

## ضرورت کاربرد آسیاهای غلتکی فشار بالا (رولرپرس) در صنعت سیمان کشور

محسن یعقوبی<sup>۱</sup>، فریدون رحمانی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد تولید شرکت سیمان اردستان

۲- مدیر تولید شرکت سیمان اردستان

### چکیده:

دستاورد دو دهه اخیر در زمینه بازدهی مدارهای خردایش می‌تواند تاثیر زیادی بر هزینه عملیاتی کارخانه داشته باشد و باعث حفظ منابع انرژی گردد. این دستاوردها در زمینه‌های بهینه‌سازی تجهیزات قدیم و ورود تجهیزات جدید بوده است. هزینه تولید و ملاحظات زیست محیطی بر کاهش انرژی مصرفی و توسعه ماشینهای دارای بازدهی بالا، برای خردایش و طبقه بندی تاکید دارند. بیشترین مقدار انرژی مصرفی در خط تولید سیمان مربوط به مرحله سایش نهایی آسیاهای سیمان بوده است. یکی از مهمترین تجهیزات مورد استفاده، ورود آسیاهای غلتکی فشار بالا (HPGR<sup>۱</sup>) در طرح توسعه کارخانجات سیمان ایران است که در مدارهای خردایش به ۵ حالت مختلف به عنوان *pre grinding - semigrinding - finishgrinding* قابلیت استفاده داشته است. نتایج حاصل از تحقیقات در یکی از کارخانجات سیمان کشور نشان داده بود که افزایش ظرفیت آسیای گلوله ای به میزان  $120 \frac{t}{h}$  به دلایل کاهش  $d_{80}$  از  $33.5 \text{ mm}$  به  $7.22 \text{ mm}$ ، کاهش اندیس باندا کلینکر (Bond work index) از  $15 \text{ Kwh/ton}$  به  $8.6 \text{ Kwh/ton}$ ، کاهش سایز بزرگترین گلوله  $B_{MAX}$  (و در نتیجه ریزتر شدن شارژ آسیای گلوله ای) به  $20 \text{ mm}$ ، افزایش سطح مخصوص گلوله ها (surface area) به میزان  $38.3\%$  و کاهش زمان ماند مواد (retention time) رخ داده است. صرفه جویی در مصرف انرژی، گلوله، افزایش تولید سیمان به میزان  $150\%$  و رونق بازار صادرات از دستاوردهای مهم بکارگیری این تجهیزات در صنعت سیمان به شمار رفته است.

کلمات کلیدی: رولرپرس (HPGR)، آسیای سیمان، انرژی الکتریکی، شارژ

1 - HPGR = High pressure grinding rolls

## ۱- مقدمه

خردایش فرایندی انرژی بر بوده به طوریکه در حدود ۳ تا ۴ درصد از کل انرژی جهانی را به خود اختصاص داده است و شامل ۷۰٪ انرژی مورد نیاز در کارخانه های سیمان است. با در نظر گرفتن این فاکتورها دستیابی به یک خردایش کارا، با در نظر گرفتن نگهداری منابع انرژی، اثر بزرگی بر روی هزینه های عملیاتی می تواند داشته باشد [۱].

به طور کلی دیدگاه های مهمی که در بحث مدیریت انرژی در آسیاهای سیمان می بایست مد نظر قرار گیرد عبارت است از:

الف- استفاده موثر از مصرف انرژی

ب- استفاده از مواد ثانویه (افزودنی)

که در آن استفاده موثر از مصرف انرژی خود شامل موارد ذیل می باشد که توضیح داده می شود:

• بهینه سازی واحد های عملیاتی

• استفاده از تکنولوژی جدید

• تنظیم کارکرد تجهیزات برای استفاده بهینه از انرژی الکتریکی [۲].

هدف از این تحقیق معرفی یکی از تکنولوژیهای جدید در صنعت سیمان است که می تواند قابلیت کاربرد در مدارهای خردایش کارخانجات سیمان کشورمان را داشته باشد.

Schonert (1979) نشان داده است بیشترین روش کارای انرژی ذرات تحت خردایش این است که آنها بین دو صفحه تحت فشار قرار بگیرند. فشردن بستر ذره بین دو غلتک چرخشی با اختراع آسیابهای غلتکی فشار بالا

(HPGR) توسط Knobloch, schonert در سال ۱۹۸۴ محقق شد [۳].

