

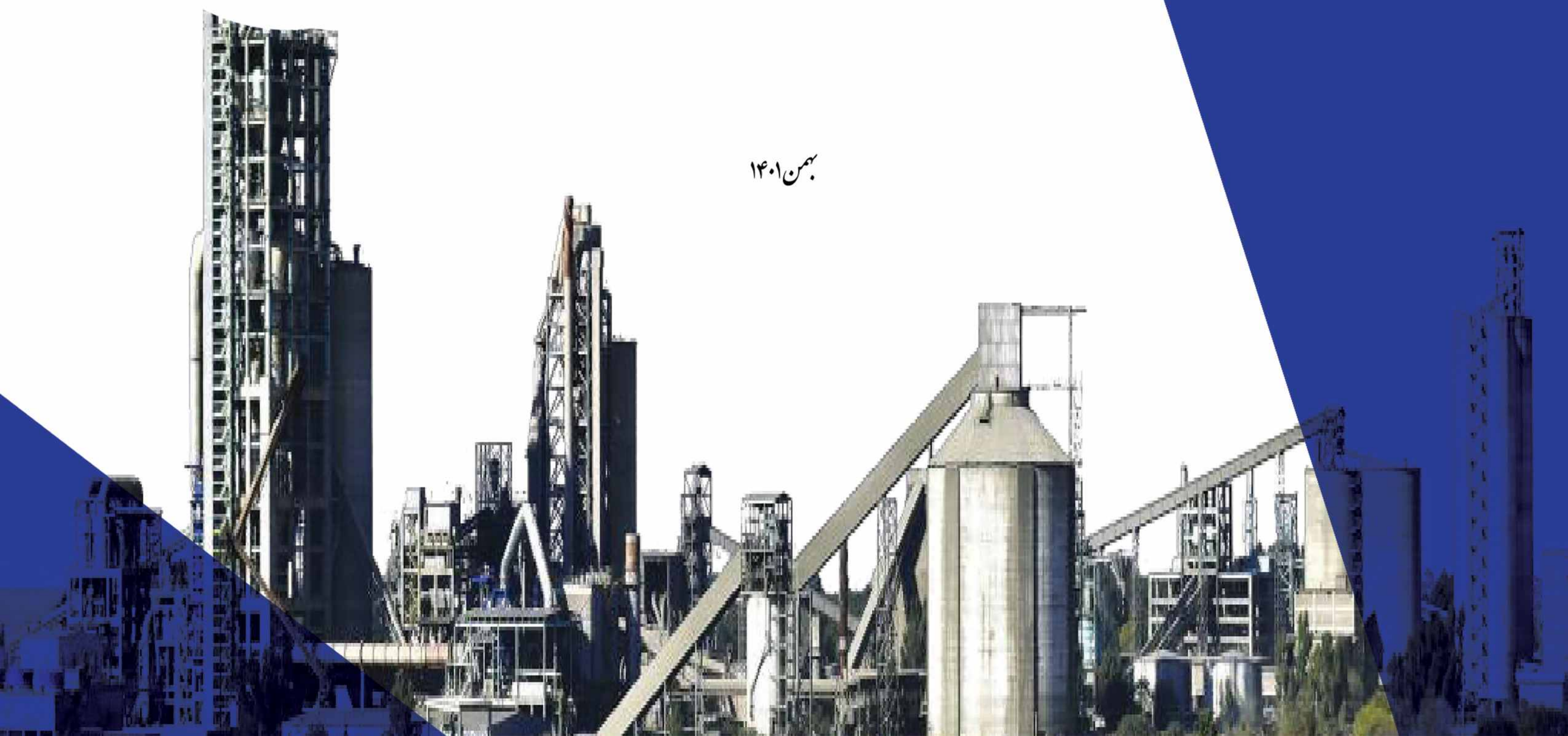
کمک سایشی سیمان

نگارنده:

یاسر قنبری

مدیر تحقیق و توسعه
پارسمان شیمی

بهمن ۱۴۰۱



۱- مقدمه

بیش از ۱۸۰ سال از شروع تولید سیمان پرتلند می‌گذرد و اکنون به یکی از مهمترین مصالح ساختمانی تبدیل شده است. تولید و مصرف جهانی این فرآورده در سال ۱۹۸۶ از مرز یک میلیارد تن گذشت و در سال ۲۰۰۶ رقم ۲ میلیارد تن را پشت سر گذاشت. این رقم امروز به ۵ میلیارد تن نزدیک می‌شود. این ارقام به مفهوم این است که سیمان به عنوان یک کالای صنعتی بالاترین رقم تولید را در میان تمام کالاهای صنعتی دیگر دارد و جالب اینکه سیمان اولین کالای صنعتی است که استاندارد شده است.

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. از طرف دیگر آسیاها دارای بار برگشتی بسیار بالا هستند. در بعضی موارد بار در گردش آسیا تا ۱۵ برابر کل بار ورودی است. این نشان دهنده راندمان پایین فرآیند آسیا می‌باشد. فلذا جهت کاهش مصرف انرژی و افزایش راندمان آسیا بهترین راه‌حلی که امروزه مطرح می‌شود استفاده از محصولات **کمک سایش** است. در این گزارش ابتدا به تعریف مواد کمک‌سایش، ضرورت استفاده از آن‌ها، مکانیزم اثر و تاثیر این مواد بر بهبود خواص نهایی سیمان می‌پردازیم و سپس بحث را با بررسی برخی نتایج تست‌های آزمایشگاهی و صنعتی محصولات کمک‌سایش و بهبود دهنده مقاومت شرکت **پارسمان شیمی** ادامه می‌دهیم.

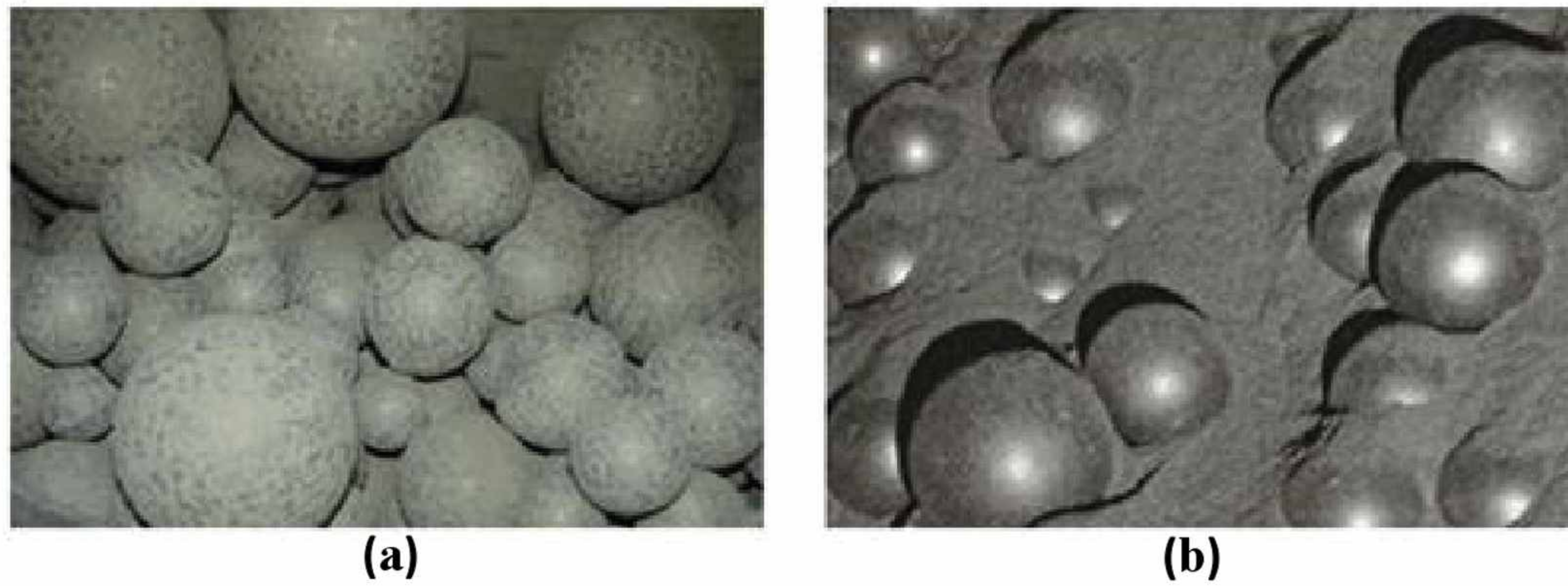
واحد فنی و مهندسی پارسمان شیمی با بهره‌گیری از یک تیم توانمند تحقیق و توسعه در حوزه سیمان و بکارگیری آزمایشگاه‌ها و تجهیزات تخصصی خود، به عنوان تنها دارنده تیم تخصصی توسعه محصول بصورت کارخانه محور در ایران، مفتخر است که با استفاده از مواد اولیه عمدتاً داخلی، طیف گسترده‌ای از محصولات کمک‌سایش و بهبود دهنده مقاومت را متناسب با آنالیز کلینکرها، مختلف، توسعه می‌دهد.

۲- تعریف مواد کمک‌سایش

کمک‌سایش‌ها افزودنی‌های شیمیایی هستند که در فرآیند آسیای کلینکر اضافه شده و تاثیرات قابل توجهی بر **راندمان آسیا** و **جداکننده، نرخ تولید، مصرف انرژی** و همچنین بر خواص و ویژگی‌های سیمان تولیدی از جمله **مقاومت فشاری، زمان گیرش اولیه و نهایی، نرمی، جریان پذیری و توزیع اندازه ذرات** سیمان دارند.

۳- ضرورت استفاده از کمک‌سایش‌ها

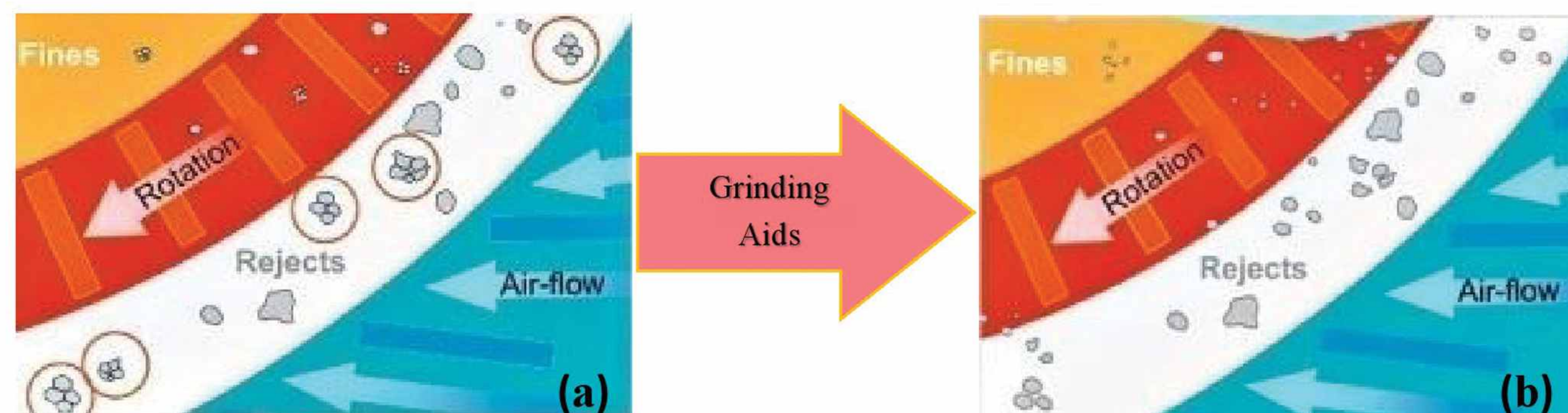
همانطور که در مقدمه ذکر شد حدود ۷۰ درصد انرژی مصرفی در تولید سیمان مربوط به بخش آسیا است و ۳۰ درصد از این ۷۰ درصد هم به صورت گرما هدر می‌رود. یک بررسی نشان داده است تنها ۰/۶ درصد از کل انرژی مصرفی آسیا صرف کاهش اندازه ذرات می‌شود. استفاده از کمک‌سایش‌ها علاوه بر امکان دستیابی به **نرمی بالاتر**، به دلیل دز مصرف ناچیز (حدود ۳۰۰ گرم به ازای هر تن)، تاثیر قابل توجهی بر قیمت تمام شده محصول نخواهد داشت و **مصرف انرژی را نیز کاهش خواهد داد**. از طرف دیگر کمک سایش‌ها به **جلوگیری از کوتینگ گلوله‌های آسیا و زره** (جداره داخلی آسیا) کمک می‌کند. البته این اثر در مراحل اولیه کوتینگ تاثیر گذار است (شکل ۱).



شکل ۱- تاثیر کمک‌سایش در جلوگیری از کوتینگ گلوله‌ها (a: بدون استفاده از کمک سایش، b: با استفاده از کمک سایش)

با عنایت به شکل شماره ۱ کاملاً مشخص است که گلوله‌های تمیزتر نسبت به گلوله‌های دارای لایه‌ی پوشش سیمانی، بازدهی بسیار بالاتری خواهند داشت و این امر یعنی کاهش مدت زمان آسیا.

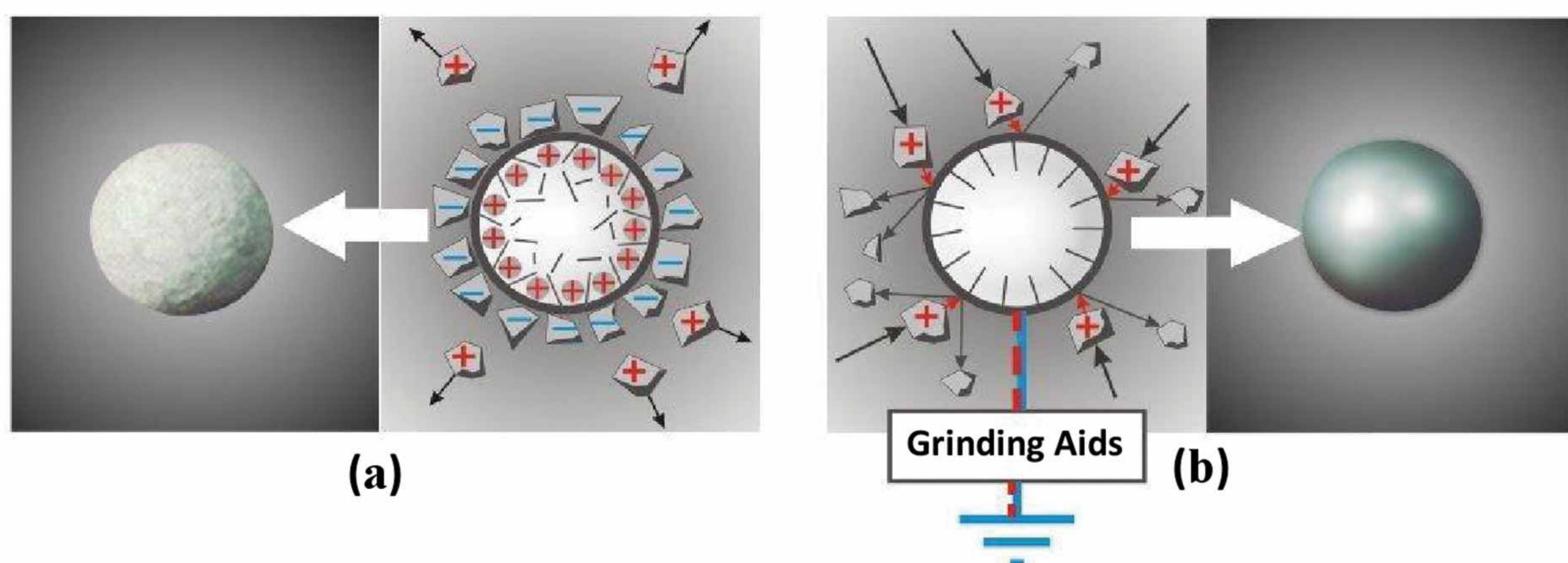
ضرورت دیگر استفاده از کمک‌سایش‌ها بار برگشتی بالا در آسیا می‌باشد. بار برگشتی در آسیای افقی ۲ تا ۳ برابر بار ورودی و در آسیای قائم نیز گاهی ۶ تا ۱۵ برابر بار ورودی است. برگشتی بالا عمدتاً ناشی از کلوخه شدن ذرات در حین آسیاست. مواد کمک‌سایش با ممانعت از کلوخه شدن ذرات **بار برگشتی آسیا را کاهش می‌دهد** (شکل ۲).



