایش است. با توجه به دمای آسیا که حداکثر در آسیای افقی ۱۲۰ درجه سانتیگراد است، هر چه نقطه جوش کمک‌سایش پایین‌تر باشد انتقال در فاز گازی غالب خواهد شد. اکثر کمک‌سایش‌ها نقطه جوش بالاتر از دمای آسیا دارند و لذا به طور کلی تبخیر نمی‌شوند. از طرفی تبخیر کلی کمک‌سایش مطلوب نیست چون با توجه به وجود سیستم تهویه در آسیا منجر به خروج کمک‌سایش از آسیا شده و اثرگذاری آن را از بین خواهد برداشت. در مورد پلیمرهایی که اساساً تبخیر نمی‌شوند، انتقال بر اساس تماس سطحی غالب می‌گردد. این تماس یا از طریق برهمنش الکترواستاتیک یا شیمیایی با ذرات یا از طریق چسبیدن به سطح ذرات در اثر حرارت بالای آن‌ها می‌باشد.



مزایای کمک‌سایش‌ها

به طور کلی فواید اصلی استفاده از کمک‌سایش به شرح زیر است:

- افزایش فروش و کاهش هزینه‌های تولید با افزایش نرخ تولید، افزایش راندمان جداکننده و کاهش مصرف انرژی
- بهبود کیفیت سیمان با افزایش نرمی و بهبود توزیع اندازه ذرات سیمان
- بهبود کارایی بتون ساخته شده از سیمان در آب به سیمان مشابه
- کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و افزایش کارایی با کاهش پوشش سطح گلوله‌ها، لاینینگ و دیافراگم آسیا با ذرات سیمان
- کاهش انسداد سیلوهای سیمان و هزینه‌های تعمیرات آن‌ها با بهبود توزیع اندازه ذرات، افزایش راندمان جداکننده و بهبود جریان پذیری
- کاهش انتشار دی‌اکسید کربن با کاهش مصرف کلینکر در نرخ تولید یکسان کمک‌سایش‌ها و بهبود دهنده‌های کیفیت



کلخه شدن ذرات برای کاهش انرژی سطحی

تاثیر شکل ذرات بر کلخه شدن

مواد پایه و مکانیزم اثر کمک‌سایش‌ها چیست؟

کمک‌سایش‌ها عمدتاً مواد شیمیایی آلی هستند که نحوه اثر این مواد بسته به نوع آن‌ها و همچنین نوع مواد آسیا شده تعیین می‌گردد و به طور کلی بر اساس ممانعت از کلخه شدن ذرات خرد شده و با دو مکانیزم کلی است:

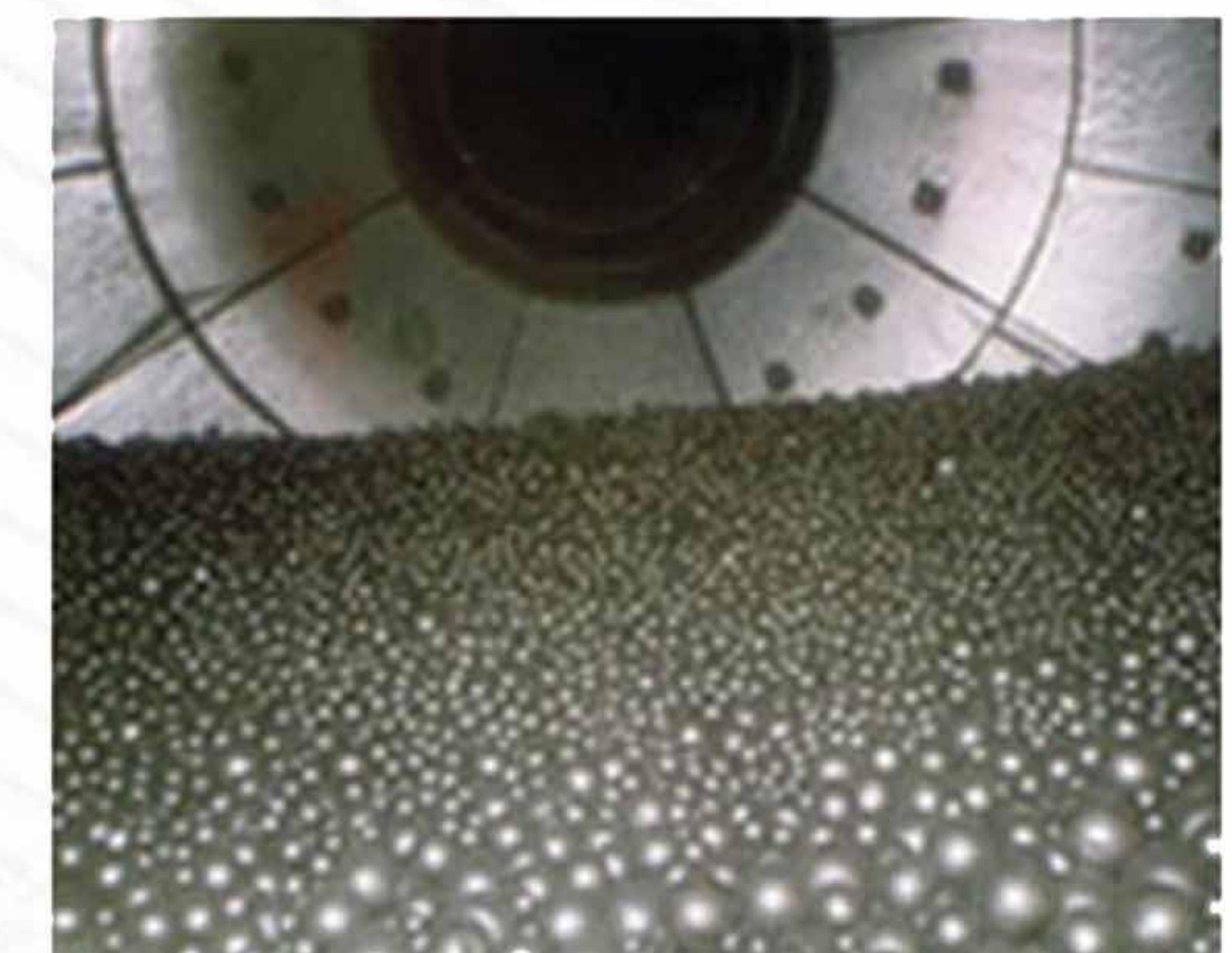
- ۱- برهمنش الکترواستاتیک با ذرات (خنثی‌سازی ذرات باردار)
- ۲- پوشش سطح ذرات

