تاثيرسرعت آسيا بر روي پارامترهاي شكست سينيتيكي كلينكر و سنگ آهك

تدوين و گرد آوري: مهندس فريدون رحماني (شركت سيمان ياسوج)

مهندس محسن يعقوبي (شركت سيمان اردستان)

چكيده:

در اين مقاله تاثير سرعت آسيا بر روي نمونه هاي كلينكر و سنگ آهک در كارخانه سيمان Goltas بر اساس مدل هاي سينيتيكي در شرايط خردايش ناپيوسته(آزمايشگاهي) مورد تحقيق و بررسي قرار گرفته است. به اين منظور، در ابتدا، ۶ بخش(قسمت) مختلف از ذرات، بين سايزهاي ۰,۸۵ و ۰,۱۰۶ ميليمتر با دو سري سرندي(يک سري براي كلينكر و سري ديگر براي سنگ آهک) آماده شده است. سپس معادلات S_j و B_{ij} براي توزيعات ابعادي مواد در زمانهاي مختلف خردايش نوشته شده و پارامترهاي مدل $(S_i, a_T, \alpha, \gamma, \varphi_J)$ براي ۵ سرعت مختلف آسيا با هم مقايسه شده است .اين سرعتها به صورت كسري از سرعت بحراني(۵۵%، ۶۵%، ۷۵%، ۸۵% و ۹۵%) در نظر گرفته شده است.(سرعت بحراني در آسياهاي گلوله اي از فرمول $N_C = \frac{42.3}{\sqrt{D_{mill}}}$ به دست مي آيد.)

تاثير كسر سرعت بحراني آسيا (φ_C) در آزمايشات خردايش، براي تعيين پارامتر مدل (a_T) براي دونمونه مختلف متفاوت است. در اين آزمايشات، معادلات

$a_T = 0.0344\exp(0.00301\varphi_c)$ براي كلينكر

و $a_T = 0.0225\exp(0.06183\varphi_c)$ براي سنگ آهک به دست آمده است. مطالعات آشكار ساخت كه خردايش بهينه آزمايشگاهي در $\phi_c = 85\%$ سرعت بحراني اتفاق مي افتد، در حالي كه سرعت آسيا در كارخانجات سيمان ، ۷۰% سرعت بحراني در نظر گرفته مي شود.

كلمات كليدي: خردايش، كلينكر، سنگ آهک ، تابع شكست، تابع انتخاب

تابع شکست(*Breakage function*):

تابع شکست بیانگر نحوه توزیع دانه بندي يك طبقه اندازه، ذرات ماده معدني پس از يك مرتبه خردايش است و با $B_{i,j}$ و $b_{i,j}$ نمايش داده مي‌شوند. B_{ij} يعني كسري از ذرات طبقه ابعادي j كه پس از خرد شدن به طبقه ابعادي ريزتر i مي‌رسند. $b_{i,j}$ يعني كسري از طبقه j كه پس از خرد شدن در طبقه i قرار مي‌گيرند. با اين تعاريف مي‌توان نوشت:

$$b_{ij} = B_{i-1,j} - B_{i,j}$$

تابع انتخاب(*Selection function*):

نرخ شكست[1] S_i بيان كننده آهنگ ناپديد شدن ماده معدني از يك طبقه اندازه در اثر خردايش است و واحد آن عكس زمان مي‌باشد ($\frac{1}{\min}$). تابع انتخاب يا نرخ شكست براي يك كانه عدد ثابتي نيست و به شرايط خردايش و روش سايش، قطر آسيا، تركيب گلوله، رئولوژي پالپ، زمان سايش ، اندازه ذرات كانه و غيره بستگي دارد. براي محاسبه تابع انتخاب بايد دانه‌بندي خوراك ورودي آسيا، دانه بندي محصول آسيا، تابع شكست ماده معدني و توزيع زمان ماند در وسيله خرد كننده موجود باشد.

.

۱- مقدمه

خردايش در صنايع سيمان و فراوري مواد معدني، فرايندي انرژي بر بوده به طوريكه در حدود ۳ تا ۴ درصد از كل انرژي جهاني را به خود اختصاص داده است. اين انرژي شامل ۷۰% انرژي مورد نياز در كارخانه هاي سيمان است. با در نظر گرفتن اين فاكتورها، دستيابي به يک خردايش كارا، با در نظر گرفتن نگهداري منابع انرژي، اثر هنگفتي بر روي هزينه هاي عملياتي مي تواند داشته باشد. در طول دو دهه اخير در زمينه كارايي خردايش، نه به دليل توسعه ماشين آلات جديد كه استفاه از انرژي را بهبود مي بخشند(اخيرا در صنعت سيمان HPGR ، Horomill و Bmill ها در مدارهاي خردايش آسياي سيمان و مواد خام به كار گرفته شده است.)، بلكه به دليل طراحي و شبيه سازي بهينه مدارهاي خردايش و متغيرهاي عملياتي كه قادرند استفاده از انرژي را بهبود بخشند، پيشرفتهاي قابل ملاحظه اي صورت گرفته است.