شکل ۲- تاثیر کمک‌سایش در کاهش بار برگشتی (a: بدون استفاده از کمک سایش، b: با استفاده از کمک سایش)

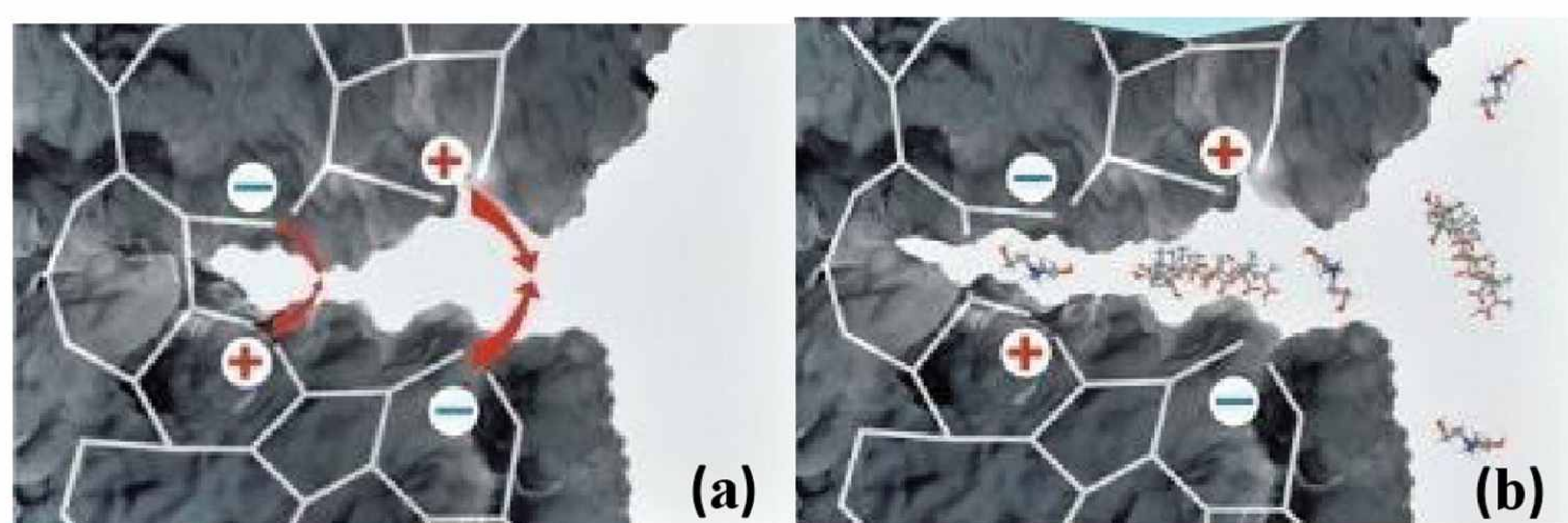
برخی مواقع عدم دستیابی به کلینکر مرغوب به لحاظ آسیاپذیری مطلوب و یا آنالیز نامناسب، یا استفاده از کلینکر هوازده، منجر به تولید سیمان با کیفیت پایین‌تری می‌شود. استفاده از کمک‌سایش‌ها و بهبود دهنده‌های مقاومت در چنین شرایطی نقصان موجود در کلینکر را پوشش داده و از زیان وارده جلوگیری می‌کند. با استفاده از کمک‌سایش مناسب، در واقع **وضعیت دانه‌بندی و نرمی سیمان بهتر شده** و همین امر سبب بهبود کیفیت سیمان تولیدی می‌شود. همچنین، استفاده از محصولات با خواص مشترک کمک‌سایش و بهبوددهنده مقاومت علاوه بر بهبود وضعیت دانه‌بندی و نرمی، به تشکیل ساختارهای کامل‌تر و بهتر در روند سخت شدن سیمان (در معرض آب) کمک کرده و منجر به **افزایش نسبی مقاومت** می‌شود. به لحاظ آسیاپذیری نیز استفاده از کمک‌سایش **نقصان ناشی از درجه آسیاپذیری کلینکر را جبران نموده** و سبب کاهش مصرف انرژی در چنین شرایطی خواهد شد.

کاهش کوتینگ گلوله‌های آسیا و زره آسیا نیز در اثر خنثی‌سازی ذرات باردار صورت می‌گیرد (شکل ۴). وجود یون‌های فلزی به ویژه آهن در سطح ذرات مکانیزم الکترواستاتیک را غالب می‌کند.



شکل ۴- تاثیر کمک‌سایش در کاهش کوتینگ (a: بدون استفاده از کمک سایش، b: با استفاده از کمک سایش)

هیدراسیون جزئی سطح ذرات آلومینات و فریت در حضور آب و مواد کمک‌سایش و تغییر مورفولوژی این ذرات پدیده دیگری است که اثر کمک‌سایش را در جلوگیری از کلوخه شدن ذرات توضیح می‌دهد. همچنین نفوذ کمک‌سایش‌ها با اندازه مولکولی کوچک به درون ترک‌ها با اعمال فشار باعث شکست ذرات و ممانعت از بسته شدن ترک‌ها می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- تاثیر کمک‌سایش بر شکست ذرات در داخل آسیا (a: بدون استفاده از کمک سایش، b: با استفاده از کمک سایش)

با توجه به میزان کم دز 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 بستگی به نوع کمک‌سایش دارد. 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

کاهش کلینکر فاکتور نیز می‌تواند بعنوان یکی از ضروریات مهم در استفاده از کمک‌سایش مطرح شود. بررسی‌ها حاکی از آن است که حدود ۵ تا ۷ درصد کل گاز دی‌اکسیدکربن دنیا ناشی از تولید سیمان است پس در نتیجه به لحاظ معضلات جدی زیست محیطی و نیز کاهش هزینه‌های تولید، بهینه کردن کلینکر فاکتور بسیار حائز اهمیت است.

۴- مواد پایه و مکانیزم اثر کمک‌سایش‌ها

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

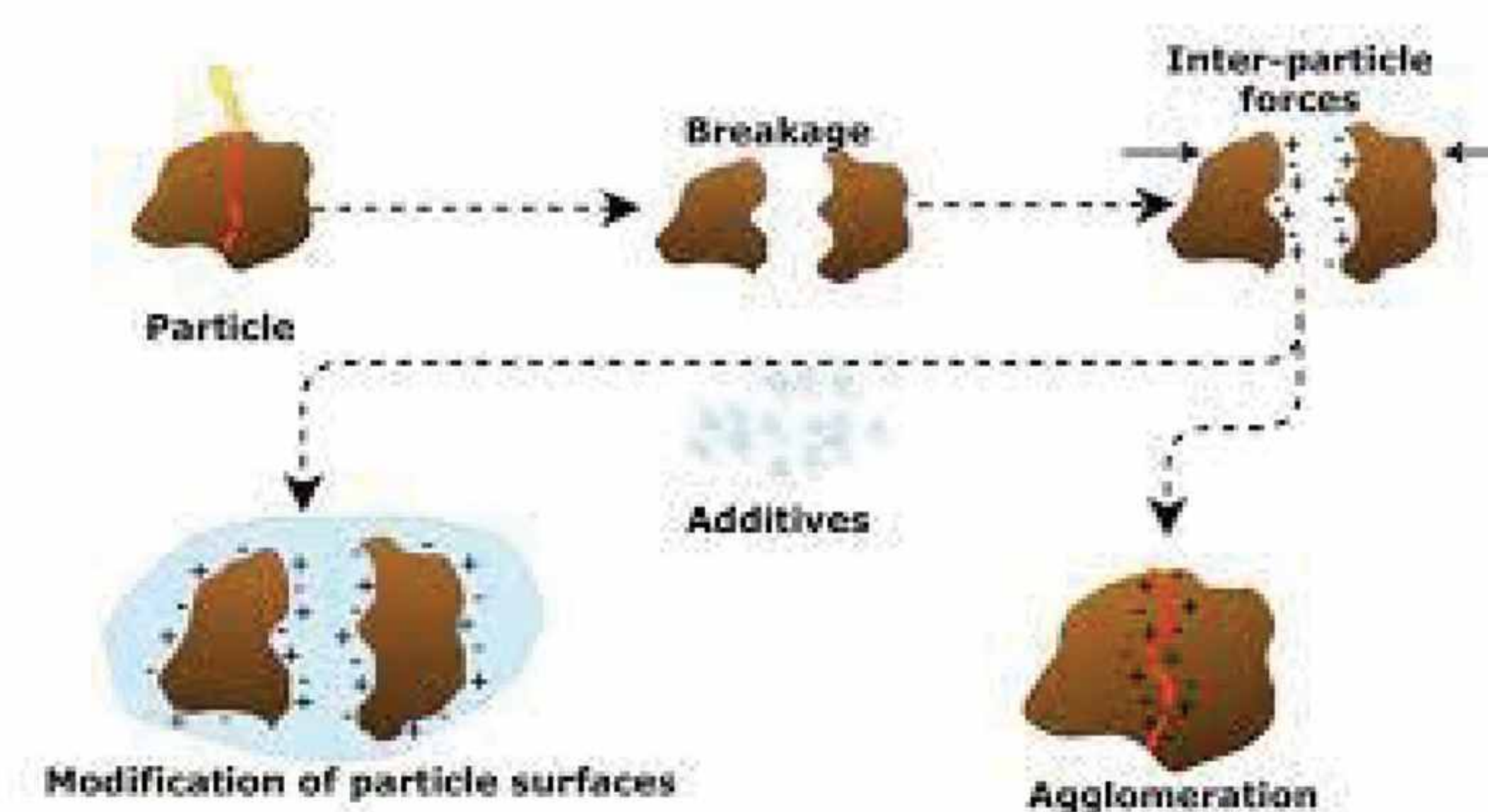
۱- برهم‌کنش الکترواستاتیک با ذرات (خنثی‌سازی ذرات باردار)

۲- پوشش سطح ذرات

کمک‌سایش‌ها عموماً دارای ساختار قطبی هستند. مواد شیمیایی کمک‌سایش بطور کلی در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

- ۱- اسیدهای برونستد ضعیف: مواد اسیدی ضعیف و نمک‌های آن‌ها هستند که می‌توانند پروتون (H^+) اهدا کنند.
- ۲- بازهای برونستد ضعیف: مواد بازی هستند که می‌توانند پروتون (H^+) دریافت کنند.
- ۳- بازهای لوئیس: مواد بازی هستند که می‌توانند یک جفت الکترون غیرپیوندی اهدا کنند.

ویژگی مشترک این مواد قابلیت تبادل الکترون یا پروتون است. از آنجاییکه 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. 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 یون‌هایی پدیدار می‌شود که باعث باردار شدن مقطع شکست می‌شود. کمک‌سایش‌ها به واسطه‌ی برهم‌کنش الکترواستاتیک با ذرات یا پوشش دادن سطح ذرات سبب کاهش انرژی سطحی ذرات می‌شوند که در نتیجه تمایل ذرات به کلوخه شدن کاهش می‌یابد (شکل ۳).



شکل ۳- تاثیر کمک‌سایش در کاهش کلوخه شدن ذرات

و لذا به طور کلی تبخیر نمی‌شوند. از طرفی تبخیر کلی کمک‌سایش مطلوب نیست چون با توجه به وجود سیستم تهویه در آسیا احتمالا منجر به خروج مواد کمک‌سایش از آسیا شده و اثرگذاری آن را از بین خواهد برد. در مورد پلیمرهایی که اساسا تبخیر نمی‌شوند، انتقال بر اساس تماس سطحی غالب می‌گردد. این تماس یا از طریق برهم‌کنش الکترواستاتیک یا شیمیایی با ذرات یا از طریق چسبیدن به سطح ذرات در اثر حرارت بالای آن‌ها می‌باشد.

۵- تاثیر مواد کمک سایش و بهبود دهنده‌ی مقاومت بر خواص نهایی سیمان

تاثیر کمک‌سایش‌ها بر خواص نهایی سیمان، بسته به نوع و میزان مصرف آن، آنالیز و مشخصات کلینکر و نیز شرایط استفاده از این مواد متفاوت خواهد بود ولی بطور کلی در صورت استفاده صحیح از کمک‌سایش مناسب، بهبودهای نسبی در پارامترهای کیفی زیر برای سیمان حاصل خواهد شد.

