

ЕКОЛОГИЧНИ И ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОБЛЕМИ ПРИ СЕПАРИРАНЕ НА СУРОВИНА ОТ МАКСИМ-ТАБАН

Любомир Кузев

Минно-геоложки университет
"Свети Иван Рилски"
София 1700, България

РЕЗЮМЕ

Известно е, че решаването на голяма част от екологичните проблеми е свързано с конкретни технологични решения. Премахването на Максим табан в град Перник и свързаните с него замърсявания на въздуха и водите е възможно и желано, тъй като ликвидацията на табана ще се финансира от реализацията на въглищния продукт отделян при преработката му като енергийно гориво в ТЕЦ. Извършеното експериментиране в промишлена инсталация в Белгия със суровина от Максим табан показва технологичните възможности на хидроциклонното сепариране в автогенна суспензия. При плътност на суспензията $1,44 \text{ g/cm}^3$ и динамичните условия в средата в която се извършва разделянето осигуряват реална разделителна плътност $1,65 \text{ g/cm}^3$ при която въглищният концентрат е с рандеман 21,43 % при A^0 21,5 %. При промишленото експериментиране в инсталацията предназначена за извличане на черни каменни въглища от табаните в Белгия се установиха и няколко неблагоприятни факта имащи отношение към суровината от Максим табан, с решаването на които може да се подобри икономическата ефективност на хидроциклонното сепариране на суровината в автогенна суспензия. Това са: наличие на въглищни късове или срастъци по-едри от 40 mm; висока лепливост на глините от Максим табан, които при висока влага създават условия за формиране на агрегати от въглищни и шистови частици и отделянето им като едрокъсов продукт в клас +40 mm; по-груба дисперсност на глините сравнен със зърнометричния състав на автогенната суспензия използвана при промишления експеримент и други.

Ключови думи: табан, въглища, автогенна суспензия, хидроциклонно сепариране.

УВОД

В последните години Великобритания, Белгия, Франция и други страни насочват значителни инвестиции към преработката на високопепелни въглища и отпадъчни материали извадени от вече недействащи рудници. Инвестициите дават висока икономическа ефективност и се възстановяват многократно. Успоредно се подобрява нарушеният вид на околната среда, което е свързано и с ликвидирането на източниците на вредни газове, прахови и течни емисии.

Подобряването на характеристиките на околната среда в град Перник е актуален проблем, тъй като фигурира в списъка с местата с най-големи стойности на различни видове замърсявания в България. Голям дял в замърсяването е имало, а и в момента има химическото изветряване на въглищните табани, в резултат на което се отделят серни съединения, прах и тежки метали. При валежи те се натрупват във водосборите, а оттам чрез водата се пренасят и в почвата.

ЕКОЛОГИЧНИ ПРЕДПОСТАВКИ ЗА ЛИКВИДИРАНЕ НА МАКСИМ ТАБАН

Максим табан - характеристика

Максим табан се намира в северната част на гр. Перник, западно от Дивотинска река, в непосредствена близост до рудник Света Ана. На външен вид има формата на елипсоидно разтеглен пресечен конус с размер в осите 390 x 230 m при средна височина 28 m. Има стръмни склонове с наклон 30 - 40 %. Горната му част е относително добре подравнена с наклон 0,5 - 2 %. Табанът се характеризира със следните физически показатели: влага - над 30 %, плътност 2,2 - 2,7 t/m³, порьозност 50-65 %. През 1972 г. табанът е предаден за стопанисване на общината в град Перник с площ 76 декара. През 1974 г. е проведена лесобиологична рекултивация на табана. В момента младата гора се е запазила само върху площ 30 - 35 % от площта на табана по северния скат. Останалата част е изсъхнала под въздействието на процесите протичащи във вътрешността на табана.