در طراحي مدارهاي خردايش در كارخانجات سيمان، معمولا روش باند براي تعيين ارزيابي عملكرد و تعيين انرژي مورد نياز و اندازه آسيا، مورد استفاده قرار گرفته است. اين روش، روشي پيچيده بوده و زمان

[1] Breakage Rate

زيادي را صرف مي كند. به علاوه به خطاهاي عملي نيز بسيار حساس است. به همين منظور روش هاي مختلفي توسط محققين به عنوان راهكار براي روش باند پيشنهاد شده است.

در سالهاي اخير مدلهاي ماتريكس و سينيتيک كه توسط محققين ارائه شده، در آزمايشگاهها و مناطق صنعتي مورد استفاده قرار گرفته است. مدل سينيتيكي كه به عنوان يک گزينه اميد بخش مطرح بود، خردايش را به صورت فرايندي پيوسته كه در آن نرخ شكست اندازه ذرات، متناسب با جرم موجود در آن ذره است، توصيف مي كند. آناليزهاي كاهش ابعادي در آسياهاي گلوله اي با استفاده از مفاهيم نرخ ويژه شكست(تابع انتخاب) و توزيع شكست اوليه در سالهاي گذشته بسيار مورد توجه قرار گرفته اند. بررسي برخي از مزاياي اين تكنيک كه توسط Austin و همكارانش بررسي شد، در اين مقاله ذكر گرديده است. ايشان پس از بررسي اطلاعات آزمايشگاهي آنها را در آسياهاي بزرگ مقياس مدل كرده است.

استفاده از سيمانهاي پرتلند آهكي از جنبه هاي فني و اقتصادي مزاياي زيادي دارد. استاندارد اروپايي prEN197-1 دو نوع سيمان پرتلند آهكي(PKZ) را معرفي كرده كه يكي شامل ۲۰-۶٪ سنگ آهک و ديگري شامل ۳۵-۲۱٪ است. انتظار مي رود كه در آينده، توليد جهاني و استفاده از اين سيمانها افزايش يابد. اين مواد(مواد تشكيل دهنده سيمان PKZ شامل كلينكر و سنگ آهک) قابليت خردايش مختلفي دارند و توزيع ابعادي هر جزئ محصول بر روي هيدراتاسيون و در نهايت عملكرد سيمان تاثير خواهد گذاشت.

مطالعات مختلف آزمايشگاهي، كارهاي نيمه صنعتي و گزارشات كارخانه ها نشان داد كه سرعت آسيا به عنوان يک متغير عملياتي، در دانه بندي محصول خروجي(در صنعت سيمان d_{80} ، بلين ، ذرات ۳ تا ۳۰ ميكرون به عنوان شاخصهاي دانه بندي محسوب مي شوند.)ودر نهايت بر روي كارايي خردايش موثراست.

در روشهاي مشابه نرخهاي ويژه شكست نرمال با تغيير سرعت آسيا تغيير مي كند. در هر حال، ماكزيمم توان در فراكسيونهاي مختلفي از سرعت بحراني، از يک آسيا به آسياي ديگر تفاوت خواهد كرد كه دليل اين تفاوت به عواملي مانند قطر آسيا، نوع ليفتر، نسبت قطر گلوله به آسيا و شرايط پر شوندگي گلوله و مواد بستگي دارد. اين مقدار ماكزيمم(ماكزيمم توان)، معمولا در دامنه ۸۵-۷۰٪ سرعت بحراني موجود است. در دامنه سرعت نزديک به مقدار ماكزيمم، توان مصرفي در نرخهاي ويژه شكست نرمال، با سرعت دوراني تغييرات نسبتا كمي را از خود نشان مي دهد. در اين دامنه تفاوت قابل ملاحظه اي بين مقادير B (تابع شكست) با سرعت آسيا وجود ندارد.

تغيير شرايط خردايش از آبشاري كوچک به آبشاري بزرگ براي كانه دولوميت سبب بالا رفتن نرخ ويژه شكست ابعاد خوراک (S_i) در شرايط كسر حجمي پرشوندگي گلوله (j=0.5) و پرشوندگي (u=1) در

خردايش خشک ناپيوسته شده است(اين شرايط در جدول ۲ ارائه شده است.). براي اين شرايط، با ۸ ميله ليفتر ۰,۲۵ اينچي و پوسته با قطر ۱۰ اينچ، تغييرات در کسر بحراني آسيا در $\varphi_c = 75\%$ سرعت بحراني آسيا اتفاق افتاد. گذشته از اين، تغييرات براي الگوي خردايش آبشاري بزرگ با کاهش S_1 همراه بوده و شايد آبشاري کوچک فعاليت مهم در داخل آسيا براي شرايط مشخص شده است.

Brame &Austin تلاش کردند که تصحيحي جهت پارامتر مدل سينيتيکي a_T در معادله (۱) و يا به منظور نشان دادن تغييرات S براي سرعتهاي بحراني آسيا مشخص کنند :

$$a_T \propto (\varphi_C - 0.1)\{1 + \exp[15.7(\varphi_c - 0.94)]\} \qquad (۱)$$

اين مقاله، مقايسه پارامترهاي شکست نمونه هاي کلينکر و سنگ آهک را با سرعت آسيا در شرايط استاندارد در آسياي گلوله اي آزمايشگاهي کوچک نشان مي دهد در حالي که اين مواد در مقياس صنعتي با سرعتي معادل با ۷۰% سرعت آسيا خردايش مي شوند.

