

قابلیت سوخت نرمه و خرده کوک های * کارخانه ذوب آهن اصفهان

افسر سیار - ناصر توحیدی
دانشکده فنی - دانشگاه تهران

چکیده

در این مقاله راجع به بریکت هایی که از نرمه کوک (که در کارخانه ذوب آهن اصفهان تولید شده) و نیز نرمه زغال سنگ، مخلوط با ملاس چغندر، بنتونیت، سیمان، و خاک اره به نسبت مناسب، به عنوان ماده چسبنده در سطح آزمایشگاهی ساخته شده و مورد پژوهش قرار گرفت صحبت می شود از این بررسی ها چنین نتیجه گیری شد که، از مواد چسبنده فوق الذکر، ملاس چغندر برای تولید بریکت های سوخت از نرمه کوک مناسبتر است.

مقدمه

تولید آلیاژهای آهن، صنایع شیمیایی، تولید گاز نراتور، دیگهای بخار، تولید الکتروود و غیره، به کار می رود. کوک در کوره بلند دارای چهار نقش اساسی است: اول ماده احیا کننده بوده و اکسیدهای آهن را احیا می کند، دوم می سوزد و حرارت تولید می کند که برای ذوب چدن و سرباره الزامی است، سوم با آهن ترکیب می شود و تولید چدن می کند، چهارم چون متخلخل است، عبور گازهای احیا کننده از لابلای بار را، ممکن می سازد. در اینجا اشاره می شود که در کوک متالورژی مرغوب، بایستی مقدار درصد خاکستر، رطوبت، مواد فرار، فسفر و گوگرد محدود و استحکام، ابعاد و مقاومت در مقابل فرسایش در حد مطلوب باشد. در ایران، تنها واحد کوک سازی پیشرفته، در کارخانه ذوب آهن اصفهان مستقر است که کوک متالورژی مورد نیاز کوره بلند را تهیه می کند. در این واحد کوک

ساده ترین ماده سوختنی، که از ابتدای کشف آتش، بشر با آن آشنا شده، چوب است. اگر چوب را در محیط بسته ای حرارت دهیم، مواد فرار آن خارج شده و زغال چوب به جای می ماند. زغال چوب، قبل از ابداع روش تولید کوک متالورژی، در احیای کانه های فلزی به کار می رفته است. با پیشرفت صنعت و احتیاج به مقادیر بسیار زیاد مواد احیا کننده با کیفیت بالاتر، زغال چوب نمی توانست جوابگوی نیازهای صنعتی باشد.

به مرور زمان و با شناخت زغال سنگ، استفاده از آن در تولید حرارت، متداول شده است. از اوایل قرن هیجدهم میلادی از کوک که از زغال سنگ به دست می آید، به منظور احیای کانه های آهن استفاده شده است. بایند توجه داشت که کوک علاوه بر مصرف در کوره بلند، در موارد متعدد دیگری مانند کلوخه سازی بار کوره تولید فلزات، ریخته گری،

* لغت Coke، که معمولاً در کتابهای علمی فارسی بصورت "کک" نوشته می شود، در دایره المعارف فارسی بصورت "کوک" نوشته شده است.

حاصل ابتدا غربال شده و دانه های بزرگتر از ۸۰ میلیمتر آن در آن در سنگ شکن خرد و سپس مورد عمل دانه بندی قرار می گیرد.

در دانه بندی کوک به دو قسمت ۲۵ تا ۸۰ میلیمتر و صفر تا ۲۵ میلی متر تقسیم می شود. قسمت اول برای کوره بلند ذوب آهن مناسب بوده و در آن مصرف می شود. از قسمت دوم، نرمه کوک، که در اصفهان تولید می شود و حدود ۲۵ تا ۲۵ درصد کل محصول می باشد مقداری در کلوخه سازی مصرف شده ولی قسمت عمده آن در حال حاضر مازاد بسر احتیاج می باشد.

