

تأثیر بهبود توزیع دانه‌بندی در مقاومت سیمان و بتن

رضوان بهفر^۱، رضا داورنژاد

رئیس آزمایشگاه شرکت سیمان دورود^۱، دانشجو دکتری مهندسی شیمی، اراک،
ایران

دانشیار دانشگاه اراک، دانشکده مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، اراک،
ایران

Rezvanbehfar@gmail.com

چکیده

یکی از مهمترین عواملی که بر کیفیت سیمان اثر میگذارد توزیع دانه‌بندی ذرات سیمان است. نقش دانه بندی حتی در سرعت رشد مقاومت های اولیه و نهایی سیمان و بتن نیز مهم می باشد و تأثیر آن در زمان گیرش و درصد گچ را نباید نادیده گرفت. بهترین محدوده برای دستیابی به دانه‌بندی مناسب از بلین (cm²/gr) 3000 تا 4000 بوده و از بلین 5000 به بالا عملاً درصد ذرات 3 تا 30 میکرون که تأثیر مستقیم بر مقاومت سیمان دارد، کاهش پیدا می‌کند. هدف این مطالعه تست آزمایشگاهی و طراحی یک نمونه سیمان با توزیع دانه بندی مناسب با افزودن کمک سایش و بررسی رفتار و اندازه‌گیری خواص سیمان بواسطه این تغییرات و سپس تست صنعتی و بررسی تأثیر مقاومت در سیمان و بتن می باشد و تلاش بر این بوده که با کمک دستگاه اندازه‌گیری توزیع دانه‌بندی به روش لیزری سیمانی طراحی و ارایه شود که قابل تولید صنعتی بوده و دارای شرایط بهتری از لحاظ مقاومت و رئولوژیکی بوده و بتواند با افزایش نرمی و بهبود توزیع دانه بندی با حذف ذرات بسیار درشت و بسیار ریز و تأثیر بر واکنش هیدراتاسیون به همراه افزایش کارایی بتن در آب و کاهش قیمت تمام شده در آسیاب های سیمان بهبود یابد.

کلمات کلیدی: سیمان - بتن - دانه‌بندی - بلین - کمک سایش - مقاومت

1- مقدمه

ویژگیهای سیمان تحت تأثیر ذرات با قطره‌های مختلف متفاوت می‌باشد. اصولاً هدف اصلی در فرآیند خردایش سیمان دستیابی بیشتر به درصد ذرات 3 تا 30 میکرون می‌باشد. برای این منظور از سه شاخص زیر استفاده می‌گردد:

- 1- ضریب یکنواختی^۲ محصول (n)
- 2- پارامتر نرمی^۳ یا پارامتر موقعیت (X')
- 3- شاخص بلین^۴

دو شاخص اول در بحث طراحی دانه‌بندی سیمان مد نظر قرار می‌گیرند و شاخص سوم به عنوان یک پارامتر کنترلی در کارخانجات سیمان مورد توجه است. ضریب یکنواختی، نسبت ذرات نرمه^۵ (ذرات ریز) سیمان به زبره^۶ (ذرات درشت) آن است و پارامتر نرمی نشان‌دهنده ابعاد ذراتی از سیمان است که 8.36 درصد از کل سیمان روی الک باقی می‌ماند. شاخص بلین نیز بیانگر سطح ویژه سیمان می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که افزایش بلین همواره به معنی بهبود توزیع دانه‌بندی مطلوب که از آن بعنوان محدوده مؤثر در مقاومت فشاری سیمان یاد می‌گردد، نمی‌باشد، بلکه محدوده ذرات بین 3 تا 32 میکرون به وضوح بر گسترش مقاومت فشاری تأثیر می‌گذارند. این در حالی است که ذرات بسیار نرم (کوچکتر از 3 میکرون) کاملاً