کمک‌سایش‌ها عموماً دارای ساختاری قطبی هستند. مواد شیمیایی کمک‌سایش عمدتاً در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

- ۱- اسیدهای برونستد ضعیف: مواد اسیدی ضعیف و نمک‌های آن‌ها هستند که می‌توانند پروتون (H^+) اهدا کنند. از جمله این اسیدها می‌توان به استئاریک اسید اشاره کرد.
- ۲- بازهای برونستد ضعیف: مواد بازی هستند که می‌توانند پروتون (H^+) دریافت کنند. الکانول آمین‌ها از جمله این مواد هستند.
- ۳- بازهای لوئیس: مواد بازی هستند که می‌توانند یک جفت الکترون غیرپیوندی اهدا کنند. از این دسته از مواد می‌توان اتیلن گلایکول را نام برد.

ویژگی مشترک این مواد قابلیت تبادل الکترون یا پروتون است. از آن جایی که در سطح مواد در اثر آسیا بار الکتریکی اعمال می‌شود، این قابلیت در کمک‌سایش‌ها سبب جذب آن‌ها روی سطح ذرات و خنثی‌سازی بار سطحی ذرات یا ایجاد پوششی دور ذرات با جذب عامل قطبی آن‌ها روی سطح ذرات می‌شود. کمک‌سایش‌ها با برهمنش الکترواستاتیک با ذرات یا پوشش سطح ذرات سبب کاهش انرژی سطحی ذرات می‌شوند که در نتیجه تبادل ذرات به کلخه شدن کاهش می‌باشد. کاهش کوتینگ گلوله‌های آسیا و لاینینگ آسیانیز در اثر خنثی‌سازی ذرات باردار صورت می‌گیرد. وجود یون‌های فلزی به ویژه آهن در سطح ذرات مکانیزم الکترواستاتیک را غالب می‌کند.

هیدراتاسیون جزئی سطح ذرات آلومینات و فریت در حضور آب و الکانول آمین‌ها و تغییر مورفولوژی این ذرات پدیده دیگری است که اثر کمک‌سایش را در جلوگیری از کلخه شدن ذرات توجیه می‌کند. همچنین نفوذ



