

بسمه تعالی

معرفی سیستم جدید کنترل و باردهی بهینه آسیاب های گلوله ای صنایع سیمان

محمد مهدی خوزستانی

شرکت نمادین صنعت نقش جهان

چکیده

افزایش بهره وری، عملکرد بسیار بالا، کنترل سیستمها برای دسترسی به مناسبترین میزان بارگیری آسیابهای گلوله ای، همگی وابستگی بسیار زیادی به سرعت دسترسی به اطلاعات و تغییرات ایجاد شده در قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی (مواد تازه و مواد برگشتی) و ضخامت لایه های مواد در بخشهای مختلف آسیاب دارد. بدین ترتیب بارگیری بهینه آسیاب موجب افزایش تولید، کاهش مصرف انرژی، افزایش بهره وری و راندمان و ... می گردد. این مقاله شرایط مورد نیاز جهت بهینه سازی بارگیری آسیاب های گلوله ای و همچنین مشکلات احتمالی موجود در این پروسه ها را مورد بررسی قرار میدهد. همچنین در ادامه تحلیل کلی نسبت به سیستمهای اتوماتیک موجود جهت کنترل بارگیری آسیاب ارائه خواهد شد.

آسیاب گلوله ای، یک مجموعه پیچیده شامل متغیرهای غیر خطی مختلف با فیدبک مثبت است. پروسه داخلی آسیاب نیز شامل جریانهای چرخشی داخلی، تاخیرات ناشی از ماند مواد در آسیاب و همچنین ثابت های زمانی مختلف می باشد. واضح است که به منظور کنترل بهینه بارگیری آسیاب ها اطلاعات در دسترس و قابل پردازش و همزمان از قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی و همچنین ضخامت لایه های مواد در بخشهای مختلف آسیاب مورد نیاز می باشد. مطالعات طولانی مدت انجام شده [۱ و ۲] و همچنین پیشرفتهای حاصل شده از این مطالعات، منجر به پیدایش پارامتر جدیدی به نام فاکتور قابلیت خردایش ("FG" Factor Of Grindability) شده است. این فاکتور به طور مستقیم با میزان قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی و بطور معکوس با جریان مواد ورودی در رابطه است. با استفاده از FG می توان کنترل مناسبی بر بارگیری بهینه آسیابهای گلوله ای و همچنین سایر آسیابها، اعمال نمود. این سیستم، خروجی آسیاب را افزایش داده و همچنین منجر به ذخیره انرژی قابل توجه و در نهایت افزایش محصول نهایی خواهد شد.

روش تحقیق

شرایط حاکم جهت بهینه سازی بارگیری آسیاب های گلوله ای در ابتدا توضیح مختصری در خصوص شرایط لازم جهت بهینه سازی بارگیری آسیاب های گلوله ای ارائه خواهد شد. آسیاب شدن مواد در آسیابها بر اساس قانون (Rosin-Rammler) [۳] انجام می پذیرد و توسط فرمول زیر قابل توضیح می باشد:

$$Ro(x) = Ri(x) e^{-bx/Qi} \quad (\%) \quad \eta \quad (1)$$

"Ro(x)" مقدار باقیمانده محصول بر روی الک با قطر X بصورت درصد

"Ri(x)" مقدار باقیمانده مواد ورودی بر روی الک با قطر X بصورت درصد

"b" قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی

"x" قطر مش الک در مقیاس میلی متر

"Qi" مقدار جریان مواد ورودی بصورت تن بر ساعت

"η" شاخص نوع (ایندکس) آسیاب می باشد.

برای آسیابهای مدار بسته، معادله فوق بصورت

$$Ro(x) = 100 e^{-bx/(Qf+Qg)} \quad (\%) \quad (2)$$

خلاصه می گردد. برای این نوع آسیاب $\eta=1$ ، $Ri(x) = 100\%$ و $Qi = Qf + Qg$ می باشد.