- **نرمی یا بلین سیمان:** استفاده از محصولات کمک‌سایش در مدت زمان آسیای یکسان منجر به افزایش بلین یا نرمی سیمان خواهد شد. لیکن ارزیابی بلین سیمان بسیار وابسته به مهارت تکنیسین آزمایشگاه، دقت و کالیبره بودن دستگاه سنجش بلین و نیز میزان وزن سیمان مورد استفاده جهت پر کردن سلول، بطوریکه لایه‌ی سیمان ایجاد شده نه سست باشد و نه غیرقابل تراکم، می‌باشد. چرا که بر اثر استفاده از کمک‌سایش درجه تخلخل و دانسیته‌ی سیمان مقداری تغییر خواهد کرد.
- **توزیع اندازه ذرات یا PSD:** توزیع اندازه ذرات سیمان یک فاکتور بسیار مهم در مقاومت ملات سیمان می‌باشد و لزوما افزایش بلین همواره به معنی بهبود توزیع دانه‌بندی مطلوب سیمان نیست. بلکه این محدوده ذرات ۳ تا ۳۲ میکرون است که به وضوح بر افزایش مقاومت فشاری تأثیرگذار است. ضمن اینکه افزایش مقادیر ذرات بسیار ریز (کمتر از ۳ میکرون) تأثیر منفی بر مقاومت دارد. این امر در واقع نشان دهنده‌ی اهمیت بالای چگونگی توزیع دانه‌بندی ذرات سیمان است. استفاده از کمک‌سایش بشرطی تأثیر مثبت بر توزیع اندازه ذرات سیمان خواهد داشت که به لحاظ دز مصرف و مواد تشکیل دهنده کاملا منطبق بر آنالیز کلینکر و شرایط تولیدی سیمان موردنظر انتخاب شده باشد.
- **زمان گیرش اولیه و نهایی:** استفاده از کمک‌سایش در بلین برابر، بسته به نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده محصول کمک‌سایش و دز مصرف آن، می‌تواند منجر به کاهش یا افزایش زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان گردد. برای یک نوع سیمان در صورتی که استفاده از کمک‌سایش منجر به افزایش بلین گردد (یعنی زمان آسیای برابر با نمونه شاهد)، زمان گیرش در اثر این افزایش بلین کاهش خواهد یافت و ممکن است در اثر برخی ترکیبات کمک‌سایش این کاهش زمان گیرش تشدید یا خنثی و در مواردی نیز حتی زمان گیرش افزایش یابد.
- **تقاضای آب مصرفی:** تاثیر کمک‌سایش بر تقاضای آب مصرفی بسیار وابسته به ترکیبات کمک‌سایش و نیز میزان بلین است. افزایش بلین به وضوح تقاضای آب مصرفی را افزایش خواهد داد. حال بسته به اینکه کمک‌سایش مورد استفاده بر چه پایه‌ای باشد، تاثیر آن بر تقاضای آب مصرفی متفاوت است. معمولا کمک‌سایش بر پایه پلی کربوکسیلات تقاضای آب مصرفی را کاهش می‌دهد.
- **مقاومت ملات سیمان:** افزایش مقاومت ملات سیمان مشخصه‌ای است که معمولا بر اثر استفاده از کمک‌سایش مناسب اتفاق می‌افتد. اما درصد افزایش عمدتا به عوامل مختلف وابسته است. از آن جمله می‌توان به نوع محصول

کمک‌سایش، دز مصرف آن، بلین و دانه‌بندی مورد نظر نسبت به سیمان مرجع، بهینه سازی تنظیمات تجهیزات تولید در اتاق کنترل و... نام برد.

- **جریان پذیری سیمان:** برای سیمان آسیا شده در نرمی ثابت، استفاده از کمک‌سایش، جریان پذیری را افزایش و تنش تسلیم و ویسکوزیته را کاهش می‌دهد. این امر احتمالا بر اثر پخش شدن کلوخه‌های سیمان در حضور مولکول‌های مواد کمک‌سایش می‌باشد.

۶- نتایج برخی از تست‌های متعدد آزمایشگاهی و صنعتی

محصولات متنوع کمک‌سایش پارسمان شیمی تحت برند **پارس‌گریند® (ParsGrind)** علاوه بر آزمایشگاه‌های مجهز مجموعه پارسمان، حداقل در سه مرکز معتبر علمی و دانشگاهی دیگر مورد تست و ارزیابی قرار گرفته و این روند جهت شناسایی بهتر و بیشتر اثرات این محصولات همواره ادامه دارد. همچنین بنا به درخواست برخی از کارخانجات معظم سیمان، تست‌های بزرگ مقیاس در آسیاهای گلوله‌ای و غلطکی این کارخانجات انجام شده و نتایج حاصله به همراه ارزیابی و تحلیل در قالب گزارشات فنی برای ایشان ارسال گردیده است. در این نوشتار قصد داریم تا از هر یک از تست‌های آزمایشگاهی و صنعتی یک مورد را تحلیل و بررسی نماییم.

۶-۱- بررسی جامع یک نمونه از تست‌های آزمایشگاهی

از میان تست‌های آزمایشگاهی متنوع این شرکت که بخش اعظم آن در آزمایشگاه سیمان و بتن مجموعه پارسمان انجام پذیرفته است یک نمونه از نتایج ارزیابی آزمایشگاهی محصولات کمک‌سایش پارسمان که در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد نیز ارائه شد به اختصار شرح داده می‌شود.

۶-۱-۱- کلینکر انتخابی

به منظور بررسی تاثیرگذاری استفاده از انواع مواد کمک‌سایش بر پارامترهای کمی و کیفی سیمان، یک نمونه کلینکر سیمان تیپ دو انتخاب گردید که نتایج آنالیز XRF و فازهای تشکیل دهنده‌ی آن بترتیب مطابق جداول شماره ۱ و ۲ می‌باشد.

جدول ۱- نتایج آنالیز کلینکر انتخابی

ترکیبات شیمیایی	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CL	Free CaO
مقادیر (%)	۲۱/۰۳	۴/۹۲	۳/۸۷	۶۴/۷۰	۱/۱۰	۲/۶۸	۰/۹۱	۰/۳۷	۰/۷۱	۱/۴۰

جدول ۲- فازهای تشکیل دهنده‌ی کلینکر انتخابی

فازهای تشکیل دهنده	آلیت (C ₃ S)	بلیت (C ₂ S)	تری کلسیم آلومینات (C ₃ A)	تترا کلسیم آلومینوفریت (C ₄ AF)
مقادیر (%)	۶۳/۹۲	۱۲/۰۹	۶/۴۹	۱۱/۷۶

۶-۱-۲- محصولات کمکسایش و دز مصرف انتخابی

مواد کمکسایش استفاده شده در این بررسی و دز مصرف آن‌ها، که ۴ نوع از محصولات متنوع کمکسایش شرکت پارسمان است بشرح جدول شماره ۳ می‌باشد.

جدول ۳- دز مصرف و اسامی محصولات کمکسایش انتخابی

ردیف	نام محصول	دز مصرف (گرم بر ۱۱۰۰ گرم کلینکر و گچ)	دز مصرف (گرم بر هر تن مخلوط کلینکر و گچ)
۱	ParsGrind®CQ-99FM1	۰/۲	۱۸۱
۲		۰/۵	۴۵۴
۳		۰/۷	۶۳۶
۴	ParsGrind®SM-11	۰/۲	۱۸۱
۵		۰/۵	۴۵۴
۶		۰/۷	۶۳۶
۷	ParsGrind®GA-77V	۰/۲	۱۸۱
۸		۰/۵	۴۵۴
۹		۰/۷	۶۳۶
۱۰	ParsGrind®GA-75S	۰/۲	۱۸۱
۱۱		۰/۵	۴۵۴
۱۲		۰/۷	۶۳۶

۶-۱-۳- سیمان‌سازی در آسیای گلوله‌ای آزمایشگاهی

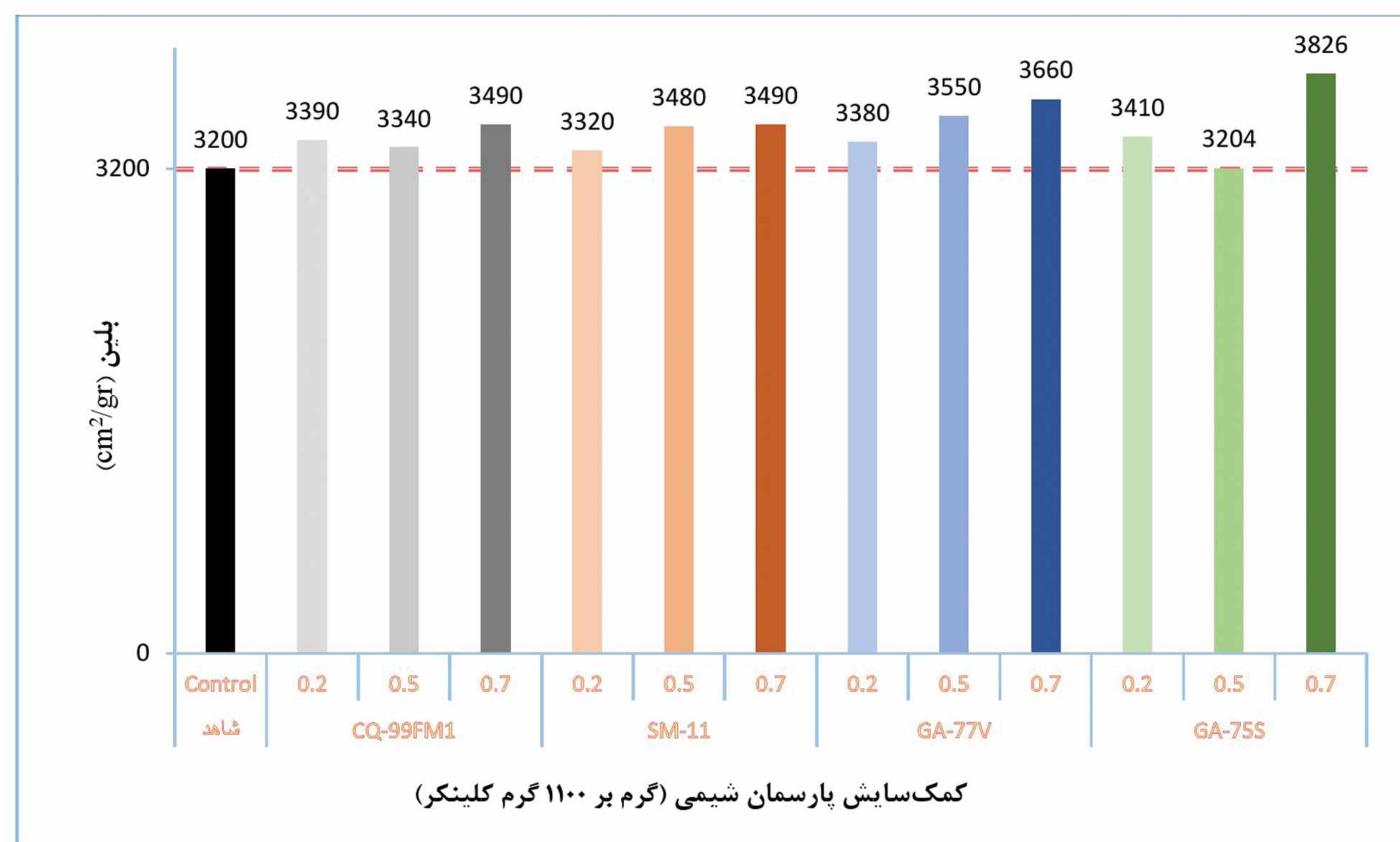
کلینکر انتخابی ابتدا به روش کوارتر نمونه‌برداری شده و سپس با نسبت ۹۵ درصد به ۵ درصد با سنگ گچ مخلوط گردید. این مخلوط پس از سنگ‌شکنی به وسیله سنگ‌شکن فکی و عبور از سرنده ۳،۳۶ میکرون، به مقدار ۱۱۰۰ گرم، به آسیای گلوله‌ای آزمایشگاهی باردهی شد. روند آسیا کردن مخلوط تا رسیدن به بلین هدف ادامه پیدا کرد. بلین هدف در این آزمایشات **۳۲۰۰ سانتی‌مترمربع بر گرم** انتخاب شد. جدول شماره ۴، بلین‌های حاصل در زمان‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۴- بلین سیمان مرجع در زمان‌های مختلف

زمان آسیا (دقیقه)	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵
بلین (cm ² /gr)	۲۳۳۹	۳۰۹۴	۳۶۱۸	۳۹۸۷	۴۳۵۳

۶-۱-۴- تاثیر دوزهای مختلف کمکسایش بر بلین سیمان

نمودار شکل شماره ۶، بلین سیمان‌های ساخته شده با محصولات کمکسایش در دزهای مختلف را در قیاس با نمونه سیمان شاهد نشان می‌دهد. بطور کلی می‌توان گفت برای این کلینکر انتخابی در انواع و دزهای مختلف محصولات کمکسایش، بهبود در بلین سیمان مشاهده می‌شود. این بدان معناست که با کاهش مدت زمان آسیا می‌توان به همان بلین شاهد دست یافت. کاهش مدت زمان آسیا در واقع یعنی افزایش راندمان آسیا و یا به عبارت دیگر کاهش مصرف انرژی در یک بلین برابر.