До 1992 г. са прокарани 6 проучвателни ядрови сондажи на удобни за сондиране места без проучвателна мрежа, след което проучването е преустановено. Няма достатъчно данни показващи разпределението на горимата маса във вътрешността на табана. Данните за пепелното съдържание на ядките от всеки сондаж варират в широки граници в интервала от около 70 % до стерилни материали. По експертна оценка в табана има около 200000 тона въглища.

Екологични проблеми

Максим табан е горящ табан. Самозапалването на въглищните частици става при достъп на кислород до тях. В резултат на хемосорбцията става дифундиране на кислородни молекули по порите и адсорбирането им по активните центрове. Там се образуват съединения от прекисен тип. Съединенията са нетрайни и според теорията за верижно-радикалните процеси те се разпадат на силно реактивоспособни радикали. Те атакуват органичната структура на въглищата и образуват други междинни съединения, които също са нетрайни и се разпадат. Това образуване на нетрайни съединения протича лавинообразно и се съпровожда с непрекъснато покачване на температурата. Когато температурата достигне точката на запалване на въглищата започва процесът горене, при който се отделят димни газове. В тях се съдържат: CO, CO₂, SO₂, CS₂ и други. Тъй като отнемането на топлина от заобикалящите центъра на горене материали не е ефективно, то температурата нараства, в резултат на което протичат процеси познати при газификацията, при която се отделя HS₂, както и различни въглеводородни газове като: етан, етилен, ацетилен и други. Възможно е в някои зони да настъпи и безкислороден режим на деструкция на органичното вещество от въглищата, при което се образува въглищен катран, съдържащ разнообразни химически съединения, някои от които са канцерогенни като бензпирена. Отделят се и кислород съдържащи съединения като феноли, а също така и амини. Тези продукти проникват гравитачно през суровината на табана, което се благоприятства от повишената пористост на насипания материал. Тези съединения чрез повърхностните валежни води и чрез подпочвените води се пренасят до най-близките водосборници.

Излизащите димни газове през пукнатините и каверните при контакт с атмосферната влага довеждат до образуване на киселини, които замърсяват, както повърхностните, така и подпочвените води.

Вследствие на ерозията в югоизточната част на табана се замърсяват с неразтворими вещества водите на минаващата в непосредствена близост река, приток на Струма. При сухо време почвите в околността се замърсяват от пренасяния от ветровете прах от обрушения склон на табана. Очевидно Максим табан, в условията на процесите на горене в него, е екологично вреден за околната среда. Тези процеси на горене затихват и се проявяват с нова сила в зависимост от природните условия и са непредвидими. Не може да се определи времетраенето на този процес до пълното изгаряне на въглищата. То може да продължи десетилетия. Тези екологични проблеми са достатъчно основание за търсене на възможности за неговото ликвидиране.

Технологични възможности

В практиката са очертани три основни направления за оползотворяване на въглищните отпадъци (Шпирт М.Я., 1986):

- а) повторно обогатяване на отпадъците;

- б) разработване на комбинирани схеми за обогатяване съчетани със схеми позволяващи използването на бедни на горима маса продукти;

- в) оползотворяване на отпадъците от въгледобива в други отрасли на промишлеността.

В добива на въглища от табани, съдържащи смесени материали (некондиционни въглища и скални маса), Белгия е една от водещите страни. Там широко се прилагат методи на извличане на горима маса чрез гравитационни методи, като: сепариране в тежки среди, обогатяване в утаечни машини, винтови сепаратори и концентрационни маси, хидроциклонизиране и други. Белгийската фирма WAUTELET предлага технологични схеми на инсталации за обогатяване на въглища в хидроциклони с автосуспензия. В суспензоида са включени компоненти от обогатяваната суровина - главно глини, пясъци и скална маса. Исторически въглищното обогатяване е здраво свързано с ползването на тежки среди. Сепарирането в такава среда е със слабо изразени динамични ефекти. Алтернатива на това обогатяване в тежка среда е обогатяването в автогенна самогенерираща се среда, която е с по-ниска плътност и сериозни динамични ефекти. Реално необходимата плътност се компенсира от вихровите и центробежни потоци създавани в машините реализиращи сепарирането на частиците на горимата маса от частиците на скалната маса.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

