

Grinding Aids

یا " آینده سازان خردایش کانی"
مهندس فریدون رحمانی(شرکت سیمان یاسوج)
مهندس محسن یعقوبی(شرکت سیمان نهاوند)

چکیده

در قرن حاضر انرژی از مهمترین چالش های روز می باشد و بهینه سازی مصرف انرژی کم کم به نگرانی بزرگ موسسات اقتصادی بدل می شود. در دنیای جدید تقریباً هرکسی توان تولید را دارد و انحصار که مدت ها مهمترین عامل کنترل بازار بود کم کم قدرت خود را از دست داده و پارامتر تعیین کننده ای به شمار نمی آید. از طرفی فاکتورهای دیگری همچون حفظ محیط زیست و مصرف بهینه انرژی و نیروی انسانی متخصص، کنترل بازار را بر عهده گرفته اند و روند موجود نشان می دهد که در آینده ای نه چندان دور این پارامترها، به فاکتورهای غالب مبدل خواهند شد. اگر موسسات اقتصادی نتوانند نیازمندیهای عصر جدید را برآورده سازند در آینده ای نزدیک شدیداً صدمه خواهند خورد. در این رقابت تنگاتنگ آنانی پیروزند که موقعیت را به خوبی شناسایی نموده و با شناخت هر چه بیشتر تنگناها و عوامل محیطی داخلی و خارجی یک گام از حوادث جلوتر باشند.

اگر بپذیریم حذف یارانه های انرژی به واقعیت می پیوندد، هزینه های مصرف برق از حالت یک هزینه معمولی و قابل قبول به یک هزینه سرسام آور و بسیار تعیین کننده روی قیمت تمام شده بدل خواهد شد. در صنایع انرژی بر کانی(فرآوری مواد معدنی) استفاده بهینه از انرژی الکتریکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این میان دیپارتمان های آسیای گلوله ای از بزرگترین مصرف کننده های انرژی الکتریکی بوده و کاهش مصرف انرژی در آنها بسیار پراهمیت است. در این راستا از کمک سایش ها (Grinding Aids) که فرایند خردایش را از دو جنبه انرژی و ظرفیت بهبود می بخشند استفاده شده و در این مقاله نیز عملکرد آن ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

1- مقدمه

با توجه به رقابت های شدید و فشرده اقتصادی در عرصه بین المللی و باور این موضوع که محیط اقتصادی مرتبا در حال تغییر است، بازارها روز بروز کیفیت بهتر محصول را می طلبند و مشتریان نیز خواستار حق انتخاب بیشتری برای خود هستند. حضور در بازارهای جهانی و حتی باقی ماندن در بازارهای داخلی مستلزم رقابت با رقبای قدرتمند بوده و در این راستا سازمانهایی می توانند به بقای خود ادامه دهند که نسبت به خواسته ها و انتظارات مشتریان و ذینفعان پاسخگو باشند. این موارد گویای این حقیقت است که موفقیت امروز نمی تواند تضمینی برای موفقیت و پیروزی فردا باشد.

بازدهی اغلب واحدهای خردایش پایین است. یکی از دلایل این امر را می توان در تجمع و چسبیدن ذرات نرم شده و کوتینگ روی لاینر و گلوله های آسیا دانست. افزودنیهایی مانند آب، مایعات ارگانیک و بعضی الکترولیتهای غیر ارگانیک برای کاهش انرژی سطحی مواد خرد شده با این هدف که سبب افزایش بازدهی خردایش شوند، مورد استفاده قرار گرفته است. مواد شیمیایی مورد استفاده در صنعت سیمان که باعث افزایش ظرفیت خردایش می شوند، "کمک سایش" نامیده می شوند. مرور این مقاله نشان خواهد داد که افزودن مواد شیمیایی بعنوان کمک سایش در خوراک آسیا دارای مزایا و منافی برای سیستم خردایش است. این مقاله همچنین به بررسی و ارزیابی بهره گیری انرژی در خردایش، فرایندها و مکانیزم های مختلف خردایش و کارایی خصوصیات فیزیکی شیمیایی محیط خردایش می پردازد.

2- تئوری

در این بررسی همزمان دوفعالیت انجام گرفته است که در بخش اول تحقیق بر روی تاثیر کمک سایشهای گوناگون در خردایش کلینکر، سنگ آهک و کوارتز مورد بررسی قرار گرفته و در فعالیتهای دوم به اثر کمک سایش ها بر فرایندهای خشک و تر در خصوص مواد مختلف پرداخته می شود.

جهت بررسی بخش اول تحقیق یعنی فعالیتهای کمک سایشهای مختلف در خردایش، دو مکانیزم پیشنهاد شده است:

مکانیزم اولیه بر این فرض استوار است که با جذب کمک سایش روی مواد داخل آسیا، انرژی آزاد سطحی کاهش می یابد که با توسعه میکروترکها جلوگیری از کوتینگ روی گلوله ها و لاینر آسیا را نیز توجیه می کند.

بنا به مکانیزم دوم جذب کمک سایشها سبب حرکت و متلاشی شدن لایه های نزدیک به سطح مواد می شود که این امر منجر به کاهش سختی مواد می شود.

هدف از تحقیق صورت گرفته، مطالعه و ارزیابی تاثیر تعدادی از کمک سایشها بر روی خردایش ریز سنگ آهک، کوارتز و کلینکر سیمان پرتلند می باشد. برای این کار کمک سایشهای زیر انتخاب شده اند: (1)- تری اتانول آمین (TEA) (2) - مونو اتیلن گلیکول (MEG) (3) - دی اتیلن گلیکول (DEG) (4) - اسید اولئیک (OA) (5) - سدیم اولئات (SO) (6) - دو دسیل بنزن سولفونیک اسید (DBG) و (7) - بخار باطله سولفیت (WSL).

