

بررسی امکان استفاده از ضایعات کوبهای شماره یک و دو کارگاه پالایش بنزول در سیکل تولید در بخش تولیدات کک و مواد شیمیایی ذوب آهن اصفهان پروژه برتر ذوب آهن اصفهان در همایش تحقیقاتی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران سال ۸۲

چکیده

عمل جداسازی و تخلیص مخلوط آروماتیکها شامل بنزن، تولوئن و زایلینها از بنزول خام (مایعات جدا شده از گاز کک) در واحد پالایش بنزول کارخانه ذوب آهن اصفهان انجام می‌گیرد و از طرفی باقیمانده‌های کوبها از تولیدات جنبی عملیات تقطیر واحد پالایش بنزول بوده که می‌تواند حاوی ترکیبات باارزشی باشد و فوسی قطرانی به دلیل داشتن مواد جامد در فاز قطران بدون استفاده می‌باشد. به دلیل عدم مصرف باقیمانده‌های کوب و فوسی قطرانی در واحد تولیدات کک و مواد شیمیایی ذوب آهن اصفهان، این مواد به عنوان ضایعات به محیط زیست دفع می‌گردید. در این تحقیق، در خصوص کاهش آلاینده‌های زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی، ترکیبات موجود در باقیمانده‌های کوبها و فوسی قطرانی شناسایی شده و امکان استفاده از آنها در سیکل تولید بررسی می‌گردد و مورد استفاده کامل قرار گرفت و سالانه حدود ۳۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال از نظر اقتصادی برای شرکت سود حاصل می‌گردد.

مقدمه

در اواسط قرن نوزدهم با شروع تولید رنگهای مصنوعی، نیاز شدیدی به قطران، آنتراسن و بنزول به وجود آمد و محصولات شیمیایی حاصل از کک‌سازی از صورت ضایعات صنعتی خارج گردید [۱].

واحد پالایش بنزول به عنوان یکی از واحدهای جانبی فرآیند کک‌سازی اولین بار در قرن نوزدهم میلادی مورد استفاده قرار گرفت [۲]. بعد از سالهای دهه پنجم قرن نوزدهم، به علت مصرف روز افزون گاز کک، واحد بازیابی و جداسازی مواد باارزش موجود در گاز زغال‌سنگ مانند قطران، آمونیاک، بنزن، تولوئن و زایلینها احداث گردید [۳]. در طول جنگ جهانی دوم با افزایش مصرف آروماتیکها به عنوان سوخت و تولید مواد منفجره، اولین بار تولید مواد آروماتیکی بنزن، تولوئن و زایلینها از نفت خام انجام گردید. امروزه در کشورهای پیشرفته برش آروماتیک‌های حاصل از گاز زغال‌سنگ که به عنوان بنزول خام یا روغن سبک معروف است با روشهای جدید خالص‌سازی می‌شود [۴].

در اکثر واحدهای کک‌سازی، کک تولید شده با فرآیند بازیابی محصولات جانبی از گاز کک همراه است [۵].

در بخش تولیدات کک و مواد شیمیایی ذوب آهن اصفهان در واحدهای مختلف محصولات قطران، اسیدسولفوریک، سولفات آمونیوم و بنزول خام از گاز کک تولید می‌گردند. به علت محدودیت استفاده از بنزول خام، پس از جداسازی آن از روغن شستشو به بخش پالایش بنزول خام ارسال گشته و در آنجا ترکیبات متشکله آن از یکدیگر تفکیک می‌شوند. بنزول خام جهت جداسازی ترکیبات سنگین از محصولات آروماتیکی تحت عملیات تقطیر ناپیوسته قرار گرفته و ترکیبات سبک و سپس برش BTX از آن جدا گشته و باقیمانده کوب ۱ تخلیه می‌گردد. برش BTX پس از شستشو با اسیدسولفوریک غلیظ و تیوفن‌زدایی مورد عمل تقطیر ناپیوسته قرار گرفته و محصولات بنزن، تولوئن، زایلینها و سولونت از آن تولید می‌گردند. در اثر این عملیات باقیمانده کوب ۲ در انتهای عملیات باقی مانده و تخلیه می‌شود.