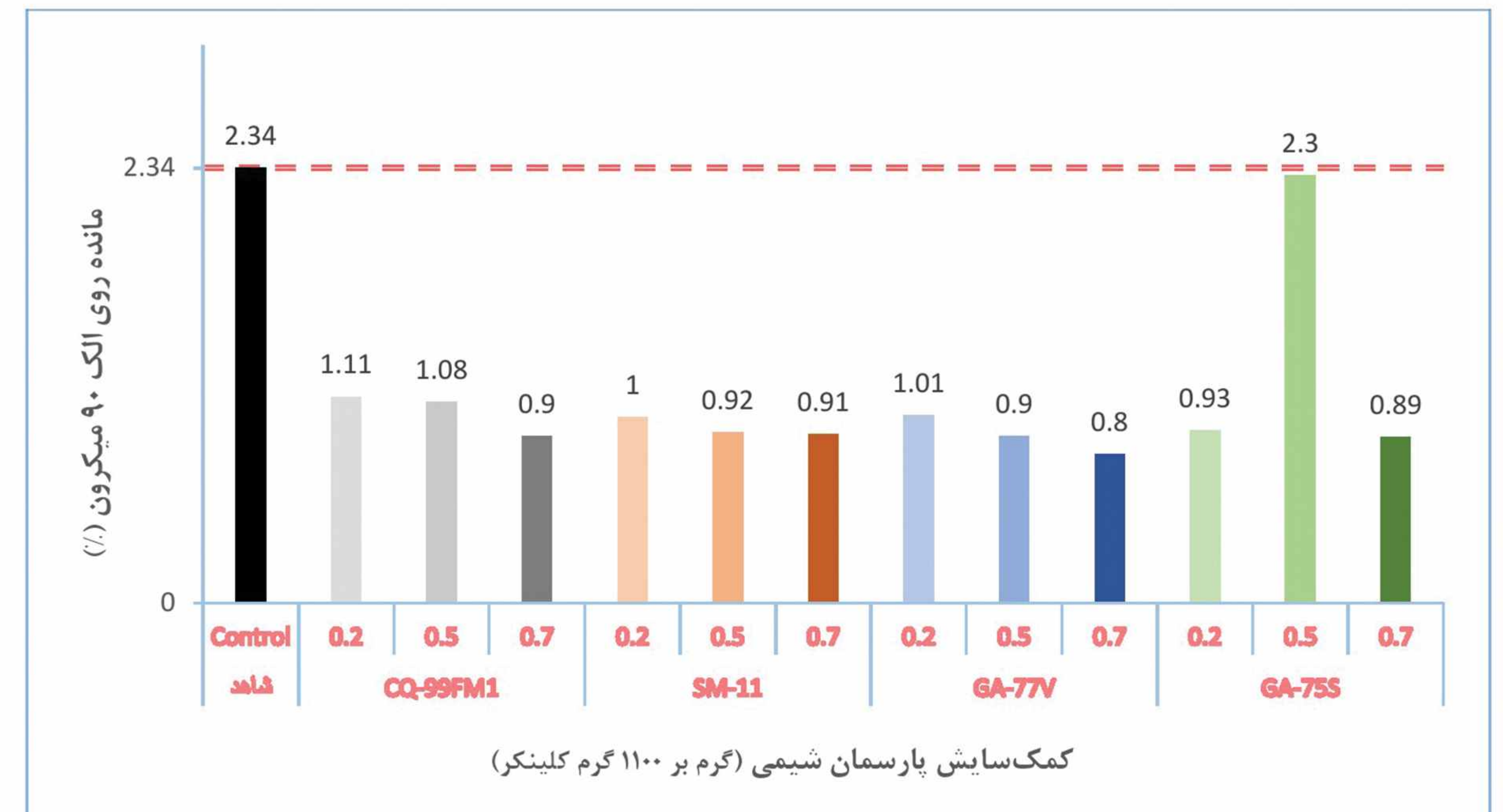


شکل ۶- بلین سیمان‌های مختلف ساخته با محصولات کمکسایش در زمان آسیای برابر

۶-۱-۵- تاثیر کمکسایش بر مانده روی الک ۹۰ و ۴۵ میکرون

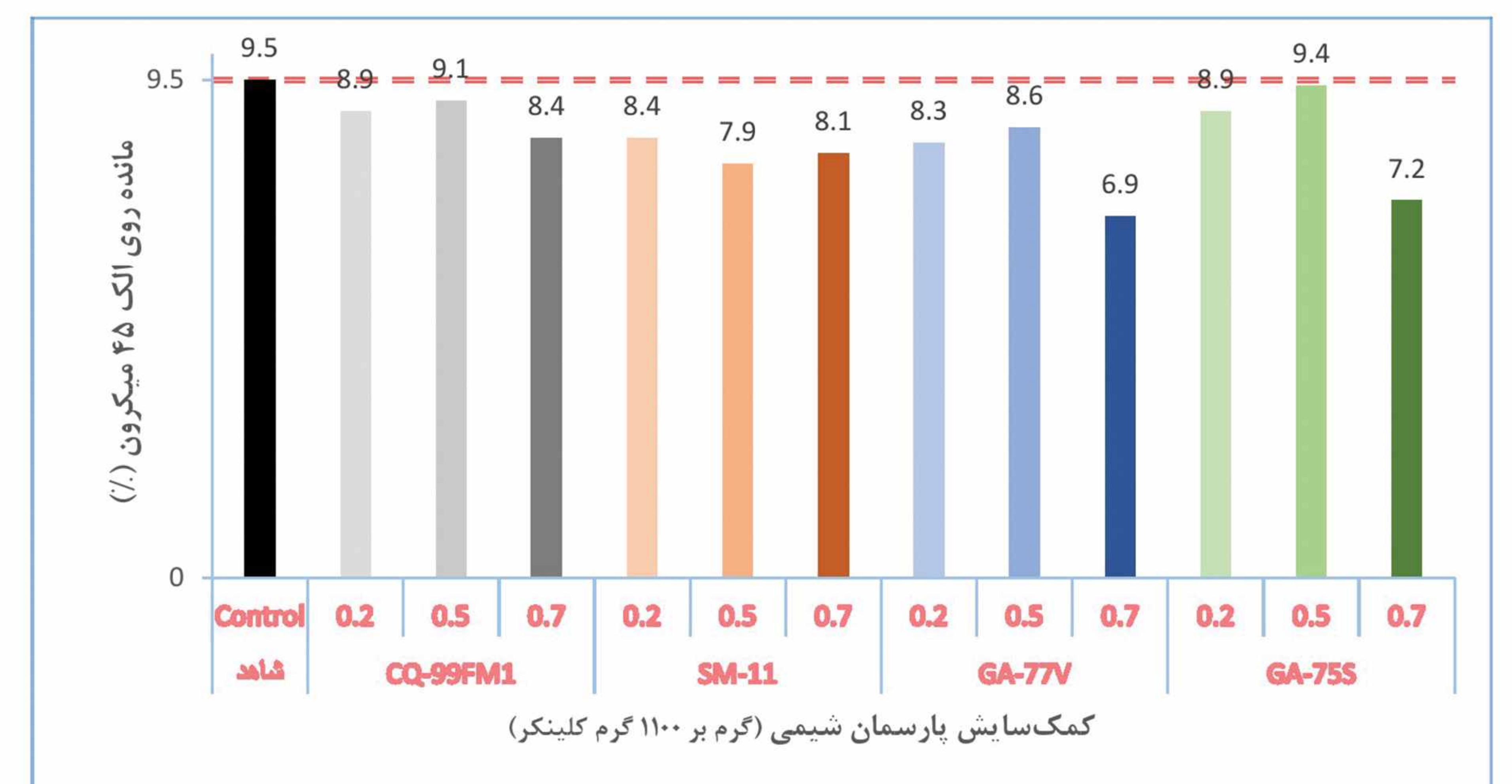
مانده روی الک ۹۰ میکرون در صنعت سیمان به عنوان معیاری برای ارزیابی زیرری سیمان تلقی می‌گردد و مقدار مجاز آن معمولاً ۲ درصد وزنی است. هرچه مانده‌ی روی الک ۹۰ میکرون بیشتر باشد در عمل مقدار بار برگشتی افزایش خواهد یافت. در این تحقیق، جهت بررسی اثر محصولات کمکسایش بر روی زیرری سیمان‌های ساخته شده، از الک آلپاین استفاده شد و نتایج مطابق نمودار شکل شماره ۷ می‌باشد. بطور کلی شکل شماره ۷ نشان می‌دهد که استفاده از کمکسایش منجر به **کاهش مانده روی الک ۹۰ میکرون**

می‌شود و تقریباً در تمامی نمونه‌ها (بجز دز ۰.۵ گرم نمونه D که به احتمال فراوان خطای سیمان‌سازی است) با افزایش دز مصرف، مانده روی الک ۹۰ میکرون کاهش می‌یابد.



شکل ۷- مانده روی الک ۹۰ میکرون

علاوه بر الک ۹۰ میکرون، الک ۴۵ میکرون نیز در صنعت سیمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مانده روی الک ۴۵ میکرون در واقع نرمی سیمان را نشان می‌دهد و مقدار قابل قبول آن حدوداً ۱۰ درصد است. مطابق شکل شماره ۸ استفاده از کمک‌سایش مانده روی الک ۴۵ میکرون را نیز کاهش داده است.



شکل ۸- مانده روی الک ۴۵ میکرون

۶-۱-۶- تاثیر کمک‌سایش بر دانه‌بندی ذرات سیمان

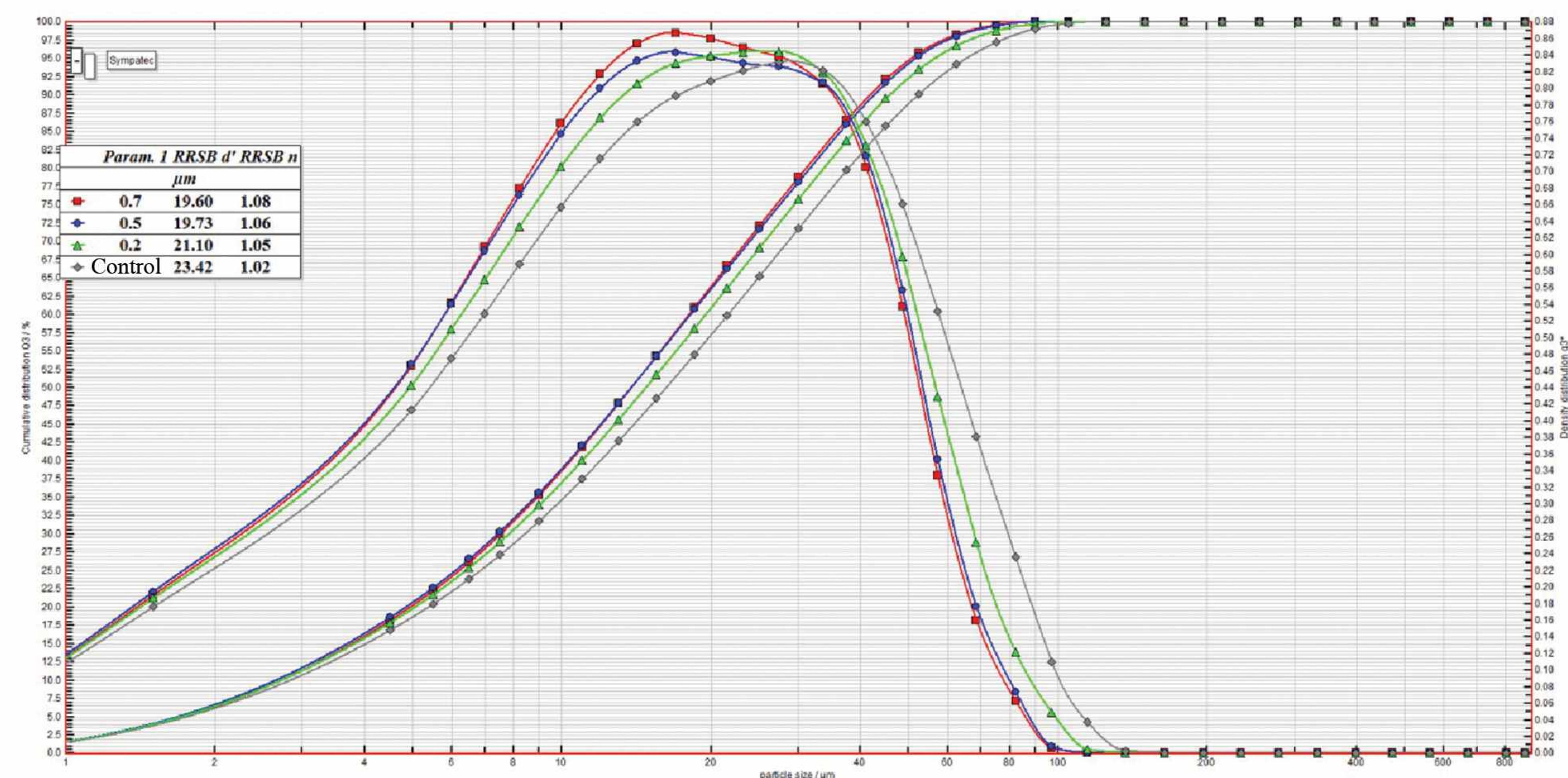
توزیع اندازه ذرات (PSD) هر ۱۲ نمونه سیمان ساخته شده با کمک‌سایش و یک نمونه شاهد، با استفاده از دستگاه آنالیز اندازه ذرات مورد بررسی قرار گرفت. شکل‌های ۹ تا ۱۲ گراف‌های خروجی دستگاه آنالیز ذرات را برای تمام نمونه‌های سیمان بصورت مجزا نشان می‌دهد. در ادامه مطابق جداول ۵ تا ۸ ارزیابی نتایج به دست آمده از این منحنی‌ها به تفصیل شرح داده شده است. بطور کلی تاثیر مثبت استفاده از کمک‌سایش بر روی دانه‌بندی سیمان حاصله به وضوح مشخص است.

نتایج جداول شماره ۵ تا ۸ نشان می‌دهد که بطور کلی در سیمان‌های ساخته شده با استفاده از تزریق کمک‌سایش، درصد ذرات زیر ۳ میکرون تغییر اندکی داشته است (مطالعات نشان می‌دهد افزایش بیش از حد ذرات زیر ۳ میکرون باعث ایجاد مشکلاتی در طول گیرش سیمان از قبیل تغییرات حجمی ناخواسته و خصوصیات رئولوژیکی نامطلوب می‌گردد) ولی میزان ذرات بازه‌ی ۳ تا ۳۲ میکرون که در واقع فراکسیون مقاومت ساز سیمان است افزایش قابل توجهی داشته است. در مقابل ذرات درشت تر از ۶۲.۵ میکرون که عمدتاً بعنوان فیلر عمل می‌کند کم شده است. همچنین مانده روی الک ۴۵ و ۹۰ میکرون نیز کاهش داشته است.

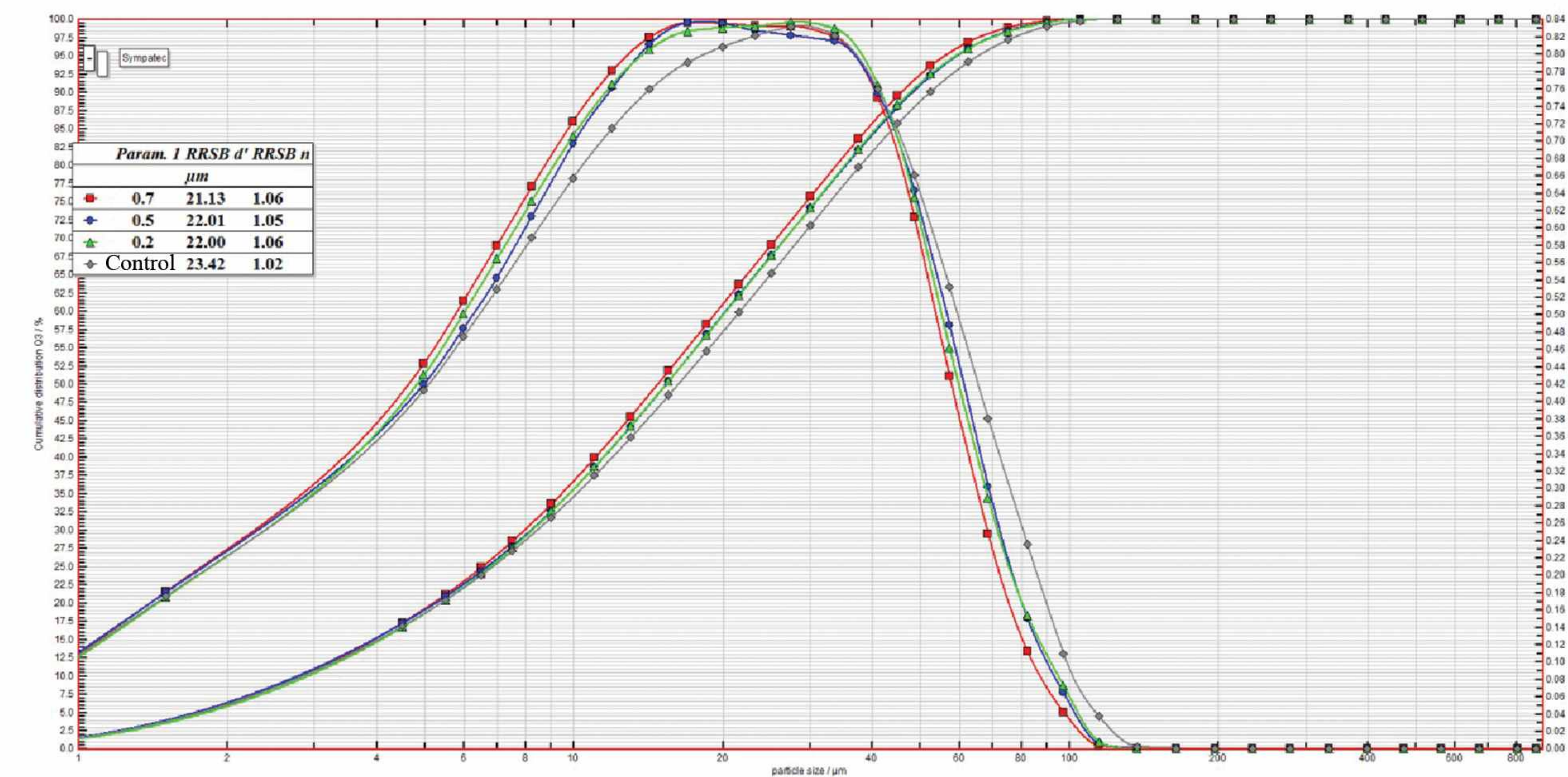
ضریب یکنواختی (II) که نسبت ذرات ریز به درشت سیمان را نشان می‌دهد با استفاده از کمک‌سایش افزایش معقولی داشته است. افزایش نسبت II در کنار کاهش فاکتور نرمی (d') حاکی از بهبود کیفیت سیمان ساخته شده با کمک‌سایش است. فاکتور نرمی اندازه‌ای از ذرات را نشان می‌دهد که ۳۶.۸ درصد ذرات از آن بزرگتر باشد.