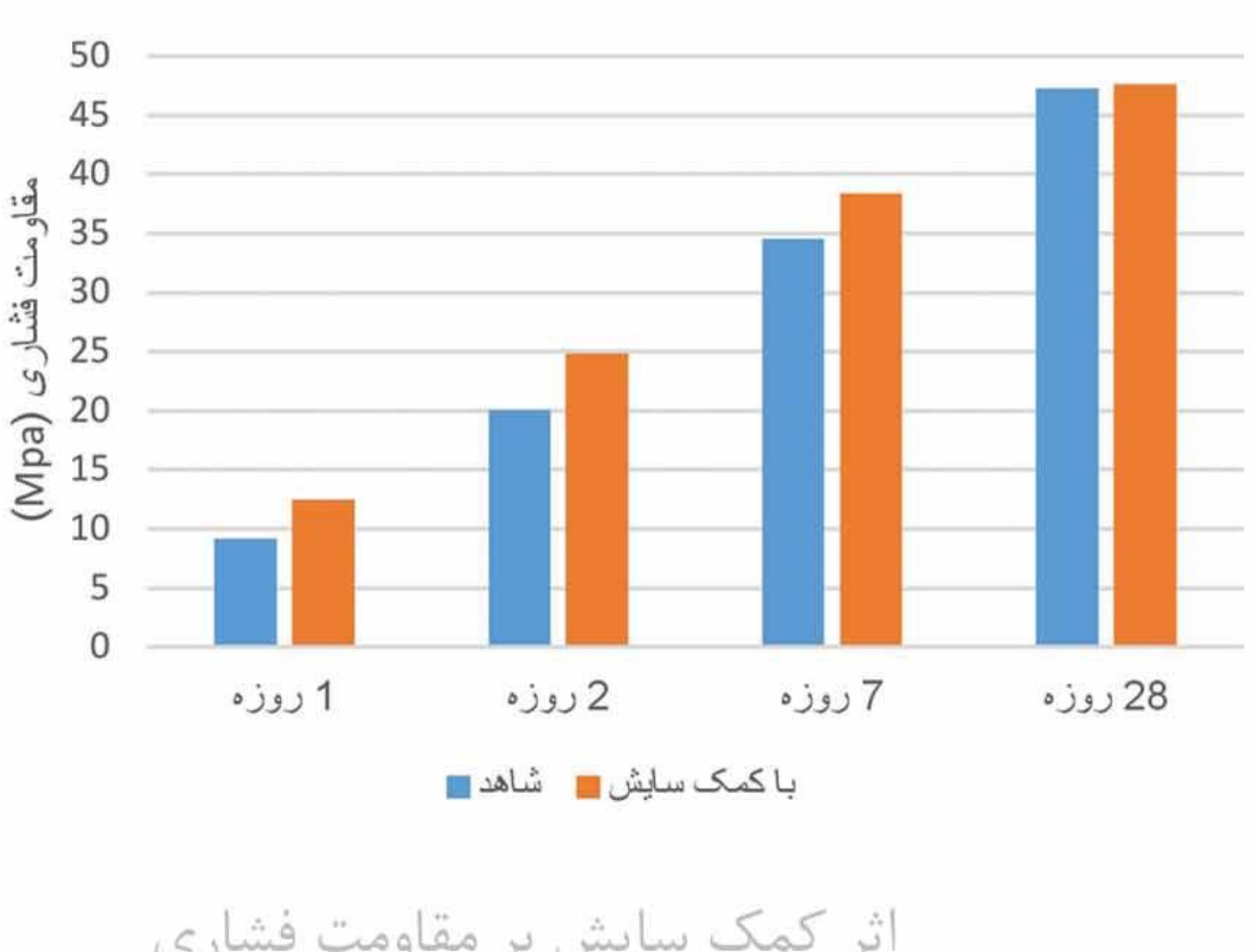
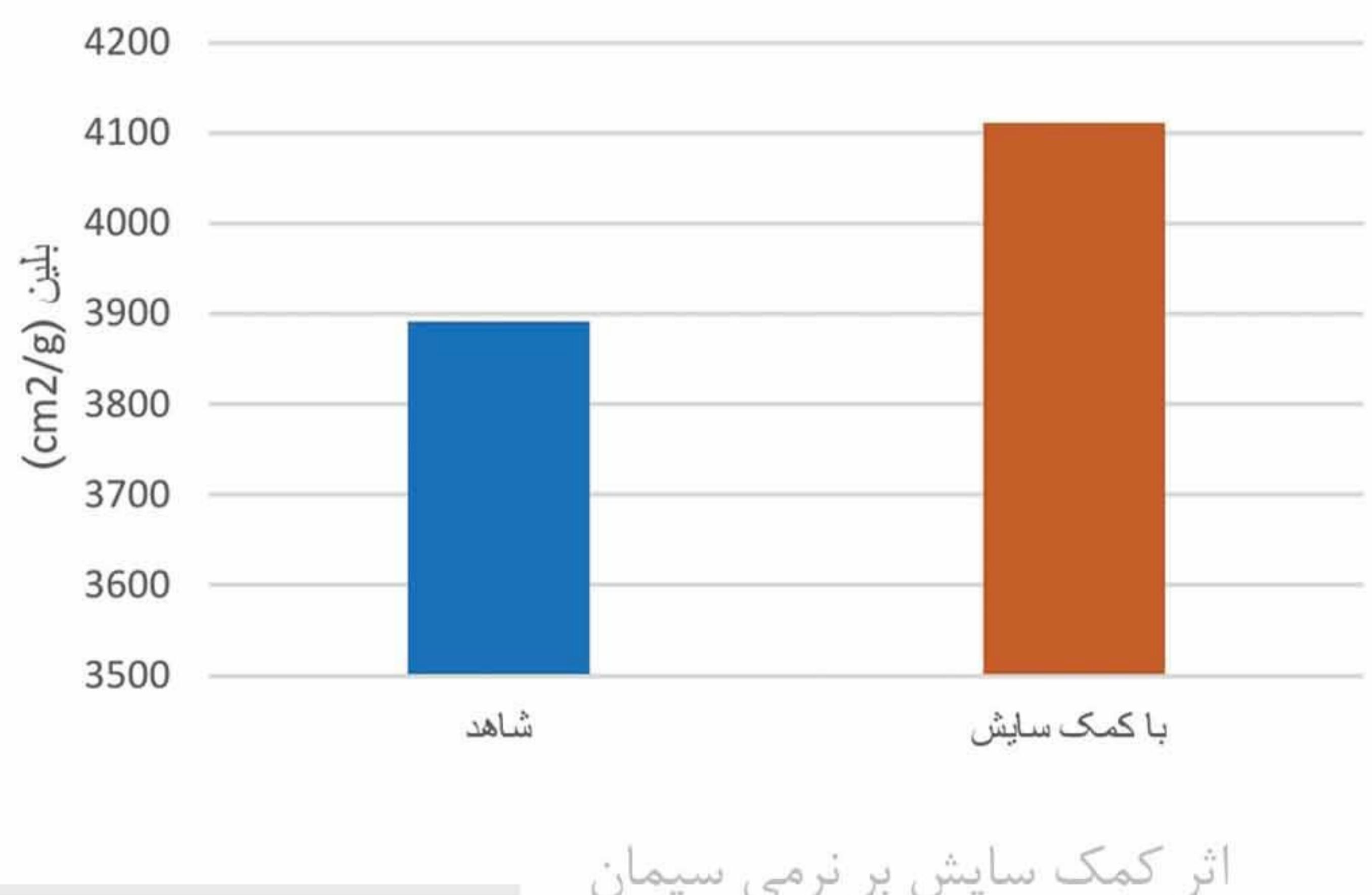