روش انجام کار

باقیمانده کوب ۱ و ۲ هر کدام به میزان ۹۰۰ تن در سال تولید شده که به عنوان ضایعات واحد به محیط دفع می‌شوند. قطران نیز از محصولات تولیدی از گاز کک بوده که در دکانتر قطران با جدا شدن از دو فاز آب آمونیاکی و فوسی قطرانی جهت پالایش به مخازن قطران و نهایتاً به پالایشگاه قطران ارسال می‌گردد. فاز مایع - جامد فوسی قطرانی از انتهای دکانتر قطران جمع‌آوری گشته و با مقدار حدود ۲۲۰۰ تن در سال به عنوان ضایعات به محیط زیست دفع می‌گردد. آلاینده‌ها معمولاً در اثر فعالیتهای انسان پدید می‌آیند و از همراهان دائمی جوامع بشری که تکنولوژی مدرن را در خدمت دارند، می‌باشند. بدیهی است که فعالیتهای انسان در راستای توسعه به هر طریقی که باشد اثرات مختلفی بر محیط زیست خواهد داشت. لیکن نمی‌توان این فعالیتها را که جنبه حیاتی برای انسان دارد محدود کرد، بلکه می‌بایست متناسب با نیازهای حال و آینده هر چه بیشتر در توسعه و تکامل آن تلاش شود، مشروط بر آنکه به بهای نابودی محیط زیست و منابع طبیعی نباشد [۶].

هدف از این تحقیق بررسی امکان استفاده مجدد از این ضایعات در راستای حفظ محیط زیست و افزایش تولید محصولات باارزش می‌باشد.

شناسایی ضایعات

در ابتدا باقیمانده‌های کوب ۱ و ۲ و نیز فوسی قطرانی مورد آنالیز تقطیر قرار گرفته و سپس آزمایش گاز کروماتوگرافی بر روی آنها انجام شد. در جدول (۱) نتایج حاصل از آنالیز انجام شده بر روی برشهای حاصل از تقطیر باقیمانده کوب ۱ و ترکیبات شناسایی شده آورده شده است.

جدول ۱- ترکیبات موجود در باقیمانده کوب ۱

ترکیب	درصد وزنی
Naphthalene	۶۲/۹۳
Indane	۲۲/۲۹
Xylenes	۳/۲۹
Phenol	۱/۹۱
Dibenzofuran	۱/۱۵
Anthracene	۰/۹۵
m,p- Cresol	۰/۸۶
Phenanthrene	۰/۷۸
Flourene	۰/۷۷
Carbazole	۰/۷۵
Acenaphthene	۰/۶۶
Pyrene	۰/۶۶
Flouranthene	۰/۵۷
Toluene	۰/۵۵
Phenyl 2-naph.	۰/۴۸
Thiophene	۰/۳۶
Biphenyl	۰/۳۲
Benzofloure	۰/۲۶
1,2- Benzanthracene	۰/۲۲
Methyl anthracene	۰/۱
Benzene	۰/۰۹۵
o - Cresol	۰/۰۵
Isoquinoline	۰/۰۱

باقیمانده کوب ۲ به دلیل داشتن ترکیبات سنگین پلیمری ناشی از سولفوناسیون، پس از عملیات تقطیر تنها ۵۰ درصد مواد قابل فرار آن استحصال گشته و باقیمانده به صورت توده جامد غیر قابل شناسایی می‌باشد. پس از عملیات تقطیر باقیمانده کوب ۲ مورد آنالیز گاز کروماتوگرافی قرار گرفته و ترکیبات آن شناسایی شده‌اند که نتایج آن در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- ترکیبات موجود در باقیمانده کوب ۲

ترکیب	درصد وزنی
Naphthalene	۱۷/۸۴
Xylenes	۶/۳۳
Phenol	۵/۴۹
Indane	۴/۵۴
m,p-Cresol	۲/۴۰
Toluene	۲/۱۳
Flourene	۱/۵۳
o - Cresol	۱/۰۱
Benzoflourene	۰/۱۷
Benzene	۰/۰۹
Thiophene	۰/۰۷
Unknown	۳/۳۹