3- آزمایشات

3-1- مواد، خصوصیات، تجهیزات و پارامترهای خردایش

سنگ آهک در سایزهای 16- تا 12cm و کوارتز نیز در ابعاد 6- تا 3cm تهیه شد. از همه مواد مورد آزمایش، آزمایشات وزن مخصوص، سختی و قابلیت خردایش به عمل آمد. یک آسیای گلوله ای آزمایشگاهی دو اتاقچه ای، قطر هر اتاقچه (D = 500mm) با طول (L = 280mm) برای آزمایشات خردایش در نظر گرفته شده است. حجم هر اتاقچه آسیا معادل با

55litre است و با ترکیب گیربکس لازم در سرعت 48rpm (معادل 80% سرعت بحرانی) استارت می شود.

گلوله های فولادی با دانسیته $8500 \frac{kg}{m^3}$ استفاده شده است. با در نظر گرفتن درجه انباشتگی آسیا (30%) (با فرض اینکه تخلخل شارژ گلوله معادل 35% است)، شارژ کلی گلوله 91.1kg در نظر گرفته شد. ابعاد خوراک جهت خردایش در آسیا از 2 تا 5mm برای مواد مصرفی در سیمان و صنایع دیگر متغیر است. سایز بزرگترین گلوله به کار رفته در آسیا بر اساس فرمول باند 2 تا 3mm (منظور F_{80})، 50 میلیمتر محاسبه و در نظر گرفته شده است. بر این اساس درصد وزنی شارژ گلوله برای سایز 50mm معادل 36%، 40mm معادل 38% و 30mm معادل 26% در نظر گرفته شد.

2-3- آماده سازی خوراک و اندازه خوراک

در ابتدا مواد توسط یک سنگ شکن فکی خردایش شده و مورد آنالیز سرندی قرار گرفت. مانده روی سرند، مجدداً خردایش شده در حالی که عبوری از سرند به عنوان خوراک ورودی به آسیا در نظر گرفته می شود. سایز ماکزیمم خوراک و اندازه مش انتخاب شده برای آنالیز سرندی در جدول (1) ارائه شده است. مضافاً آنالیز سرندی کلینکر سیمان (قبل از خردایش) در جدول (2) ارائه شده است. خوراک آماده شده نیز (برای هرکدام از مواد) آنالیز سرندی شده و در جدول (3) ارائه شده است.

جدول (1)- محاسبه اندازه خوراک

اندازه انتخاب شده (μm)	اندازه خوراک F (μm)	قطر داخلی آسیا (ft)	% سرعت آسیا به سرعت بحرانی (C_s)	ثابت تناسب (K)	بزرگترین سایز گلوله (B)	اندیس باند (kwh/t) W_i	وزن مخصوص خوراک (S)	مواد	نام نمونه
2500	2636	1/64	80/25	335	1/968	13/23	2/69	سنگ آهک	1
2500	2444	1/64	80/25	335	1/968	15/00	2/65	کوارتز	2
2057	1962	1/64	80/25	335	1/968	17/54	3/15	کلینکر سیمان	3

جدول (2)- آنالیز سرندی کلینکر قبل از خردایش

شماره نمونه	اندازه چشمه الک (μm)	% وزنی مانده روی الک
1	15000	13/80
2	1000	6/02
3	5000	8/32
4	2500	7/99
5	1003	16/65
6	500	15/59

7	300	13/32
8	150	8/12
9	90	3/04
10	90-	7/07
		$\sum sum = 99.92$

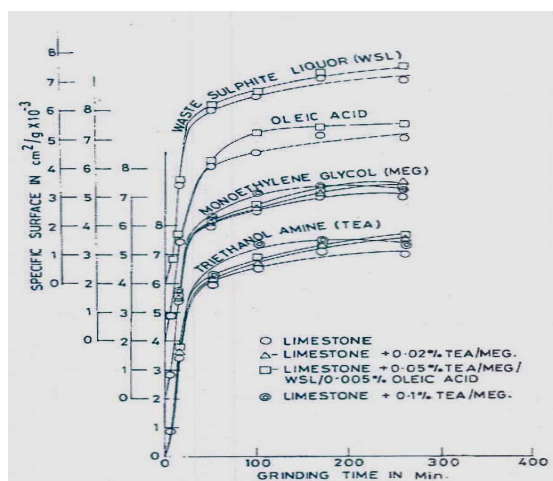
جدول (3)- آنالیز سرندي کلینکر، سنگ آهک و کوارتز بعنوان خوراک ورودی به آسیا

شماره نمونه	اندازه چشمه الک (μm)	% وزنی مانده روی الک		
		سنگ آهک	کوارتز	کلینکر سیمان
1	2057	0/269	0/27	-
2	1003	32/380	33/87	39/12
3	500	25/63	27/10	28/56
4	300	12/45	13/83	9/11
5	150	9/63	11/73	6/89
6	90	6/66	5/09	9/15
7	-90	13/18	8/03	7/15
		99/99	99/92	99/98

3-3- خردایش با افزودنیها

3-3-1- تاثیر کمک سایشها در خردایش سنگ آهک

در شکل (1) نتایج حاصل از خردایش سنگ آهک با کمک سایشهای *TEA*، *MEG*، *OA* و *WSL* نشان داده شده است. بررسی نمودارهای حاصله نشان می دهد که همه کمک سایشهای مورد آزمایش در درجات مختلفی، موجب بهبود و کارایی خردایش شده اند و در همه موارد بجز *OA*، بیشترین سطح مخصوص در بالاترین دوز حاصل شده است.