^۱ شرکت سیمان دورود

^۲ Uniformity Coefficient

^۳ Softness Parameter

^۴ Blaine

^۵ Soft Particles

^۶ Coarse Particles

تأثیر منفی دارند و این امر نشانگر اهمیت بالای چگونگی توزیع دانه‌بندی ذرات سیمان است. با توجه به اهمیت سه شاخص از پیش گفته شده، تأثیر هر یک بر برخی از خواص سیمان مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به تجربیات عملی و مطالعات تئوری، میتوان دریافت که سیستم خردایش را باید در جهتی سوق داد که نرخ 3 تا 30 میکرون برای وصول به کیفیت بهتر سیمان تولیدی افزایش یابد. این درحالی است که نرخ ذرات 0 تا 3 میکرون همواره بطور طبیعی گسترش مییابد. بهمنظور خردایش مطلوب باید تمهیداتی انجام شود تا از:

الف- توده‌های شدن یا چسبیدن ذرات در اثر نیروهای پیوندی غیر اشباع¹

ب- توده‌های شدن ذرات ناشی از پیوندهای ضعیف²

ج- چسبیدن یا توده‌های شدن ذرات به دلیل پیوندهای قوی³ جلوگیری شود.

طبق مطالعاتی و اقداماتی که در زمینه دانه‌بندی انجام شده بلازارد گزارش کرد که C_3S ، سنگ گچ و نمکهای قلیایی در ذرات سیمان با قطر کمتر از 7 میکرومتر متداولتر است [2]؛ در مقابل C_2S و مواد گدازآور در ذرات با قطر کمتر از 25 میکرومتر متداولتر هستند. اثر مقاومت فشاری ذرات در دامنه قطری در حدود 3 تا 30 میکرومتر به وسیله بسیاری از محققان گزارش شده است. برای مثال، کمار و همکاران و نیز اسکوارا و همکاران سه ویژگی بکار رفته برای مشخص کردن عملکرد سیمان را توصیف کرده‌اند [3,4]؛ (1) جرم به معنای قطری برای عملکرد کلی، (2) اندازه 3 تا 30 میکرومتر برای بهبود مقاومت فشاری، (3) اندازه کمتر از 7 میکرومتر مشکلاتی در مصرف آب، آب انداختن و سفتشدن ایجاد میکند. بکچوتو و همکاران توزیع اندازه ذرات (دانه‌بندی)⁴ سیمانهای را اندازه‌گیری کردند و قطر اختیاری را محاسبه نمودند که به آنها اجازه میداد تا ویژگیهای سیمان خشک‌شده از قبیل تراوایی و قابلیت نفوذ را پیشبینی کنند [5]-. هانت و الپاس گزارش نمودند سیمانهای مورد استفاده قرار گرفته دارای ویژگیهای ترکیبی و فیزیکی بسیار مشابه بودند، اما یک استثنا کوچک وجود داشت و آن شکل منحنیهای پخش‌توده‌مترکم (CMD) بود [6]-. ذراتی با قطر کمتر از 8 میکرومتر برای 19 تا 40 درصد از توده سیمان و 63 تا 76 درصد از منطقه سطح کلی مورد محاسبه قرار گرفتند. سیمانهای دارای شاخص بلین یکسان، CMD آنها در ابتدا متفاوت است که منجر به ذراتی با قطر کمتر از 25 میکرومتر میشوند و شاخص بلین را میتوان برای پیشبینی زمان گیرش بهکار برد. اکثر محققین به محدوده دانه‌بندی مؤثر 3-30 میکرون جهت بهبود خواص اشاره کرده‌اند؛ اما به طراحی نحوه خردایش برای دستیابی به دانه‌بندی مطلوب کمتر توجه شده است. در این مقاله سعی شده است تا نحوه توزیع دانه‌بندی مناسب جهت بهبود خواص سیمان و روشهای مناسب خردایش یافت شود.

لازم به ذکر است علاوه بر نحوه توزیع دانه‌بندی ذرات سیمان عوامل دیگری مثل ترکیب شیمیایی، معدنی بودن مخلوط مواد خام مورد استفاده در ساخت سیمان، شرایط پخت کلینکر در کوره، نحوه سردکردن کلینکر، نسبت آب به سیمان و شرایط عملآوری بر روی خواص سیمان اثر میگذارند که در این مقاله به آنها پرداخته نمیشود.