به دلیل وجود مواد جامد نرمه کک و ذرات ریز زغال در درون فوسی قطرانی، ابتدا آزمایش استاندارد قطرانی جهت تعیین مواد جامد موجود آن انجام می‌شود و پس از تعیین آن، نمونه فوسی قطرانی تقطیر گشته و بر روی مجموعه برشهای حاصل آنالیز گاز کروماتوگرافی انجام می‌گردد. جدول (۳) ترکیبات شناسایی شده در فوسی قطرانی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- ترکیبات موجود در فوسی قطرانی

ترکیب	درصد وزنی
Naphthalene	۴۷
Anthracene	۱۳/۲۲
Carbazole	۷/۶۲
2-Methl naphthalene	۶/۷۱
Pyrene	۵/۹۵
Phenanthrene	۵/۵۶
Flourene	۳/۰۶
Phenol	۲/۴۰
Biphenyl	۱/۴۲
Benzofuran	۱/۲۵
o- Cresol	۱/۲۱
Benzene	۱/۱۱
Quinoline	۰/۹۷
Toluene	۰/۹۳
Indane	۰/۳۱
Isoquinoline	۰/۲۷
Ethylbenzene	۰/۱۷

استفاده از ضایعات در سیکل تولید

- استفاده از باقیمانده کوب ۱ در سیکل تولید

جهت استفاده از باقیمانده کوب ۱، نوع ترکیبات موجود در آن باید در نظر گرفته شود و سپس مشخص گردد که این مخلوط به چه برشی نزدیکتر بوده و اضافه نمودن آن به کدام قسمت سیستم مناسب است. با توجه به اینکه منشأ تولید باقیمانده کوب ۱ (ناشی از تقطیر بنزول خام) و قطران، هر دو مایعات جداشده از گاز کک هستند، مخلوط کوب ۱ به قطران سبک نزدیک بوده و می‌توان موضوع امکان اختلاط آن را با قطران مورد بررسی قرار داد. با تهیه نمونه‌هایی از مخلوط باقیمانده کوب ۱ و قطران، فاکتورهای تعیین کیفیت قطران بر روی نمونه‌های مخلوط انجام گشته که نتایج حاصله در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۴- نتایج اختلاط باقیمانده کوب ۱ و قطران

مشخصه	مخلوط ۲/۵%	مخلوط ۱۱/۷%	قطران معمولی
دانسیته	۱/۱۷	۱/۱۵	۱/۱۹
QI %	۰/۹۵	۰/۹	۱/۰۵
خاکستر %	۰/۵	۰/۵	۰/۶

همانگونه که از این جدول (۴) مشاهده می‌شود، درصد خاکستر نمونه‌های ۲/۵% و ۱۱/۷% مخلوط از قطران کمتر بوده که امری مطلوب می‌باشد ولی از آنجا که پارامتر QI (درصد مواد نامحلول در کینولین) فاکتور مهم و تعیین کننده کیفیت قطران محسوب می‌شود، لذا نمونه‌ای که اختلاف کمتری با قطران داشته باشد مناسبتر خواهد بود. بنابراین اختلاط باقیمانده کوب ۱ با قطران با نسبت ۲/۵% گزینه‌ای مناسب جهت استفاده از آن در سیکل تولید می‌باشد.

- استفاده از باقیمانده کوب ۲ در سیکل تولید

از آنجا که ۵۰% از باقیمانده کوب ۲ را مواد جامد سنگین پلیمری تشکیل می‌دهد، جهت استفاده از آن دو گزینه افزودن آن به زغال شارژ باطریهای کک‌سازی و اختلاط با قطران مورد بررسی قرار می‌گیرد. به منظور نزدیکی هر چه بیشتر نتایج به واقعیت، ترکیب درصد زغالهای انتخاب شده طبق شارژ روز باطریها در نظر گرفته شده است. در ابتدا نمونه زغال شاهد شارژی با درصدهای زیر تهیه می‌گردد: زغال کارفرما ۱۰%، زغال پابدانا ۲۰%، زغال باب نیزو ۱۰%، زغال شاهرود ۱۵%، زغال استرالیا ۱-۱۵%، زغال استرالیا-۳ ۱۵%، زغال استرالیا ۴-۱۵%. در ادامه مخلوط زغال به اندازه دو برابر میزان بارگیری کوره آزمایشی آماده گشته و به دو قسمت مساوی تقسیم گشته و دو نمونه مخلوط ۱% و ۲/۵% باقیمانده کوب ۲ و زغال تهیه شده و آزمایشات تعیین پارامترهای کیفیت زغال بر روی آنها انجام می‌گردد. نتایج این آزمایشات در جدول (۵) داده شده است.