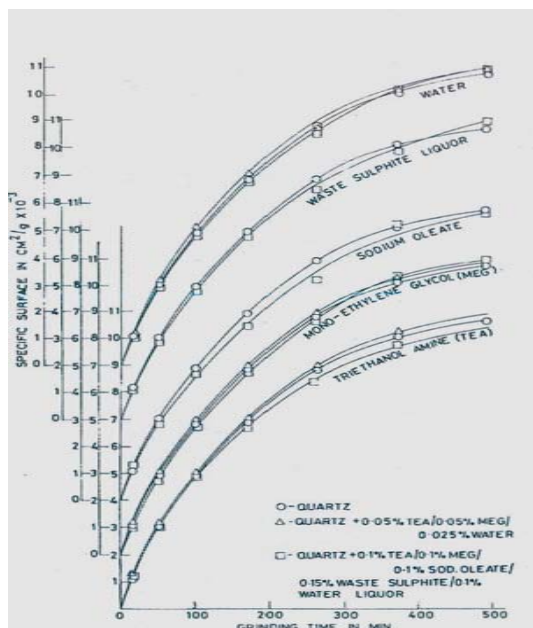
شکل (1)- تاثیر کمک سایشهای مختلف بر خردایش سنگ آهک

جدول (4)- سطح مخصوص (بلین) به دست آمده با و بدون استفاده از کمک سایش در خردایش سنگ آهک

شماره نمونه	زمان خردایش (min)	سطح مخصوص (cm^2/gr)										
		سنگ آهک	سنگ آهک + TEA				سنگ آهک + MEG			سنگ آهک + OA		سنگ آهک + WSL
			0.02% خالص	0.05% خالص	0.1% خالص	0.1% از 50% محلول مایع	0.02% خالص	0.05% خالص	0.1% خالص	0.005% خالص	0.01% خالص	0.05% از 30% محلول مایع
1	5	847	847	858	832	3862	832	832	832	856	780	847
2	15	3418	3580	3763	3727	3715	3490	3563	3700	3725	3363	3575
3	50	6054	6173	6285	6237	6384	6093	6185	6285	6245	5765	6150
4	100	6539	6689	6924	7363	7173	6612	6725	7143	7250	6939	6659
5	170	7122	7289	7350	7485	7367	7178	7285	7350	7404	6996	7300
6	260	7021	7578	7673	7375	7321	7423	7525	7325	7500	7009	7492
7	370	7222	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	490	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

از میان 3 دوز قابل استفاده TEA، بیشترین افزایش در بلین به میزان $804 cm^2/gr$ در دوز 0/1 % در زمان خردایش 100 دقیقه محقق گردیده است. همچنین بیشترین افزایش در میزان سطح مخصوص در زمان استفاده از MEG در دوز 0/1 % به میزان $584 cm^2/gr$ در زمان خردایش 100 دقیقه بوده است. خردایش سنگ آهک فقط با 0/05 % WSL افزایش سطح $471 cm^2/gr$ در پایان 260 دقیقه زمان خردایش در پی داشته است. اگر چه تاثیرات کلی OA مشابه با افزودنیهای دیگر است، لکن تولید بیشترین سطح مخصوص در درجات پایین افزودنی حاصل میگردد. در مجموع دیده می شود از میان کمک سایشهای مورد مطالعه، TEA از بقیه موثرتر بوده است.

3-3-2- تاثیر افزودنیها در خردایش کوارتز
 نتایج خردایش کوارتز با مقادیر مختلفی از کمک سایشها در شکل (2) ارائه شده است.



شکل (2)- تاثیر کمک سایشهای مختلف بر خردایش کوارتز

اگر چه به کارگیری دوزهای 0/05 % از هرکدام از کمک سایشهای TEA و MEG و 0/025 % از آب سبب بهبود ناچیزی در خردایش شده است، اما هیچ کدام از کمک سایشها تاثیر قابل ذکر مخصوصی بر روی خردایش نداشته اند. حتی بایستی اشاره کرد که افزودن 0/1 % SO و TEA سبب تاثیر منفی در فرایند خردایش شده باشد. همانگونه که اشاره کردیم کمک سایشها معمولاً در مواردی موثر و کارا هستند که کوتینگ پذیری آسیا و گلوله زیاد و قابل ملاحظه باشد. در حالی که این امر در خردایش کوارتز بدون استفاده از کمک سایشها، ملاحظه نشده و به نظر می رسد که کمک سایشها، هیچ نقشی در خردایش کوارتز ایفا نمی کنند.

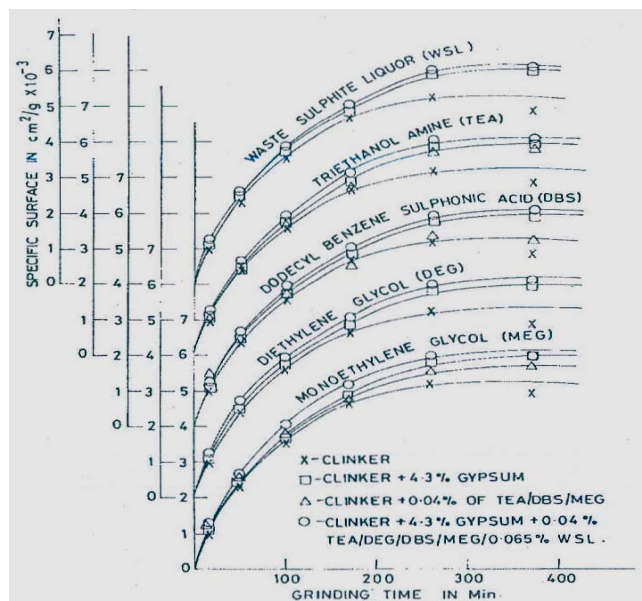
جدول (5)- سطح مخصوص (بلین) به دست آمده با و بدون استفاده از کمک سایش در خردایش کوارتز

شماره نمونه	زمان خردایش (min)	سطح مخصوص (cm^2/gr)									
		کوارتز (cm^2/gr)	کوارتز + TEA			کوارتز + MEG		کوارتز + SO	کوارتز + WSL	کوارتز + آب	
			0.01% خالص	0.05% خالص	0.1% خالص	0.05% خالص	0.1% خالص	0.1%	0.15% از 30% محلول مایع	0.025%	0.1%
1	15	1132	1247	1247	1247	1212	1022	1261	1065	1179	1090
2	50	3012	3117	3132	3031	3089	2718	2837	2854	3172	2979
3	100	4904	4943	5026	4934	5012	4790	4667	4744	5143	4868
4	170	6902	6706	7015	6761	7012	6762	6422	6760	7102	6760
5	260	8867	8519	8982	8391	8957	8672	8178	8455	8770	8509
6	370	10111	9580	10280	9780	10252	10096	10135	9904	10130	10184
7	490	10725	-	-	-	-	-	-	10918	-	10910
8	610	11856	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3-3-3- تاثیر افزودنیها در خردایش کلینکر سیمان پرتلند