۲- تئوري

هنگامي که شکست به عنوان يک مکانيزم کارا اتفاق مي افتد، شکست هر فراکسيون مواد از سينيتيک مرتبه اول پيروي مي کند. پس نرخ شکستن مواد براي بزرگترين ذره به شکل زير بيان مي شود :

$$\frac{-dw_i}{dt} = S_1 w_1(t) \qquad (۲)$$

با فرض اينکه S_1 مستقل از زمان است(فرايند شکست مرتبه اول)، اين معادله به شکل زير در مي آيد :

$$\log[w_1(t)] - \log[w_1(0)] = -{s_1 t}/{2.3} \qquad (۳)$$

که $w_1(t)$ کسر وزني باقي مانده بر روي سرند در زمان t است. s_1 نرخ ويژه شکست مي باشد و از شيب ${w_1(t)}/{w_1(0)}$ در مقابل زمان در منحني نيمه لگاريتمي به دست مي آيد.

براي تغيير نرخ ويژه شكست با اندازه خوراک رابطه زير توسط Austin و همكاران پيشنهاد شده است :

$$S_i = \alpha_T x_i^{\alpha} \qquad (۴)$$

كه x_i حد بالايي فاصله اندازه (mm) سرند است كه مواد با اندازه مختلف در آن تجمع يافته است كه با انديس i بيان مي شود و a_T و α پارامترهاي مدل هستند كه بستگي به خصوصيات مواد و شرايط خردايش دارند.

در شكست ذرات از يک سايز مشخص يک سري از شكستهاي اوليه را ايجاد مي كند كه در قسمت پودر مخلوط مي شود و اين احتمال وجود دارد كه دوباره شكسته شود. سري اوليه شكست مواد در سايز j مي تواند به شكل b_{ij} بيان شود. b_{ij} كسري از مواد با اندازه j است كه پس از شكسته شدن در طبقه I قرار مي گيرد و $n \geq i > j$ براي راحتي كار اين مقادير را به صورت تجمعي بيان مي كنند :

$$B_{ij} = \sum_{k=n}^{i} b_{kj} \qquad (۵)$$

كه B_{ij} كسر مجموع مواد كوچكتر از اندازه بالايي فاصله اندازه i است كه در نتيجه شكست اوليه مواد در سايز j حاصل مي شود. $b_{ij} = B_{ij} - B_{i+1j}$ ، Austin وهمكاران نشان دادند كه مقادير B_{ij} از آناليز محصول در زمانهاي خردايش كوتاه و عمدتا با سايز j (فراكسيون B_{Π})به دست آيد. معادله مورد استفاده به صورت زير است :

$$B_{ij} = \frac{\log[1 - P_i(0)] / \log[1 - P_i(t)]}{\log[(1 - P_{J+1}(0))] / \log[(1 - P_{j+1}(t))]} \qquad n \leq i \leq j+1 \qquad (۶)$$

كه $P_i(t)$ كسر وزني بار آسيا كوچكتر از x_i در زمان t است. B_{ij} مي تواند با يک معادله تجربي به شكل زير برازش شود :

$$B_{ij} = \varphi_j \left[X_{i-1} / X_j \right]^{\gamma} + (1 - \varphi_j) \left[X_{i-1} / X_j \right]^{\beta} \qquad n \leq i > j \qquad (۷)$$

كه درآن :

$$\varphi_j = \varphi_1 \left[X_i / X_1 \right]^{-\delta} \qquad (۸)$$

كه δ، φ، γ و β پارامترهاي مدل بوده و به خصوصيات مواد بستگي دارند. مشخص شد كه توابع B با تغيير در نسبتهاي پرشوندگي آسيا و قطر آسيا تغيير نمي كند و اگر مقادير B_{ij} مستقل از اندازه اوليه باشند لذا تابع شكست نرمال بوده و بنابر اين $\delta = 0$ است.

(تابع شكست از ويژگيهاي يك كانه است و مستقل از شرايط خردايش فرض مي‌شود. تابع شكست در ذرات مي‌تواند به صورت نرمال يا غير نرمال باشد. چنانكه تابع شكست قابل نرمال شدن باشد، فرمول زير بر قرار مي‌باشد:

$$b_{ij} = b_{i+1,j+1}$$

و چنانچه تابع شكست به صورت غيرنرمال باشد، با تغيير ابعاد بار اوليه، تابع شكست تغيير مي‌كند. در اين صورت جهت محاسبه تابع شكست، فرمول زير ارايه مي‌گردد:

$$B_{i,1} = \Phi(d_{i-1}/d_1)^{\alpha} + (1+\Phi)(d_{i-1}/d_1)^{\beta}$$

- d_i برابر ابعاد ذراتي است كه در يكي از فراكسيون‌هاي پايين‌تر با فاصله $\sqrt{2}$ قرار دارد، d_1 برابر ابعاد خوراك بار اوليه مي‌باشد (بالاترين سرند در آناليز سرندي)، Φ برابر نقطه تقاطع امتداد بخش خطي منحني با محور قائم مي باشد، α برابر شيب پايين‌ترين قسمت توزيع تجمعي مي‌باشد، β ديگر پارامتر توزيع سايز مي باشد.