نتایج جدول (۵) نشانگر آن است که افزودن باقیمانده کوب ۲ به زغال شارژ کلاً باعث بالا رفتن فراریت زغال به میزان قابل توجهی شده و با توجه به بالا بودن فراریت زغال‌های داخلی، استفاده از مخلوط باقیمانده کوب ۲ حتی حدود ۱% در زغال شارژ مناسب نبوده ضمن اینکه تأثیر چندانی در بهبود کیفیت کک تولیدی ندارد.

در مرحله بعد گزینه اختلاط باقیمانده کوب ۲ با قطران بررسی گشته و برای این منظور نمونه‌هایی از مخلوط باقیمانده کوب ۲ و قطران تهیه شده و فاکتورهای تعیین کیفیت قطران بر روی آنها انجام می‌شود. نتایج این آزمایشات در جدول (۶) آورده شده است.

جدول ۶- نتایج اختلاط باقیمانده کوب ۲ و قطران

باقیمانده کوب نسبت به قطران	QI	TI	Sp.Gr.	Ash.
$\frac{11.7_{(II)}}{100}$	۰/۳	۴/۲	۱/۱۵۱۱	۰/۳
$\frac{3.3_{(II)}}{100}$	۰/۴	۶/۲	۱/۱۵۱۰	۰/۳
$\frac{2.5_{(II)}}{100}$	۱/۲	۵/۱	۱/۱۵۰۰	۰/۳۳
$\frac{2.5_{(I)} + 3.3_{(II)}}{100}$	۰/۵	۵/۲	۱/۱۴	۰/۱۴
قطران خام	۰/۶	۶/۱	۱/۱۴۹۳	۰/۰۸

اندیس‌های (I) و (II) نشان‌دهنده باقیمانده‌های کوب ۱ و ۲ بوده و مقدار ۱۰۰ برای قطران انتخاب شده است. البته قابل ذکر است که مقادیر انتخابی با توجه مقادیر تولیدی در هر Batch یا در هر ماه می‌باشد. ملاحظه نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که با افزایش درصد مخلوط نظم خاصی در روند افزایش یا کاهش پارامترهای قطرانی ندارد. ولی از آنجا که نمونه مخلوط توأم باقیمانده کوب ۱ و ۲ با قطران اختلاف کمی داشته، لذا جهت استفاده از باقیمانده کوب ۲ می‌توان آن را همراه با باقیمانده کوب ۱ با نسبت ۲/۵٪ باقیمانده کوب ۱، ۳/۳٪ باقیمانده کوب ۲ در ۱۰۰٪ قطران به سیکل قطران اضافه نمود.

- استفاده از فوسی قطران در سیکل تولید

فوسی قطرانی شامل دو فاز جامد و مایع بوده که فاز جامد آن را ذرات ریز نرمه کک و زغال و فاز مایع آن را قطران تشکیل می‌دهد. به دلیل وجود مواد جامد مشابه با زغال در فوسی قطرانی، امکان افزودن آن به زغال شارژر باطریهای کک‌سازی بررسی شد. در ابتدا نمونه‌ای از زغال شاهد شارژر با ترکیب درصد زیر تهیه می‌گردد: زغال شاهرود ۲۵٪، زغال پابدانا ۱۰٪، زغال کارفرما ۲۰٪، زغال استرالیا-۱ ۲۰٪، زغال استرالیا-۴ ۲۰٪. همچنین دو نمونه مخلوط ۱/۵٪ و ۳٪ فوسی قطرانی و زغال شارژر تهیه گشته و آنالیزهای تعیین کیفیت زغال شارژر و کک بر روی نمونه‌های تهیه شده صورت گرفته که نتایج بدست آمده در جدول (۷) داده شده است.

نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد که افزودن فوسی قطرانی به زغال شارژر باعث بالا رفتن فراریت زغال شارژر به مقدار قابل توجه‌ای شده و مقاومت مکانیکی، عدد تورم کاهش یافته ضمن اینکه مقدار کک ۲۰-۰٪ افزایش می‌یابد. بنابراین افزودن فوسی قطرانی به زغال شارژر حتی در نسبت پائین ۱/۵٪ نیز باعث بهبود کیفیت زغال شارژر نشده ضمن اینکه موجب افت کیفیت کک تولیدی نیز می‌گردد.