محلولهای مایع کمک سایش به دلیل سهولت استفاده و تاثیر سریع، بیشتر مورد استفاده واقع شده اند (شکل 3). بایستی یادآور شد که سیمان سازی با کلینکر سیمان پرتلند از افزودن 3-4% گچ (که معادل با 2% SO_3 است) انجام شده است. این مورد به خاطر این است که در صنعت، سیمان پرتلند با مقادیر مشابه از گچ خردایش می شود. از گزارشات پیشین در می یابیم که خود گچ تاثیر

قابل ملاحظه اي را در خردايش كلينكر سيمان پرتلند ايفا مي كند. در حقيقت اين قضيه معادل با اين مطلب است كه نتايج به دست آمده با 0/04 % از 50% محلول مايع TEA (بدون استفاده از گچ) قابل مقايسه با استفاده از 3-4% گچ (بدون استفاده از هيچ گونه كمك سايش و افزودني) مي باشد (مراجعه به ستون 3 و 4 در جدول 6)، از آن جهت كه نتايج حاصل از خردايش كلينكر با افزودن 3-4% سنگ گچ معادل با افزودن 0/04 % TEA مي باشد، بي درنگ افزودن گچ به لحاظ اقتصادي مزيتهاي بيشتري دارد. به هر حال همه كمك سايشها يك اثر اضافي بر روي خردايش كلينكر سيمان پرتلند همراه با گچ مي گذارند، اگر چه نتايج آن را نشان ندهند. در مورد سنگ آهك به طور واضح ملاحظه شد، كمك سايشها هيچ اثري بر روي كوتينگ هاي آسيا و گلوله ندارند. شكلها همچنين نشان داد از ميان همه كمك سايشهاي به كار گرفته شده، TEA و DEG نتايج بهتري نسبت به بقيه داشته اند.



شكل(3)- تاثير كمك سايشهاي مختلف بر خردايش كلينكر سيمان

جدول (6)- سطح مخصوص (بلين) به دست آمده با و بدون استفاده از كمك سايش در خردايش كلينكر

زمان خردايش (min)	سطح مخصوص (cm^2/gr)										
	كلينكر	كلينكر + گچ 4/3	0.04% TEA (50% محلول مايع)		0.04% MEG (50% محلول مايع)		0.04% DEG (50% محلول مايع)		0.04% DBG (50% محلول مايع)		0.065% WSL (30% محلول مايع) + كلينكر + 4.3% گچ
			كلينكر	كلينكر + گچ 4/3	كلينكر	كلينكر + گچ 4.3%	كلينكر	كلينكر + گچ 4.3%	كلينكر	كلينكر + گچ 4.3%	
15	986	1120	1078	1238	1193	1272	1040	1209	1495	1197	1238
50	2354	2446	2415	2599	2571	2663	2378	2665	2484	2625	2558
100	3550	3694	2643	3901	3775	4059	3747	3937	3689	3939	3805
170	4658	4859	4768	5086	4711	5175	4859	5058	4491	4970	4996
260	5181	5793	5689	6043	5532	5953	4903	5946	5368	5869	5887
370	4854	5939	5836	6088	5653	5912	4949	6064	5198	6071	6012

در بخش دوم تحقیق به منظور بررسی کمک سایش ها در سیستم های خشک و تر در جداول (7) و (8) مثالهایی ارائه شده است. همچنین به منظور درک بهتر موضوع، مکانیزم های کاهش مصرف انرژی، کاهش سختی سطح، بهبود سیالیت پالپ جهت بررسی فعالیت کمک سایشها به کار گرفته شده است.

جدول (7)- مثالهایی از تاثیرات کمک سایشها در سیستم های خردایش خشک

تأثیر	کمک سایش	مواد خرد شده
22 تا 29% افزایش نرخ خردایش	دی یا تری اتانول آمین (0/1%)	کلینکر سیمان
10% کاهش انرژی مورد نیاز برای خردایش	پروپیلن گلیکول (0/05%)	کلینکر سیمان
70% کاهش در زمان خردایش	ارگانوسیلیکون (0/05-0/01%)	کلینکر سیمان
25 تا 50% افزایش نرخ خردایش	گلیکول	کلینکر سیمان

جدول (8)- مثالهایی از تاثیرات کمک سایشها در سیستم های خردایش تر

تأثیر	کمک سایش	محیط خردایش	مواد خرد شده
120% افزایش در مساحت سطح	فلوتیگام پ (0/3-0%)	آبی	کوارتزیت
کاهش در زمان خردایش با فاکتور 4	ارگانوسیلیکون (0/005%)	آبی	آلمینا
70% افزایش در مساحت سطح	فلوتیگام پ (0/3-0%)	آبی	سنگ آهک
11% افزایش در تولید ذرات -325 مش	XF – 42 72 (0/02%)	آبی	تاکونیت
18% افزایش در تولید ذرات -325 مش	XF – 42 72 (0/06%)	آبی	تاکونیت
کاهش در زمان خردایش با فاکتور 4	تری اتانول آمین (0/2%)	آبی	زیرکون
25% افزایش در مساحت سطح نسبی جدید	$(0/75 \frac{m}{l}) AlCl_3$	آبی	کوارتز
50% کاهش انرژی مورد نیاز	-----	الکل	کوارتز