برای ساخت سیمان از 5 کیلوگرم کلینکر نوع 5 و 25/0 کیلوگرم گچ با آنالیز مشخص استفاده میشود. کلینکر و گچ در خردکننده⁵ تا حدود 1 میلیمتر خرد میشوند و پس از اختلاط با یکدیگر داخل آسیاب آزمایشگاهی ساییده میشوند. دو ساعت و بیست دقیقه پس از سایش، از محصول آسیاب نمونه‌برداری شده و شاخص بلین آن اندازه‌گیری میشود و در صورتیکه سیمان به بلین مطلوب نرسیده باشد عملیات سایش تکرار میشود و در صورت حصول بلین طراحی

¹ Coating

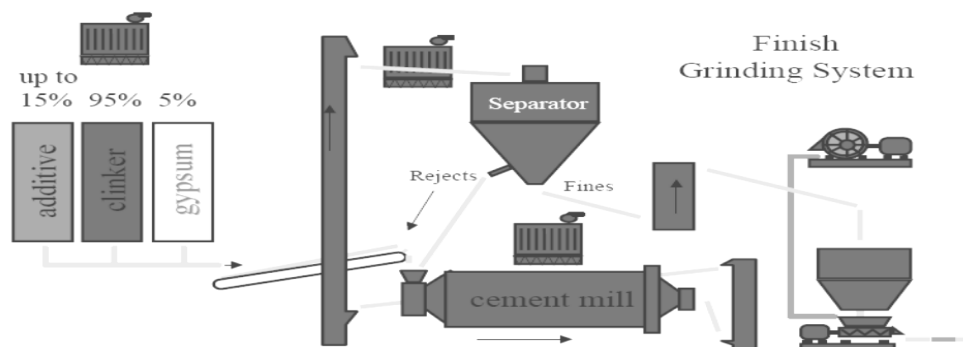
² Aggregation

³ Agglomeration

⁴ Particle Size Distribution

⁵ Crusher

شده ، سیمان از آسیاب خارج و پس از نمونه‌برداری توزیع دانه‌بندی آن را به طریق لیزری اندازه‌گیری میکنند و سپس توسط پروسه تولید تست صنعتی انجام گردید



شکل 1- فرایند آسیاب گلوله ای

2- بتن

مواد تشکیل دهنده بتن شامل سیمان که حدود ۷ الی ۱۵ درصد و آب که حدود ۱۴ الی ۲۱ درصد. و دانه های سنگی (شن و ماسه) که حدود ۶۰ الی ۷۵ درصد از حجم بتن را تشکیل میدهد

مقاومت بتن به عوامل زیر بستگی دارد

-کیفیت دانه ها : هرچه دانه ها کیفیت بهتری داشته باشند مقاومت بتن بالاتر است .بتنی که از دانه های سیلیسی ساخته شده باشد مقاومت بالاتری نسبت به بتن ساخته شده با دانه های اهکی دارد.

-میزان دانه ها : هر چه دانه های بیشتری در بتن مصرف شود به شرط اینکه پیوستگی دانه ها حفظ شود بتن توپر تر و مقاوم تر خواهد بود.

-مقدار سیمان:هر چه مقدار سیمان (تا يك حد معين) در بتن بیشتر باشد بتن مقاومت بالاتری خواهد داشت . مقدار بیش از حد سیمان بعضی مواقع باعث افزایش فاصله بین دانه ها و کاهش مقاومت میکردد.

-نسبت آب به سیمان: هر چه نسبت آب به سیمان W/C کمتر باشد بتن ساخته شده مقاومت بالاتری خواهد داشت.