بنابراین مناسبترین راه جهت استفاده از فوسی قطرانی در سیکل تولید، جداسازی هر چه بیشتر قطران از فوسی قطرانی است. تحقیقات انجام یافته در این خصوص بیانگر آن است که دستگاه فیلتر دوار مناسبترین وسیله جهت جداسازی فاز جامد فوسی از مایع قطران می‌باشد.

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می دهد که ضایعات تولیدی در واحد تولیدات کک و مواد شیمیایی ذوب آهن اصفهان به دلیل دارا بودن مواد باارزش و محصولات واحد قابل استفاده مجدد در سیکل تولید می باشد. در صورت اجرای پیشنهادات ارائه شده در این تحقیق به طور عملی در کارخانه ذوب آهن اصفهان، مقدار قابل ملاحظه ای از ضایعات دورریز کاهش یافته ضمن اینکه گامی مهم جهت حفظ محیط زیست و کاهش آلاینده های زیست محیطی برداشته خواهد شد. علاوه بر مزایای ذکر شده با ورود این ضایعات به سیکل تولید و با تبدیل آنها به محصولات واحد درآمد حاصل از فروش آنها نیز عاید کارخانه خواهد گردید. نهایتاً بهینه ترین نتیجه حاصل، مربوط به ۲۰ کیلو گرم از کوب ۲ و ۱۵ کیلو گرم از کوب ۱ و ۶۰۰ کیلو گرم قطران می باشد که با این روش تمام ضایعات قابل استفاده گردید و با توجه به داشتن سالانه حدود ۱۷۰۰ تن ضایعات شیمیایی و فروش آنها گذشته از کاهش هزینه های پرسنلی، حمل و نقل و آلوده کنندگی محیط زیست باعث سالانه حدود ۳۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال از نظر اقتصادی برای این شرکت سود حاصل می گردد

تشکر و قدردانی

در پایان لازم است از دانشگاه صنعتی اصفهان و شرکت پژوهنده فولاد به عنوان مجری و از کلیه واحدهای مربوطه اعم از معاونتهای محترم بهره برداری و طرح و برنامه، مدیریتهای محترم تولیدات کک و مواد شیمیایی، امور فنی و بهره برداری، آزمایشگاه مرکزی شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان بواسطه همکاری صمیمانه در انجام پروژه تشکر و قدردانی گردد.

مراجع

- ۱- علی پور، هوشنگ، بازیابی مواد شیمیایی از صنعت کک سازی، مرکز آموزش متالورژی ذوب آهن اصفهان، ۱۳۶۰
- 2-Berkowitz, N. R., "An Introduction to Coal Technology", Academic Press Inc., New York, 1979
- 3-Lowry, H. M., "Chemistry of Coal Utilization", Supplementary Volume, John Wiley & Sons, New York, 1963
- 4-Toai, S. C., "Fundamental of Coal Benefication and Utilization", Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1982
- 5-AP-42, "Coke Production", Op. Cit., 1995
- ۶- دبیری، مینو، آلودگی محیط زیست: هوا- آب- خاک- صوت، تهران، اتحاد، ۱۳۷۵

جدول ۵- نتایج افزودن باقیمانده کوب ۲ به زغال شارژ در کیفیت زغال شارژ و کک بدست آمده