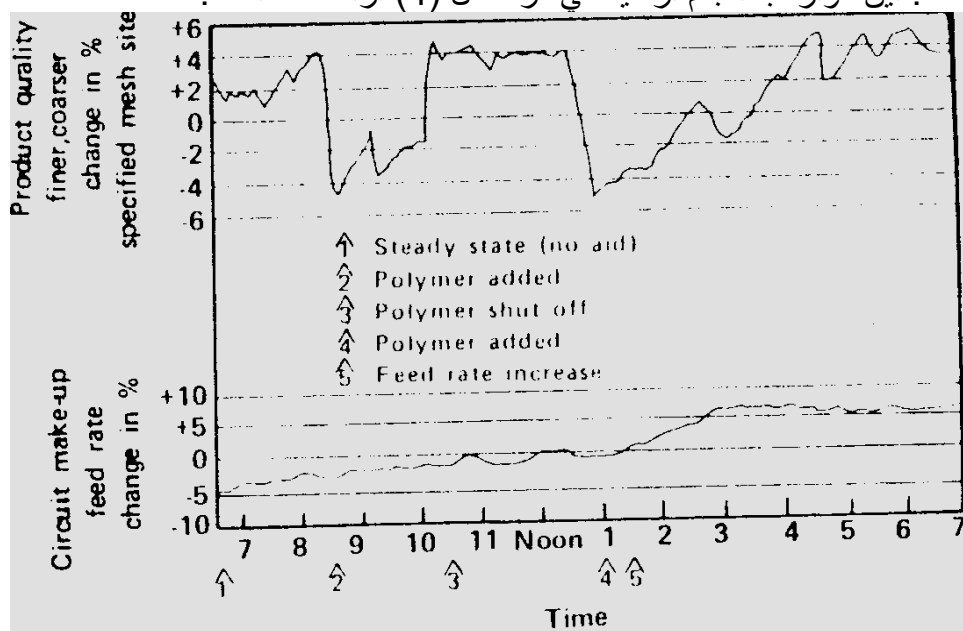
4- کارایی خردایش و بهره وری انرژی در آسیاهای گلوله ای

برای تعریف کارایی خردایش، از مقدار مصرف انرژی به ازای واحد محصول تولید شده استفاده می گردد. کیفیت محصول تولیدی به مواردی همچون هدف خردایش، که خود به عواملی مثل کاهش اندازه، تولید سطح مخصوص جدید و آزادسازی کانی های باارزش، بستگی دارد، ارتباط می یابد. در این رابطه، هدف ممکن است دستیابی به افزایش مقدار محصول اندازه دلخواه یا کمک به فرایند شکست منتج به اندازه ریزتر در ظرفیت ثابت باشد. بعلاوه، اگر آزاد سازی به دلیل سطح پایین تر مصرف انرژی بهبود یابد، در هر صورت کارایی خردایش افزایش خواهد یافت. به هر حال، طریقه دیگر بالا بردن کارایی خردایش را می توان در کاهش انرژی مورد نیاز که کیفیت محصول مطلوب را تولید کند، جستجو نمود. این موارد با استفاده از افزودنیهایی که بهره وری انرژی را در داخل آسیا بهبود می بخشند، قابل دسترسی است. در صنایع کانی مثل سیمان، آلومینا، شیشه و سرامیک افزودنیهای شیمیایی خاصی جهت کمینه کردن اصطکاک بارهای خرد کننده با مواد و واکنش داخلی ذرات و اتلاف پالپ استفاده می شود.

توده ای شدن و تفرق ذرات نه تنها از طریق اتلاف انرژی در شکستن توده های جمع شده یا گلوله ای شدن مواد واپاشی شده تاثیر می پذیرد، بلکه بر روی عواملی مثل روانی پالپ و ضربه گیری که مواد ریز در جهت جلوگیری از خردایش گلوله ها و مواد درشت ایجاد می کنند، قابل بررسی است. بنابر این مکانیزم های خردایش دچار تغییراتی شده و نتیجتاً، مواد شیمیایی به عنوان عاملی تاثیر گذار بر روی ویژگیهای تجمعی و پراکندگی ذرات خرد شده، در عملکرد خردایش موثرواقع می شوند. موارد فوق الذکر با تعاریف فرایندهای جزئی خردایش که شامل " فرایندهای انتقال " و " فرایندهای کاربرد تنش " است، به خوبی توضیح داده می شود.

4-1- فرایندهای انتقال

سیالیت پالپ پارامتری مهم در فرایند انتقال مواد و بارهای خرد کننده در داخل آسیا محسوب می شود. فاکتورهای مهمی که بر روی سیالیت پالپ موثرند عبارتند از: توده ای شدن یا پراکندن مواد در داخل آسیا، طبیعت فعل و انفعال بین ذرات با همدیگر و ذرات با بارهای خرد کننده. تحقیقات متعددی، اصلاح خصوصیات پالپ را به منظور افزایش کارایی فرایند خردایش بررسی کرده اند که پتانسیل این مهم، با افزایش ظرفیت یا تولید نرمی بیشتر محقق شده است. نتایج تحقیقاتی با هدف شناسایی اصلاح گرهای روانی پالپ در مقیاس صنعتی حاکی از آن است، هنگامی که این عوامل به خوراک افزوده می شوند، محصول ریزتر را در نرخ خوراک ثابت خواهیم داشت. همچنین با افزودن کمک سایشها در اندازه نرم کنی ثابت، نرخ بیشتر خوراک را خواهیم داشت. این موارد با انجام آزمایشاتی در شکل (4) ارائه شده است.



شکل (4)- نوعی منحنی پاسخ برای آسیای صنعتی

4-2- فرایندهای کاربرد تنش

در یک فرایند خردایش، ذرات در منطقه خردایش متحمل انواعی از تنشها شده که حاصل آن توسعه و یا شروع و انتشار ترکها است. مجموعه عوامل بالا نهایتاً منجر به شکست ذره خواهد گردید. بنابراین خصوصیات مکانیکی مواد مانند خصوصیات استحکامی (مقاومتی) در مقابل تنشهای کششی، فشاری و برشی تاثیر پذیری تنشهای کاربردی را در دستیابی به شکستی دلخواه تعیین می کند. در غیر اینصورت نقیصه های موجود در مواد مانند ترکها و شکافها (که در مواد طبیعی موجود هستند) به عنوان تغییر دهنده های تنش عمل کرده و برای شکست سنگ و کانی