-عمر بتن: هر چه از شروع ساخت بتن زمان بیشتری گذشته باشد بتن مقاومت بیشتری خواهد داشت . مقاومت ۷ روزه در بتن عادی ۷۰ درصد ۲۸ روزه است .معمولاً در محاسبات مقاومت ۲۸ روزه بتن که حدود ۹۰ الی ۹۵ درصد مقاومت نهایی است در نظر گرفته میشود.

3-کمک سایش

اگرچه دلیل اصلی استفاده از کمک سایشها کاهش تجمع ذرات سیمان بوده، استفاده از کمک سایش مزایای دیگری را نیز دارد که به شرح زیر میباشند:

-افزایش نرمی و بهبود توزیع دانه بندی و حذف ذرات بسیار درشت و بسیار ریز

-افزایش جریان پذیری سیمان

-تأثیر بر واکنش هیدراتاسیون

-افزایش کارایی بتن در آب به سیمان مشابه

-کاهش قیمت تمام شده با کاهش میزان کلینکر در سیمان های آمیخته

-حذف کلی یا جزئی اثر "پوشش" در محیط آسیاب
 -بهبود بازدهی جداکننده به سبب افزایش سیال پذیری ذرات نرم شده
 -کاهش مشکلات بسته بندی در هنگام ذخیره سازی در سیلوها و حمل بسته های سیمان با استفاده از کامیون
 -آسان سازی حمل مواد (جابجایی در سیلوها و تخلیه از کامیون) به سبب بهبود خاصیت سیالیت سیمان.
 -افزایش ظرفیت تولید مرحله آسیاب
 آن چیزی که کاربرد کمک سایشها را بیشتر مطلوب میسازد تاثیر مهم آن بر خواص مکانیکی سیمان بوده به این صورت که استفاده از کمک سایش توزیع ذرات سیمان را کمتر کرده و به سمت قطرهای کوچکتر سوق میدهد این امر باعث افزایش سطح ترکیبات با فعالیت هیدرولیکی بالا شده و بنابراین باعث دسترسی به بلین بالاتر و سریعتر سفت شدن سیمان میشود
 يك راه حل مناسب براي اجتناب از توزيع نامناسب دانه بندي استفاده از كمك سایش در آسیاب مواد می باشد . از يك سو بار برگشتی را کاهش و تولید آسیاب را افزایش می دهد و از سوي دیگر با کاربرد مناسب ، منحنی PSD^1 مواد ساییده شونده تندتر و سریع تر به صورت مناسب در می آید . دلیل مطلب فوق افزایش راندمان سایش پذیری و همچنین سریعتر بودن مواد درشت داخل خود آسیاب و کاهش بیش از حد ساییده شدن مواد نرم می باشد.
 با مصرف کمک سایش در آسیاب مواد منحنی توزیع دانه بندی یکنواخت تر می شود . این بدان معنی است که سایز ذرات به هم نزدیک تر شده و سطح ذرات بیشتر می گردد . در اثر افزایش سطح ذرات مقدار انتقال حرارت در سیکلونها و کوره بیشتر بوده و منجر به کاهش کیلو کالری در فرآیند پخت می گردد .

جدول 1- ابعاد آسیاب های سیمان و شرایط عملیاتی آنها²

اسیاب ها	1	2	1-3	2-3
نام سازنده	آلیس چالمرز	پلیزیوس آلمان	آلمان O&K	آلمان O&K
نوع آسیاب	گلوله ای (مدار بسته)	گلوله ای (مدار بسته)	گلوله ای	گلوله ای
قطر m	3.2	3.8	4	4
طول m	14.575	11.5	14.6	14.6
تعداد اتاقچه	1	2	2	2
تیب خانه اول	-	Liffting	Liffting	Liffting
تیب خانه دوم	-	Segregating	Segregating	Segregating
ظرفیت t/h	18.5	62	90	90
سرعت آسیاب	20	16.1	16.2	16.2
طول خانه اول m	-	3.5	4.5	4.5
طول خانه دوم m	-	7.43	9.3	9.3