در حالیکه Q_f جریان مواد ورودی تازه و Q_g جریان مواد برگشتی بصورت تن بر ساعت است. برای بارگیری بهینه ی آسیاب های گلوله ای می بایست مقدار بهینه $Ro(x)$ مواد خروجی، مستقل از تغییرات قابلیت خردایش (Grindability) مواد، "b" و حالات لحظه ای آسیاب تعیین گردد.

$$Ro(x) = Opt (\%) \quad (3)$$

معادله شماره (۳) ملاک بارگیری بهینه آسیاب را تعیین می نماید. بر اساس معادله خلاصه شده شماره (۲)، شرایط لازم جهت پیاده سازی معادله (۳) بصورت زیر قابل تعریف است:

$$b/(Q_f + Q_g) = Copt. \quad (4)$$

در حالیکه $Copt$ مقداری است که به شرایط لحظه ای آسیاب همچون لاینرها و گلوله ها و ... بستگی دارد و تضمین کننده بهترین میزان $Ro(x)$ می باشد.

توضیح فیزیکی معادله (۴) در بیان بارگیری بهینه آسیاب بیانگر این حقیقت است که در صورتیکه تغییری در قابلیت خردایش (Grindability) "b" مواد ورودی به وجود آمد، تغییر متناسبی در جریان مواد ورودی $(Q_i = Q_f + Q_g)$ صورت گرفته است.

این حالت موجب برآورده شدن شرایط معادله (۳) و در نتیجه تضمین کننده شرایط لازم جهت بهینه سازی بارگیری آسیاب و سپراتور خواهد شد. البته می بایست این موضوع مد نظر قرار گیرد که معادله Rosin-Rammler شرایط آسیاب را بصورت ایده آل در نظر گرفته است و بر اساس آن مواد فقط در یک جهت و بطور پیوسته و از طرف ورودی به طرف خروجی در حال حرکت می باشند، در صورتیکه در شرایط واقعی جریانهای چرخشی داخلی در آسیاب وجود دارد.

نتایج و بحث

۱- مشکلات موجود جهت اجرای سیستمهای بهینه سازی بارگیری آسیاب های گلوله ای
مشکل ۱- برای برآورده سازی شرایط معادله (۴) جهت بهینه سازی بارگیری آسیاب های گلوله ای اندازه گیری های لحظه ای و بدون تاخیر مقادیر Q_i و قابلیت خردایش (Grindability)، "b"، مواد ضروری و لازم می باشد.

قابلیت خردایش (Grindability)، "b" موادی همچون کلینکر، سیمان، گچ، آهک، سنگهای معدنی و ... بین $20(-/+)$ تا $50(-/+)$ [۴،۵] و یا در برخی موارد همچون کلینکری که در کوره های با سوخت ذغال سنگ تولید شده باشد با تغییرات بیشتر، در حال تغییر می باشد. نوسانات مواد برگشتی می تواند بسیار شدید و غیر قابل پیش بینی در برخی شرایط مثبت و یا منفی باشد که این تغییرات مربوط به قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی تازه می باشد [۵]. تغییرات میزان قابلیت خردایش

(Grindability)، "b" موادی همچون کلینکر، آهک، گچ، طبق یک فاصله زمانی مشابه با زمان عبور مواد از داخل آسیاب، به عنوان یک مشکل قابل طرح است. در صورت تغییر در میزان قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی، ۶-۱۲ دقیقه بعد تغییرات در خروجی ظاهر می گردد و اثر کامل این تغییر در FG تا ۶۰ دقیقه ادامه خواهد داشت و بدین ترتیب استفاده از یک پارامتر، که در خروجی آسیاب اندازه گیری شده و به قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی وابسته است ممکن نمی باشد. در نهایت با توجه به احتمال بسیار بالای تغییرات در قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی درصد ریسک عکس العمل های اشتباه به منظور کنترل بهینه بارگیری آسیاب افزایش یافته و همچنین نوسانات بسیار شدید در کنترل به وجود خواهد آمد.

مشکل ۲- بین Q_f و Q_g چند فیدبک داخلی غیر خطی مثبت وجود دارد. این فیدبک ها از نظر مقدار تغییر می نمایند و سپس تاثیرات آنها به دلیل زمان عبور مواد در داخل آسیاب و ثابتهای زمانی آسیاب و الواتور و سپراتور به تاخیر می افتد.

مشکل ۳- در آسیاب جریانهای چرخشی مختلف داخلی وجود دارد که در روند آسیاب کردن اختلال ایجاد می نمایند و در هر زمان ممکن است مواد آسیاب شده بر روی مواد آسیاب نشده قرار گیرند. [۶] این جریانهای چرخشی می بایست شناسایی گردند.