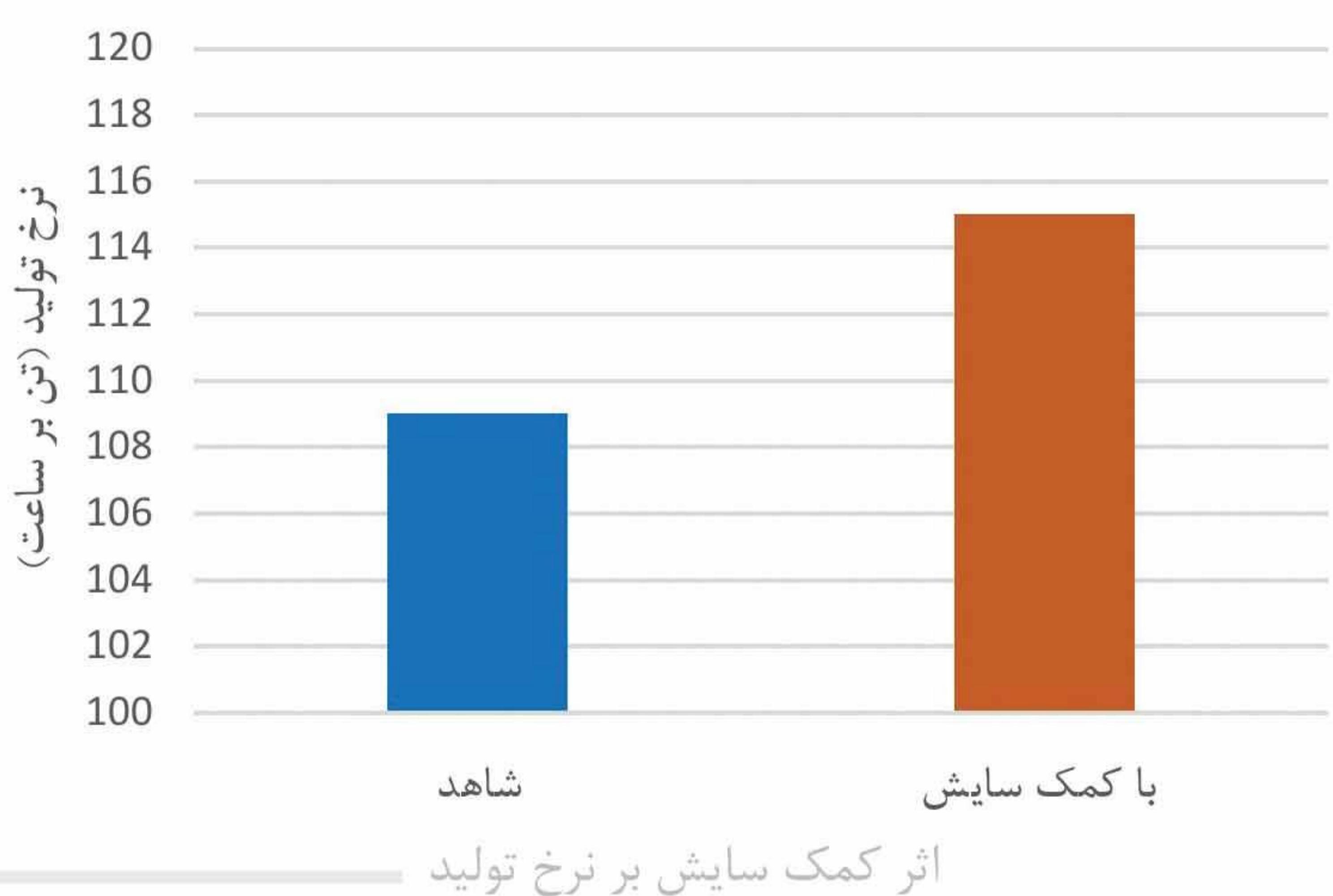
تجارب استفاده از کمک سایش