منجر به تولید مقادیر تنش کمتر از مقادیر تئوریک که انتظار می رود، می شوند. کمترین میزان تنش برای شکستی ترد، مطابق با فرمول گریفیت است:

$$\sigma = \left(\frac{4E\gamma}{L} \right)^{0.5}$$

که در آن

σ = تنش کششی، E = مدول یانگ، γ = انرژی آزاد سطح ایجاد شده و L = طول ترک

معادله فوق صرفاً با فرض شکست ترد قابل کاربرد است. به هر حال، در اغلب مواد انرژی مورد نیاز برای شکست پلاستیکی، در مناطق سطحی و زیر سطحی مصرف خواهد شد. از این رو پیشنهاد شد که فرمول فوق باید شامل محدوده تنشهای سطحی بعلاوه انرژی سطحی برای محاسبه انرژی مصرفی مورد نیاز در تغییر شکل پلاستیکی در مجاورت ترکها باشد. بعلاوه شعاع نوک ترک نیز که در میزان تمرکز تنشهای برجا تاثیر گذار است، بایستی در نظر گرفته شود. بنابراین مواد شیمیایی با کاهش پارامترهایی از قبیل انرژی سطحی، تغییر شکل پلاستیکی، شعاع نوک ترک و یا توسعه طول ترک، منجر به کاهش در مقاومت می شود.

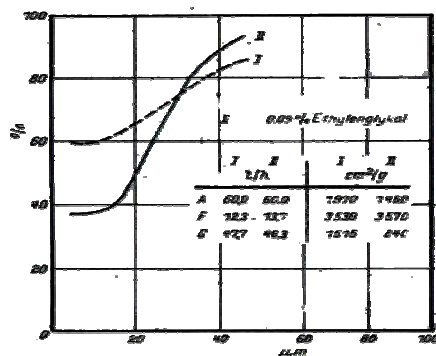
در تحقیق دیگری، رابطه ای بین مقاومت نهایی ماسه سنگ هنگامی که تخلخلها توسط موادی نظیر اسید اولئیک یا اولیلامین اشباع می شود بررسی شده که این امر با جذب مواد عامل بر روی دانه های سنگی انجام پذیر است. به طور مشابه، در مورد اثر الکترولیتهای ارگانیک (دودسیل آمونیوم کلرید) و غیر ارگانیک (کلرید آلومینیم و کربنات سدیم) بر روی کاهش مقاومت فشاری ماسه سنگ بحثهایی ارائه گردید و این تاثیرات با جذب این مواد فعال سطحی توضیح داده شده است.

با توجه به تغییر شکست پلاستیکی که در مواد رخ می دهد، محققان این انرژی را به عنوان انرژی اکتیواسیون لازم (جهت شکست) مد نظر قرار داده اند. از آنجاییکه تغییر شکست پلاستیکی از حرکت نقصانهایی مثل تغییر مکان ناشی می شود، این امر منجر به ترکهای اولیه یا توسعه ترک در مواد می شود. همچنین پیشنهاد شد که مولکولهای جذب شده ممکن است که حرکت جابجایی را بلوکه کرده و موادی با تردی بیشتر را آرایه کنند. در این راستا نیز اثرات افزودنیهای مختلفی را بر روی مواد کریستالین و غیر کریستالین بررسی شد. مباحث بالا نشان می دهد که مواد شیمیایی سبب کاهش انرژی سطحی و یا تغییر شکل پلاستیکی مواد جامد شده و در نهایت باعث کاهش مقاومت فشاری مواد می شوند.

3-4- مکانیزمهای خردایش

سه مکانیزم اساسی در کاهش ابعادی مواد در نظر گرفته شد که هر مکانیزم منحنی توزیع بامعنی و منحصر به فرد خاص خود را دارد. محققان نشان دادند که چگونه ترکیبی از این سه مکانیزم باعث تغییر توزیع اندازه می شود که با تولید ذرات در آسیاهای گلوله ای مشابه است. آنها مکانیزم های اساسی خردایش مثل ضربه را تعریف کردند که خردایش مواد در نتیجه خرد شدن ذرات بین گلوله ها و یا بین گلوله ها و دیواره های آسیا ناشی می شود. خردایش سایشی به شکل فرسایش سطح است که هنگامی که ذرات با حرکت در خلاف جهت یکدیگر و یا گلوله ها و دیواره های آسیا حرکت می کنند. خردایش به شکل لب پر شدن، شامل شکست لبه ها یا گوشه های ذرات است. این حالت در مواقعی اتفاق می افتد که انرژی ناکافی و بارگذاری ناموثر جهت شکست کامل ذرات موجود باشد. به عبارت دیگر خردایش به شکل لب پر شدن، زمانی اتفاق می افتد که اندازه خوراک نسبت به اندازه گلوله یا برای حرکت نسبی گلوله ها و یا ذرات (نسبت به یکدیگر) خیلی بزرگ باشد. حد هر مکانیزم در عملیات خردایش به عواملی همچون شرایط مخصوص آسیا کنی مانند بار گلوله، سرعت، سختی و اندازه مواد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پالپ بستگی دارد.

تأثیر افزودنیهای شیمیایی بر روی مکانیزم های خردایش را می توان از طریق اثراتشان بر روی خصوصیات پالپ و واسطه های نرم کنی، اصطکاک ذرات با بارهای خرد کننده یا باخودشان، تجمع و پراکندگی مواد خرد شده و سختی نسبی مواد خردایش شونده، توجه کرد. چنین تغییراتی در توزیع اندازه ذرات ممکن است بر روی عملکرد و کارایی واحدهای طبقه بندی که تکمیل کننده مدارهای خردایش هستند، تأثیر بگذارد و موجبات افزایش راندمان آنها را فراهم آورد. اگر چه کاهش ابعادی در حین طبقه بندی اتفاق نمی افتد، اما سپراتورها یک قسمت کامل کننده برای سیستم های خردایش مدار بسته به شمار می روند و کارایی بالای خردایش در این سیستم ها به طراحی و عملکرد وسایل طبقه بندی بستگی دارد. عملکرد سپراتورها به عوامل دیگری نظیر توزیع خوراک (محصولات خردایش شده) و رئولوژی پالپ(سیستم تر) نیز بستگی دارد. همانطور که پیشتر بحث شد، هر دو این پارامترها از افزودن مواد شیمیایی تأثیر می پذیرند. بنابراین ارزیابی کامل از کمک سایشها بایستی شامل تأثیرشان بر روی عملکرد طبقه بندی کننده ها نیز باشد. چنین مشاهداتی به نقش طبقه بندی در تعیین کارایی خردایش اشاره کرده و پیشنهاد مطالعات بیشتر را می دهد که برای ارزیابی تأثیر کمک سایشها بر روی عملکرد طبقه بندی مدارهای بسته خردایش لازم به نظر می رسد. نمونه ای از این تأثیرات در شکل (5) نشان داده شده است.