مقادير Φ و α و β را مي‌توان با رسم نمودار لگاريتمي كاهش ابعاد در صورت جمعي عبور كرده، بدست آورد. سايز j تنها مورد يكبار شكست قرار گرفته و ذرات حاصل از شكست در طبقات پايين‌تر كه اندازه كاهش آنها ضريبي از $\sqrt{2}$ مي‌باشد تقسيم مي‌شود. احتمال اين تقسيم با B_{ij} نشان داده مي‌شود و برابر با قسمتي از وزن مواد است كه از اندازه j شكسته شده و به سايزهاي پايين تر از i رفته است.)

۳- آزمايش

۳-۱- مواد

براي اين آزمايشات نمونه هاي سنگ آهک و كلينكر از خط توليد كارخانه سيمان Goltas گرفته شد. تركيبات شيميايي كلينكر و سنگ آهک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول (۱)- ترکیب شیمیایي کلینکر و سنگ آهک

Chemical composition of clinker and limestone

Oxides	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO_3 (%)	LOI (%)
Limestone	10.60	1.07	0.59	48.99	1.11	–	38.72
Clinker	22.22	3.61	3.30	67.44	1.80	1.50	0.11

LOI—Loss of ignition.

۲-۳-آزمایشات خردایش

در ابتدا، آزمایشات قابلیت خردایش استاندارد نمونه هاي سنگ آهک و کلینکر انجام شد که این مقادیر براي سنگ آهک و کلینکر به ترتیب ۱۳,۵۲ Kwh/t و ۱۳,۶۹ Kwh/t به دست آمد. سري استاندارد شرایط خردایش مورد استفاده براي آزمایش، براي آسیایي آزمایشگاهي با حجم $6283\,cm^3$ در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول (۲)- شرایط خردایش

Grinding conditions		
Mill	Diameter, D (mm)	200
	Length (mm)	200
	Volume (cm^3)	6283
Mill speed	Critical, N_c (rpm)[a]	101
	Operational, ϕ_c (%)	55 65 75 85 95
Grinding media (balls)	Diameter, d (mm)	25.4
	Specific gravity (g/cm^3)	7.8
	Quality	Alloy steel
	Assumed porosity (%)	40
	Ball-filling volume fraction, J (%)[b]	20
Material	Specific gravity (g/cm^3)	Clinker: 3.0; limestone: 2.69
	Powder-filling volume fraction, f_c (%)[c]	4.2
	Interstitial filling, U (%)[d]	52.5

[a] Calculated from $N_c = 42.3/\sqrt{D-d}$ (D, d in meters).

[b] Calculated from J=(((mass of balls)/(ball density))/(mill volume))×((1.0)/(0.6)).

[c] Calculated from f_c=(((mass of powder)/(formal bulk density))/(mill volume)).

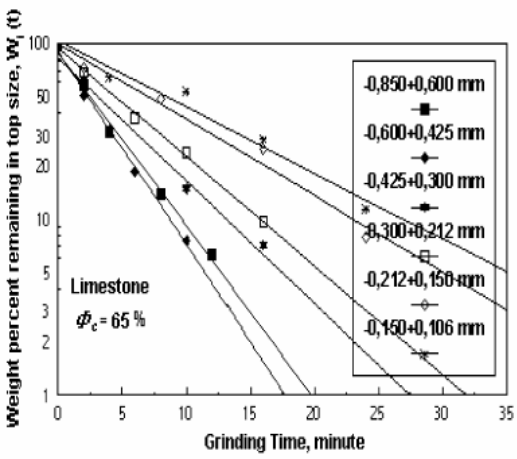
[d] Calculated from $U = \frac{f_c}{0.4\,J}$.

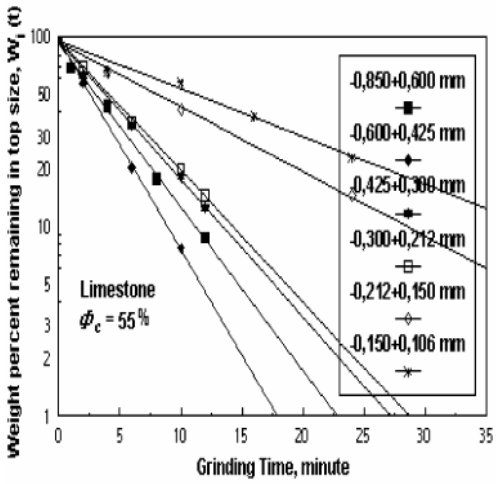
براي آزمایش اصلي ۶ فراکسیون (۰,۶۰۰+۰,۸۵۰-)، (۰,۴۲۵+۰,۶۰۰-) ، (۰,۳۰۰+۰,۴۲۵-)، (۰,۲۱۲+۰,۳۰۰-) ، (۰,۱۵۰+۰,۲۱۲-) و (۰,۱۰۶+۰,۱۵۰-) از هر کدام از مواد آماده کرده، و به منظور تعیین توابع شکست در زمانهاي ۱، ۲، ۴، ۱۲، ۱۶ و ۱۸ دقیقه خردایش گردیدند. سپس هر نمونه از آسیا خارج شده و جهت تعیین آنالیز ابعادي، سرند گردید.