در ادامه به چند نمونه صنعتی و آزمایشگاهی از تجارب استفاده از کمک سایش‌ها و بهبوددهنده‌های کیفیت سیمان اشاره شده است.

نمونه‌های صنعتی:

نمونه ۱:

نوع سیمان:	سیمان آمیخته آهکی
هدف:	افزایش نرخ تولید، افزایش نرمی سیمان، افزایش مقاومت‌های اولیه



ترکیب کمک سایش‌ها با افزودنی‌های بهبود دهنده کیفیت با دو هدف اصلی انجام می‌شود.

- ۱- بهبود مشخصات مکانیکی سیمان مانند مقاومت‌های کوتاه مدت و یا بلند مدت، زمان گیرش و ...
- ۲- کاهش هزینه تمام شده سیمان با جایگزینی بخشی از کلینکر با مواد افزودنی دیگر مانند سرباره، پوزولان، سنگ آهک و ... با حفظ کیفیت سیمان.

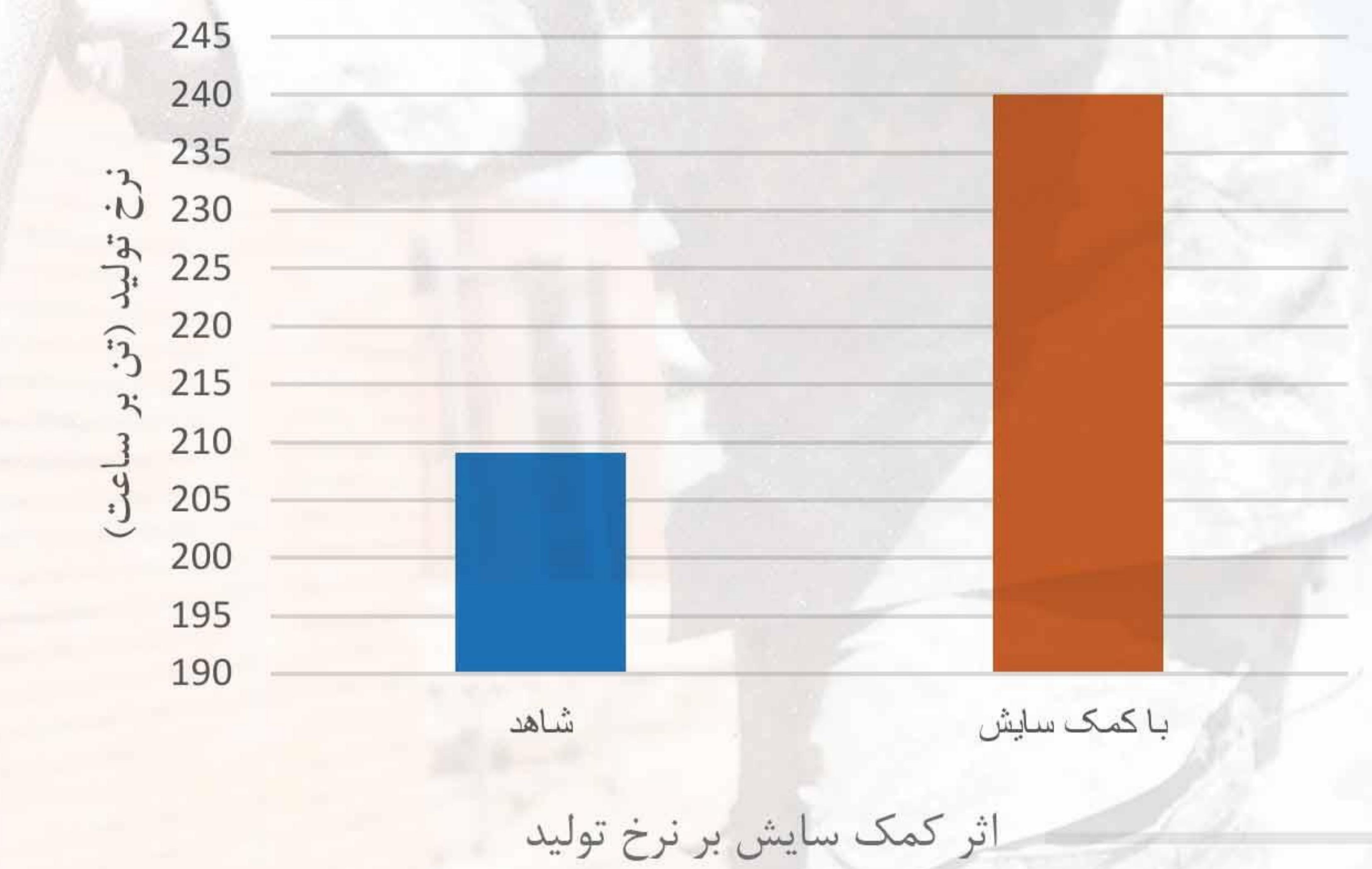
به طور کلی می‌توان تأثیر کمک‌سایش‌ها را بر خواص سیمان ناشی از عوامل زیر دانست:

- افزایش نرمی سیمان
- بهبود توزیع اندازه ذرات و حذف ذرات بسیار ریز و بسیار درشت
- افزایش جریان‌پذیری سیمان
- افزایش کارایی بتون در آب به سیمان مشابه
- تأثیر بر واکنش‌های هیدراتاسیون
- کاهش قیمت تمام شده با کاهش میزان کلینکر در سیمان‌های آمیخته