مشکل ۴- بسیاری از آسیابها (خصوصاً آسیابهای قدیمی)، کلاسیفایرها، الواتورها و مسیرهای انتقال محصول نهایی، بصورت صحیح از نظر ابعاد طراحی و ساخته نشده اند؛ این امر در حالتی که مواد به راحتی آسیاب می شوند، [۴] به دلیل محدود کردن میزان مواد ورودی تازه Q_i ، روند بهینه سازی بارگیری آسیاب را دچار مشکل می نمایند.

مشکل ۵- حالت بارگیری بهینه آسیاب حالتی است که آسیاب نزدیک به خفگی می باشد و این امر بیانگر حساسیت بسیار بالای سیستم کنترل بارگیری است.

مشکل ۶- آسیاب در شرایط شارژ و دشارژ با شرایط متفاوتی کار می کند مخصوصاً در حالتی که نزدیک به خفگی، که این امر نیز مجدداً بیانگر اهمیت بسیار بالای سیستم کنترل بارگیری می باشد.

مشکل ۷- اگر محصولات بیش از حد آسیاب شوند شرایط به وجود آمده همانند شرایطی است که آسیاب خالی می باشد و واضح است که این حالت نباید در هیچ حالتی به وجود آید.

مشکل ۸- مهندسين پروسس اطلاعات دقیق و لحظه ای از ترکیب مواد داخل آسیاب در دسترس ندارند و این بر پروسه ی آسیاب تاثیر گذاشته و در برخی اوقات موجب توقفات بی جا می گردد.

۲- بررسی بر روی سیستمهای موجود جهت کنترل میزان بارگیری در آسیابهای گلوله ای سیستمهای مختلفی جهت کنترل میزان بارگیری مواد در آسیابها وجود دارد. در زیر به مهمترین آنها اشاره می گردد.

- سیستمهای صوتی که دامنه یا فرکانس نویز ایجاد شده توسط بدنه آسیاب را اندازه گیری می نمایند.

- سیستمهایی که مقدار جریان برگشتی مواد را ثابت نگه می دارند.

- سیستمهایی که مقدار جریان مواد ورودی را ثابت نگه می دارند.

- سیستمهایی که نسبت بین جریان مواد برگشتی و مواد تازه ورودی را ثابت نگه می دارند.

- سیستمهایی که با ترکیبی از پارامترهای مختلف همچون نویز آسیاب، ورودی مواد تازه و برگشتی و توان مصرفی الواتور بارگیری آسیاب را بهینه می نمایند.

در ادامه به ویژگیهای این سیستمها که توسط آزمایشات عملی و نتایج تحقیقات انجام شده مورد تایید می باشند، اشاره خواهد شد.

- مبدلهای صوتی که دامنه یا فرکانس نویز را اندازه گیری می نمایند، فقط قادر به تهیه اطلاعات با دقت و حساسیت بسیار کم در خصوص لایه های مواد داخل آسیاب می باشند؛ در صورتیکه در خصوص قابلیت خردایش (Grindability) مواد، اطلاعاتی را در اختیار سیستم کنترلی قرار نمی دهند و بدین ترتیب اطلاعات بسیار منحرف شده ای از شرایط پروسه آسیاب گزارش داده خواهد شد. این بدین خاطر است که اطلاعات تحت تاثیر یک سری عوامل پی در پی و به هم وابسته فیزیکی همچون ضربات و لرزشهای بخشهای آسیاب و همچنین نویزهای ایجاد شده در حین تبدیل نویز آسیاب (صدا) به سیگنال الکتریکی، قرار می گیرند. از دیگر معایب این سیستمها تاثیر پذیری آنها از صدای آسیابها، موتورها، گیربکس ها، پمپها، الواتورهای مجاور و ... می باشد. بر اساس تمامی دلایل ذکر شده سیستمهای صوتی برای بهینه سازی بارگیری آسیاب مناسب نمی باشند. در بسیاری موارد اطلاعات ارسالی توسط این سنسور ها فقط به منظور جلوگیری از خفگی آسیاب مورد استفاده قرار می گیرند و برای بهینه سازی بارگیری آسیاب مورد استفاده قرار نمی گیرند.