در طی سالهای اخیر سیستم های سایش متعددی برای خردایش کلینکر با مدارهای گوناگون طراحی شده است که ترکیبی از آسیابهای گلوله ای با سنگ شکنهای چکشی، رولر پرس ها و آسیابهای غلطکی هستند و با هدف انجام خردایش اولیه قبل از آسیای گلوله ای بکار گرفته می شوند.

## ۲- استفاده از تکنولوژی خردایش مدرن و معمولی

هر چند در حال حاضر، رولر پرس ها برای خردایش مواد نرمی نظیر سنگ و زغال بکار گرفته می شود و اصولاً آسیابهای گلوله ای برای خردایش کلینکر ترجیح داده می شود. اما بررسیهای اخیر ثابت کرد که آسیابهای رولر پرس تجربه قابل قبول و موفقیت آمیزی را در ارتباط با خردایش سیمان داشته است.

این آسیابها توانائی تولید سیمان با مقاومت بالاتر و بلین بالاتر و همچنین صرفه جوئی انرژی به میزان ۳۰٪ را در مقایسه با آسیابهای گلوله ای دارند.

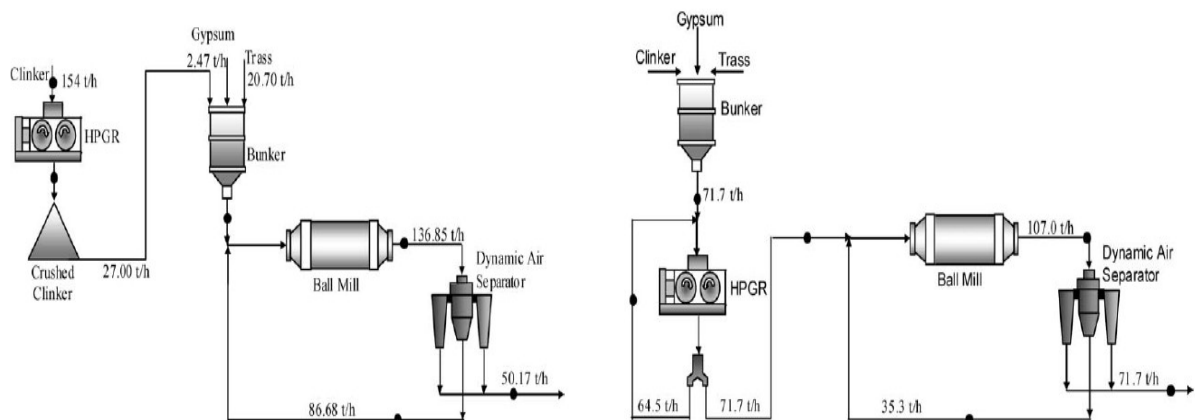
بطور کلی سیمان های تولیدی از طریق آسیابهای غلطکی به دو علت نسبت به سیمان های تولیدی از طریق آسیابهای گلوله ای تفاوت دارد:

(۱) توزیع دانه بندی سیمان ها تولیدی از طریق این آسیابها به مراتب یکنواخت تر است و این به علت کاهش خردایش بیشتر و همچنین بار سیر کوله بیشتر آن می باشد.