اضافه مصرف نرمه کوک حاصل از کارخانه ذوب آهن اصفهان در حدود ۴۰۰۰۰ تن در سال می باشد که از ابتدای بهره برداری کارخانه ذوب آهن اصفهان در محل های روباز جمع شده و مقدار آن در حال حاضر بر ۳۵۶ هزار تن تخمین زده می شود^۱.

به منظور استفاده از این خرده و نرمه کوک مازاد بر احتیاج کارخانه ذوب آهن اصفهان، در مهر ماه سال ۱۳۵۹ شمس طرخی به وسیله شرکت ملی فولاد ایران و از طریق جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران به گروه مهندسی متالورژی و گداز فلزات دانشکده فنی ارجاع گردید. از همان زمان، پژوهشهایی در مورد چگونگی سوختن و امکان استفاده از نرمه و خرده کوک ها، شروع شده که قسمتی از نتایج آن، در این مقاله باختصار، شرح داده می شود.

ویژگی مواد مصرفی

همانطور که قبلاً اشاره شد این تحقیقات بر روی خرده و نرمه کوک مازاد بر احتیاج کارخانه ذوب آهن اصفهان انجام گرفته است. ویژگیهای شیمیایی و مکانیکی کوک و ترکیب شیمیایی خاکستر خرده کوک های اصفهان در جدول ۱ آمده است.

در این تحقیقات، برای ساخت بریکت ها، از مواد چسبنده مختلف استفاده شده است. در اینجا، ترکیب شیمیایی ملاس چغندر، که در آزمایشهای انجام شده بهترین ماده چسبنده تشخیص داده شد، در جدول ۲ داده شده است.

شرح آزمایشها

چون درجه حرارت اشتعال کوک بالا و حدود ۸۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد است لذا نمی توان آنرا در بخاریهای

ذغال سنگ سوز معمولی، با بهره مناسب، سوزانید. به همین جهت، برای سوزانیدن نرمه و بریکت کوک و بررسی بهره سوختن آنها، لازم بود که بخاری و یا کوره مناسبی ساخته شود. بدین منظور، در اولین مرحله پژوهشی این طرح، پس از آزمایشهای متعدد و ساختن کوره های مختلف، کوره ای ساخته شد که امکان سوزانیدن بریکت کوک و خرده کوک در آن وجود داشت^۲.

پیش از تشریح نحوه آزمایش، اشاره می گردد که احتراق سوخته های جامد غالباً "کامل نیست و در نتیجه مقداری از مواد قابل سوختن، در خاکستر باقی می ماند. هرچه کمیت مواد نسوخته در خاکستر کمتر باشد، بهره سوختن بیشتر و عملکرد سوخت از نظر اقتصادی، بهتر است. به همین جهت در این پژوهشها، برای ارزیابی نحوه سوختن نرمه کوک، مقدار درصد مواد نسوخته موجود در خاکستر پس از هر آزمایش، تعیین شده است.

برای شناختن بهتر فرایند احتراق نرمه کوک، نحوه سوختن ذغال سنگ های مورد مصرف برای تولید کوک نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

از طرفی باید توجه داشت که در کوره های ذغال سنگ سوز معمولی و یا کوره ابداعی نمی توان نرمه ذغال سنگ و یا نرمه کوک را با بهره مناسب سوزانید، زیرا این دستگاهها مجهز به سوخت پاش به منظور مخلوط کردن ذغال سنگ و هوا نیستند. به همین جهت بایستی این نرمه ها را قبل از سوزانیدن فشرود و به صورت بریکت با ابعاد مناسب درآرود.

آنچه در اینجا مورد پژوهش قرار گرفت ساخت و بررسی نحوه سوختن بریکت های گروهی با قطری در حدود ۶ سانتیمتر بوده که با فشار دست تهیه و به مدتی در حدود ۱۰ تا ۱۵ ساعت در خشک کن، در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد و یابو مدت چند روز در آتمسفر هوای معمولی، خشک می شده اند. این روش ساده می تواند در هر مکانی و بدون تجهیزات خاص، مورد استفاده قرار گیرد.