- سیستمهایی که Qg را ثابت نگه می دارند بر اساس معادله Rosin-Rammler (معادلات (۳) و (۴)) بارگیری آسیاب را بهینه نمی نمایند. همچنین تاثیر تغییرات در قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی با تاخیر در خروجی Qg ظاهر می گردد که این امر سبب انجام عکس العمل های ناخواسته خواهد شد. (مشکل ۱) همچنین این امر منجر به کنترل با تاخیر آسیاب و یا سرعت چرخش

سپراتور خواهد شد. این بدین معنی است که بخش اعظمی از مواد نرم به داخل آسیاب بازگشته و بخش اعظمی از مواد درشت به بخش مواد نرم و محصول منتقل می شوند.

- سیستمهایی که Q_i را ثابت نگه می دارند همچون سیستمهایی که Q_g را ثابت نگه می دارند، به دلیل تاخیر در ثبت تغییرات قابلیت خردایش (Grindability)، "b"، و در نتیجه بروز مشکلات ذکر شده در بالا، روش مناسبی برای کنترل بهینه بارگیری آسیاب نمی باشد.

- سیستمهایی که مقدار Q_g / Q_f را ثابت نگه می دارند در حقیقت بصورت تئوریک و بر اساس معادله Rsoin-Rammler (معادله (۳)) می توانند مقدار بارگیری را بهینه نمایند ولی به دلیل پس ماند زمانی Q_g (Net Lag) (مشکل ۱) و فیدبک داخلی مثبت (مشکل ۲) از بازدهی بسیار پایینی برخوردار می باشند.

- سیستمهایی که با ترکیبی از پارامترهای مختلف همچون نویز آسیاب، ورودی مواد تازه و برگشتی و توان مصرفی الواتور بارگیری آسیاب را بهینه می نمایند چون به راحتی قابل تنظیم نمی باشند، معمولاً مورد استفاده قرار نگرفته و برای بهینه سازی بارگیری آسیاب مناسب نمی باشند. [۷]

۳- تجهیزات جدید جهت بهینه سازی بارگیری آسیاب های گلوله ای

در نتیجه تحقیقات انجام شده در سالهای اخیر پارامتر جدیدی که با قابلیت خردایش (Grindability) "b" مواد ورودی و مقدار جریان مواد ورودی Q_i مرتبط می باشد، به همراه نتایج زیر به دست آمده است:

- ضربات بخشهای درگیر در آسیاب مواد همچون گلوله ها، سیلپس ها، رولرها و ... در لایه مواد سبب ایجاد پالسهای ضربه با شکل و دامنه و فرکانس و جهت مختلف در بدنه آسیاب می شوند. در ادامه نشان داده می شود که ترکیب مناسبی از این ویژگیها و یا دیگر نوسانات پالسهای ایجاد شده، اطلاعات مناسبی در مورد ضخامت لایه مواد و همچنین قابلیت خردایش (Grindability) در اختیار ما قرار خواهد داد.

- سنسورهای جدید به منظور اندازه گیری پالسهای ضربه ایجاد شده بر بدنه آسیاب طراحی شده اند. (دلایل ذکر شده در بخش ۲)

- تاثیرات لرزشهای بدنه و دیگر تجهیزات آسیاب و نویزهای ایجاد شده توسط آنها، توسط سخت افزار و نرم افزار مخصوص، حذف گردیده اند. همچنین نرم افزار تخصصی ویژه ای جهت تشکیل پارامتر قابلیت خردایش ("FG" Factor Of Grindability) طراحی شده است که به طور مستقیم با قابلیت خردایش (Grindability) مواد و بطور معکوس با ضخامت لایه مواد در نقطه اندازه گیری در

رابطه است. به عبارت دیگر (FG) به طور معکوس با مقاومت لایه مواد در برابر نفوذ گلوله ها، مرتبط است.

- ضخامت لایه مواد در ورودی با مقدار جریان مواد ورودی $Q_i = Q_f + Q_g$ در رابطه است و بدین ترتیب FG بطور مستقیم با b / Q_i مرتبط است.

- بر اساس معادلات (۳) و (۴) اساسی ترین شرط جهت بارگیری بهینه آسیاب، کنترل و نگه داری مقدار FG در مقدار تعیین شده، می باشد.