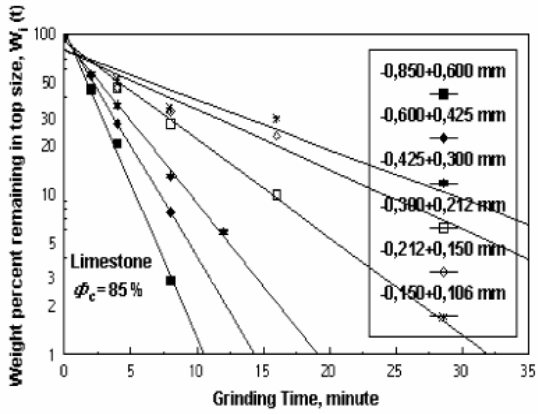
۴- نتایج و بحث

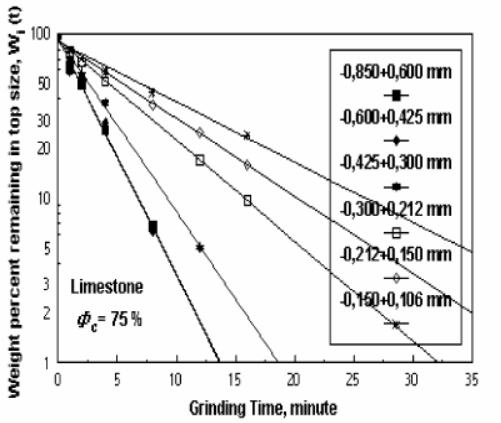
۱-۴- تعیین پارامترهاي S

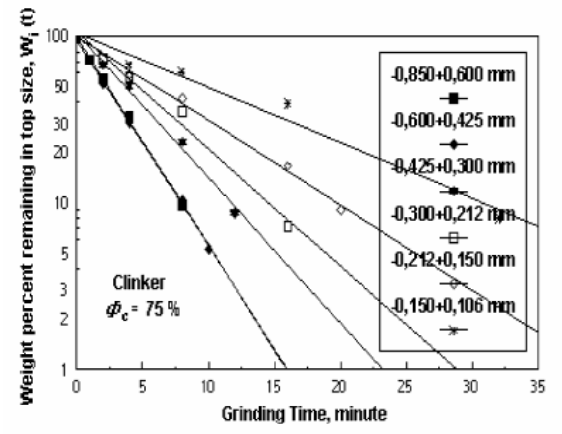
نمودارهاي درجه اول براي اندازه هاي مختلف خوراک و سنگ آهک درشکلهاي ۱ تا۱۰ ارائه شده است.