مطابق جدول شماره‌ی ۷ در دز مصرف مصرف ۰/۲ گرم (که معادل ۱۸۰ گرم بر هر تن مخلوط کلینکر و گچ می‌باشد) ذرات زیر ۳ میکرون حتی از نمونه شاهد نیز اندکی کمتر است ولی در مقابل ذرات ۳ تا ۳۲ میکرون افزایش نزدیک ۷ درصدی دارد که با یک هزینه تقریباً ناچیز در هر تن سیمان عملکرد بهینه و جذابی را نمایش می‌دهد.

با توجه به تحلیل فنی فوق و ریز نتایجی که در جداول شماره ۵ تا ۸ به جزئیات ذکر شده است می‌توان این گونه جمع‌بندی نمود که نوع و میزان دز مصرف کمک‌سایش جهت حصول شرایط بهینه در تمامی فاکتورهای کمی و کیفی سیمان بسیار مهم است. گرچه ممکن است دزهای بالاتر کمک‌سایش ذرات ریزتری حاصل نماید ولی با توجه به جمیع تجربیات صنعتی و آزمایشگاهی، گروه تحقیق و توسعه پارسمان شیمی توصیه به یافتن دزهای بهینه دارد و به همین سبب نیز این شرکت در تست‌های صنعتی به همراه یک تیم فنی خبره و بمدت حداقل ۲۴ ساعت اقدام به تست صنعتی می‌نماید.



شکل ۱۰- منحنی توزیع ذرات در سیمان حاوی دزهای مختلف کمکسایش ParsGrind®SM-11 در قیاس با نمونه شاهد



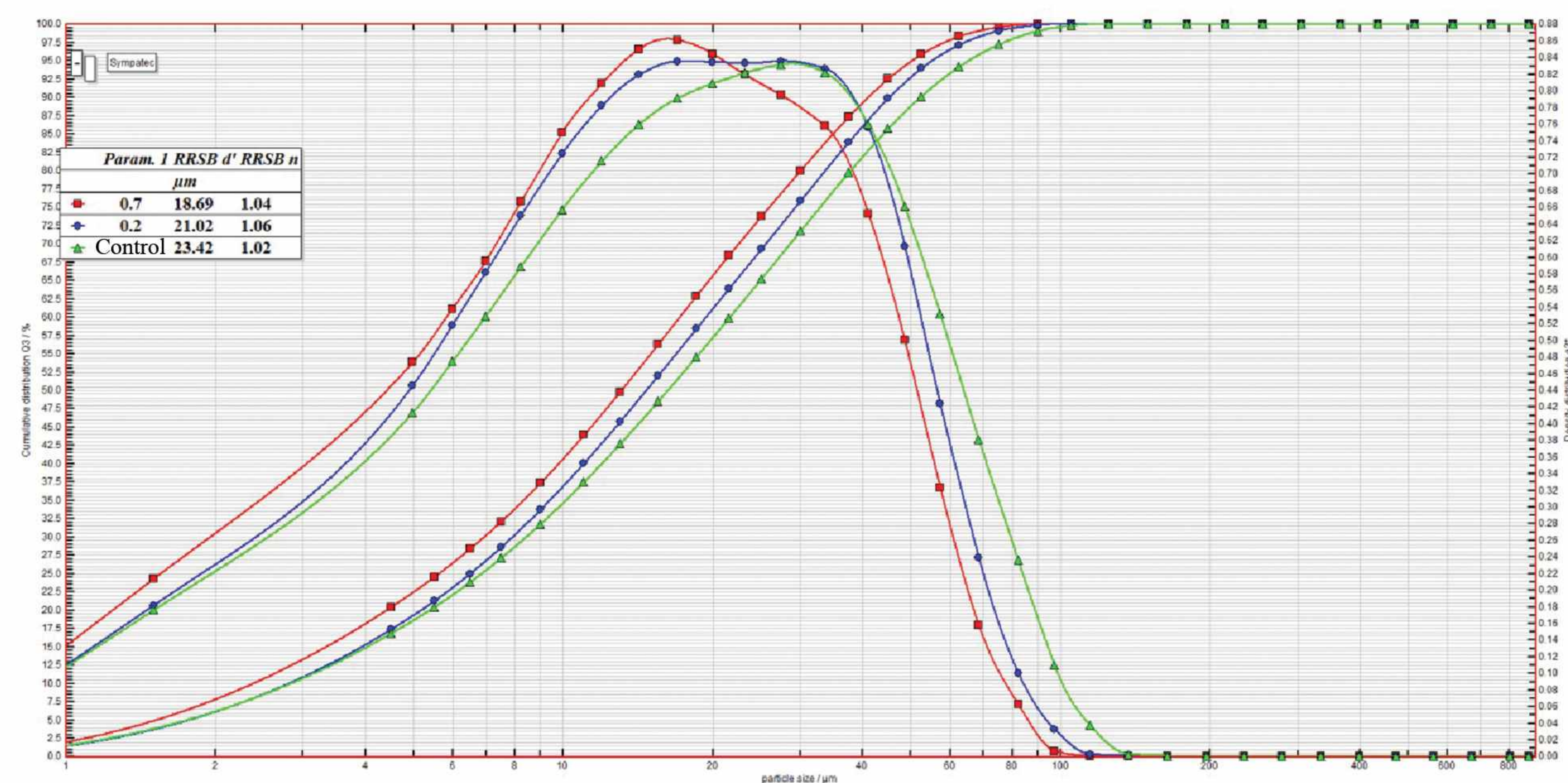
شکل ۹- منحنی توزیع ذرات در سیمان حاوی دزهای مختلف کمکسایش ParsGrind®CQ-99FM1 در قیاس با نمونه شاهد

جدول ۶- نتایج آنالیز دانه‌بندی نمونه سیمان ساخته شده با محصول ParsGrind®SM-11

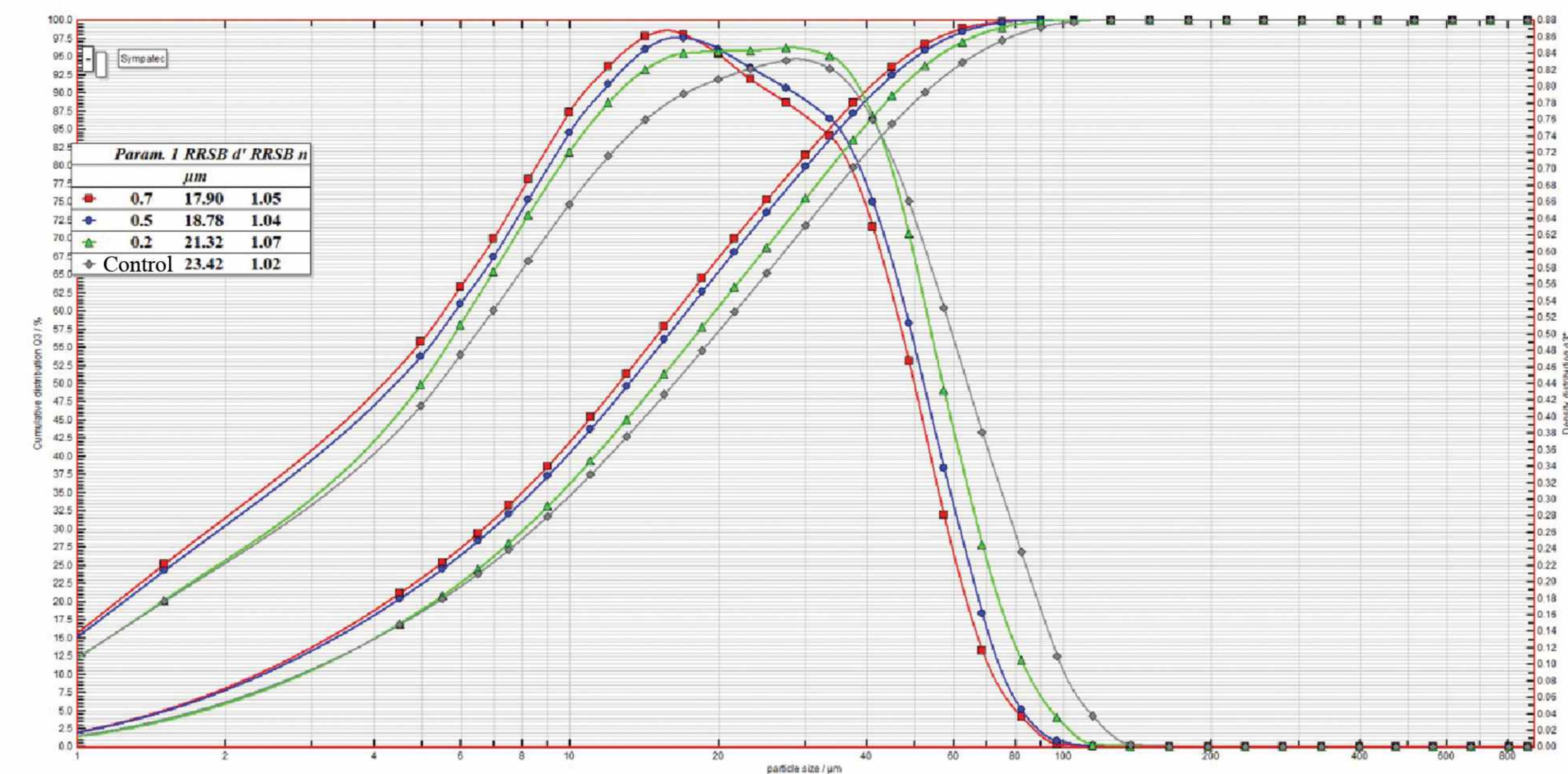
اندازه ذرات	کوچکتر از ۳ میکرون	بین ۳ تا ۳۲ میکرون	بزرگتر از ۶۲/۵ میکرون	کوچکتر از ۴۵ میکرون	کوچکتر از ۹۰ میکرون	ضریب یکنواختی (n)	فاکتور نرمی (d)
شاهد (صفر)	۱۰/۵	۶۱/۲	۵/۸۹	۸۵/۶۷	۹۸/۹۸	۱/۰۲	۲۳/۴۲
۰.۲ گرم	۱۰/۹	۶۴/۸۳	۳/۳۱	۸۹/۴۵	۹۹/۶۵	۱/۰۵	۲۱/۱۰
۰.۵ گرم	۱۰/۹	۶۷/۹۰	۲/۰۲	۹۱/۵۸	۹۹/۹۵	۱/۰۶	۱۹/۷۳
۰.۷ گرم	۱۱/۴	۶۷/۳۱	۱/۷۹	۹۲/۰۹	۹۹/۹۶	۱/۰۸	۱۹/۶۰

جدول ۵- نتایج آنالیز دانه‌بندی نمونه سیمان ساخته شده با محصول ParsGrind®CQ-99FM1

اندازه ذرات	کوچکتر از ۳ میکرون	بین ۳ تا ۳۲ میکرون	بزرگتر از ۶۲/۵ میکرون	کوچکتر از ۴۵ میکرون	کوچکتر از ۹۰ میکرون	ضریب یکنواختی (n)	فاکتور نرمی (d)
شاهد (صفر)	۱۰/۵	۶۱/۲	۵/۸۹	۸۵/۶۷	۹۸/۹۸	۱/۰۲	۲۳/۴۲
۰.۲ گرم	۱۰/۳	۶۳/۸۶	۴/۰۳	۸۸/۲۴	۹۹/۴۶	۱/۰۶	۲۲
۰.۵ گرم	۱۰/۹	۶۳/۲۱	۴/۰۴	۸۷/۹۷	۹۹/۵۳	۱/۰۵	۲۲/۰۱
۰.۷ گرم	۱۰/۷	۶۳/۹۵	۳/۱۵	۸۹/۵۳	۹۹/۷۰	۱/۰۶	۲۱/۱۳



شکل ۱۲- منحنی توزیع ذرات در سیمان حاوی دزهای مختلف کمکسایش ParsGrind® GA-75S در قیاس با نمونه شاهد



شکل ۱۱- منحنی توزیع ذرات در سیمان حاوی دزهای مختلف کمکسایش ParsGrind® GA-77V در قیاس با نمونه شاهد

جدول ۸- نتایج آنالیز دانه‌بندی نمونه سیمان ساخته شده با محصول ParsGrind® GA-75S

اندازه ذرات	کوچکتر از ۳ میکرون	بین ۳ تا ۳۲ میکرون	بزرگتر از ۶۲/۵ میکرون	کوچکتر از ۴۵ میکرون	کوچکتر از ۹۰ میکرون	ضریب یکنواختی (n)	فاکتور نرمی (d)
شاهد (صفر)	۱۰/۵	۶۱/۲	۵/۸۹	۸۵/۶۷	۹۸/۹۸	۱/۰۲	۲۳/۴۲
۰.۲ گرم	۱۰/۶	۶۵/۲۱	۲/۹	۸۹/۸۰	۹۹/۷۷	۱/۰۶	۲۱/۰۲
۰.۵ گرم	۱۱/۷	۶۱/۱۲	۶/۶۶	۸۶	۹۷/۲۶	۰/۹۷	۲۲/۷۸
۰.۷ گرم	۱۳/۱	۶۶/۸۵	۱/۷۷	۹۲/۴۴	۹۹/۹۶	۱/۰۴	۱۸/۶۹

جدول ۷- نتایج آنالیز دانه‌بندی نمونه سیمان ساخته شده با محصول ParsGrind® GA-77V

اندازه ذرات	کوچکتر از ۳ میکرون	بین ۳ تا ۳۲ میکرون	بزرگتر از ۶۲/۵ میکرون	کوچکتر از ۴۵ میکرون	کوچکتر از ۹۰ میکرون	ضریب یکنواختی (n)	فاکتور نرمی (d)
شاهد (صفر)	۱۰/۵	۶۱/۲	۵/۸۹	۸۵/۶۷	۹۸/۹۸	۱/۰۲	۲۳/۴۲
۰.۲ گرم	۱۰/۴	۶۵/۰۲	۳/۰۱	۸۹/۵۷	۹۹/۷۶	۱/۰۴	۲۱/۳۲
۰.۵ گرم	۱۳/۲	۶۶/۵۶	۱/۶۶	۹۲/۳۵	۹۹/۹۶	۱/۰۵	۱۸/۷۸
۰.۷ گرم	۱۴/۱	۶۷/۲۹	۱/۲۲	۹۳/۵۴	۹۹/۹۸	۱/۰۷	۱۷/۹۰

۶-۱-۷- تاثیر کمکسایش بر مقاومت ملات سیمان

به منظور بررسی اثر دزهای مختلف کمکسایش بر مقاومت ملات سیمان، نمونه‌های منشوری ملات سیمان با ابعاد ۴۰×۴۰×۱۶۰ میلی‌متر، منطبق بر روش طرح اختلاط ارزیابی مقاومت ملات سیمان ساخته شد. این نمونه‌ها پس از عمل‌آوری در سنین ۲ و ۷ و ۲۸ روزه تحت بارگذاری قرار گرفت و نتایج مقاومت فشاری آن‌ها ثبت گردید.