مشخصه انتقالی دو آسیاب مدار بسته ی دو اتاقچه ای (شکل ۱) و تک اتاقچه ای (شکل ۲) به عنوان دلیلی بر رابطه FG با b / Q_i ارائه گردیده است. مقدار FG بر اساس سیگنال ارسالی از سنسورهای نصب شده در ورودی آسیاب تشکیل می گردد. مقادیر محور y بیانگر مقدار FG-۱۰۰ بصورت % می باشند. این مقادیر بصورت مستقیم با بارگیری آسیاب و بصورت معکوس با قابلیت خردایش (Grindability) مواد ورودی رابطه دارند.

این مقادیر تحت شرایط زیر بدست آمده اند: در نقطه "A" ورودی مواد تازه Q_f به آسیاب باردار شده متوقف می گردد و آسیاب تخلیه می گردد. در نقطه "B" مواد تازه Q_f مجدداً با سرعت مشابه به حالت "A" شارژ می گردند. بین نقاط "B" و "C" فقط مواد تازه وارد می گردند (Q_g وارد نمی شود و دچار تاخیر گردیده است) و شیب مشخصه فقط توسط Q_f و "b" آن تعیین می گردد. ورود Q_g در ورودی آسیاب در نقطه "C" شروع می شود و بارگیری بر اساس مقدار جدید $Q_i = Q_f + Q_g$ تنظیم می گردد و مقدار "b" مربوط به Q_i ، نیز بجای مقدار "b" مربوط به Q_f (توسط خط شکسته مشخص گردیده است) جایگزین می گردد. به نظر می رسد که آسیاب در نقطه "C" در حال دشارژ می باشد. در نگاه اول این حادثه به عنوان یک عمل پارادوکس به نظر می رسد ولی این امر بدین دلیل است که مقدار "b" مواد برگشتی (Q_g) بالاتر است و مقدار FG-۱۰۰ در ابتدا کاهش می یابد چون بصورت معکوس با "b" مواد ورودی در رابطه است.

از مشخصه انتقالی مشخص می شود که زمان بارگیری آسیابها ی مدار بسته طولانی تر از زمان تخلیه آنها می باشد.

در سالهای اخیر سنسورها و سیستمهایی مبتنی بر نتایج و تحقیقات بالا طراحی و ساخته شده اند که توسط آنها می توان بارگیری آسیابهای گلوله ای و سایر آسیابها را بصورت زیر کنترل نمود:

دو مدل سنسور دیفرانسیلی موجود می باشد، SDIP (شکل ۳) و SRIP (شکل ۴) که بر اساس نوع آسیاب (دوار یا ثابت (غلطکی))، انتخاب می گردند. سنسورها شامل اسیلاتورهای محافظت شده ای هستند که قادرند سیگنال را تا فاصله ی ۲۰۰ متر بدون نیاز به تقویت کننده ی اضافی از داخل کابل های

دو هسته ای شیلد دار عبور دهند. برای آسیاب های دوار، سنسور بر روی یک پایه و با فاصله ی ۲۰ تا ۳۰ میلی متر از بدنه آسیاب و بصورت ثابت و در جایی که گلوله ها سقوط می کنند، نصب می گردد و در مورد آسیاب های غلطکی سنسور به بدنه آسیاب متصل می گردد. سیستم کنترل میکرو پروسوری (شکل ۵) شامل دو حلقه ی کنترل می باشد. هر حلقه شامل یک تقویت کننده دیفرانسیلی آنالوگ با ضریب تقویت کنترل شده، بخش دیجیتالی با پارامتر های قابل تنظیم برای تشکیل مقدار FG و PID کنترلر دیجیتال مخصوص جهت تطبیق تنظیمات، با شرایط مختلف عملکرد آسیاب (شارژ و دشارژ)، می باشد. هر دو حلقه کنترل می توانند بصورت مستقل و همزمان بر اساس سیگنالهای دریافتی از سنسورها و یا سایر تجهیزات همچون الواتور، سپراتور، توزین کننده مواد برگشتی و ...، کنترل نمایند.

سیستم اندازه گیری میکروپروسوری (شکل ۶) بر اساس سیگنال ارسالی از سنسور، مقدار FG را تشکیل داده و خروجی استاندارد را ارسال می نماید.

سیستمهای بهینه ساز بارگیری آسیابهای گلوله ای

سیستمهای زیر توانایی کنترل بهینه بارگیری آسیاب را با استفاده از سنسور و میکروپروسور توضیح داده شده در بخش قبل، دارا می باشند.