За да се докаже практическата възможност за преработка и оползотворяване на суровината от Максим табан беше необходимо провеждането на промишлено експериментиране. Тъй като у нас няма инсталации за преработка на суровини от такъв характер, то експериментирането се проведе в Белгия на инсталация на фирмата WAUTELET в околностите на Шарльороа. Наред с потвърждаването или отричането на тази възможност трябваше да се определи и технико-икономическата целесъобразност от бъдещата преработка на суровината от табана.

Представителност на пробата

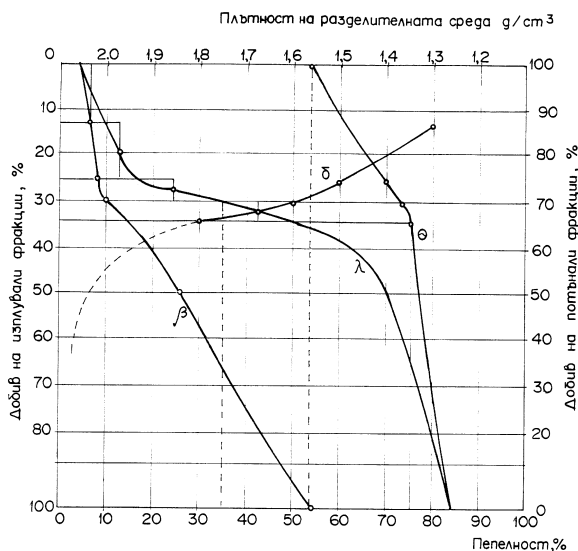
Вземането на представителна проба е трудно осъществима задача, поради неравномерността и непоследователността на формирането на табана. Въпреки това количеството на пробата за провеждане на експеримента трябва да отговаря на зърнометричния състав на суровината в табана и максималната едрина на късовете. Вземането на пробата е извършено от 6 случайно подбрани точки от повърхността на табана с едноклофов багер. От всяка точка са извадени по 20 тона до дълбочина определена от рамото на багерната кофа. Взетата суровина е натрупана на конус върху площадка, където след трикратно събиране и разстилане са отделени около 60 тона чрез квартоване. При натоварването на пробата на ж.п.вагона е отделена проба за провеждане на предварителни лабораторни изследвания.

Лабораторни изследвания

От предварителните лабораторни изследвания е установено, че суровината от Максим табан е с влага 16 % и пепелно съдържание 70 %. Извършен е фракционен анализ на суровината в тежка течност бромформ. Получените резултати са дадени на таблица 1.

Таблица 1. Резултати от фракционен анализ на суровина от Максим табан

По данните от таблица 1 са построени кривите на обогатимост, които се виждат на фигура 1.



Фигура 1. Криви на обогатимост на суровина от Максим табан.

Методика за промишлено експериментиране

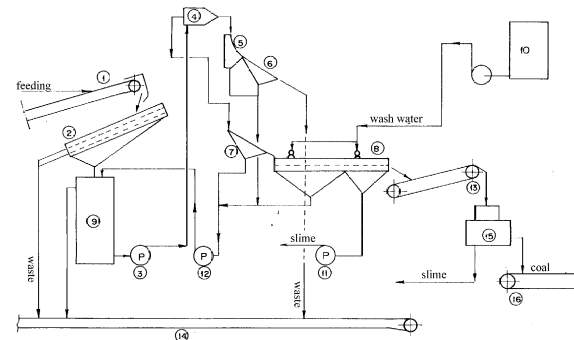
Възприетата методика за промишленото експериментиране е сравнително-симулационна. Тя предвижда на инсталация с оптимизиран технологичен процес на сепариране на суровина от табани формирани при добива на черни въглища чрез прекъсване на потока да се подаде за обработка суровината от Максим табан. За разграничаване на двете суровини да се остави интервал от по 5 минути в хранването при започването и при завършването на експериментирането. То се провежда с използваната в инсталацията суспензия, тъй като количеството на суровината от Максим табан, както и времетраенето на експериментирането не са достатъчни за формиране на собствена суспензия. Плътноста на суспензията се отчита по време на експериментирането на всеки две минути. На същият интервал се вземат еднакви по обем проби от суспензията, които се обединяват в обща проба при завършването на експериментирането. На интервал от 4 минути чрез пресичане на потоците се