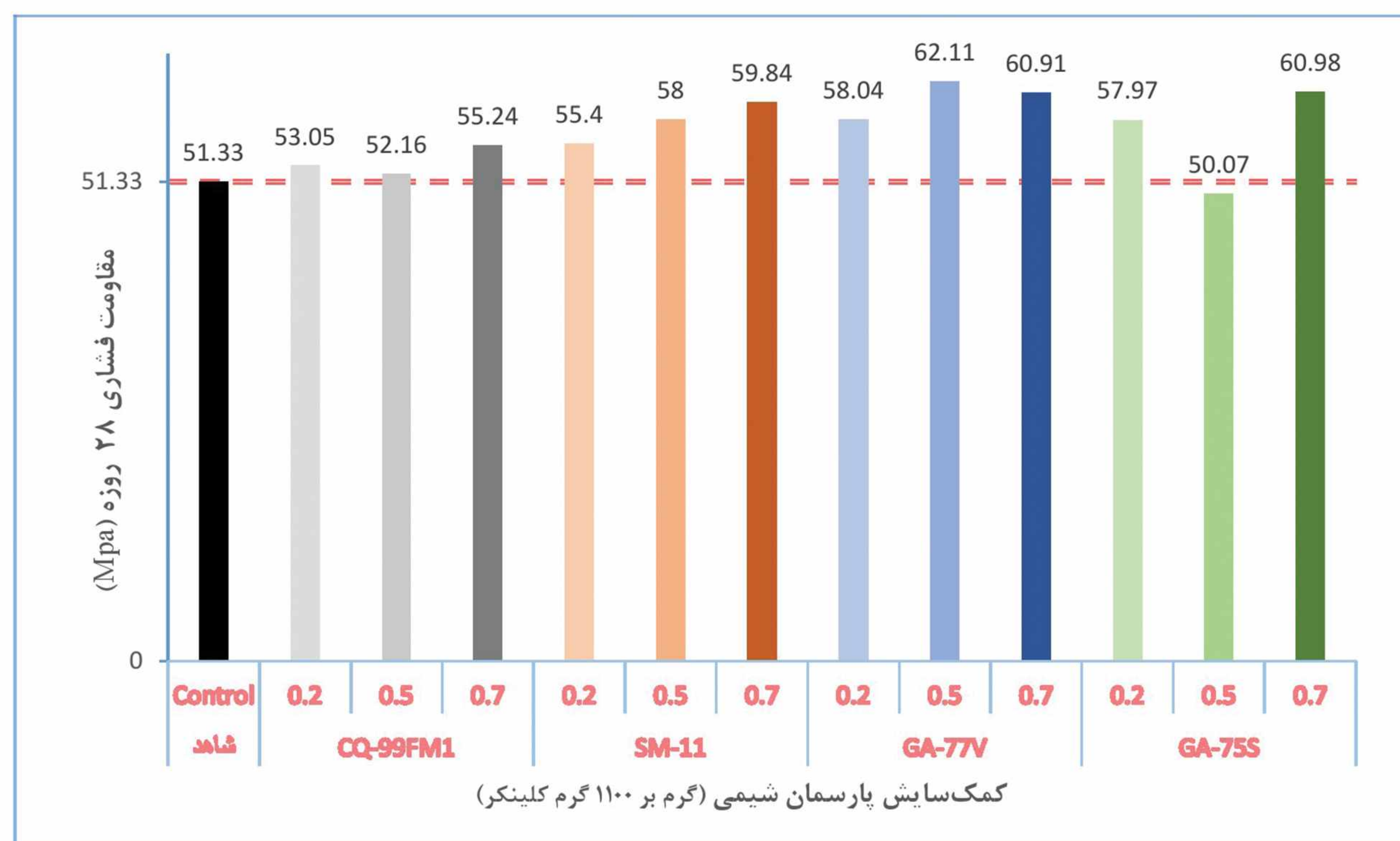
نتایج مقاومت فشاری حاکی از تاثیر قابل توجه محصولات کمکسایش بر مقاومت سنین مختلف ملات سیمان دارد. نمودار شکل‌های ۱۳ تا ۱۵ بترتیب نتایج مقاومت ۳ و ۷ و ۲۸ روزه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳- مقاومت ۳ روزه نمونه‌های ملات سیمان ساخته شده با دزهای مختلف محصولات کمکسایش **پارسمان شیمی** در قیاس با نمونه شاهد



شکل ۱۴- مقاومت ۷ روزه نمونه‌های ملات سیمان ساخته شده با دزهای مختلف محصولات کمکسایش **پارسمان شیمی** در قیاس با نمونه شاهد



شکل ۱۵- مقاومت ۲۸ روزه نمونه‌های ملات سیمان ساخته شده با دزهای مختلف محصولات کمکسایش **پارسمان شیمی** در قیاس با نمونه شاهد

۲-۶- بررسی جامع یک نمونه تست کمکسایش در مقیاس صنعتی - آسیای گلوله‌ای

در این بخش به بررسی نتایج حاصل از تست محصول کمکسایش ParsGrind® SM-11K برای سیمان تیپ ۵ یکی از کارخانه‌های تولیدی سیمان کشور پرداخته شده است. مطابق درخواست این مشتری، تمرکز اصلی انتخاب محصول، بر روی افزایش نرخ تولید و افزایش مقاومت ملات سیمان بوده است.

۲-۶-۱- بررسی نسبت اجزا و مشخصات کلینکر

در نوع سیمان، این واحد تولیدی کلینکر، سنگ گچ و سنگ آهک را بترتیب به نسبت ۹۳، ۵ و ۲ درصد استفاده می‌کند. متوسط مقادیر یک ماه اخیر ترکیبات و فازهای تشکیل دهنده کلینکر مربوطه مطابق اعلام کارخانه، بترتیب بشرح جداول شماره ۹ و ۱۰ می‌باشد.

جدول ۹- ترکیبات شیمیایی کلینکر تست صنعتی آسیای گلوله‌ای

ترکیبات شیمیایی	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	LOI	LSF
فراوانی %	۲۱,۶۸	۴,۱۱	۴,۹۸	۶۵,۵۷	۱,۵۹	۰,۵۹	۰,۸۹	۰,۳۵	۰,۲۲	۹۳,۲۶

جدول ۱۰- فازهای تشکیل دهنده کلینکر تست صنعتی آسیای گلوله‌ای

فازهای تشکیل دهنده	C3S	C2S	C3A	C4AF
فراوانی %	۶۷,۳۸	۱۱,۳۵	۲,۴۷	۱۵,۱۴

مطابق داده‌های گزارش شده از متوسط ترکیبات شیمیایی و فازهای تشکیل دهنده کلینکر، یک دید فنی دقیق‌تری جهت انتخاب محصول کمکسایش منطبق با شرایط ایجاد می‌شود. جدول شماره ۱۱ یک تحلیل مختصر از کلینکر این مجموعه می‌باشد.

جدول ۱۱- شاخص‌های مهم ارزیابی کلینکر تست صنعتی آسیای گلوله‌ای

شاخص کوتینگ	معادل قلیایی	قلیایی به سولفات	مدول سولفات	ضریب قابلیت پخت	آسیا پذیری	شاخص
۲۹,۸۳	۰,۹۳	۰,۵۶	۰,۴۹	۱۰۸,۵۱	۹۳,۹	متوسط مقدار
۲۰ < AW < ۳۵	۰,۶ >	۰,۶-۱,۴	۰,۸-۱	۱۰۰-۱۲۰	۹۰-۹۴	محدوده مجاز

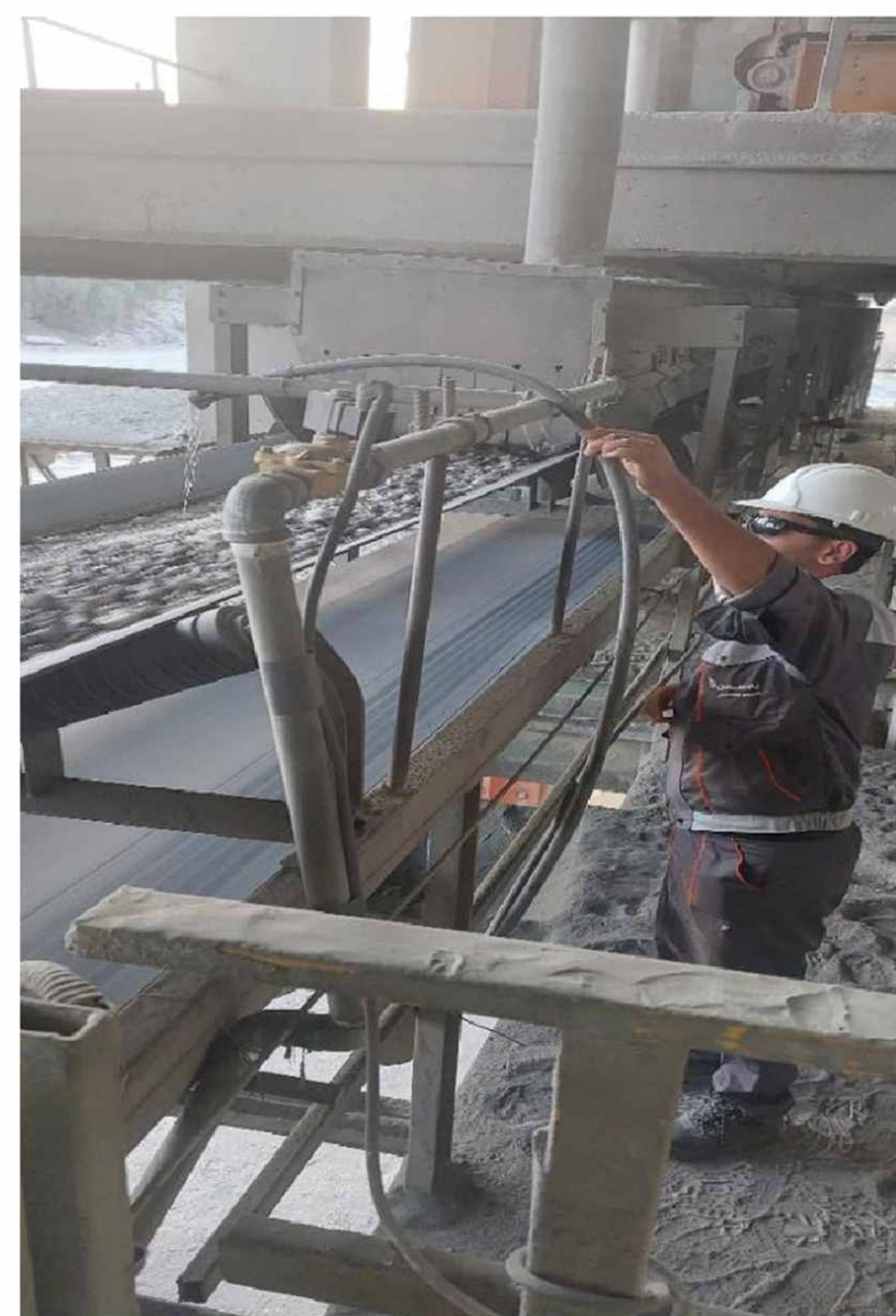
۲-۶-۳- اطلاعات فنی سیمان تولیدی و شرایط حاکم بر تولید

با توجه به اطلاعات فنی دریافتی از این کارخانه تولیدی، موارد زیر قابل توجه است.

- ✓ در زمان تست، متوسط بار ورودی به آسیا حدود ۵۵ تن بر ساعت بود.
- ✓ در زمان تست، سیمان تیپ ۵ این کارخانه با بلین ۳۱۰۰ تا ۳۲۰۰ سانتی متر مربع به ازای هر گرم تولید می‌شد.
- ✓ در زمان تست، متوسط مقاومت ۲، ۷ و ۲۸ روزه این سیمان به ترتیب در حدود ۲۱۵، ۳۵۵ و ۴۶۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بود.
- ✓ در زمان تست، متوسط میزان مانده بر روی الک ۴۵ میکرون حدود ۸ درصد بود.
- ✓ انتظار اصلی این کارخانه تولیدی در آن مقطع زمانی **افزایش ظرفیت آسیا و افزایش مقاومت ۲۸ روزه** بود.

۲-۶-۴- مراحل آماده‌سازی و انجام تست صنعتی

مخزن ۱۰۰۰ لیتری حاوی محصول ParsGrind® SM-11K به محل آسیای سیمان منتقل گردید سپس پمپ دوزینگ بر روی مخزن ۱۰۰۰ لیتری نصب شده و خروجی پمپ توسط یک لوله به بالای آسیای مورد نظر منتقل شد. با استفاده از یک شلنگ، محل خروجی مواد کمکسایش به نحوی تنظیم شد که مواد دقیقاً در محل ورودی کلینکر به آسیا به کلینکر اضافه شود. پس از جانمایی مواد و تنظیم محل ورود کمکسایش، با توجه به دانسیته و دز مصرف مواد و نیز تناژ ورودی کلینکر سیمان، نرخ ورود مواد کمکسایش در چندین دز دقیقاً کالیبره شد. پس از انجام تمامی مراحل آماده‌سازی، تست مورد نظر آغاز شد و پس از دو روز با دز مصرف ۲۵۶ گرم بر تن و شرایط پایدار آسیا به پایان رسید.