۱- سیستم کنترل تک حلقه ای که سنسور آن در ورودی آسیاب نصب شده و به کنترلر (شکل ۵) متصل می گردد: این سیستم مقدار مواد تازه ورودی Q_f را کنترل می نماید. این سیستم همچنین قابلیت پیاده سازی توسط سیستم اندازه گیر FG (شکل ۶) و PLC را نیز دارا می باشد. این سیستم تمامی نیازهای قانون Rosin-Rammer به منظور کنترل بهینه بارگیری آسیاب را برآورده کرده و بدین ترتیب مشکلات شماره های ۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۶ در بخش ۱ را حل می نماید.

۲- سیستم کنترل دو حلقه ای که یک سنسور در ورودی آسیاب و سنسور دیگر در خروجی آسیاب قرار می گیرد. خروجی های هر دو سنسور به کنترلر (شکل ۵) متصل می شود. خروجی های هر کنترلر داخلی کنترلر با یکدیگر ترکیب شده و سیگنال مشترک خروجی، ورودی مواد تازه، (Q_f) را کنترل می نماید. این سیستم همچنین قابلیت پیاده سازی توسط دو عدد سنسور اندازه گیر که به PLC متصل شده اند، را دارا می باشد.

این سیستم تمامی نیازهای موجود جهت بارگیری بهینه آسیاب را بر اساس معادلات (۳) و (۴)، برآورده می نماید، همچنین مشکلات ۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۶ را در حالتی که مقادیر اندازه گیری شده از مقادیر از پیش تنظیم شده رگولاتور دوم تجاوز نکرده باشد را حل نموده و در صورتیکه تجاوز کرده باشد، علاوه بر مشکلات فوق، مشکل ۴ را نیز حل می نماید.

برای حل مشکل شماره ۷ اطمینان از اینکه ورودی مقدار مواد تازه ورودی (Q_f) حداقل ۲۰-۱۰ درصد باشد، بسیار اهمیت دارد؛ در حالیکه در برخی شرایط حالت اتوماتیک، این مقدار به ۰ نیز می رسد و مواد بیش از حد آسیاب و نرم می گردند. همچنین تنظیمات کنترلر به هنگام کاهش زیاد ساینز گلوله ها می بایست مجدداً تنظیم گردند. وقتی که این تصحیحات به حداکثر خود رسید، مهندسین پروسس می بایست اقدام به شارژ مجدد و یا سورتینگ گلوله های آسیاب نمایند. اگر شیب شدید با تغییر ناگهانی شدید در مقدار FG رخ داد، بدین معنی است که خطاهایی در داخل آسیاب جاری است و در نتیجه بر اساس این اطلاعات مشکل شماره ۸ نیز حل می گردد.

مدل های دیجیتال برای بررسی حالات آسیاب مدار بسته با سیستم کنترل تک حلقه ای، در دو حالت ثابت نگه داشتن مقدار FG و ثابت نگه داشتن مقدار جریان برگشتی Q_g ، استفاده شده اند. جدول شماره ۱ انحرافات به وجود آمده به هنگام تغییر در مقدار قابلیت خردایش ($Grindability$)، " b "، مربوط به Q_i در مقایسه با حالتی که مقدار " b "، مربوط به Q_i بصورت نرمال می باشد را، نشان می دهد. از این جدول می توان به این نتیجه رسید که تمامی نیازهای معادله (۳) به منظور بهینه سازی بارگیری آسیاب در سیستمی که اقدام به ثابت نگه داشتن مقدار FG نموده است (روش اول)، رفع گردیده است در حالیکه سیستمی که مقدار Q_g را ثابت نگه داشته است (روش دوم) انحرافات قابل توجهی نسبت به این مقادیر داشته است. نتیجه مهم دیگر این است که سرعت دستیابی به حالت بهینه و نرمال در آسیابی که از روش اول استفاده می نماید دو برابر بیشتر از آسیابی است که از روش دوم استفاده می کند. در ضمن زمان پاسخ گویی سیستم کنترل FG نسبت به تغییرات مقدار قابلیت خردایش ($Grindability$) مواد ورودی دو برابر سیستم کنترل Q_g می باشد؛ چراکه تغییرات در مقدار " b " مواد ورودی Q_i با تاخیر قابل ملاحظه ای در خروجی ظاهر می گردد.