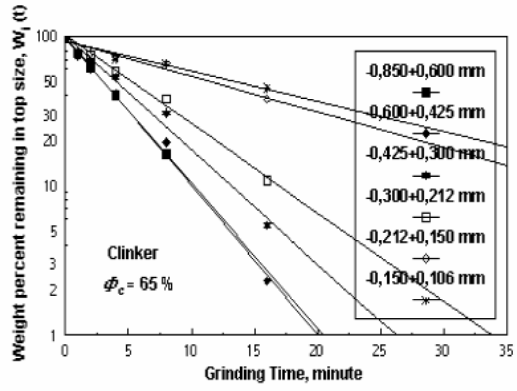


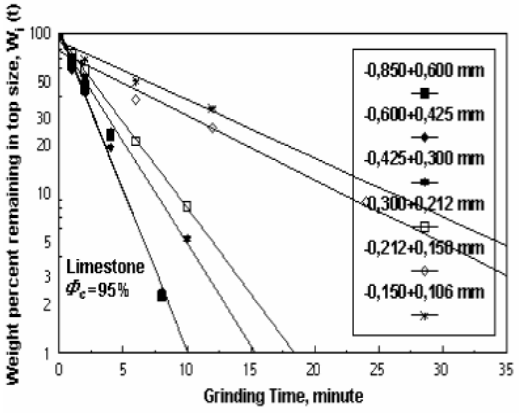


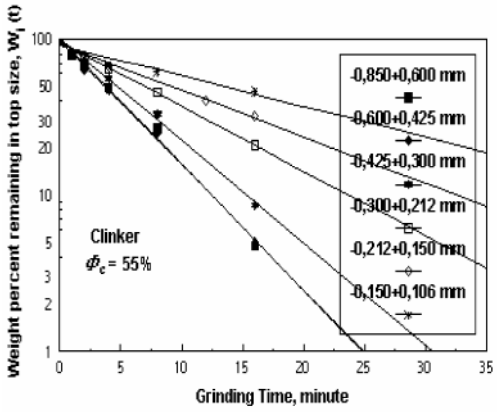


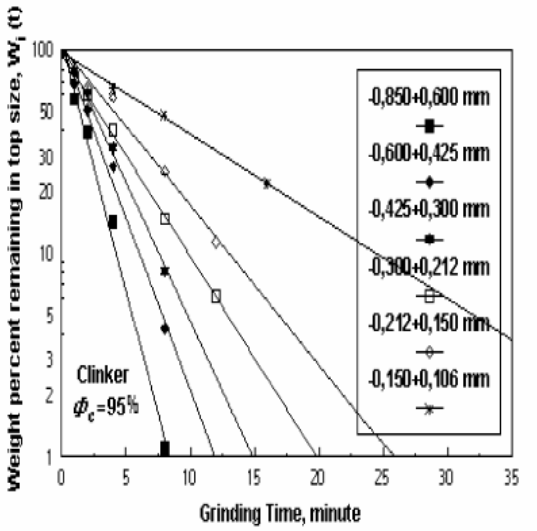


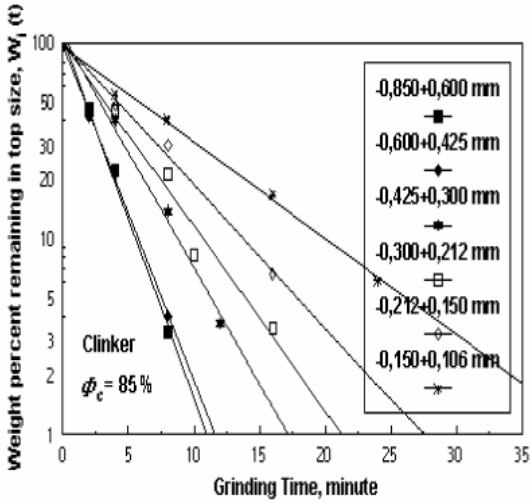








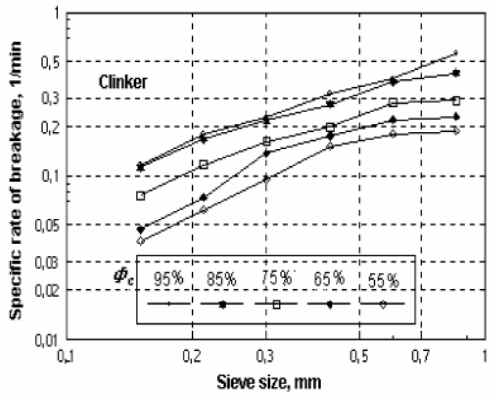




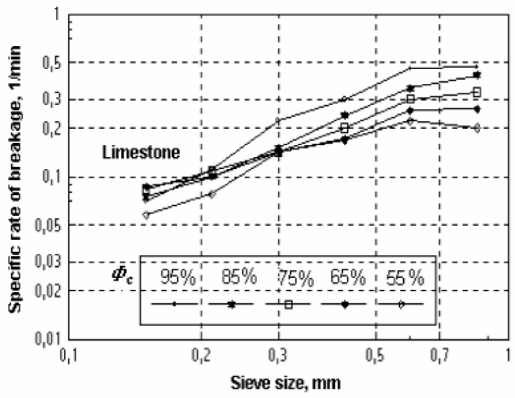
شکلهاي (۱) تا (۱۰)- نمودار درجه اول براي سنگ آهک و کلینکر در ۵۵%، ۶۵%،۷۵%، ۸۵% و ۹۵% سرعت بحراني

نتايج نشان داد كه به طور كلي شكستها از سينيتيک درجه اول پيروي مي كنند و مقادير S_i از شيب خط مستقيم نمودارهاي درجه اول به دست مي آيد (جدول۳ و۴). به علاوه شكلهاي ۱۱ و ۱۲ نشان مي دهد كه S_i در ارتباط با كسر سرعت بحراني آسيا و اندازه ذرات كلينكر و سنگ آهک است.

خردايش فراكسيونهاي تشكيل دهنده كلينكر و سنگ آهک نشان داد كه اولا همه نمونه ها از سينيتيک شكست درجه اول پيروي كرده و ثانيا توزيع شكست اوليه نيز نرمال است(تابع شكست نرمال است). اضافه مي نمايد كه مقادير توزيع شكست اوليه و همچنين ضريب a_T در رابطه $S_i = \alpha_T x_i^{\alpha}$ براي دو نمونه متفاوت است. به عبارت ديگر زماني كه S_i يا a_T افزايش مي يابد، شكست موثر و كارا نيز فزوني مي يابدو در نتيجه اين رويكرد، مواد به سرعت به زير اندازه اوليه خود مي رسند.مقادير آزمايشي به دست آمده از a_T نشان داد هنگامي كه بر كسر سرعت بحراني افزوده مي شود، خردايش سريعتري را شاهد خواهيم بود. نتايج خردايش همچنين بيانگر اين است كه خردايش كلينكر از اندازه اوليه به اندازه هاي كوچكتر نسبت به سنگ آهک سريعتر است.



شكل (۱۱)- نرخ ويژه شكست كلينكر



شكل (۱۲)- نرخ ويژه شكست سنگ آهک

هربست و فيورستنا نشان دادند كه تغيير مكانيزم خردايش از آبشاري كوچک به آبشاري بزرگ سبب اوج وابستگي اندازه خوراک به نرخ ويژه شكست شده است كه در مطالعاتشان $\varphi_C = 75\%$ به دست آمده است. مطالعات و تحقيقات حال حاضر اين مقاله موجود نشان مي دهد كه تغيير شرايط آبشاري كوچک به آبشاري بزرگ در $\varphi_C = 85\%$ رخ مي دهد. بنابراين نتايج موجود نسبت به نتايج هربست و فيورستنا متفاوت بوده و مقادير φ_C بايستي به تفاوت در خصوصيات مينرالوژيكي نمونه ها بستگي داشته باشد.