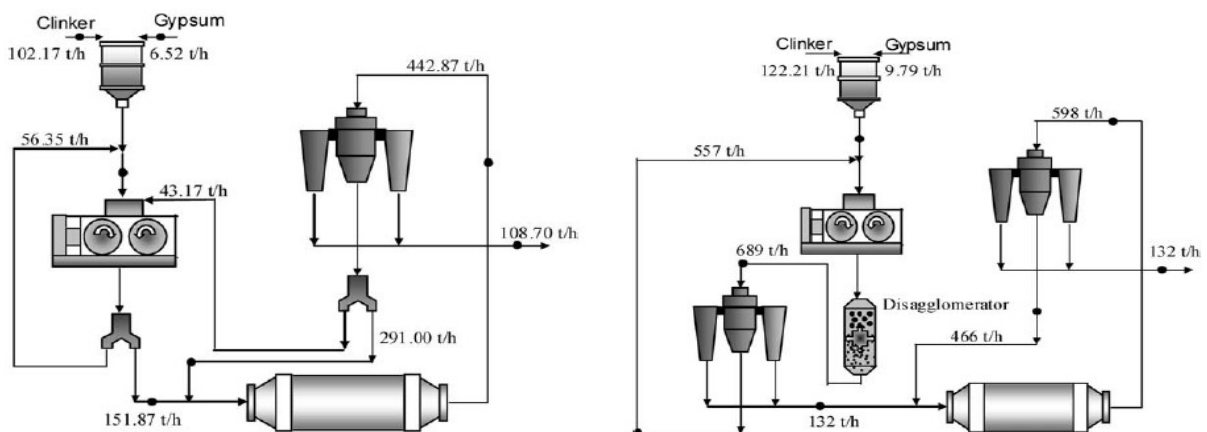
(۲) گچ اضافه شده به سیمان به اندازه ای که این ماده در آسیابهای گلوله ای (هیدراته می شود) مورد هیدراتاسیون واقع نمی گردد و این به علت عدم افزایش دما در آسیابهای غلطکی به اندازه آسیابهای گلوله ای است.

در رولر پرس ها ترکیبی از نیروهای فشاری و برشی بکار گرفته شده و بدین ترتیب انرژی الکتریکی ویژه کاهش می یابد. لیکن، در سایش کلینکر با این نوع آسیابها، میزان سایش غلطکها و آسترها بعنوان یک مسئله مطرح است. در

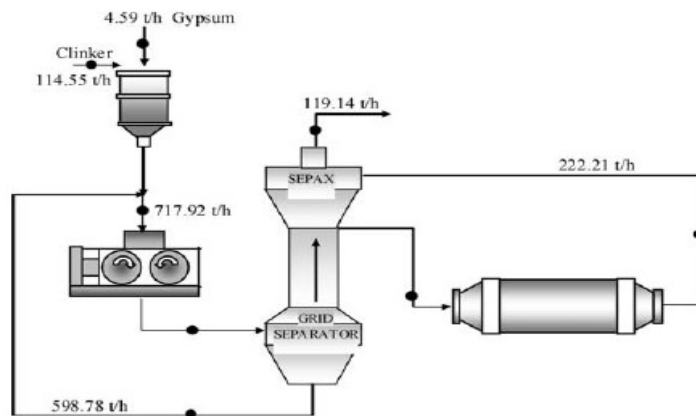
حال حاضر ادعا می‌شود که آلیاژهای فولادی با مقدار کروم بالا همراه با عملیات حرارتی ویژه، قادر به ارائه عمر مفید به میزان ۲۰۰۰۰ ساعت هستند که این مقدار نه تنها در مورد قطعات نو صادقند بلکه در صورت بازسازی سطوح ساییده شده نیز چنین زمانی از عمر مفید حاصل می‌گردد. رولر پرس ها به عنوان آسیاهای مستقل سیمان نیز مورد استفاده قرار گرفته و صرفه‌جویی حاصل در مصرف انرژی در حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی در آسیاهای گلوله‌ای بوده است [۲]. رولرپرس‌ها (HPGR) با موفقیت جهت خردایش اولیه با آرایش‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین، رولرپرس‌ها بطور مستقل و به تنهایی به عنوان آسیاهای سیمان بکار گرفته شده‌اند. بسیاری از رولرپرس‌های اولیه تاوان مشکلات مربوط به عیوب سطح غلطک‌ها و یاتاقان‌ها را پرداخت کرده‌اند، لیکن بتدریج با کاهش فشار، افزایش اندازه غلطک‌ها و بهبود در متالورژی قطعات، کارایی رضایت بخش فراهم شده است. محصول رولرپرس‌ها بصورت کیک نرم و ریز است که در سیستم مدار باز مستقیماً به آسیای گلوله‌ای تغذیه می‌شود و در صورت ضرورت ارسال آن به سپراتور، باید از دستگاه پخش کننده ذرات عبور داده شود. در سپراتورهای معمولی میزان سایش بالاتری در صورت تغذیه محصول رولرپرس‌ها به سپراتور مشاهده شده است که این مسئله به توزیع دانه‌بندی و شکل ذرات کلینکر تولید شده توسط رولرپرس‌ها نسبت داده می‌شود. نوعی از سپراتور که با نام "سپراتور V" معرفی شده است بطور همزمان وظیفه باز کردن کیک متراکم مواد خروجی از رولرپرس و جداسازی ذرات ریز و درشت از یکدیگر را انجام داده و دارای ساختار ثابت (بدون قطعات متحرک) بشکل پله است، ریزش مرحله‌ای و آبشاری مواد بر روی پله‌ها و عبور همزمان از میان جریان هوای موجود، اساس عملکرد این گونه سپراتورهاست که به دلیل شباهت ساختمان آنها به حرف V به سپراتور V معروف شده‌اند [۴]. آرایه‌های مختلف کاربرد رولرپرس‌ها در شکل‌های ذیل نشان داده شده است.