نتیجه گیری:

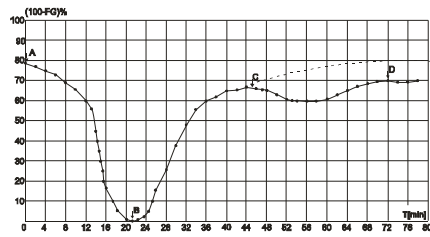
در طول سالهای ۱۹۹۳ تا کنون تعداد زیادی از سیستم بهینه سازی بارگیری آسیاب در کارخانجاتی همچون سیمان، فولاد، صنایع معدنی و ... راه اندازی شده اند. از نتایج عملکرد استفاده از این سیستمها در کارخانجاتی همچون Italcementi و Holcim می توان به افزایش ظرفیت آسیاب از ۵ تا ۳۰ درصد، کاهش مصرف انرژی از ۵ تا ۳۰ درصد، افزایش ۱۵ درصدی عمر گلوله ها و لاینرها، کاهش ۱/۶ برابری تغییرات در نرمی محصول و در نهایت دوره بازگشت سرمایه ۲ ماهه اشاره نمود. در ضمن این سیستم تاکنون در کارخانجات سیمان آبیگ ۲ سیستم، هرمزگان ۳ سیستم، فارس نو، صوفیان، خوزستان نصب و راه اندازی گردیده و مورد تایید کارشناسان مربوطه می باشد. همچنین نوع آسیاب سیمان و یا مواد و همچنین پروسس های مدار باز و بسته و حتی تر یا خشک بودن پروسس تاثیری در عملکرد سیستم نخواهد داشت.

پیشنهادات

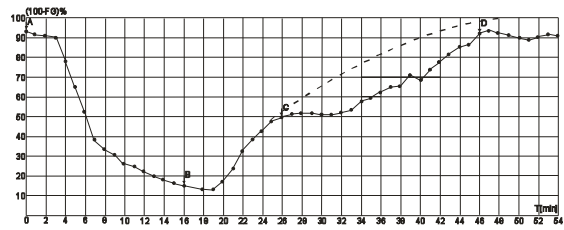
در پایان به دلیل اینکه تا کنون اطلاعات دقیقی از مقدار مواد داخل آسیاب در اختیار مهندسين پروسس نبوده است، لذا پیش نهاد می گردد به منظور افزایش ظرفیت و کاهش مصرف انرژی و در نهایت افزایش کیفیت و مقدار محصول، از سیستمهای جدید کنترل بارگیری بهینه آسیاب استفاده گردد.

مراجع

- [1] D. Marinov, T. Penzov, S. Kostov, E. Spasov, "New sensor system for ball mill control", Mining Magazine, London, Sept. 1991
- [2] W. Duda. "Cement-Data- Book", Wiesbaden, 1968
- [3] Y. Cottet. "Essai de methodologie en matiere de regulation automatique a loccasion du probleme du broyage", International seminar "Automatic control in lime, cement and connected industries", Brussels, 1968
- [4] L.Bilenco "Relationships at the grinding into ball mills"(in Russian), Moscou, " , 1984
- [5] F. Godler und J. Hagenbach. "Neues akustisches Verfahren zur Mesung des Mahlgutfüllungsgrades in Rohmülen", ZKG, 2/1994
- [6] D. Morgeneier "Neuro-Fuzzi-Regelung einer Zementmühle", ZKG 9/2002
- [7] Neue Sensoren und Mikroprozessormodule für einen optimalen Füllstand von Sichterkgelmühen, ZKG 6/2006



شکل ۲- مشخصه انتقالی آسیاب تک اطاقچه ای



شکل ۱- مشخصه انتقالی آسیاب دو اطاقچه ای



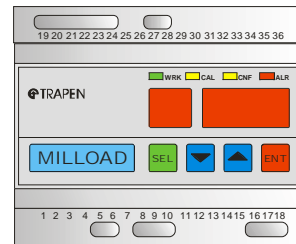
(شکل ۴)



(شکل ۳)



(شکل ۵)



(شکل ۶)

جدول (۱)

Grindability b (%)	Declination (%)					
	System FG = const.			System Qg = const.		
	Qf	Qg/Qf	Ro(x)	Qf	Qg/Qf	Ro(x)
+20	+20	0,0	0,0	+16	-14,5	-5,7
-20	-20	0,0	0,0	-17	+21,5	+5,7