شکل ۱۶- مراحل آماده‌سازی آغاز فرایند تست صنعتی کمکسایش

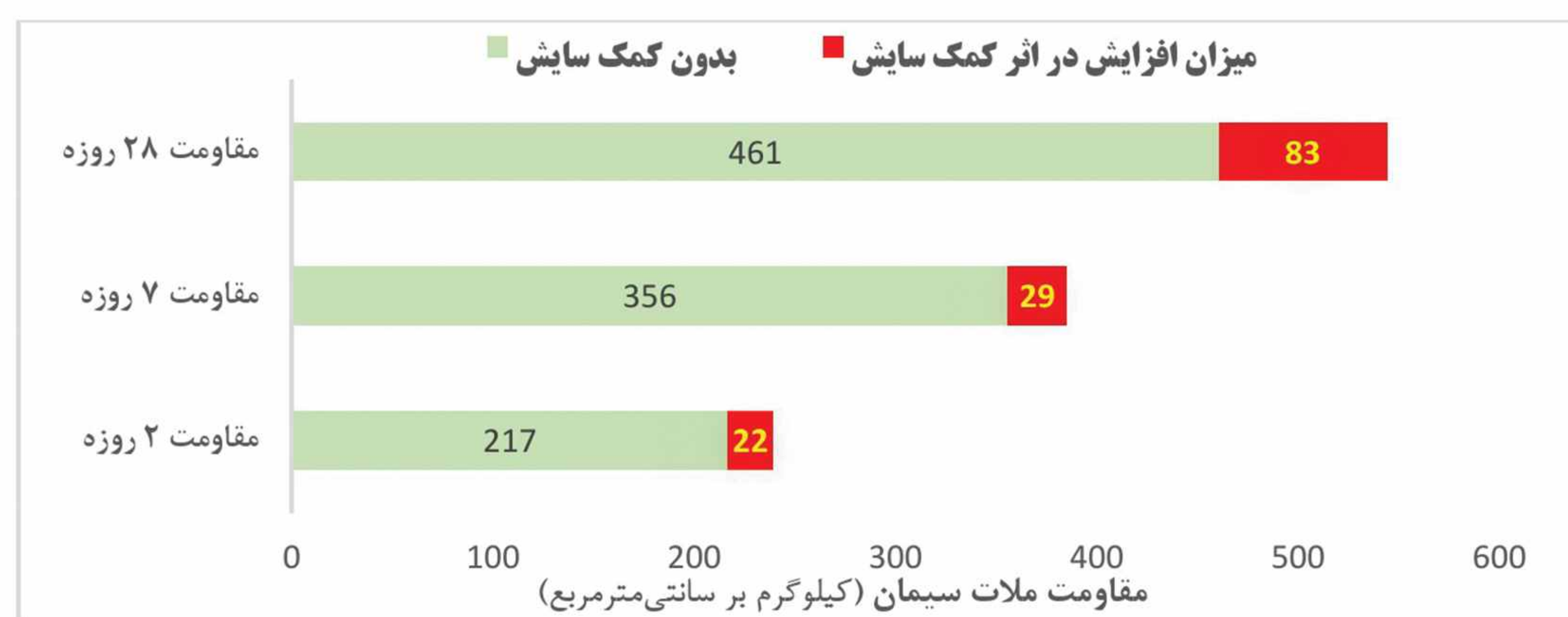
۶-۲-۵- ارزیابی نتایج

نتایج حاصل از این تست صنعتی نشان داد که در شرایط پایدار با استفاده از محصول کمکسایش ParsGrind® SM-11K ظرفیت تولید از ۵۵ تا ۹۰ تن بر ساعت برای این آسیا قابل افزایش است. این میزان نسبت به ظرفیت شروع تست (۵۵ تن بر ساعت) ۶۳ درصد افزایش نشان می‌دهد. البته با توجه به اینکه مقصود از استفاده از محصول کمکسایش در این آسیا افزایش توانان ظرفیت و مقاومت است، تنظیمات آسیا با مواد کمکسایش به طریقی بهینه گردید که در تناژ حداقل ۷۵ تن بر ساعت افزایش مقاومت حدود ۱۸ درصدی نیز در مقاومت ۲۸ روزه مشاهده شد.

جدول ۱۲: خلاصه نتایج استفاده از کمکسایش پارسمان شیمی در تست صنعتی آسیای گلوله‌ای					
کد محصول کمکسایش	دز مصرف کمکسایش	حداقل افزایش ظرفیت تولید	رشد مقاومت ۲ روزه	رشد مقاومت ۷ روزه	رشد مقاومت ۲۸ روزه
SM-11K	۲۵۰ گرم بر تن	۳۷ درصد	۱۰ درصد	۸ درصد	۱۸ درصد



شکل ۱۷- نمودار رشد نرخ تولید با استفاده از محصول کمکسایش پارسمان شیمی - تست صنعتی در آسیای گلوله‌ای



شکل ۱۸- نمودار رشد مقاومت با استفاده از محصول کمکسایش پارسمان شیمی - تست صنعتی در آسیای گلوله‌ای

بطور کلی رویه‌ی زیر جهت انجام این تست صنعتی طی شد:

۱. آغاز به کار آسیا تا دستیابی به شرایط پایدار بدون تزریق کمکسایش: در این مرحله متغیرهای مربوط به آسیای سیمان و مشخصات فیزیکی و مکانیکی سیمان ارزیابی و ثبت شد. متغیرهای مهم به شرح زیر می‌باشد:

- آنالیز فیزیکی و شیمیایی کلینکر ورودی
- تغذیه کلینکر ورودی (بار ورودی) به صورت حداقل هر ساعت یکبار
- بار برگشتی به صورت حداقل هر ساعت یکبار
- اندازه‌گیری دور سپراتور، آمپر الاواتور و سایر پارامترهای موثر آسیا
- اندازه‌گیری بلین و دانه‌بندی الک مطابق با رویه معمول تولید (دو ساعت یکبار)
- اندازه‌گیری مقاومت سیمان تولیدی مطابق با رویه معمول تولید (نمونه شاهد جهت تست مقاومت ملات سیمان در این مرحله برداشته می‌شود)
- آنالیز شیمیایی و فیزیکی سیمان تولیدی (سیمان حاصل از مجموع تولید شیف‌ت بدون کمکسایش)

۲. شروع تزریق محصول کمکسایش و بهبود دهنده کیفیت ParsGrind® SM-11K با دزهای مختلف با هدف دستیابی به حداکثر نرخ ورودی مخلوط کلینکر، گچ و آهک به آسیا (ترجیحاً با دانه‌بندی بهتر از حالت بدون کمکسایش) در شرایط پایدار. متغیرهای زیر بررسی و ثبت می‌گردد:

- آنالیز فیزیکی و شیمیایی کلینکر ورودی: با توجه به تاثیر آنالیز شیمیایی کلینکر بر آسیا پذیری آن، به منظور ارزیابی صحیح‌تر پیشنهاد می‌شود؛ کلینکر ورودی در هر دو حالت با و بدون کمکسایش از یک مرجع واحد انتخاب شود.
- تغذیه کلینکر ورودی (بار ورودی) به صورت حداقل هر ساعت یکبار
- بار برگشتی به صورت حداقل هر ساعت یکبار
- اندازه‌گیری دور سپراتور، آمپر الاواتور و سایر پارامترهای موثر آسیا
- اندازه‌گیری بلین و دانه‌بندی الک مطابق با رویه معمول تولید (حداقل هر دو ساعت یکبار)
- تنظیم پارامترهای آسیا با توجه به نتایج بلین و زیره و بار برگشتی آسیا به منظور دستیابی به حالت پایدار با دوز مصرف اولیه.
- اندازه‌گیری مقاومت سیمان تولیدی با استفاده از کمکسایش در هر دوز مصرف (نمونه با کمکسایش جهت تست مقاومت ملات سیمان در این مرحله برداشته می‌شود).
- تغییر دوز مصرف به منظور دستیابی به دوز بهینه، با کاهش و افزایش دوز مصرف و سنجش پارامترهای تولید سیمان و مقاومتی (تکرار مراحل فوق). که در نهایت به دز مصرف ۲۵۶ گرم بر تن با توجه به شرایط پایدار آسیا و پارامترهای کمی و کیفی، منجر شد.

○ لازم به توضیح است که در طی دو روز تست، ۴ نمونه سیمان در زمان‌های مختلف (با اختلاف حداقل ۳ ساعت) گرفته شد تا تاثیر این محصول کمکسایش بر نتایج مقاومتی بدون با کمترین خطا اثبات شود. نتایج مقاومتی نیز بصورت میانگین این ۴ نمونه در قسمت ارزیابی نتایج قید شده است.

۳-۶- بررسی جامع یک نمونه تست کمکسایش در مقیاس صنعتی - آسیای غلطکی

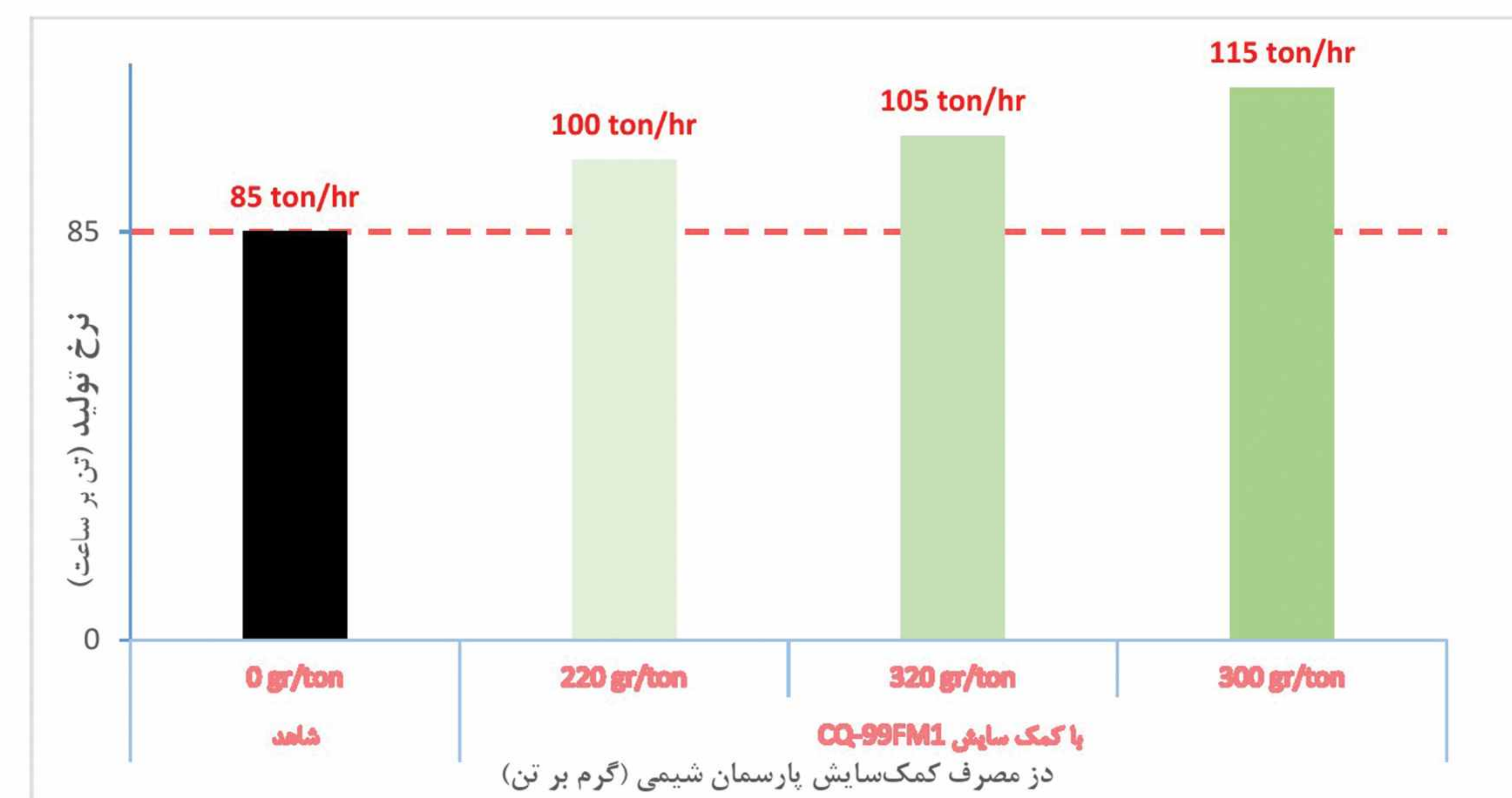
در این بخش به بررسی نتایج حاصل از تست محصول کمکسایش ParsGrind® GQ-770K برای سیمان تیپ یکی از کارخانه‌های تولیدی سیمان کشور پرداخته شده است. مطابق درخواست این مشتری، تمرکز اصلی انتخاب محصول، افزایش نرخ تولید و افزایش مقاومت ملات سیمان بوده است. آسیای مورد نظر از نوع غلطکی لوشه بود که دارای ظرفیت اسمی ۱۲۰ تن است.

نسبت اجزاء، آنالیز شیمیایی کلینکر و فازهای تشکیل دهنده آن نیز مشابه آسیای گلوله‌ای مطابق جداول شماره ۹ و ۱۰ می‌باشد (هر دو نوع آسیای گلوله‌ای و غلطکی برای یک مجموعه می‌باشد).

مراحل آماده سازی جهت شروع تست صنعتی نیز دقیقاً مطابق بند ۶-۲-۴ انجام پذیرفت. با این تفاوت که محصول مورد استفاده ParsGrind® GQ-770K بود و دز مصرف ابتدا ۲۲۰ گرم بر تن تنظیم شد و سپس در طول انجام تست صنعتی به ۳۲۰ گرم بر تن و ۳۰۰ گرم بر تن تغییر کرد. ایجاد این تغییر جهت رسیدن به بهینه‌ترین حالت به لحاظ فاکتورهای کمی و کیفی بود. برای هر سه دز مصرفی نمونه‌برداری از سیمان جهت ارزیابی‌های کیفی انجام شد. همچنین جهت ارزیابی شرایط اولیه حاکم بر تولید این آسیای غلطکی و نیز ارزیابی کیفی نمونه‌ی شاهد، آسیا ابتدا چندین ساعت بدون استفاده از کمکسایش شروع به کار کرد تا هم شرایط تولید پایدار گردد و هم بتوان در شرایط پایدار بدون استفاده از کمکسایش نمونه‌برداری انجام داد.