شکل (۱) و (۲) - HPGR مدار باز، آسیای گلوله‌ای مدار بسته - HPGR مدار باز با بازیابی جزئی، آسیای گلوله‌ای مدار بسته [۳]



شکل (۳) و (۴) - خردایش هیبریدی - HPGR مدار بسته، آسیای گلوله‌ای مدار بسته [۳]

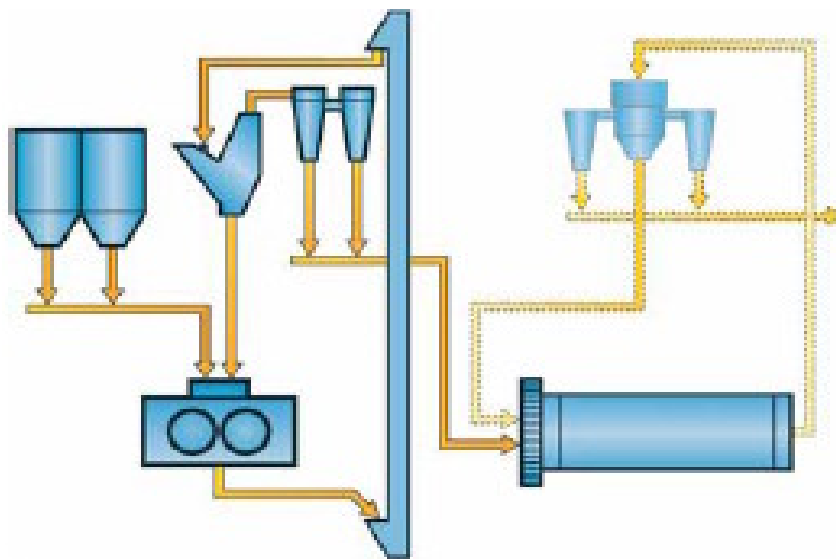


شکل (۵) - مدار خردایش نیمه پایانی [۳]

در صورت بکار گرفتن سیستم های خردایش اولیه، کل انرژی مصرفی در حدود ۲۰ درصد کاهش می یابد.

### ۳) تحلیل کاربردی استفاده از HPGR در یکی از کارخانجات سیمان کشور

در یکی از کارخانجات سیمان کشور از HPGR به عنوان آسیای گلوله ای در مدار بسته استفاده شده است. مدار خردایش این کارخانه در ابتدا یک آسیای سیمان ۱۰۰ تنی بوده که در مدار باز مورد استفاده قرار می گرفته است. بدین ترتیب که خروجی آسیای سیمان محصول نهایی سیستم را تشکیل داده است. جهت افزایش ظرفیت و کاهش مصرف انرژی در مدار این دپارتمان از یک HPGR، سپراتور دینامیکی Statopol، سپراتور Sepol استفاده شده است. مدار مورد نظر در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل (۶) - تمایی از مدار خردایش متشکل از HPGR، سپراتور دینامیکی Statopol، آسیای گلوله ای سیمان و سپراتور Sepol در

ایران [۵]

مهمترین خصوصیات به کارگیری این مدار در صنعت سیمان عبارتست از:

- ۱- امکان افزایش ظرفیت به میزان ۱۵۰٪ نسبت به آسیای گلوله ای تنها
- ۲- امکان تولید محصول میانی با بلین  $1800 - 3500 \text{ cm}^2/\text{g}$  و توزیع دانه بندی باریکتر
- ۳- امکان صرفه جویی بیشتر در مصرف انرژی با کاهش وزن شارژ آسیای گلوله ای
- ۴- قابلیت انعطاف بالا برای تولید انواع سیمان

به منظور تحلیل نتایج کاربردی، اخذ پارامترهای توسط نمونه گیری از خط خردایش مورد نیاز است: جدول (۱) - پارامترهای مورد نیاز جهت تحلیل و مقایسه *HPGR* و *Cement mill*

مقدار	پارامتر
33.5 mm	$d_{80}$ ورودی به <i>HPGR</i> (mm)
7.22 mm	$d_{80}$ خروجی از <i>HPGR</i> (mm)
3.7 mm	$d_{80}$ آسیای گلوله ای (زبره <i>sepol</i> + نرمه <i>Statopol</i> )
15 Kwh/t	$W_I$ کلینکر ورودی به <i>HPGR</i>
8.6 kwh/t	$W_I$ خروجی از <i>HPGR</i>
2.9 kwh/t	$W_I$ آسیای گلوله ای
74.36 %	$C_S$ (درصد سرعت آسیا به سرعت بحرانی)
4.4 m	$D_{mill}$
3.15 gr/cm <sup>3</sup>	$S_{clinc ker}$

که :

$$W_I = \frac{11.76 / (P^{0.23}) (G_{bp}^{0.75})}{\left( \frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right)}$$

$d_{80}$  : دهانه سرندی است که 80% خوراک از آن عبور می کند.  
 $W_I$  : اندیس باند کلینکر که در آزمایش آسیای گلوله ای باند طبق فرمول زیر به دست می آید:

$C_S$  : با توجه به اینکه قطر آسیا ۴/۴ متر است ابتدا لازم است تا با استفاده از رابطه زیر سرعت بحرانی آسیا را محاسبه کنیم و با توجه به اینکه سرعت دورانی آسیا 15.1 rpm است، مقدار پارامتر بر حسب درصد محاسبه می شود.

$$N_C = \frac{42.3}{\sqrt{D}} = \frac{42.3}{\sqrt{4.4}} = 20.17 \text{ rpm} \Rightarrow C_S = \frac{15.1}{20.17} \times 100 = 74.36 \%$$

۳-۱- نتایج کاربردی

۳-۱-۱- تغییر شارژ

شارژ اولیه آسیای سیمان مدار باز 237 ton با اندازه بزرگترین گلوله 90 mm در اطاقچه اول است. سطح مخصوص گلوله های آسیا قبل از نصب *HPGR* معادل با 6553.8 m<sup>2</sup> است.

الگوی اولیه شارژ مورد استفاده در آسیای سیمان مدار باز در جدول (۲) ارائه شده است:

جدول (۲) - شارژ آسیای سیمان قبل از نصب HPGR

اطاقچه دوم							اطاقچه اول					
16	18	20	25	30	40	50	60	60	70	80	90	سایز (mm)
14.8	14.8	7.4	7.4	11.4	7.4	7.4	3.8	10.13	4	7.6	4	مقدار (%)
35	35	17.5	17.5	27	17.5	17.5	9	24	9.5	18	9.5	تناژ (ton)
											تناژ کل (ton)	237 ton

از آنجا که مهمترین آیتم برای تغییر شارژ در آسیای سیمان تعیین سایز بزرگترین گلوله به کار رفته در اطاقچه اول است، این پارامتر، خود به عواملی نظیر  $d_{80}$  ورودی،  $W_I$  خوراک، درصد سرعت آسیا به سرعت بحرانی ( $C_s$ )، قطر آسیا و دانسیته کلینکر ( $S$ ) وابسته است که بعد از نصب HPGR در سیستم خردایش سیمان  $d_{80}$  و  $W_I$  خوراک ورودی کاهش داشته است، نتیجتاً سایز بزرگترین گلوله کاهش و بالتبع شارژ جدید آسیای سیمان نیز تغییر خواهد کرد. تعیین  $d_{80}$  با به کار بردن سربهای سردی و اندیس کار کار توسط آسیای گلوله ای باند در آزمایشگاه تعیین شد. بر این اساس روابط مختلفی برای تعیین سایز بزرگترین گلوله ارائه شده است که تعدادی از آنها به صورت زیر است [۵]:

$$B = K \sqrt{F} \sqrt[3]{\frac{SW_I}{C_s \sqrt{D}}} \quad (3-1-1-3) \text{ رابطه اول باند (Bond)}$$

$$B = 20.17 \sqrt{\frac{F}{K}} \sqrt[3]{\frac{W_I S}{C_s \sqrt{D}}} \quad (3-1-1-3) \text{ رابطه دوم باند}$$

$$B = \sqrt{\frac{FW_I}{KC_s}} \sqrt{\frac{S}{\sqrt{D}}} \quad (3-1-1-3) \text{ رابطه سوم باند (تجربی)}$$

محاسبات انجام گرفته نشان داد که اندازه بزرگترین گلوله در آسیای سیمان معادل 20 mm است. بر اساس یکی از روابط فوق، سایز گلوله به کار رفته در آسیای سیمان به

$$B = 20.17 \times \sqrt{\frac{3706}{335}} \times \sqrt[3]{\frac{2.9 \times 3.15}{74.36 \times \sqrt{4.4}}} \cong 20 \text{ mm}$$

شکل ذیل است:

بر این اساس شارژ جدید آسیای سیمان مطابق جدول (۳) از طرف شرکت سازنده پیشنهاد شده است.

جدول (۳) - شارژ جدید آسیای سیمان بعد از نصب HPGR

	سایز گلوله (mm)	مقدار (%)	وزن شارژ (ton)
اطاقچه اول	20	11.01	25
	17	20.26	46
اطاقچه دوم	17	40.53	92
	15	28.19	64
تناژ کل			227 ton

از آنجا که تناژ ورودی به آسیای سیمان  $400 \frac{t}{h}$  است، طبق رابطه  $\tau = \frac{V}{Q}$  زمان ماند مواد در آسیای گلوله ای کاهش می یابد، بنابراین سطح مخصوص گلوله ها باید به مقداری باشد که مواد خروجی آسیا و نرمه سپراتور *Sepol*، بلین سیمان تیپ ۲  $(2800 \frac{cm^2}{g})$  را تامین کنند.

این خاصیت را می توان به افزایش سطح مخصوص گلوله ها *Surface area* نسبت داد، این پارامتر بعد از نصب *HPGR* به  $10624.1 m^2$  افزایش می یابد. این پارامتر در حالی افزایش می یابد که تناژ کلی شارژ  $237 ton$  تغییر آنچنانی نکرده است، البته اختلاف ۱۰ تن، یکی دیگر از مزیت های موجود است که امکان صرفه جویی بیشتر در مصرف انرژی را فراهم می سازد. میزان افزایش سطح مخصوص نسبت به حالت اولیه معادل با 38.3% است. البته لازم به ذکر است که از لحاظ فرایندی، فقط شارژ را تغییر داده و طول اطاقچه ها و نوع لاینرها (لیفتینگ در اطاقچه اول و کلاسیفاینگ در اطاقچه دوم) بدون تغییر مانده است. به منظور استفاده بهینه از *HPGR*، کلیه پارامترهای فرایندی پایین دستی اعم از طول اطاقچه های آسیای گلوله ای، نوع لاینرها، حد جدایش سپراتورها ( $d_{50}$ ) و ... بایستی بهینه گردد. از آنجا که بلین مواد ورودی به آسیای سیمان  $1500 - 1600 \frac{cm^2}{g}$  است، لذا پیشنهاد می گردد که دیافراگم و لاینرهای لیفتینگ را برداشته و کل آسیا مجهز به لاینر کلاسیفاینگ باشد. عیب عمده مدارهای ترکیبی آسیای سیمان و *HPGR* زمانی بروز می دهد که به هر دلیل برای مدت زمانی *HPGR* در مدار نباشد. در این حالت شارژ ریخته شده با  $B_{MAX} = 20mm$  جوابگوی  $d_{80} = 33.5mm$  و  $W_t = 15 \frac{kwh}{t}$  نیست.

#### ۴- مقایسه دپارتمان آسیای سیمان قبل و بعد از نصب *HPGR*

در اینجا مقایسه بین دو روش تولید از دو مقوله قابل بحث و بررسی می باشد.