вземат проби от концентрата и обединеният отпадък. За попълване на количествените данни се определят и:

- количеството на преработената суровина от Максим табан;
- количеството на добития въглищен концентрат;
- пепелно съдържание и влага на въглищният концентрат.

Опитна инсталация

Опитната инсталация е дадена на фиг.2



Фигура 2.. Технологична схема за сепариране на отпадък от черни въглища

1-захранваща лента; 2-двуситова пресевна уредба; 3-помпа; 4-хидроциклон; 5-дъгово сито; 6-обезводняващо сито за отпадък; 7-обезводняващо сито за отпадък от хидроциклони; 8-промивно сито; 9-промивен барабан "Барел"; 10-резервоар за промивна вода; 11-шламова помпа; 12-помпа за оборотна вода; 13-транспортна лента за промити въглища; 14- транспортна лента за отпадък; 15-обезводняваща центрофуга; 16- транспортна лента за въглищен концентрат.

Опитни резултати

Експериментирането е проведено съгласно предварително изготвената методика при установен технологичен режим. Началото на експериментирането е 4 часа след пускането на инсталацията. Суровината от Максим табан е преработена на единия от двата модула. Продължителността на експериментирането е 24 минути. Общата маса на преработената суровина от Максим табан е 56 тона с пепелност 70 % и влага 18 %. Полученият концентрат е 12 тона с пепелност 21,5 % и влага 15,3 %. На представителните проби от събраните при експериментирането количества от:

- автогенна суспензия;
- въглищен концентрат;
- отпадък от суровината.

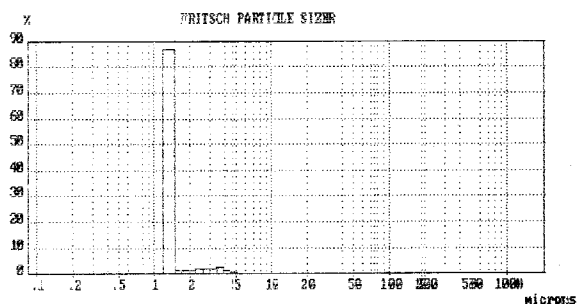
в МГУ са извършени лабораторни изследвания. Плътноста на автосуспензията измерена с ареометър с обхват 1,0 - 1,5 g/ cm³ при 18 °С. Отчетена е плътност 1,44 g/ cm³. Зърнометричният състав на автосуспензията е определен на лазерен седиментограф Анализете 22 и е даден на фигура 3.

На пробата от въглищен концентрат във вида добит на инсталацията е определена влагата при изсушаване при 105 °С, която е 15,3 %. След допълнително промиване на концентрата с чиста вода на сито 0,063 mm е извършен зърнометричен анализ на изсушения надситов продукт. Резултатите от анализа са дадени на таблица 2. При

промиването на концентрата е отделен шламово-глинест продукт, който е утаен и изсушен. Неговото количество е 8,05 % с пепелност 67,6 %.

Пробата от отпадъка е пресята влажна на сито 40 mm. Клас + 40 mm е съставен от две групи късове:

- а) масивни късове;
- б) агрегати от слепени с влажна глина въглищни и мергелни зърна.



Фигура 3. Зърнометричен състав на автогенна суспензия използвана на инсталация за хидроциклонирание на табани от черни въглища в Белгия.