شکل (5)- منحنی جداسازی یک طبقه بندی کننده با ابعاد 4200 میلیمتر

بعلاوه از آنجاییکه خردایش صنعتی فرایندی پیوسته و وابسته به زمان است، بایستی خردایش را به عنوان یک فرایند نرخی در نظر گرفت. به عبارت دیگر، بایستی نرخ مخصوص شکست (تابع انتخاب) و توزیع شکست اولیه (تابع شکست) را به عنوان یک مفهوم خاص در آنالیز اطلاعات آزمایشگاهی و پیشگویی اثرات تقریبی در مدارهای صنعتی(پیشگویی دانه بندی خروجی) در نظر داشت.

4-4- ارزیابی شیوه عملکرد کمک سایش ها، مشکلات و نیازهای تحقیقاتی

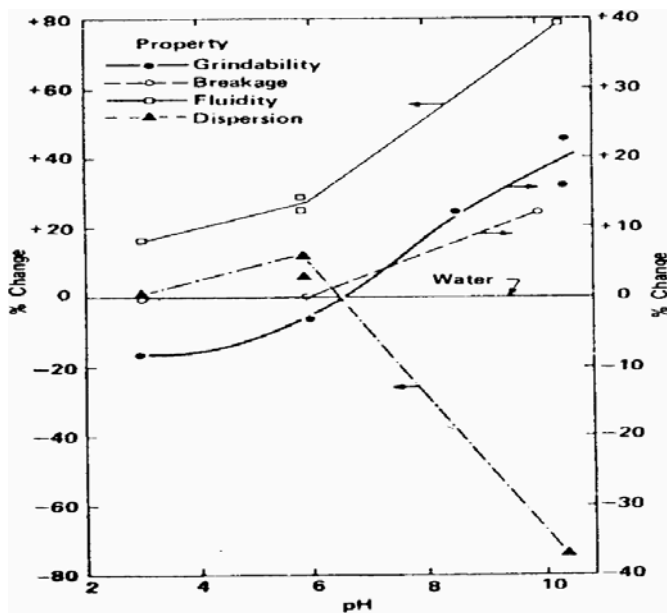
از پدیده های مذکور چنین بر می آید که افزودنیهای شیمیایی دارای اثرات مثبتی در سیستم های خردایش تر و خشک هستند. اما مکانیزم های کنترل کننده چنین اثراتی به طور دقیق مورد مطالعه قرار نگرفته است. به هر حال، چندین مبحث پیشنهادی موجود در این رابطه کاملاً بحث برانگیز و مبهم است. چنین ابهاماتی احتمالاً به چند دلیل است. اولین و مهم ترین دلیل فقدان تکنیک ها و آزمایشهای استاندارد است. به عنوان مثال تغییر در شرایط آسیا کنی که مکانیزم های خردایش را دچار تغییر می کند. اگر چه شیوه عملکرد این مواد به خوبی تعریف شده است، لیکن در این مورد اثرات آن در سیستم های با دانسیته مختلف ممکن است خواسته های ما را برآورده نکند و اثری نداشته باشد وروایت شده است هنگامی که کمک سایش در دامنه خاصی از دانسیته پالپ استفاده می شود، اثرات شایان ذکری حاصل شده است.

. مورد دیگر شرایط بهره برداری آسیا است که آن را می توان ترکیبی از عواملی همچون بار، گلوله سرعت آسیا، نوع آسیا و ... برای شرایط مختلف آسیا کنی فرض کرد که همه این عوامل بر روی مکانیزم های خردایش و بالتبع شیوه فعالیت کمک سایشها تاثیر می گذارند. بنابراین، یک نیاز ضروری استاندارد کردن آزمایشات و یا مطالعه تاثیر افزودنیها تحت شرایط آسیا کنی مختلف احساس می شود.

دلیل مهم دیگر برای تناقض در نتایج گزارش شده و نتیجتاً شک و تردید در ارزیابی مکانیزم ها فقدان مونیورینگ و اندازه گیری پارامترهای مهم و خصوصیات هم کنشگرانه صنعتی از قبیل PH ، مقاومت یونی، جذب، کشش سطحی، پتانسیل زتا، تجمع و پراکندگی، رئولوژی پالپ و ... است. در واقع این خصوصیات مهم به یگدیگر وابسته بوده و به عواملی مثل PH و مقاومت یونی پالپ بستگی دارد. از این مهمتر بدون داشتن یک رابطه صحیح از خصوصیات سطحی سیستم، تحت شرایط شیمیایی مشابه با حالتی که در داخل آسیا رایج است، نتایج خردایش به طور مستقیم محتمل با اثر افزودنیها بر روی فرایندهای شکست هستند.

نکته مهم دیگر این که یونهای آزاد شده در دستگاه خردایش (سیستم تر)، به عنوان مثال مقدار آهن در آسیاهای فولادی یا آلومینیم در آسیاهای تولید قطعات چینی، هنگام اندازه گیری خصوصیات هم کنشگرانه باید مدنظر قرار گیرند. اثرات القا کننده این یونها با یکدیگر متفاوت است که منجر به نتایج خردایش مختلف در هنگام استفاده از کمک سایشها به طور مشابه می شود. تغییر در خصوصیات هم کنشگرانه منجر به تغییر در رئولوژی پالپ می شود. بنابراین این خصوصیت مهم باید تحت شرایط مطالعاتی ارزیابی شود. بسیاری از محققین از نقش سیالیت در توضیح اثرات گزارش شده کمک سایشها غفلت کرده اند.