۲-۴- تعيين پارامترهاي B

مقادير B با استفاده از متد B_{II} (متد تابع شكست تجمعي)از روي توزيعات ابعادي محصول در زمانهاي كوتاه خردايش به دست آمده است. اين نتايج در جدول ۱۳ و ۱۴ ارائه شده است. نتايج نمونه هاي سنگ آهک و كلينكر يک رفتار قابل نرمال شدن را نشان داد به طوريكه توزيع تابع شكست به اندازه ذرات خوراک بستگي نداشته و بنا بر توضيحات قبلي پارامتر مدل سينيتيكي مدل $\delta = 0$ است. همانگونه كه از اطلاعات مندرج در جدول ۳ و ۴ مشخص است، مقادير پارامترهاي مدل سرعت آسيا درمقاله براي سرعتهاي بحراني مشابه است .

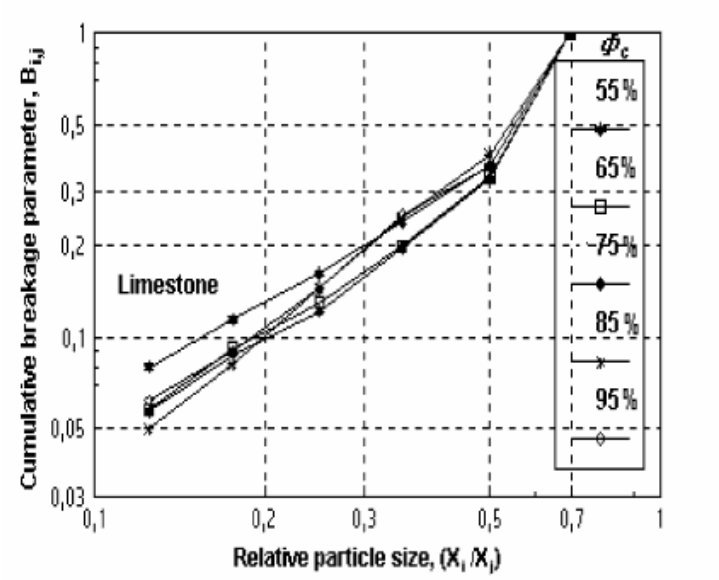
جدول (۳) و (۴)- مقادير پارامترهاي مدل براي سنگ آهک و كلينكر

Model parameter values of limestone

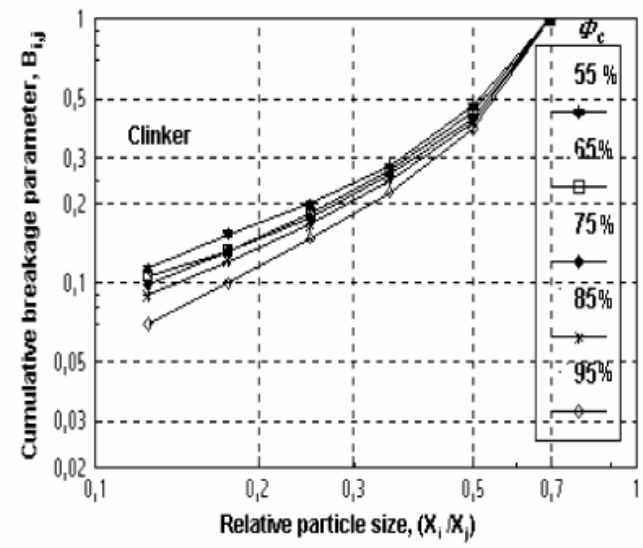
ϕ_c (%)	$-0.300+0.212$ (mm) Si	α	a_T	ϕ_j	γ
55	0.139	0.831	0.199	0.507	1.315
65	0.141	0.765	0.273	0.510	1.336
75	0.142	0.752	0.371	0.514	1.357
85	0.150	0.833	0.436	0.504	1.432
95	0.220	1.278	0.489	0.497	1.237

Model parameter values of clinker

ϕ_c (%)	$-0.300+0.212$ (mm) Si	α	a_T	ϕ_j	γ
55	0.095	1.261	0.191	0.419	0.801
65	0.137	1.314	0.234	0.415	0.809
75	0.162	1.249	0.301	0.413	0.848
85	0.217	1.241	0.462	0.394	0.857
95	0.230	1.272	0.611	0.387	1.081



شكل (۱۳)- تابع توزيع شكست تجمعي براي سنگ آهک



شكل (۱۴)- تابع توزيع شكست تجمعي براي كلينكر

مقادير φ_j براي هر دو نمونه با افزايش سرعت آسيا، روند كاهشي را از خود نشان مي دهد. بنابراين مقادير γ براي كلينكر با افزايش سرعت آسيا تمايل به افزايش دارد. براي نمونه سنگ آهک، اين مقدار تا $\varphi_C = 85\%$ تمايل به افزايش و پس از آن تمايل به كاهش دارد. بنابراين ماكزيمم مقدار γ در ۸۵% سرعت بحراني اتفاق مي افتد.