Таблица 2. Резултати от зърнометричен анализ на промит върху сито 0,063 mm и изсушен въглищен концентрат получен при промишленото експериментиране в Белгия

Клас mm	Добив %	Пепелност %	Сумарни резултати по "+", %	
			добив, %	пепелност, %
+ 20,0	2,59	24,5	2,59	24,80
- 20,0 + 9,0	16,05	11,0	18,64	12,87
- 9,0 + 5,0	22,33	10,7	40,97	11,69
- 5,0 + 2,5	24,25	14,1	65,22	12,58
- 2,5 + 1,25	20,50	16,4	85,72	13,50
- 1,25 + 0,5	9,13	25,8	94,85	14,68
- 0,5 + 0,63	5,15	42,2	100,00	16,10
Всичко	100,0	16,1	-	-

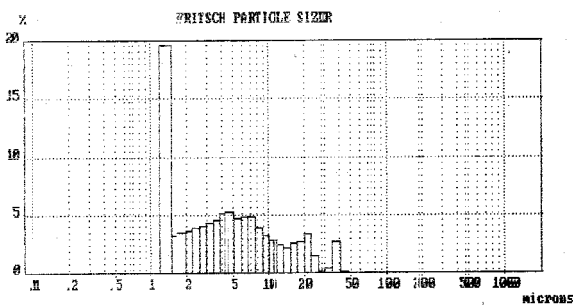
На таблица 3 е дадена зърнометричната характеристика на подситовия клас - 40 mm с пепелност по класи.

Таблица 3. Зърнометрична характеристика на клас - 40 mm от отпадъка получен при промишленото експериментиране в Белгия

От клас + 40 mm чрез ръчно сортиране са отделени масивните късове от агрегатите, след което са отделени мергелните от въглищните късове. Агрегатите от въглищни и мергелни частици са свързани с глини. След дезинтегрирането и промиването на тази фракция се получи резултати дадени на таблица 4.

От глинестият продукт (- 0,063 mm) на таблица 3 е отделена проба за ситов анализ. Определянето е извършено на лазерен седиментограф Анализете 22. Резултатът от анализа е даден на фигура 4. От тази класа ще се формира автосуспензията при преработката на суровината от Максим табан.

Таблица 4. Зърнометричен състав на клас + 40 mm от отпадъка получен при промишлено експериментиране в Белгия



Фигура 4. Зърнометричен състав на глинест продукт -0,063 mm от Максим табан.

ДИСКУСИЯ

Суровината от Максим табан е подходяща за сепариране в автогенна суспензия, представляваща фината част от глинесто-пясъчната фракция на суровината. От фигура 3 се вижда, че белгийската суспензия е съставена преобладаващо от фини частици - около 90 % под 2 микрона. Това са фини шистови частици, тъй като във вместиците въглищата скали няма глини. За разлика от тях фината част от суровината от Максим табан е представена от глини и фини скални (главно мергелни) частици. Според фигура 4 фракцията под 2 микрона е около 30 %, а максималната едрина надминава 40 микрона. Сравнително равномерно разпределение имат частиците в класите от 2 - 20 микрона. Глината от Максим табан е леплива и пластична. Тези свойства се доказват от наличието на голям брой агрегати в клас + 40 mm съставена от обмачани с глина въглищни и мергелни дребни частици.

Анализът на отпадъка от проведеното промишлено експериментиране в Белгия показва, че има резерви за подобряване на ефективността на сепарацията. В клас + 40 mm, който се отделя без да се подлага на сепариране се съдържат въглищни частици, които по пепелност могат да се приобщат към енергийното гориво. Този клас е съставен от две групи късове:

- а/ монолитни въглищни и мергелни късове;
- б/ агрегати.