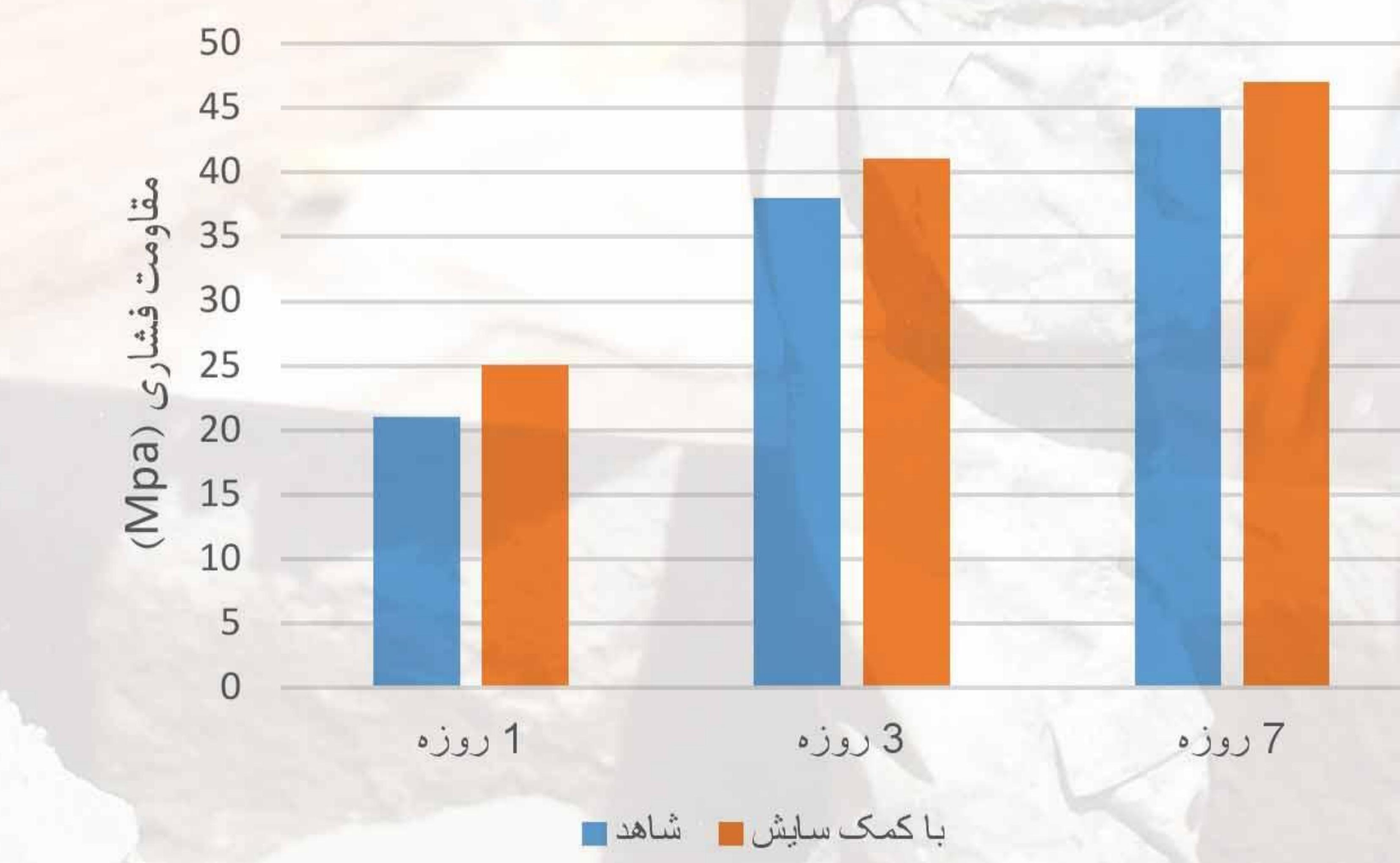


نمونه ۲

نوع سیمان:	سیمان پرتلند معمولی
هدف:	افزایش نرخ تولید و افزایش مقاومت‌های اولیه