بحثهای بالا نشان می دهد که باید به خردایش به عنوان یک فرایند تکمیلی شامل فرایندهای فرعی همزمان نگرینست که از تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی پالپ تاثیر می پذیرد. به عبارت دیگر، اثرات انفرادی به همان اندازه اثرات جمعی افزودنیها نسبت به خصوصیات از قبیل شروع و توسعه ترک، سیالیت پالپ، ویژگیهای جمعی و تفرق مواد خرد شده، اهمیت دارد. اثرات این افزودنیها روی این خصوصیات با نتایج خردایش که در شکل (6) نشان داده شده، دیده می شوند.



شکل (6)- دیاگرام تغییر در شرایط سوسپانسیون کوارتز با افزودن 10^{-5} آمین

بررسی ها نشان داد که افزودنیها در اندازه های مختلفی بر روی خصوصیات گفته شده در بالا تاثیر دارند که این خود به عواملی همچون شرایط PH وابسته است. این مورد کارشناسان را

مجاب می کند به اینکه یک مکانیزم نمی تواند در هر شرایطی شیوه عملکرد کمک سایشها را توضیح دهد. در پایان پیشنهاد می گردد اثرات منفرد و تجمعی افزودنیها بر روی خصوصیات معین بایستی برای ارزیابی صحیح از مکانیزم های درگیر مدنظر قرار گیرد.

5- بحث و نتیجه گیری

اگر مکانیزم هایی همچون ممانعت از به هم چسبندگی و گوتینگ زدایی از سطح گلوله و لاینر را به کمک سایشها نسبت دهیم، اثر بخشی این مکانیزم در کلینکر سیمان پرتلند بیشتر از سنگ آهک و در کوارتز از همه کمتر و بدون تاثیر است.

همه کمک سایشهای به کار گرفته شده، موثر یا به عبارت دیگر سبب تغییر در طبیعت اساسی خصوصیات خردایش نشده اند، اگر چه آنها سبب تغییرات قابل ملاحظه ای در دامنه خردایششان شده اند.

همه کمک سایشهای مورد کاربرد در خردایش کلینکر و سنگ آهک در دامنه خاصی از خردایش خیلی موثر بودند. بنابراین کاربردهای تجاری این کمک سایشها جهت انجام خردایش خیلی ریزتر کلینکر و سنگ آهک ممکن است توجیه پذیر باشد.

برای تاثیرگذاری واقعی کمک سایشها، بایستی با درکی کامل از شرایط بهره برداری اقدام به مصرف مواد افزودنی نمود: این شرایط شامل قابلیت خردایش و دمای کلینکر ورودی، میزان گچ، کالیبراسیون شنک های خوراک، صحت و دقت تزریق (پمپ های مصرفی)، مکش های خروجی آسیاب، میزان آب مصرفی جهت خنک سازی سیمان، مناسب بودن شارژ اطاقچه ها، سرعت آسیاب، نوع و تنظیمات سپراتور، صحت عملکرد تجهیزات غبارگیر و مسیرهای ترانسپورت (پارچه ایراسلاید، میزان هوادهی و...) است.

به منظور از بین بردن تناقضات در ارزیابی واقعی کمک سایشها، وجود تکنیک ها و آزمایشهای استاندارد، لازم و ضروری به نظر می رسد و در این آزمایشات (سیستم تر و خشک) کنترل، مونیتورینگ و اندازه گیری پارامترهای مهم و خصوصیات هم کنشگرانه صنعتی از قبیل PH ، مقاومت یونی، جذب، کشش سطحی، پتانسیل زتا، تجمع و پراکندگی و رئولوژی پالپ باید در نظر گرفته شود.

در صنایع مختلف به منظور بررسی توجیه فنی و اقتصادی کمک سایشها تمامی عوامل از جمله قیمت محصول تولیدی، هزینه کلی آسیاب در واحد وزن (تن) محصول، شامل هزینه های الکتریسیته، پرسنل، مواد، نگهداری، استهلاک دستگاهها و سرمایه و هزینه مواد کمکی را باید لحاظ نمود.

7- مراجع:

1- H. E.El-Shal," *Grinding aids*", Department of metallurgy and Mineral Processing Engineering, Montana College of Mineral Science and Technology, Butte, Montana.No 5(1988), pp(159-177).

2- J. Kolacz, K.L.Sandvik, "*The effect of grinding aids on fine grinding*", SINTEF-Rock and Mineral Engineering,No 2(1977), pp(251-260).

3- یعقوبی. محسن، حاجی امین شیرازی. حسن، رفیعی. محمود، " بررسی آزمایشگاهی تولید سیمان 425 از سیمان تیپ 2 در آسیای گلوله ای"، ماهنامه احداث صنعت سیمان، آذر 86.

4- رحمانی. فریدون، یعقوبی. محسن، " بررسی تأثیر اسیدهای چرب بر روی مقاومت فشاری بتن و قابلیت خردایش سیمان"، ماهنامه احداث صنعت سیمان، بهمن 87.

5- نعمت اللهی، حسین. "کانه آرایی(جلد دوم)", انتشارات دانشگاه تهران, بهار 1381.

6-W.Rechenberg, "*The behaviour of grinding aids in cement grinding*", Research Institute of the cement industry, dusseldorf, ZKG, NO 10/86, (PP.577-580).

7- بکاییان، منوچهر. " هند بوک مهندسی سیمان، مواد نسوز و مصالح ساختمانی", انتشارات مرکز آموزش نیروی انسانی مجتمع صنعتی سیمان آبیگ. جلد اول, تابستان 76.

8- یعقوبی. محسن، رحمانی. فریدون، " تأثیر کمک سایشها بر فرایند خردایش در صنایع سیمان، آهک و سرامیک " ، فصلنامه الماس(اولین نشریه تخصصی چینی، کاشی و سرامیک)، زمستان 88.