3-شرح آزمایش

یکی از راههای مناسب برای دستیابی به سیمان با کیفیت بالا، الگوبرداری و مقایسه توزیع دانه-بندی سیمان است. بدین منظور دو نمونه سیمان خارجی که طی سالهای اخیر استفاده شده و از لحاظ خواص رئولوژی، فیزیکی و شیمیایی نیز مطلوب بودند، انتخاب شده و توزیع دانهبندی

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \ln \left(\frac{d_s}{d_s + d_{of}} \right) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{d_s}{d_s + d_{of}} \right) \quad \text{Particle Size Distribution}$$

Doroud Cement Co

$$d_{of} = 0.15d_s$$

با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری توزیع دانه‌بندی به روش لیزری مدل سمپاتیک¹ اندازه‌گیری شدند و با توجه به اختلاف فاحشی که بین سیمان‌های تولید داخل و سیمان‌های خارجی در رابطه با توزیع دانه‌ها داشتند سعی شد با روش‌های مختلفی از جمله سرند و مخلوط کردن با فرمولاسیون‌های متفاوت و سپس با استفاده از کمک سایش به این توزیع مطلوب دست یابیم و نهایتاً در آسیاب‌های سیمان تست صنعتی انجام گردید.

جدول 2- مشخصات فیزیکی و شیمیایی کمک سایش²

Physical and chemical properties		
	CHRYSO ADM 23ir	CHRYSO ADM 3
Form	Liquid	Liquid
Active ingredients	aqueous solution of hydroxylated modified amines and polyglycols	Aqueous solution of organic components.
: Specific gravity at 20°C	1.15 kg/dm ³ (± 0.015).	1.165 kg/dm ³ (± 0.015).
pH at 20°C	8.5 (± 1.5).	7.0 (± 1.5).
Chloride content	light Brown	Brown.
Alkali content	<1% Na ₂ O equiv.	.Na ₂ O equiv 1%>
Freezing point	< -15°C.	< -15°C.
Active ingredient	59,7%	
Flash point		Non flammable product

3-1- دستگاه آنالیزگر اندازه ذرات 20 analysette :

این دستگاه ساخت شرکت FRITSCH، دستگاهی جهت تعیین و اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات در محدوده 0.5 تا 500 میکرومتر می‌باشد که به عنوان ابزاری جهت آنالیز اندازه ذرات بر اساس اندازه‌گیری فوتومتریک³ به نشینی⁴ مطابق با قانون استوک⁴ مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگامیکه بخواهیم توزیع اندازه ذرات را در بازه‌های کوچکتر (که این امر در مورد آنالیز سرندی محدود است) و دقیق‌تری بدست آوریم، ذرات جامد خالص با وزن مخصوص یکنواخت (در محدوده 0.5 تا 500 میکرومتر) می‌بایست به صورت پیوسته و یکنواخت در مدت زمان 3 تا 10 دقیقه در یک محلول خاص به حالت تعلیق قرار گیرند.

3-2- آزمایش استحکام تراکمی⁵

آزمایش استحکام تراکمی، اندازه‌گیری فشار مورد نیاز برای خرد کردن یک قالب سیمان با هندسه مشخص تحت تراکم نامحدود و یک محور می‌باشد. مکعبهای سخت‌شده سیمانی پس از گذراندن زمان معین، برای تعیین استحکام با پرس خرد می‌گردند. سیمان سخت شده باید به اندازه‌های استحکام داشته باشد دستگاه‌های مورد استفاده در آزمایش استحکام تراکمی عبارتند از: دستگاه پرس در آزمایش استحکام تراکمی، اندازه‌گیری فشار مورد نیاز برای خرد کردن یک قالب سیمان با هندسه مشخص تحت تراکم نامحدود و یک محوری می‌باشد که توسط دستگاه پرس صورت می‌گیرد.

4- نتایج

¹ Sympatec Model

² ATOOR refractories by global Suppliers CHRYSO

³ Sedimentation

⁴ Stoke's Law

⁵ Compressive Strength

تاثیر کمک سایش در دو آسیاب واحد 1 و 2 شرکت سیمان دورود بر روی مقاومت های سیمان و بتن در جداول 3-4 و 5 آمده است با توجه به بهبود توزیع دانه بندی آب مصرفی کاهش یافته و مقاومت در شرایط یکسان افزایش می یابد.