نظر به اینکه نرمه کوک به هیچ وجه چسبندگی ندارد و چسبندگی نرمه ذغال سنگ نیز کم است لذا برای تولید بریکت ها، بایستی الزماً از مواد چسبنده استفاده شود. چسبنده هایی که برای ساختن بریکت های مورد آزمایش به کار گرفته شده عبارت اند از سیمان، رس و بنتونیت که نمی سوزند و ملاس چغندر و قطران، که خود نیز می سوزند. اشاره می گردد که چون مواد چسبنده نوز،

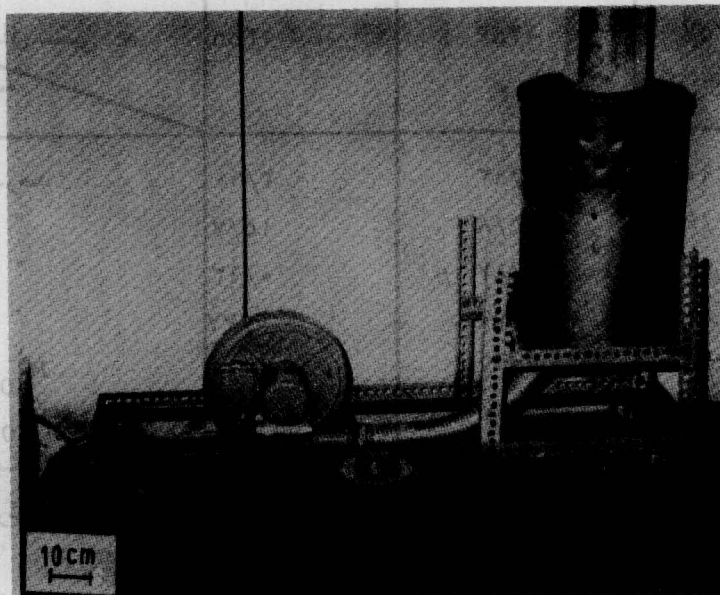
جدول ۱ - مشخصات کوک متالورژی تولید شده در کارخانه ذوب آهن اصفهان ۴.

سال شمسی	۱۳۵۵	۱۳۵۶	۱۳۵۷	۱۳۵۸	عوامل اندازه گیری شده
	۲/۹۱	۲/۹۳	۲/۹۰	۳/۰۱	رطوبت کوک برحسب درصد
	۱۵/۷	۱۵/۸	۱۶/۶	۱۵/۶	" " خاکستر کوک
	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۸۶	" " گوگرد کوک
	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۸۰	" " مواد فرار کوک
	۷۴/۹	۷۶/۷	۷۷/۰	۷۸/۱	M ₄₀ مقاومت
	۹/۴۱	۹/۴۳	۹/۸۰	۱۰/۱۱	M ₁₀ مقاومت
	۴۶/۲۹	۴۷/۰۸	۴۷/۱۰	۴۶/۶۱	SiO ₂ موجود در خاکستر کوک برحسب درصد
	۴/۸۷	۴/۴۰	۴/۶۷	۴/۵۳	" " CaO
	۲۳/۱۱	۲۲/۳۶	۲۳/۱۴	۲۳/۲۹	" " Al ₂ O ₃
	۹/۸۴	۹/۳۰	۹/۲۹	۹/۸۱	" " Fe ₂ O ₃
	۶/۸۹	۶/۵۱	۶/۵۳	۶/۸۷	" " Fe
	۲/۳۷	۲/۲۶	۲/۴۴	۲/۴۰	" " MgO

جدول ۲ - ترکیب شیمیایی ملاس چغندر برحسب درصد ۱.