При ръчното отбиране по блясък и цвят е отделена въглищна фракция в количество 16,48 % от клас + 40 mm с A^d - 34,1 %. Тази класа няма шанс да се обогатява хидроциклонно съгласно експериментираната схема, но тя може да се отдели като междинен продукт при промивният барабан Barrel и да се обедини с концентрата получаван

след хидроциклонирването. Другата възможност за оползотворяване на продукта е натрошаване на този клас до едрина - 40 mm и обогатяване по експериментираната технологична схема от фигура 2, но при намалено извличане.

Интересен резерв има в агрегатите отделени в клас + 40 mm. Съставящите агрегатите частици по разпределение, едрина и пепелност съответствуват на частиците включени във въглищният концентрат и в отпадъка с едрина - 40 mm. Очевидно при условия, в които глината не проявява лепливостта и пластичността си, те ще бъдат разпределени в концентрата и отпадъка в съотношението получено при експериментирането, с което ще се увеличи количеството на добивания концентрат. Проявите на пластичност и лепливост могат да се избегнат при предварително повишаване на влагата на глината или при нейното предварително подсушаване.

Тези резерви обясняват сравнително голямото различие в количеството и качеството на добития въглищен концентрат от данните получени по кривите на обогатимост.

Плътноста на автогенната суспензия при експериментирането е $1,44 \text{ g/cm}^3$ при наличие на силно изявиени динамични ефекти, което отговаря на разделителна плътност в спокойна среда $1,6 - 1,65 \text{ g/cm}^3$. Според формата на кривата на елементарните фракции (λ) въглищата от Максим табан са леко обогатими. Теоретично възможният добив на въглищен концентрат е 33,2 % с A^d 42,8 %.

Получените резултати от промишленото експериментиране за концентрата с рандеман 21,43 % при A^d 21,50 % са доста по-ниски от резултатите отчетени по кривите на обогатимост. С внасянето на някои корекции в технологичната схема, отчитащи посочените по-горе резерви, рандеманът може да се повиши до над 30 % при A^d не висока от 40 %. Тези резултати се доближават до резултатите отчетени по кривите на обогатимост. Плътноста $1,6 - 1,65 \text{ g/cm}^3$ е подходяща за отделяне на енергийно гориво от кафяви въглища, каквито са въглищата в Максим табан, докато с тази плътност от черните каменни въглища се отделя концентрат с ниско пепелно съдържание подходящ за производството на кокс. От тази гледна точка изборът на инсталация за промишлено експериментиране на суровината от Максим табан е точен и подходящ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното промишлено експериментиране на суровината от Максим табан за отделяне на горимата маса под формата на енергийно гориво подходящо за изгаряне в ТЕЦ дава положителен отговор на въпроса за ликвидиране на табана. С извличането на горимата маса от суровината се ликвидират потенциалните корени на екологичното замърсяване предизвиквано от Максим табан. Количествените и качествените показатели на въглищният концентрат са убедителни, а направените икономически разчети

показват, че разходите по преработката на суровината се покриват от реализацията на концентрата с около 15 - 40 % печалба в зависимост от производителността на обогатителната инсталация.

Сепарирането на суровината от Максим табан в инсталацията с хидроциклонно отделяне на въглищен концентрат е подходящ метод. В инсталацията реализираща метода трябва да се обърне внимание върху следните технологични особености:

- а) глините в суровината от Максим табан при влага над 15 % са силно пластични и лепливи;

- б) във фракцията отделяна преди сепарацията с едрина + 40 mm има въглищни късове;
- в) в мергелните късове с едрина + 40 mm има тънки (1 - 2 mm) слоеве въглища.

ЛИТЕРАТУРА

- Шпирт, М.Я. 1986. Безотходная технология – утилизация отходов и добычи и переработки твердых горючих ископаемых. *Недра*, Москва.