کیفیت کک												کیفیت زغال شارژ						درصد ترکیب زغال						شماره واریانت			
۱۰M%	۴۰M%	mm% +۸۰	mm% ۶۰-۸۰	mm% ۴۰-۶۰	mm% ۲۰-۴۰	mm% ۱۰-۲۰	mm% ۰-۱۰	S% کگوگرد	V% مواد فرار	A% خاکستر	W% رطوبت	ddpm سیالیت	D% دیلاتاسیون	F.S.I تورم	mm% ۰-۳	S% کگوگرد	V% مواد فرار	A% خاکستر	W% رطوبت	استرالیای ۴%	استرالیای ۳%	استرالیای ۱%	شاهرود %		باب نیزو %	پابدانا %	کارمزد %
۹/۸	۷۲/۱	۱۲/۴	۲۲/۶	۴۶/۸	۱۲/۶	۲/۵	۳/۱	-	۰/۸۶	۱۴	۱/۷	۴۰۰	۱۷	۷/۵	۷۵/۵	-	۲۷/۷	۱۱	۷/۳	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۰	۲۰	۱۰	۱
۹/۸	۷۱/۸	۱۳/۷	۲۶/۳	۴۴/۲	۱۰/۷	۲/۲	۲/۹	-	۰/۹۲	۱۳/۸	۰/۸	۳۷۰	۱۷	۷/۵	۷۵/۵	-	۲۷/۹	۱۰/۸	۷/۳	"	"	"	"	"	"	"	×۲
۱۰	۷۲	۱۱/۱	۲۷/۷	۴۴	۱۱	۲/۸	۳/۴	-	۰/۹۵	۱۴/۱	۱/۳	۳۸۰	۱۲	۷/۵	۸۰/۲	-	۲۷/۸	۱۰/۸	۶/۸	"	"	"	"	"	"	"	۳
۹/۶	۷۲	۹/۵	۲۶/۵	۴۲/۳	۱۴/۹	۳	۳/۸	-	۰/۹	۱۳/۸	۱/۵	۳۲۰	۸	۷/۵	۸۰/۲	-	۲۸/۹	۱۰/۵	۶/۸	"	"	"	"	"	"	"	××۴

ملاحظات: × مخلوط واریانتهای ۱ و ۲ همزمان آماده شده، سپس به نصف مخلوط (واریانت ۲) حدود ۳ کیلوگرم باقیمانده کوب ۲ اضافه شده است (حدود ۱٪).

×× مخلوط واریانتهای ۳ و ۴ همزمان آماده شده، سپس به نصف مخلوط (واریانت ۴) حدود ۹ کیلوگرم باقیمانده کوب ۲ اضافه شده است (حدود ۲,۵٪).

جدول ۷- نتایج افزودن فوسی قطرانی به زغال شارژ در کیفیت زغال شارژ و کک بدست آمده

کیفیت کک												کیفیت زغال شارژ						درصد ترکیب زغال						شماره واریانت			
۱۰M%	۴۰M%	mm% +۸۰	mm% ۶۰-۸۰	mm% ۴۰-۶۰	mm% ۲۰-۴۰	mm% ۱۰-۲۰	mm% ۰-۱۰	S% کگوگرد	V% مواد فرار	A% خاکستر	W% رطوبت	ddpm سیالیت	D% دیلاتاسیون	F.S.I تورم	mm% ۰-۳	S% کگوگرد	V% مواد فرار	A% خاکستر	W% رطوبت	استرالیای ۴%	استرالیای ۳%	استرالیای ۱%	شاهرود %		باب نیزو %	پابدانا %	کارمزد %
۸/۸	۷۳/۶	۱۳/۴	۲۹/۵	۳۶/۶	۱۴/۱	۲/۶	۳/۸	-	۰/۹	۱۴/۵	۱/۹	۳۰۰	۳۳	۸	۷۹/۷	-	۲۶/۵	۱۱/۲	۷/۸	۲۵	-	۲۰	۲۵	-	۱۰	۲۰	۱
۹/۴	۷۲/۴	۱۶/۹	۲۴/۸	۳۷/۹	۱۳/۶	۳/۰	۳/۸	-	۰/۹	۱۴/۴	۲/۰	۲۴۰	۳۰	۷/۵	۷۹/۷	-	۲۷	۱۱/۲	۷/۹	"	"	"	"	"	"	"	×۲
۹/۶	۷۲	۱۶	۲۵/۳	۳۹	۱۲/۷	۳/۲	۳/۸	-	۰/۹	۱۴/۷	۳/۱	۴۶۰	۴۳	۷/۵	۷۹/۷	-	۲۷/۸	۱۱/۵	۷/۸	"	"	"	"	"	"	"	××۳

ملاحظات: × در واریانت ۲ به میزان ۵/۲ کیلوگرم فوسی قطرانی به ترکیب زغال اضافه شده که معادل ۱/۵٪ وزنی در شارژ خشک می باشد.

×× در واریانت ۳ به میزان ۱۰/۸ کیلوگرم فوسی قطرانی به ترکیب زغال اضافه شده که معادل ۳٪ وزنی در شارژ خشک می باشد.