جدول 3- آنالیز سرند نمونه های سیمان تست آزمایشگاهی

نوع سیمان	مانده بر الک 230 ($> \mu 63$)	عبور الک 230 ($< \mu 63$)	عبور الک 270 ($< \mu 53$)	عبور الک 325 ($< \mu 44$)	عبور الک 400 ($< \mu 37$)	سطح ویژه (cm ² /gr)
سیمان وارداتی	3/1%	2/7%	5/9%	8/31%	7/49%	5180
سیمان طراحی شده	22/6%	1/14%	6/26%	4/32%	5/20%	4660

جدول 4- آنالیز PSA سیمان های مختلف تست آزمایشگاهی

نوع سیمان	مانده روی الک 230 ($> \mu 63$)	عبور از الک 230 ($< \mu 63$)	عبور از الک 270 ($< \mu 53$)	عبور از الک 325 ($< \mu 44$)	عبور از الک 400 ($< \mu 37$)	سطح ویژه (cm ² /gr)
سیمان وارداتی	6/7%	4/2%	9/3%	5/6%	6/79%	5180
سیمان طراحی شده	3/7%	7/3%	7%	7/8%	3/73%	4660

جدول 5- تاثیر کمک سایش در مقاومت های سیمان واحد 1 تست صنعتی

COMPR. STRENGTH	plant 1							 TYPE II kg/cm ² 100 175 315
	blain	3153	3311	3272	3250	3380	3387	
	90 μ	2.4	1	1.1	0.3	0.2	0.7	
	45 μ	9.9	8.7	8.9	9	9	8	
		blank	A	B	C	D	E	
	2 DAYS	118	138	135	178	175	184	
	3 DAYS	184	185	171	219	229	255	
	7 DAYS	204	253	255	338	348	369	
	28 DAYS	446	436	469	413	432	455	

جدول 4- تاثیر کمک سایش در مقاومت های سیمان واحد 2 تست صنعتی

COMPR. STRENGTH	Plant 2										 TYPE V kg/cm ² 100 175 315
	Additive cc/min		150	150	200	300	300	300	350	350	350
	ton		40	40	40	45	45	45	45	50	50
	blain	3400	3478	3407	3423	3390	3453	3460	3550	3441	3400
	90 μ	3.9	3.8	3.9	4.1	3.6	3.8	3.5	3.9	3.2	3.4
	45 μ	17			16	13.6	14	15	16	16	15
		blank	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	2 DAYS	149	158	145	159	166	172	155	204	170	162
	3 DAYS	185	192	171	212	204	225	180	250	241	186
	7 DAYS	279	278	293	283	315	308	318	330	320	298
	28 DAYS	440	361	417	410	432	442	435	422	423	408

جدول 6- تاثیر کمک سایش در مقاومت های بتن واحد 1 و 2

Plant1		Plant2	
Befor	After	Befor	After

Slamp (mm)	70	70	70	70
w/c	0.6	0.48	0.6	0.5
3 DAYS	120	154	100	130
7 DAYS	162	217	142	190
11 DAYS	198	267	173	225
28 DAYS	285	318	245	285