Препоръчана за публикуване от катедра "Минерални технологии" на МТФ

ENVIRONMENTAL AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS WITH SEPARATION OF “MAXIM” WASTE DUMP MATERIAL

Lubomir Kuzev

University of Mining and Geology
“St. Ivan Rilski”
1700 Sofia, Bulgaria

ABSTRACT

It is well acknowledged fact that solving of certain environmental problems is connected to development of specific technological methods. The liquidation of Maxim dump in the city of Pernik coupled with elimination of the whole spectra of air and water pollution problems linked to that dump is both possible and highly welcome, since dump elimination itself will be self financed via realization of the rejected coal product and its utilization as a fuel in the Thermo power Station. The results from the exploitation testing of Maxim dump material performed in Belgium suggest the technological feasibility for hydrocyclone separation in an autogenous suspension. When tests were performed under 1.44 g/cm^3 suspension density, the dynamic conditions of the media secure real separation density of 1.65 g/cm^3 under which one could obtain coal concentrate with yield 21.43% with 21.5 % ash content. During the course of the industrial trials at the Belgian installation designed for recovery of black coal from local dumps, some negative factors were figured out having influence upon Maxim dump material treatment by which elimination better economic efficiency could be target in the case of hydrocyclone separation of the material in an autogenous suspension. These factors are: the existence of coal particles or intergrowths larger than 40 mm; the high thixotropic features of the clay met in Maxim dump which under increased moisture content of the material tend to form aggregates between coal and shale and their rejecting as 40 mm oversize; coarser dispersion of the clays in comparison to the granulometric characteristic of the autogenous suspension used in the industrial scale testing and others.

Key words: dump, coal, autogenous suspension, hydrocycloning.

INTRODUCTION

During the recent years countries such as UK, Belgium, France and others are allocating appreciable investments for processing of high ash coals and waste materials extracted from past not existing anymore mines. These investments are characterised by high rate of return. Parallel, devastated landscapes are improving and harmful gaseous, dust and liquid emissions are eliminated.

The improvement in the local environment in the city of Pernik is an urgent need, since this region is known as one having heaviest pollutants load on Bulgaria. Great deal of this pollution is due to chemical erosion from the coal dumps as a result of which sulphurous compounds, dust and heavy metals are emitted. During rainfalls these pollutants report into water courses and subsequently enter into soil system.

ENVIRONMENTAL INCENTIVES FOR MAXIM DUMP ELIMINATION

Maxim dump – characteristics

The Maxim waste dump or tip is located in the northern part of Pernik city vicinity, west to Divotinska river and in close proximity with the “St. Ana” coal mine. The outside view of the tip is a non-uniform cut cone having axis dimension 390 x 240 m with 28 m mean height. There are slopes reaching 30-40 % tilt. The upper surface is flattened at 0.5 - 2° elevation. The dump is characterised by the following physical properties: moisture content – above 30 %, density 2,2 - 2,7 t/m³, porosity 50 - 65 %. During 1972 the dump with a total area of 76 decares was transferred to Pernik municipal Council for further management. A plantation/biological rehabilitation has been performed in 1974. At the present time young not very well

developed plantations remained only at about 30% of the tip surface mainly on its northern part. On the remaining part of the tip the wood plantations are dried as a result of the processes occurring inside the tip.

Up to 1992 six exploration wells were established for convenient for drilling spots however without an exploration grid after which further testing was not carried out. Hence, no sufficient data concerning the energy bearing mass distribution inside the tip is present. Data about ash content from each well differ significantly in a range from 70 % to nil. According to expert estimation about 200000 tones of coal are contained inside the tip.