Austin و همكاران ثابت كرده اند كه تغييرات در مقادير B تاثير چشمگيري بر سرعت آسيا ندارد. در مقابل، آزمايشات اخير، تفاوت چشمگير مقاديرB را با سرعت آسيا را نشان مي دهد.

همچنين مقادير B_{ij} در خردايش كلينكر و سنگ آهک متفاوت بوده و در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است. مقادير γ براي كلينكر (۱,۰۸۱ تا ۰,۸۰۱) كمتر از سنگ آهک (۱,۴۳۱ تا ۱,۲۳۱) است و بر اين نكته تاكيد مي كند كه خردايش كلينكر نسبت به سنگ آهک مواد ريزتري را توليد مي كند.

جدول (۵)- مقادير B_{i1} براي كلينكر

$B_{i,1}$ values of clinker

Sieve size (mm)	$\phi_c = 55\%$	$\phi_c = 65\%$	$\phi_c = 75\%$	$\phi_c = 85\%$	$\phi_c = 95\%$
−0.850 + 0.600	1	1	1	1	1
−0.600 + 0.425	0.468	0.442	0.422	0.404	0.386
−0.425 + 0.300	0.277	0.268	0.259	0.246	0.221
−0.300 + 0.212	0.192	0.182	0.176	0.166	0.148
−0.212 + 0150	0.153	0.133	0.130	0.121	0.100
−0.150 + 0.106	0.113	0.107	0.098	0.090	0.067

جدول (۶)- مقادير B_{i1} براي سنگ آهک

$B_{i,1}$ values of limestone

Sieve size (mm)	$\phi_c = 55\%$	$\phi_c = 65\%$	$\phi_c = 75\%$	$\phi_c = 85\%$	$\phi_c = 95\%$
−0.850 + 0.600	1	1	1	1	1
−0.600 + 0.425	0.366	0.339	0.333	0.401	0.366
−0.425 + 0.300	0.241	0.201	0.198	0.247	0.254
−0.300 + 0.212	0.163	0.130	0.122	0.145	0.145
−0.212 + 0150	0.115	0.092	0.088	0.082	0.090
−0.150 + 0.106	0.080	0.058	0.057	0.050	0.062

۳-۴- تغيير مقادير a_T با كسرهاي سرعتهاي بحراني آسيا

تغييرات a_T سرعت آسيا توسطAustin وBrame در معادله ۱ به صورت فرمول در آمده است. به طور مشابه معادلات ۹ و ۱۰ با استفاده از شكل ۱۵ فرموله شده اند كه تغيير مقادير a_T با كسر سرعت بحراني براي هر دو نمونه را نشان مي دهد. فرمولهاي ارائه شده توسط اين دانشمندان مختلف هستند :

براي كلينكر :

(۹)

$$a_T = 0.0344\exp(0.00301\varphi_c) \qquad r^2 = 0.98$$

و بر اي سنگ آهک :

(۱۰)

$$a_T = 0.0225\exp(0.06183\varphi_c) \qquad r^2 = 0.96$$

همانطور که از شکل ۱۵ مشخص است مقادير a_T کلينکر($a_T = 0.191 - 0.611$) بيشتر از مقادير a_T سنگ آهک ($a_T = 0.199 - 0.489$) است. اين موارد نشان مي دهد که خردايش کلينکر از ابعاد اوليه خود، سريعتر از سنگ آهک صورت مي پذيرد که علت آن را بايد در نحوه تشکيل کلينکر بررسي کرد که طي يک فرايند حرارتي تشکيل مي شود.

۵- نتيجه گيري

اگر چه انديس باند نمونه هاي کلينکر و سنگ آهک به هم نزديک است(مقادير انديس کار براي نمونه هاي سنگ آهک و کلينکر به ترتيب ۱۳,۵۲ و ۱۳,۶۹ کيلووات ساعت بر تن به دست آمد.)، اما مشخص شده است که اين مواد داراي خصوصيات کاملا متفاوتي در پارامترهاي مدل تابع شکست و تابع انتخاب هستند. به علاوه اين نمونه ها در تابع توزيع شکست تجمعي به ابعاد ذرات وابسته نيستند.

در اين مطالعه مشخص شد که خردايش بهينه آزمايشگاهي در ۸۵% سرعت بحراني اتفاق مي افتد که با خردايش بهينه درکارخانه هاي سيمان که در ۷۰% سرعت بحراني اتفاق مي افتد، متفاوت است. آناليزهاي رگرسيوني براي مدلسازي a_T با کسر سرعت بحراني آسيا(φ_c)ضرايب تصحيحي ۰,۹۸ و ۰,۹۶ را براي کلينکر و سنگ آهک به دست آورده است.

اين مطالعه نشان داد که پارامترهاي سينيتيکي خردايش براي کلينکر و سنگ آهک متفاوت است و بنابراين هدف اصلي از تعيين سينيتيکهاي خردايش مواد، کاهش هزينه هاي انرژي در فرايندهاي خردايش و دستيابي به سرعت بهينه براي خردايش در آسياهاي گلوله اي به شمار مي رود.

منبع:

www.sciencedirect.com