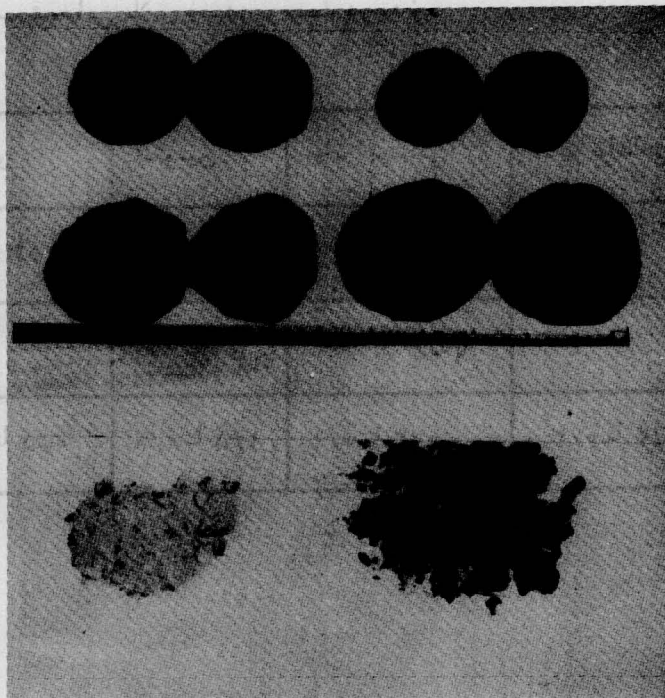
آب	ساکاروز	البومین	مواد آمونیاکی	سایر مواد آلی	پتاس	سایر مواد معدنی
۱۷ تا ۲۳	۴۶ تا ۵۲	۰/۶ تا ۳	۰/۳ تا ۰/۷	۱ تا ۲/۵	۴ تا ۶	۰/۲ تا ۰/۶
سود	آهک	مواد صمغی	اسید سولفوریک	کلر	اسید کربنیک	
۰/۶ تا ۱/۲	۰/۱ تا ۰/۵	۰/۸ تا ۱/۵	۰/۱ تا ۰/۳	۰/۳ تا ۰/۴	۲/۵ تا ۳	

در شکل ۱ کوره حرارتی مورد استفاده در این تحقیقات نشان داده شده است.



شکل ۱- تصویر کوره حرارتی مورد استفاده برای احتراق خرده کوک و بریکت کوک و نرغال سنگ

در شکل ۲ تصویر بریکت های ساخته شده از نرمه کوک تولید شده برای کوره بلند کارخانه ذوب آهن اصفهان و نیز نمونه هایی از خاکسترهای آنها پس از احتراق در کوره کوک سوز دیده می شود.



شکل ۲- الف: صورت ظاهری بریکت های تولید شده از نرمه کوک های اضافی کارخانه ذوب آهن اصفهان.

ب: تصویر دو نمونه از خاکسترهای حاصل از احتراق بریکت ها در کوره کوک سوز.

جدول ۲- نتایج سوختن بریکت های تولید شده از نرمه کوک

سری آزمایش	ماده چسبنده	درصد مواد نسوخته	توضیحات
۱	قطران*	۲۳	قطران درون بریکت ها پس از خشک کردن حالت خمیری خود را حفظ می کند. استحکام بریکت ها به حدی است که با فشار دست ، وامی روند. هنگام سوختن این بریکت ها دود غلیظ سیاه رنگی تولید می شود. به هنگام سوختن برای جلوگیری از چسبیدن بریکت ها به یکدیگر بایستی در حین احتراق آنها را دایم به هم زد تا سوختن ادامه یابد.
۲	سیمان (۴ تا ۸ درصد).	۳۵	استحکام بریکت های نرمه کوک با ۶ درصد سیمان ، کافی است. سوختن این بریکت ها احتیاج به دم داشته و هنگام سوختن دود تولید نمی کنند.
۳	رس (۴ تا ۸ درصد).	۳۸	استحکام بریکت های نرمه کوک با حدود ۴ درصد رس ، کافی می باشد. برای ادامه سوختن به دم احتیاج بوده و بریکت ها ، بدون دود می سوزند.
۴	بنتونیت (۴ تا ۸ درصد).	۳۰	استحکام بریکت های نرمه کوک با حدود ۴ درصد بنتونیت ، کافی است. سوختن آنها ، احتیاج به دم داشته و بدون دود می سوزند.
۵	ملاس چغندر*	۲۴	استحکام این نوع بریکت ها ، کافی است. احتراق آنها بدون دود بوده و خوب می سوزند.
۶	قطران بعلاوه ۱۰ درصد خاک اره	۲۷	حالت خمیری شدن بریکت ها به علت وجود قطران حتی پس از خشک شدن ، حفظ می گردد. (در شرایط آزمایش شده) برای ادامه سوختن و جلوگیری از چسبندگی بریکت ها به یکدیگر ، بایستی آنها را در حین احتراق دایم بهم زد ، تا سوختن ادامه یابد.
۷	خاک اره	-	چسبندگی خاک اره در این سری بریکت ها به هیچ وجه کافی نیست.