۴-۱- صرفه جویی انرژی

در این مورد  $\frac{kwh}{ton}$  سیمان تولیدی در روش *combination* و پروسه آسیای سیمان مدار باز محاسبه می شوند.

الف) محاسبه  $\frac{kwh}{ton}$  (انرژی مصرفی ویژه) در روش آسیای سیمان مدار باز:

این آمار در جدول (۴) ارائه شده است، ظرفیت میانگین بر مبنای بلین  $2836 \frac{cm^2}{g}$  و تولید ساعتی بر مبنای بلین  $3000 \frac{cm^2}{gr}$  در نظر گرفته شده است.

جدول (۴)- آمار تولید و انرژی مصرفی در *cemenet mill – open circuit*

انرژی مصرفی (میانگین)	ظرفیت (میانگین)	ضریب تبدیل تولید ساعتی	تولید ساعتی (میانگین)	انرژی مصرفی ویژه
2698 Kwh	$98.2 \frac{t}{h}$	0.92	$0.92 \times 98.2 = 90.4$	$32.8 \frac{Kwh}{t}$

با استفاده از محاسبات بالا انرژی مصرفی برای تولید یک تن سیمان در آسیای سیمان مدار باز  $32.8 \frac{Kwh}{ton}$  تعیین می شود (با بلین  $3000 \frac{cm^2}{gr}$ ).

ب) محاسبه  $\frac{Kwh}{ton}$  (انرژی مصرفی ویژه) در روش *combination* (همراه با رولپرس):

این آمار در جدول (۵) ارائه شده است. توضیح اینکه برای مقایسه دو روش ضریب تولید ۶ ماهه سیمان بر مبنای بلین  $3000 \frac{cm^2}{gr}$  جهت مقایسه با آسیای سیمان مدار باز 1.129 در نظر گرفته شده است.

جدول (۵) - آمار تولید و انرژی مصرفی در *cement mill + HPGR*

سیمان تولیدی	انرژی مصرفی	ضریب تبدیل	تولید ۶ ماهه	انرژی مصرفی ویژه
617334 ton	18281714 Kwh	1.129	697434 ton	26.2 Kwh

بنابراین برای تولید یک تن سیمان با بلین 3000 در روش ترکیبی آسیا و رولپررس 26.2 Kwh انرژی لازم است یعنی در مقایسه با روش آسیای سیمان مدار باز 6.6 Kwh به ازای هر تن سیمان صرفه جویی می شود و این صرفه جویی در یک سال برابر با 6.600.000 Kwh می باشد. البته باید ذکر شود که مصرف ویژه انرژی در آسیا همراه با رولپررس از 26.2 به 23 قابل کاهش می باشد که در این حالت رقم فوق به 9.600.000 Kwh صرفه جویی انرژی افزایش می یابد. با فرض تولید ۵۰ میلیون تن سیمان در سال و هزینه هر کیلو وات برق (معادل ۱۵۰ ریال) میزان صرفه جویی در مصرف برق به صورت ذیل محاسبه می شود:

$$Saving\ energy(Rls) = 50 \times 1000000 \times 9.6 \times 150 = 7.2 \times 10^{10} Rls$$

#### ۲-۴- صرفه جویی در مصرف گلوله

در این قسمت با توجه به انجام پروسه خردایش و سایش در آسیای سیمان مدار باز و نیز متفاوت بودن سایز گلوله ها با روش آسیا و رولپررس *combination*، عملاً سایش در آسیای بدون رولپررس ( آسیای مدار باز ) بیشتر بوده است. در آسیای بدون رولپررس مقدار گلوله ها به اندازه 237 تن و از سایز 90mm تا 17mm متغیر است.

ولی در آسیای همراه با رولپررس شارژ گلوله ها فقط با گلوله های 15mm و 17mm ، 20mm انجام می شود. مقدار تناژ شارژ شده در هر دور روش تقریباً هم اندازه می باشد. با استفاده از نمونه برداریهای انجام شده از آسیای سیمان بدون رولپررس، مقدار سایش گلوله ها حدود  $30\ gr/ton$  سیمان بوده، حال آنکه در آسیای رولپررس دار، این عدد به حدود  $15\ gr/ton$  کاهش یافته است [۶].