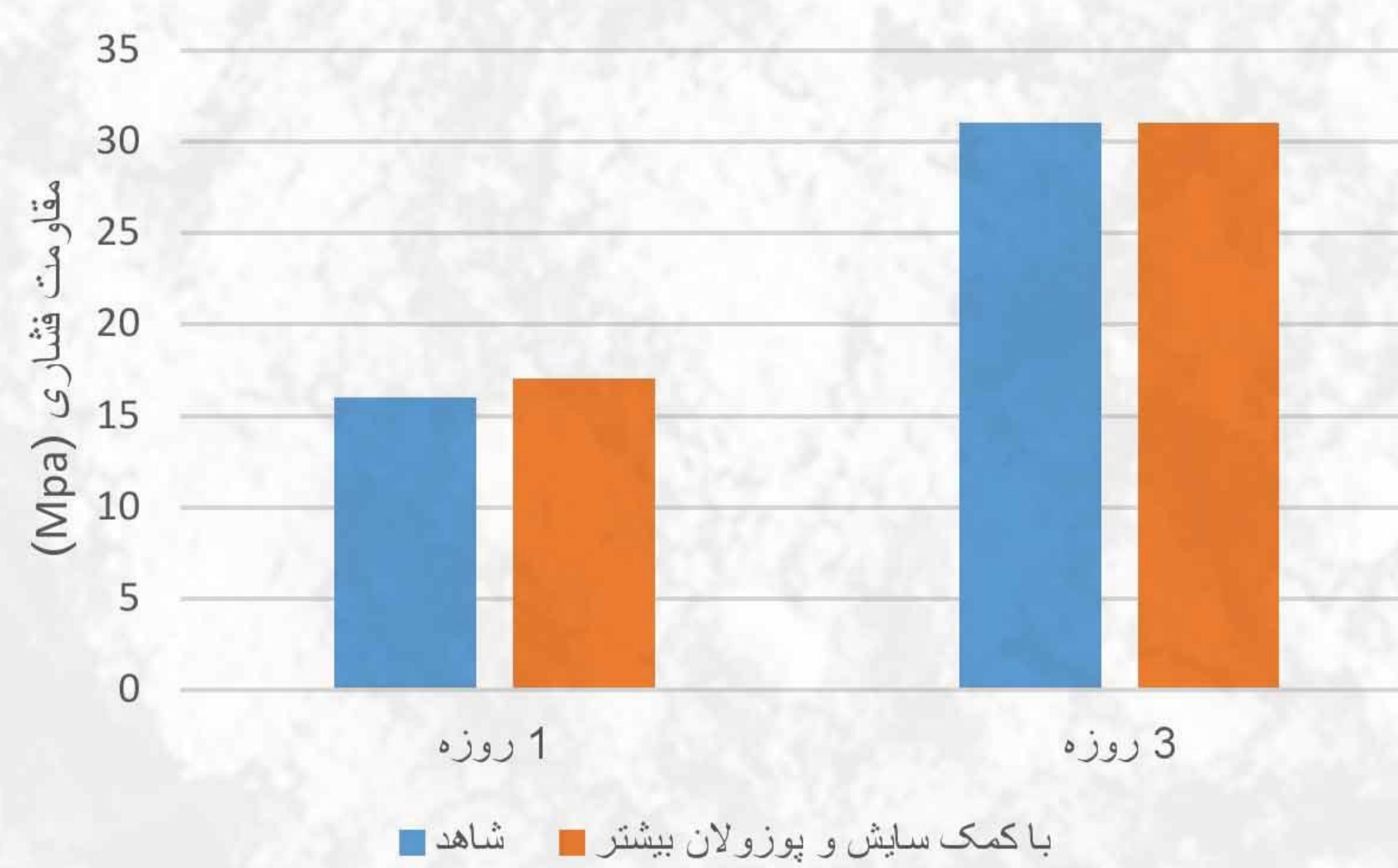
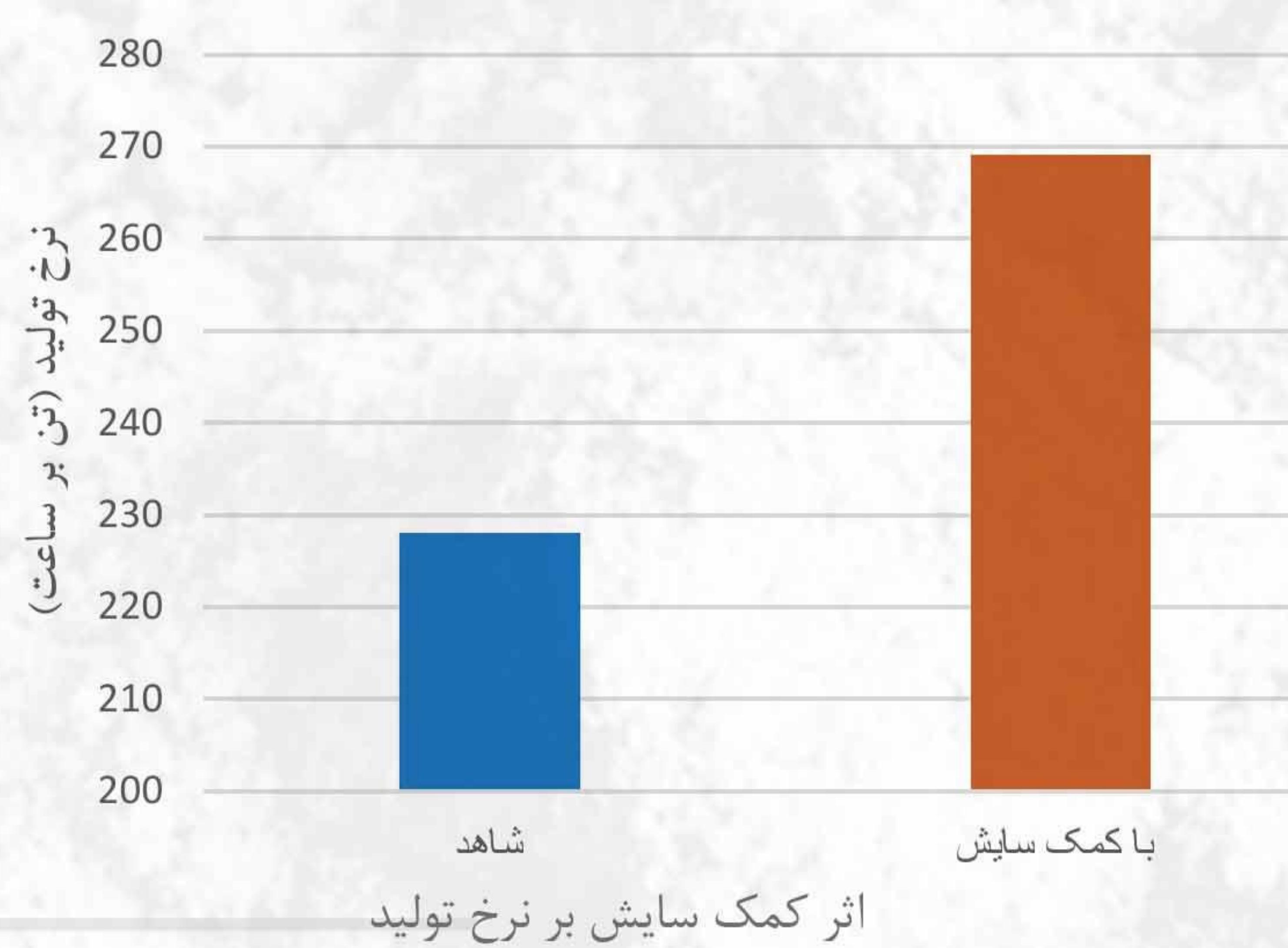
اثر کمک سایش بر نرخ تولید