شکل 3- نتایج تست پارتیکل سائز جهت بهبود دانه بندی و افزایش مقاومت اولیه



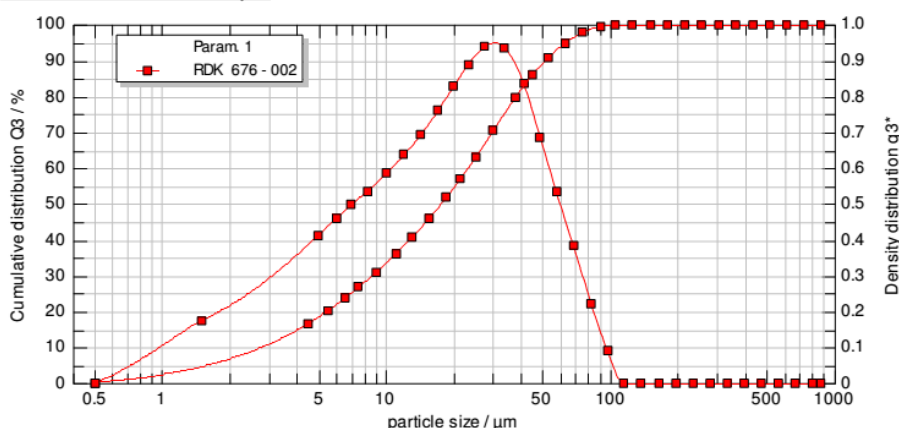
Sympatec GmbH
System-Partikel-Technik

HELOS Particle Size Analysis
WINDOX 5

HELOS (H1681) & RODOS, R5: 0.5/4.5...875µm
Cement

2018-11-10, 09:47:26,375

$x_{10} = 2.91 \mu\text{m}$ $x_{50} = 17.63 \mu\text{m}$ $x_{90} = 51.53 \mu\text{m}$ $\text{SMD} = 8.37 \mu\text{m}$ $\text{VMD} = 23.09 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 4.35 \mu\text{m}$ $x_{84} = 42.73 \mu\text{m}$ $x_{99} = 86.49 \mu\text{m}$ $S_v = 0.72 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 2643.94 \text{ cm}^2/\text{g}$
 $N = 1.03$ $d' = 24.32 \mu\text{m}$



cumulative distribution

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
4.50	16.63	18.50	51.68	75.00	97.66	305.00	100.00
5.50	20.22	21.50	57.08	90.00	99.41	365.00	100.00
6.50	23.56	25.00	62.90	105.00	100.00	435.00	100.00
7.50	26.64	30.00	70.32	125.00	100.00	515.00	100.00
9.00	30.88	37.50	79.39	150.00	100.00	615.00	100.00
11.00	35.97	45.00	86.00	180.00	100.00	735.00	100.00
13.00	40.58	52.50	90.59	215.00	100.00	875.00	100.00
15.50	45.86	62.50	94.64	255.00	100.00		

evaluation: WINDOX 5.1.2.0, HRLD

revalidation:
 reference measurement: 11-10 09:40:01
 contamination: 0.00 %

product: Cement

density: 2.71 g/cm³, shape factor: 1.00
 disp. meth.: 3 bar - F 70% - G 1.2
 $C_{opt} = 10.56 \%$

trigger condition: Ref 10s-opt1%-T10s

time base: 100.00 ms
 start: c.opt $\geq 1.0\%$
 valid: always
 stop: 10.000s c.opt $\leq 1.0\%$ or 15.000s real time

user parameters:

Sample Code: RDK 676 - 002
 Customer code: CEMENT NO 2 UNIT 3
 Customer Name: DOROUD CEMENT Co.
 Operator:

با توجه به مقادیر طراحی شده برای ضریب یکنواختی در توزیع دانه‌بندی نتایج زیر حاصل می‌شود:

1- با توزیع دانه‌بندی در یک سطح ویژه ثابت از سیمان، با افزایش ضریب یکنواختی (n) و در نتیجه کاهش پارامتر نرمی (X)، زمان گیرش و مقاومت استاندارد بالاتری را خواهیم داشت.

2- به ازای ضریب یکنواختی ثابت در سیمان (ثابت n) و یک سطح ویژه (بلین) یکسان، مقاومت یک سیمان به شدت تحت تأثیر پارامتر نرمی (X) قرار می‌گیرد که به دلایل زیر است:

2-1 : بخش قابل توجهی از ذرات برای عملیات هیدراتاسیون زیر محدوده 'X' واقع میباشند. لذا اگر این بخش را ذرات نرمتر تشکیل دهند، بالطبع در روند هیدراتاسیون سیمان نقش غالبی را ایفا مینمایند.