در آسیا های گلوله ای سیمان مقدار کروم که در قیمت گلوله موثر است، در اطاقچه اول (17%) از اطاقچه دوم (12%) بیشتر است. از آنجا که استفاده از رولپررس استفاده از گلوله های با سایز درشت را در آسیای سیمان حذف می کند، این مورد خود در قیمت نهایی گلوله برای کارخانجات سیمان موثر است. با فرض قیمت هر کیلو گرم گلوله (۲۴۰۰ تومان) و تولید ۵۰ میلیون تن سیمان در سال میزان صرفه جویی در مصرف گلوله به صورت ذیل است:

$$Saving\ cost\ on\ balls(Rls) = 50 \times 1000000 \times 0.015 \times 24000 = 1.8 \times 10^{10} Rls$$

#### ۵- افزایش تولید سیمان و رونق بازار صادرات

شرکتهای سازنده *HPGR* ادعا می کنند که با تجهیز مدارهای خردایش کارخانجات سیمان، میزان تولید محصول تا 150% افزایش خواهد یافت. با این فرض که میزان تولید سیمان در سال معادل با ۵۰ میلیون تن باشد، در سال به میزان ۱۰۰ میلیون تن قابلیت تولید سیمان خواهیم داشت که با نگرش اصولی دست اندر کاران صنعت سیمان، می توان با وارد کردن کلینکر و صادرات آن هم ارزش افزوده این محصول را افزایش داد و هم آینده کارخانجات سیمان تا سالیان سال تضمین می شود. امید است که کارفرمایان عزیز با توسل به دانش نوین روز و استفاده از نیروهای متخصص و کارآمد، گامی در جهت جلوگیری از چالش این صنعت بردارند.



## ۶- نتیجه گیری

- ۱- عوامل اساسی افزایش ظرفیت، کاهش قابلیت خردایش کلینکر، زمان ماند مواد،  $d_{80}$  ورودی به آسیاهای سیمان و افزایش سطح مخصوص گلوله ها (شارژ ریزتر) است.
- ۲- با کاهش زمان ماند مواد در آسیای سیمان، عامل اصلی تامین کننده بلین سیمان تولیدی ( $3000 \text{ cm}^2/\text{gr}$ ) افزایش سطح مخصوص گلوله ها به میزان 38.3% است.
- ۳- با تحلیل منابع انرژی در کشور استفاده از HPGR در مدارهای آسیاهای سیمان در بهینه سازی مصرف انرژی تا میزان 20% می تواند مفید و موثر واقع شود.
- ۴- برای به کارگیری این تجهیزات مدرن در صنعت سیمان کشور برای افزایش تولید و *Saving energy* آموزش پرسنل مجرب اعم از بهره بردار، مکانیک، برق و تعمیر و نگهداری لازم به نظر می رسد.
- ۵- صرفه جویی در مصرف انرژی، افزایش تولید تا 150%، کاهش قیمت تمام شده گلوله از مهمترین دستاوردهای به کارگیری HPGR در مدارهای خردایش کارخانجات سیمان به شمار می رود.

فهرست منابع و مراجع

1-Deniz, V. The effect of mill speed on kinetic breakage parameter of clinker and limestone. Cement and Concrete Research. No 34(2004). pp(1365-1371).

۲- گزارش نهایی ممیزی انرژی یکی از کارخانجات سیمان ایران، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور

3- Aydogan, N.A & Ergun, L& Benzer, H. High pressure grinding rolls(HPGR) applications in cement industry. Mineral Engineering. No 19(2006). pp(130-139).

۴- بهرامی، عطاءالله و همکاران، " بررسی پارامترهای کاهش انرژی مصرفی در آسیاهای خردایش کلینکر سیمان"،  
موسسه تحقیقات و کاربرد مواد معدنی ایران

۵- بکاییان، منوچهر. " هند بوک مهندسی سیمان، مواد نسوز و مصالح ساختمانی"، انتشارات مرکز آموزش نیروی انسانی مجتمع صنعتی سیمان آبیگ. جلد اول، تابستان ۷۶.

۶- نظری، جواد، معرفی رولر پرس، ماهنامه صنعت سیمان، شرکت احداث صنعت

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.