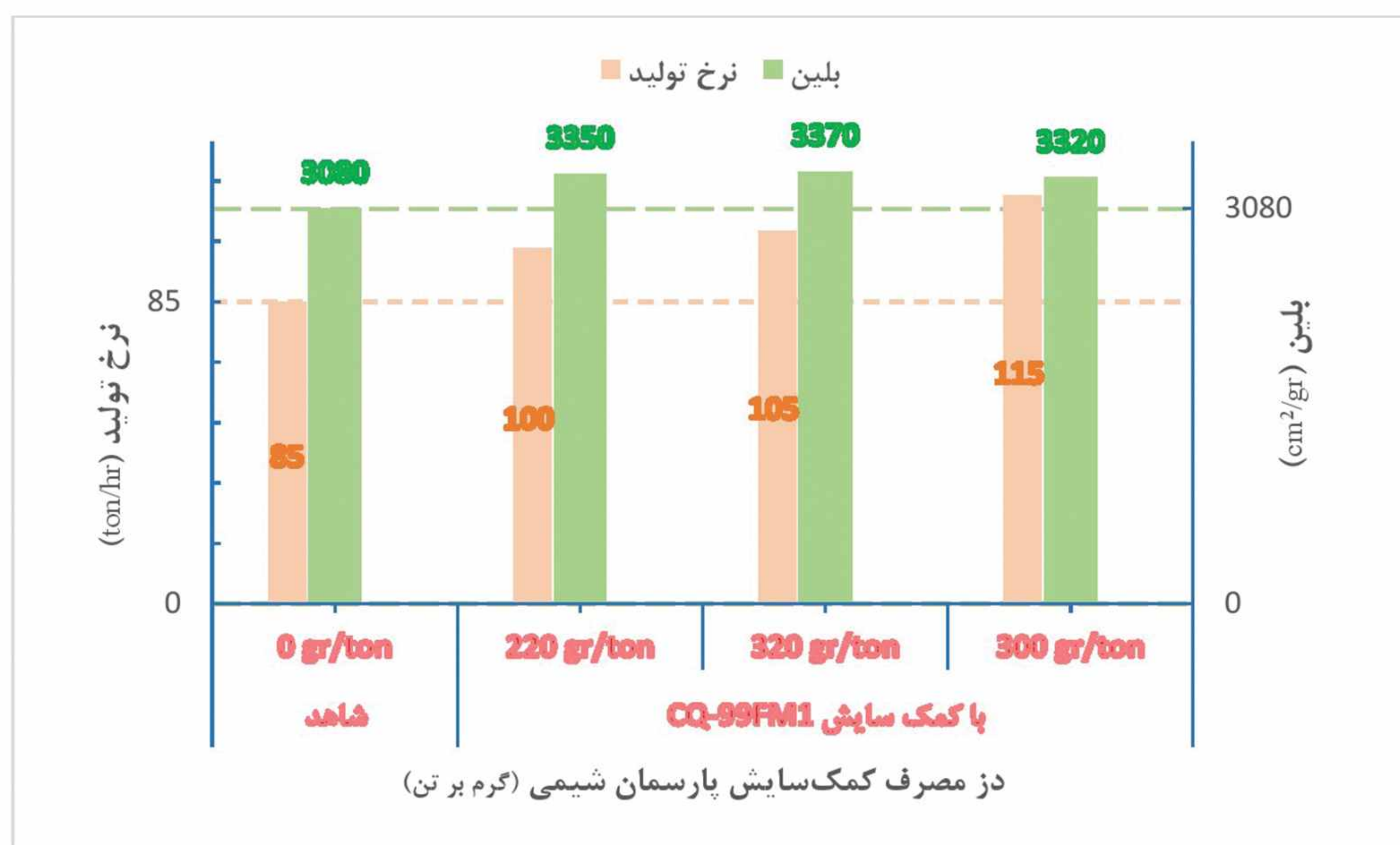
نتایج حاصل از این تست صنعتی از جنبه افزایش نرخ تولید و پارامترهای کیفی شامل بلین، مانده روی الک ۴۵، گیرش اولیه و نهایی و مقاومت ۲ و ۲۸ روزه ملات سیمان بصورت نمودار در اشکال شماره ۱۹ تا ۲۳ نمایش داده شده است.

شکل شماره ۱۹ نرخ تولید را در دزهای مختلف نشان می‌دهد. البته هدف از دزهای مختلف کمکسایش یافتن بهینه‌ترین حالت به لحاظ تمام پارامتر کمی و کیفی است و تمام پارامترها باید در کنار هم دیده شود ولی بطور کلی تاثیر چشمگیر استفاده از کمکسایش در نرخ تولید بوضوح مشخص است. همچنین با توجه قطعی برق و مشکل فنی در ساعات آخر تست صنعتی، امکان ادامه کار میسر نبود و گرچه با توجه به شرایط کاملاً پایدار آسیا و نتایج عالی بلین و مانده روی الک ۴۵ میکرون، قطعاً دستیابی به نرخ تولید بالای ۱۲۰ تن بر ساعت امکان‌پذیر بود.



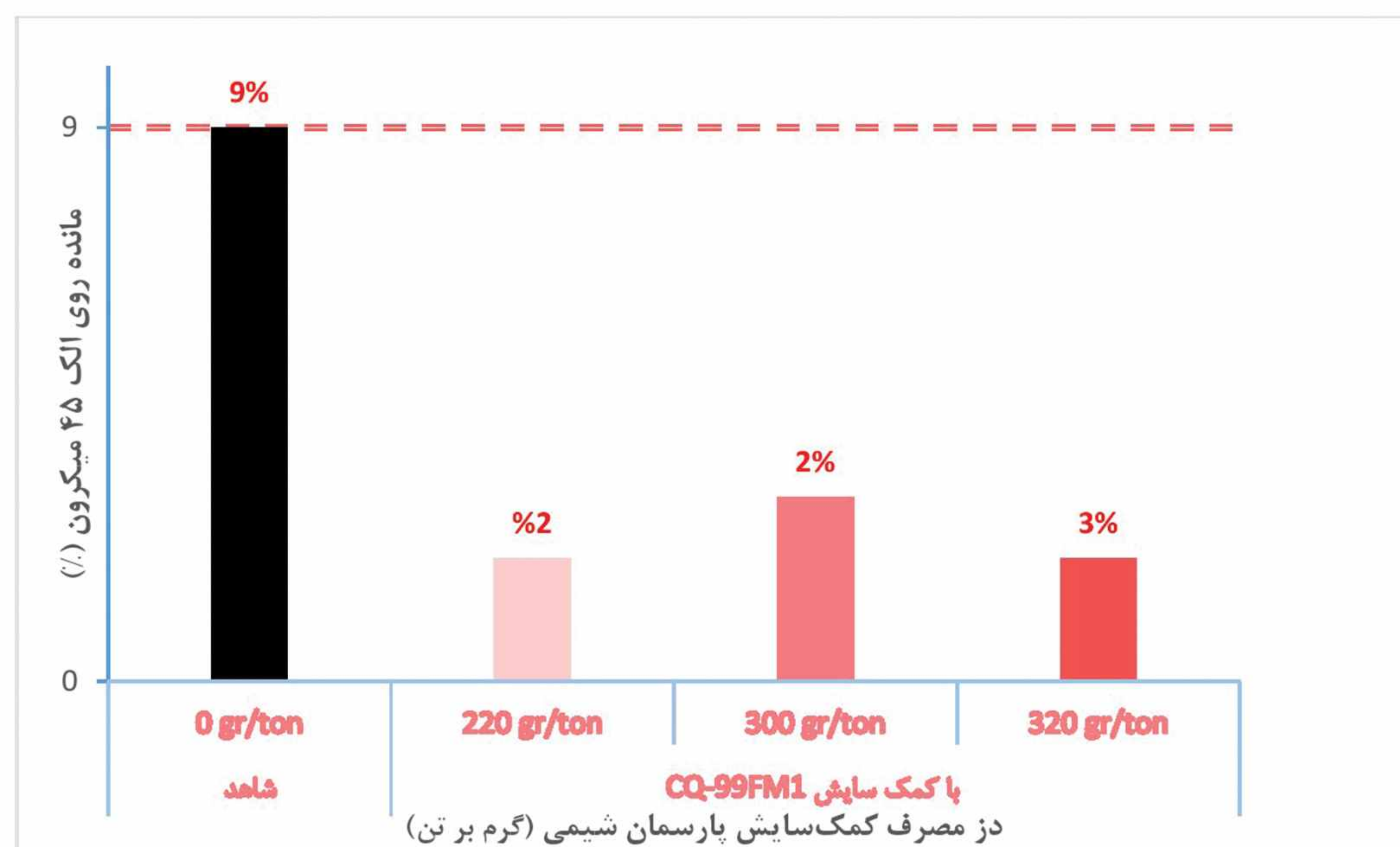
شکل ۱۹- رشد نرخ تولید با استفاده از محصول کمکسایش پارسمان شیمی - تست صنعتی در آسیای غلطکی

نمودار شکل شماره ۲۰ بصورت توأمان نرخ رشد تولید و بلین سیمان تولیدی با کمکسایش را در قیاس حالت بدون استفاده از کمکسایش در آسیای غلطکی نشان می‌دهد. مطابق این نمودار بلین از ۳۰۸۰ واحد (بلین نمونه شاهد) در بهترین حالت به ۳۳۷۰ سانتی‌مترمربع بر گرم افزایش یافته است.



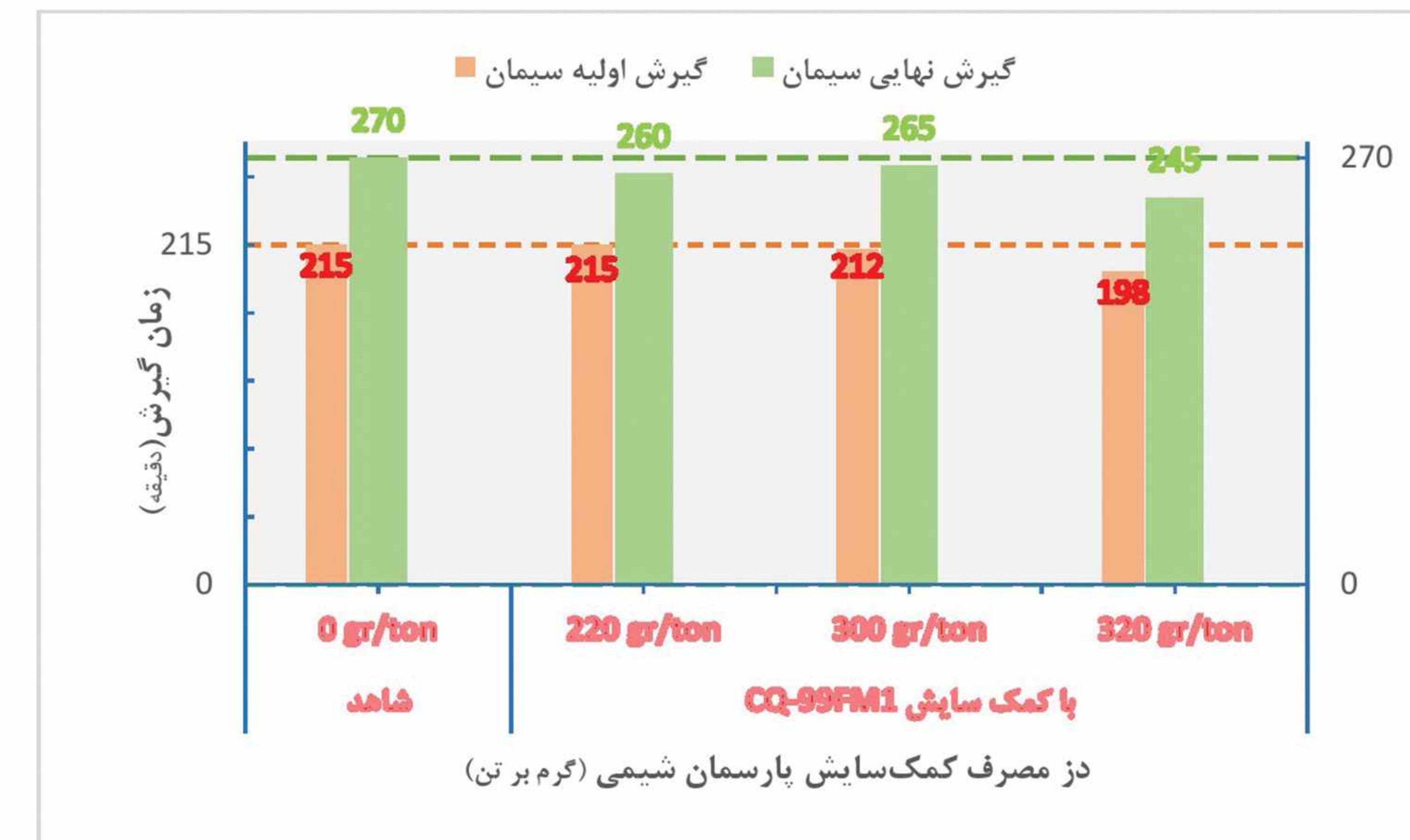
شکل ۲۰- نمایش همزمان رشد نرخ تولید و بلین سیمان با استفاده از محصول کمکسایش پارسمان شیمی - تست صنعتی در آسیای غلطکی

نمودار شکل شماره ۲۱، میزان کاهش در مانده روی الک ۴۵ میکرون را در اثر استفاده از کمکسایش در دزهای مختلف نشان می‌دهد. عملکرد فوق العاده این محصول کمکسایش در کاهش این فاکتور به وضوح مشخص است.



شکل ۲۱- تغییرات مانده روی الک ۴۵ میکرون با استفاده از محصول کمکسایش پارسمان شیمی - تست صنعتی در آسیای غلطکی

نمودار شکل شماره ۲۲، تغییرات زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان را در اثر استفاده از کمک‌سایش در دزهای مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۲۲- تغییرات زمان گیرش سیمان با استفاده از محصول کمک‌سایش پارس‌مان شیمی - تست صنعتی در آسیای غلطکی



شکل ۲۳- افزایش مقاومت فشاری سنین ۲ و ۲۸ روزه ملات سیمان با استفاده از محصول کمک‌سایش پارس‌مان شیمی - تست صنعتی در آسیای غلطکی

مطابق نمودار شکل ۲۳ مقاومت ۲ روزه ملات سیمان با استفاده از کمک‌سایش در قیاس با نمونه شاهد افزایش داشته است که در بهترین حالت این افزایش معادل ۳۲ درصد است. مقاومت ۲۸ روزه نیز نسبت به نمونه شاهد در تمامی دزها افزایش یافته است که رشدی معادل ۱۵ درصد در بهترین حالت رخ داده است.



نشانی کارخانه : تهران، شهرک صنعتی شمس آباد،
بلوار بهارستان، بلوار زکریای رازی، خیابان سنبل ۲
۰۲۱-۵۶۹۰۱۵۸۹

info@parsmanchemical.com
پارس‌مان شیمی
www.parsmanchemical.com

دفتر مرکزی: تهران، بلوار میرداماد
خیابان آفازاده فرد(اطلسی)
خیابان پانزدهم، پلاک ۴۰

۱۹۱۱۷۹۳۶۱۸
۰۲۱-۷۵۹۱۸
۰۲۱-۲۲۲۵۰۷۵۰
parsmanchemical