2-2 : بهبود مقاومت سیمان از طریق اندازه ذرات زیر 30 میکرون بهطور عمده قابل بررسی است و ارزیابیها توسط پارامترهای تعیینکننده نرمی سیمان یعنی بلین، ضریب یکنواختی (n) و پارامتر نرمی ('X) و تأثیر تغییرات آن بر روی مقاومت سنین مختلف سیمان، حاکی از تأثیر همزمان این پارامترها بر روی مقاومت میباشد.

2-3: به ازای پارامتر نرمی ثابت از سیمان، با افزایش ضریب یکنواختی (n)، بلین کاهش مییابد و این امر بیانگر این است که علیرغم یکنواختی ذرات که میتواند در بخش زیره سیمان متمرکز باشد، با این توصیفات بهخاطر تثبیت پارامتر نرمی 'X'، بلین کاهش مییابد.

5- نتیجهگیری

در جهت بهبود دانه بندی سعی شده توزیع دانهبندی محدوده باریکتری داشته باشد. همچنین زبره روی الک 60 یا 70 میکرون نسبت به سیمانهای ما بسیار کمتر است؛ در حالی که شدت این مسأله در مورد نرمه یا ذرات زیر 5 تا 10 میکرون کمتر است. با توجه به این که در یک کارخانه سیمان آسیابها بیشترین مصرف انرژی را دارند، استفاده از کمک سایش جهت تولید ذرات با دانهبندی درشتتر علاوه بر افزایش مقاومت اولیه (در سیمان و به تبع آن بتن) در آسیاب انرژی کمتری مصرف شده و از لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است.

هرچه ذرات ریز بیشتر باشد بلین بالاتر بوده و تخلخل ذرات بالاست در نتیجه آب مصرفی افزایش یافته توزیع اندازه ذرات باریک تر (تیز) و پارامتر نرمی کمتری خواهد داشت لازم به ذکر است بر خلاف نظرات بذیرفته شده زیادی که معتقدند مقاومت نهایی سیمان از طریق سطح ویژه تعیین شده توسط بلین مشخص می شود، لازم است بگوییم که در عمل اینگونه نیست و افزایش سطح ویژه همواره به معنای بهبود توزیع دانهبندی مطلوب که ما از آن به عنوان محدوده موثر در مقاومت سیمان یاد می کنیم، نمی گردد.

استفاده از کمک سایش ها با توجه به اینکه دامنه توزیع ذرات غیریکنواخت می باشد و سیستم دارای ذرات دانه درشت نیز باشد تخلخل سیستم کاهش یافته آب مصرفی نیز به تبع آن کم شده و و علاوه بر بهبود خواص سیمان، از نظر مصرف انرژی در آسیابها رسیدن به چنین سیستمی بسیار مقرون به صرفه است.

5-قدردانی

نویسنده بر خود لازم میبندد از جناب آقای مهندس جالینوس بهرامی مشاور محترم آزمایشگاه و کنترل کیفیت بابت حمایت و توجه خاص به تحقیق و توسعه در جهت بهبود سیستم تشکر نماید.

منابع

- [1] R.G. Blezard, "Reflections on the History of the Chemistry of Cement", Society of Chemical Industry - Lecture Paper Series, 104, 2000.
- [2] A. Kumar and D.M. Roy, Cem. Concr. Aggregates, a, 47, 1984.
- [3] F. Skvara, K. Kolar, J. Novotny, Z. Zadak, CemConcr, Res. 11, 247, 1981.
- [4] V.S. Bakchoutou, kh. Al-Vardi, T. Pin-Khouan, and M.K. Nikolaeva, 7th Intern. Congress on the Chem of Cement, vol III P.V-202 Edition Seotima, Paris, France, 1980.
- [5] L. PHunt and C.W. Elspass, "Particle-size Properties of Oilwell Cements", Cement and Concrete Research, vol. 16, pp. 805-812, 1986.