* - میزان قطران و ملاس چغندر در بریکت ها تا آن اندازه بوده که گلوله کردن آنها ، امکان پذیر گردد.

جدول ۳- نتایج سوختن بریکت های تولید شده از نرمه زغال سنگ

سری آزمایشی	ماده چسبنده .	درصد مواد نسوخته	توضیحات
۱	-	۲۰	چسبندگی خاکه زغال سنگ به تنهایی برای تولید بریکت به هیچ وجه کافی نیست . این بریکت ها ، به علت داشتن مواد فرار ، بهنگام سوختن ، دود تولید می کنند ..
۲	-	۱۶	در این آزمایش بریکت های خاکه زغال سنگ را شکسته و ابعاد رابه ۳ تا ۴ سانتیمتر می رسانیم . تجربه نشان می دهد که در تمام موارد ، با کوچک تر شدن ابعاد ، در شرایط مساوی ، بهره سوختن بیشتر می شود ..
۳	قطران*	۲۵	قطران درون بریکت ها ، در فرایند خشک شدن ، حالت خمیری خود را حفظ کرده و باعث چسبندگی قطعات زغال سنگ به یکدیگر در هنگام سوختن می شود . برای ادامه سوختن بایستی دایم بریکت ها را بهم بزنند .. هنگام سوختن این بریکت ها به علت وجود قطران ، دود غلیظ سیاه رنگی ، تولید می شود ..
۴	سیمان (۴ تا ۶ درصد)	۲۸	استحکام بریکت زغال سنگ با حدود ۴ درصد سیمان ، کافی است .
۵	رس (۴ تا ۶ درصد)	۲۸	استحکام بریکت زغال سنگ با حدود ۴ درصد رس ، کافی می باشد ..
۶	بنتونیت (۴ تا ۶ درصد)	۳۲	استحکام بریکت خاکه زغال سنگ با حدود ۴ درصد بنتونیت کافی است .
۷	ملاس چغندر	۲۷	استحکام این بریکت ها کافی است ، و با خرد کردن آنها ، بهره سوختن بالا می رود .

خانگی مناسب نیستند. مسلماً در شرایط صنعتی، کسه بریکت به کمک پرس با فشار زیاد و در درجه حرارت مناسب ساخته می شود. این روش کاملاً عملی است و انجام می گیرد.

۵- هرگاه بریکت ها تا حدود ۳ تا ۴ سانتیمتر خرد کردند بهتر و کامل تر می سوزند.

پیشنهادات

۱- پژوهش های اساسی به منظور استفاده از نرمه کوک، مخلوط با زغال سنگهای گازدار، به منظور تولید کوک متالورژی، انجام گیرد.

۲- برای ساختن و بررسی بریکت های تولید شده از نرمه کوک پژوهشهای وسیع تری انجام گیرد. به عنوان مثال "تأثیر فشار تراکم در ساختن بریکت ها، تأثیر درجه حرارت خشک کردن بر روی استحکام، قابلیت سوختن و نفوذ پذیری بریکت ها بررسی شود.

۳- پژوهش به منظور ساختن، کاربرد و ارزیابی فنی اقتصادی خسته های تولید شده از نرمه و خرده کوک، که بررسیهای اولیه آن توسط آقای دکتر سید حسن بصیر و شرکت ملی ذوب آهن ایران انجام شده در سطح نیمه صنعتی و صنعتی پی گیری شود.