اثر کمک سایش بر مقاومت فشاری

نمونه ۳

نوع سیمان:	سیمان پرتلند پوزولانی
هدف:	افزایش نرخ تولید و افزایش میزان پوزولان با حفظ مقاومت‌های اولیه



تجارب استفاده از کمک سایش

نمونه های آزمایشگاهی:

نمونه ۱:



نمونه ۲:

نوع سیمان:	سیمان پرتلند تیپ ۲
هدف:	کاهش زمان آسیا برای دستیابی به نرمی معین($3200 \text{ cm}^2/\text{g}$) و افزایش مقاومت های اولیه

نوع سیمان:	سیمان پرتلند سفید
هدف:	کاهش زمان آسیا برای دستیابی به نرمی معین($3800 \text{ cm}^2/\text{g}$) و افزایش مقاومت های اولیه

جدول ۲- اثر کمک سایش بر زمان آسیا برای دستیابی به نرمی $3200 \text{ cm}^2/\text{g}$		
زمان آسیا (min)	نمونه	ردیف
۳۶	شاهد	۱
۳۰	حاوی کمکسایش	۲



اثر کمک سایش بر مقاومت خمی

جدول ۱- اثر کمک سایش بر کاهش زمان آسیا برای دستیابی به نرمی $3800 \text{ cm}^2/\text{g}$		
زمان آسیا (min)	نمونه	ردیف
۹۰	شاهد	۱
۷۴	حاوی کمکسایش	۲



اثر کمک سایش بر مقاومت فشاری

جمع‌بندی

امروزه کمکسایش‌ها به ویژه در صنعت سیمان کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند و کمتر کارخانه تولید سیمان در جهان را می‌شود یافت که از کمکسایش استفاده نکند. در حال حاضر تنها در آمریکا بیش از ۲۰۰۰۰ تن از این مواد مصرف می‌شود. در سال ۲۰۱۵ تولید سیمان در آمریکا ۸۲۸ میلیون تن بوده است. نسبت مصرف کمکسایش‌ها به کل سیمان تولیدی نشان می‌دهد استفاده از این مواد در تولید سیمان در آمریکا فراگیر است. اما در ایران مقدار مصرف کمکسایش‌ها کمتر از ۵ درصد از کل ظرفیت کشور است. هزینه‌های پایین انرژی در ایران یکی از دلایل عدم اقبال تولیدکنندگان سیمان به این محصولات است. این در صورتی است که علاوه بر کاهش مصرف انرژی این مواد مزایای فراوانی از جمله افزایش میزان تولید، کاهش میزان کلینکر در سیمان‌های آمیخته، بهبود خواص سیمان و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری دارند که استفاده از آن‌ها را از نظر اقتصادی توجیه می‌کند. با توجه به حجم بالای تولید سیمان در کشور بازار بزرگی برای کمکسایش‌ها وجود دارد. همچنین مشابه صنعت سیمان، استفاده از کمکسایش‌ها در تولید مواد معدنی موجب افزایش ظرفیت تولید، کاهش هزینه‌های انرژی و بهبود منحنی دانه بندی ذرات می‌گردد. شرکت خانه سازی پارسمنان سازه آمادگی دارد تا بهمکاری علمی و فنی با واحدهای صنعتی محترم، پیشنهادهای تخصصی و انحصاری برای هر واحد صنعتی ارائه نماید.

استفاده از کمکسایش‌ها منحصر به صنعت سیمان نبوده و در آسیای سایر مواد معدنی نیز از این مواد پودرهای معدنی هستند که برای آسیای آن‌ها می‌توان از کمکسایش استفاده نمود. در این میان آهک یا کربنات کلسیم به علت کاربرد گسترده آن در صنایع مختلف و همچنین نرمی بالاتر مورد نیاز برای آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پودر کربنات کلسیم در اندازه ذرات مختلف تولید می‌شود و بعضی اندازه ذرات تا ۱ میکرون نیز می‌رسد. بنابراین استفاده از کمکسایش برای آسیای این مواد به نوعی ضروری است.