در خاتمه از خانم مهندس زهرا غلامی و آقای علی محمد محمد صالحی همکاران گروه مهندسی متالورژی و گداز فلزات دانشکده فنی به خاطر انجام آزمایشها و همچنین از شرکت ملی فولاد ایران و جهاد دانشکده فنی به خاطر همکاری در این زمینه، صمیمانه تشکر می شود.

ارزش گرما دهی بریکت ها را کم می کنند بنابراین بایستی مقدار درصد آنها، محدود باشد.

مسئله دیگری که حائز اهمیت است، نحوه شروع احتراق بریکت ها می باشد. برای شروع احتراق از خرده کوک و چوب آغشته به نفت و یا گازوئیل استفاده شده و برای ادامه سوختن (بخصوص در مورد بریکت های کوک) گاهگاهی از دم کوره نیز استفاده شده است. لازم به یادآوری است که مدت زمان احتراق کلیه آزمایشها یکسان و در حدود ۴/۵ تا ۵ ساعت بوده است.

نتایج سوختن بریکت های کوک و بریکت های زغال سنگ به ترتیب در جدول های ۲ و ۳ آورده شده است. برای بهتر شناختن نحوه سوختن زغال سنگ علاوه بر آزمایشهای انجام شده در جدول ۳ آزمایشهایی نیز بر روی قطعاتی از زغال سنگ با مواد فرار متوسط انجام گرفته است. مقدار مواد نسوخته، در آزمایش اخیر، حدود ۲۲ درصد بوده که با سوختن بریکت های خاکه زغال سنگ، بدون ماده چسبنده، قابل مقایسه می باشد.

نتیجه

در زیر باختصار نتایج کلی که از پژوهشهای فوق الذکر به دست آمده، ذکر می شود:

۱- قابلیت چسبندگی نرمه کوک به تنهایی به هیچ وجه برای تولید بریکت ها کافی نیست و الزاماً بایستی از مواد چسبنده استفاده شود. بریکت هایی که از نرمه زغال سنگ بدون مواد چسبنده تولید شده اند، نیز چسبندگی کافی ندارند.

۲- بریکت های نرمه کوک و نرمه زغال سنگ با ملاس چغندر دارای استحکام کافی بوده، خوب می سوزند و دود تولید نمی کنند. بهره سوختن این بریکت ها نیز از سایر بریکت های مورد آزمایش، بیشتر بوده است.

۳- بریکت های نرمه کوک و نرمه زغال سنگ با سیمان، رس و بنتونیت، با نسبت مناسب، استحکام کافی داشته و دود زیاد تولید نمی کنند. بنابراین کاربرد آنها به عنوان سوخت در منازل، ممکن می باشد ولی بهره سوختن، بالا نیست.

۴- بریکت های نرمه کوک و نرمه زغال سنگ با قطران، که در این آزمایشها با فشار دست تهیه شده اند، به علت عدم کفایت استحکام و تولید دود زیاد برای مصارف

منابع

- ۱- محمود - شاکری، شهرزاد فردوسیان
تهیه سوخت خانگی و متالورژیکی با استفاده از نرمه ذغال و نرمه
کوک شرکت ملی ذوب آهن اصفهان.
- ۲- ناصر توحیدی، آشوت نظریان و افسر سیار
کوره حرارتی جهت احتراق خرده کوک، بریکت و یا گندوله کوک.
گروه مهندسی متالورژی و گداز فلزات دانشکده فنی، دانشگاه
- تهران، شماره ۴ ثبت اختراع ۲۱۸۹۶ تاریخ ۱۳۶۰.
- ۳- سید حسن بصیر
تهیه بریکت از خرده کوک های کارخانه ذوب آهن اصفهان.
دانشکده فنی دانشگاه تهران، مهرماه ۱۳۶۰
- ۴- انتشارات شرکت ملی ذوب آهن ایران.