Environmental problems

Maxim tip is a burning dump. Self ignition of the coal particles results as a result of oxygen contact. As a result of hemisorption oxygen molecules diffuse towards pores and adsorbs onto coal active centres. There compound of peroxide type are formed. These are non-stable compounds and according to chain-radical process theory they dissociate into radicals having high reaction affinity. The later attract coal organic structure and form intermediate compounds which are also non-stable and undergo dissociation. This formation of non-stable compounds is going fast and is accompanied by constant increase in temperature. When temperature reaches coal ignition point, burning takes place accompanied by release of fume gases. They contain CO, CO₂, SO₂, CS₂ and others. Since temperature abstraction from the materials surrounding the burning center is not effective, this is leading to temperature increase as a result of which processes known from gassification occurs leading to release of both HS₂ and other CH containing gasses like ethane, ethylene, acetylene and others. It is possible in some zones an anoxic regime of coal organic matter destruction to be formed which is leading to

formation of tar containing various chemical compounds some of which like benzopyrene are cancerogenic. Oxygen containing compounds like phenols are also emitted as well as amines. These products penetrate under gravity through pit volume, which process is facilitated by the increased porosity of the material. Surface waters coming from rainfalls collect these compounds and dispersed them towards the closest water catchments.

The fumes released via cracks and caverns coming in contact with atmospheric moisture are leading to acid generation which pollute both surface and underground water courses.

As a result of the erosion occurring in the South-east part of the tip the running near by river which is tributary to Struma river is polluted with non-dissolved solids. In dry seasons surrounding soils are polluted from the dust carried on by the winds carving the tip surface. It is obvious that Maxim tip with its burning features is highly environmentally harmful object. Burning processes are difficult to be forecast since they suddenly seize and start again depending on natural factors. It is not possible to evaluate the duration of complete burning process for the coal contained. It could last for decades. The above mentioned process provide a sound incentive for a search of mitigating options leading to their elimination.

Technological possibilities

Three principle directions are known from practice concerning coal wastes utilisation (Shpirt M.J., 1986):

- a) wastes re-processing;
- b) development of complex processing flow sheets enabling to use products with low content of burning mass;
- c) utilisation of coal wastes in other industrial sectors.

Belgium is among the leading countries in extraction of coals from tips containing mixed materials (cut-off-grade coals and rock mass). Gravity methods aiming for burning mass recovery are widely practised in Belgium. Among the gravity methods the following are employed frequently: heavy media separation, separation in jigs, spirals, concentrating tables, hydrocyclones etc. The Belgian company WAUTELET offers technological flowsheets of installations designed for coal processing in hydrocyclones working with autogenerated suspension. The suspension is generated from the components coming with the raw material – mainly clay, sands and rock mass. From historical prospective coal washing is closely linked with the use of heavy media. Separation in such a media is characterised by not very strongly pronounced dynamic effects. An alternative option to such a heavy media separation is the separation in an autogenous self-generated media which has lower density and significant dynamic effects. The density practically required is compensated by the vortex and centrifugal currents which are generated inside separation devices aiming the recovery of burning components from the rock gangue.

EXPERIMENTAL

In order to prove the practical possibility for processing and utilisation of Maxim dump material an industrial scale trials

were needed. Since in Bulgaria there is no installation for processing raw materials of such kind industrial testing was carried out in Belgium at WAUTELET installation in the Charleroi vicinity. The objective of the testing was twofold – first to prove or to reject that possibility and second to evaluate the technical and economic feasibility for the eventual future tip re-processing.

Sample representativeness

Obtaining of a mean representative sample seems a difficult task since waste tip has been formed non-uniformly and under non-constant time intervals. Nevertheless, the quantity of the sample raw material subjected to experimental testing should comply with the granulometric composition of the material inside the tip and with the maximal particle size. Mean sample has been prepared by sampling of six randomly chosen points at tip surface via bucket elevator. From each point about 20 tones were digger out from a depth limited by bucket elevator arm. The material taken out has been stored as cone-shaped on a special site from where after three times joining and dispersion about 60 tones were collected by quart method. Separate sample for laboratory studies has been collected immediately upon material loading onto the railway carriage.

Laboratory studies

Preliminary laboratory tests have proved that the material from Maxim pit has 16 % moisture content and 70 % ash content. Material fractionation (sink/float analysis) in a bromoform as a heavy media was carried out as well. The results obtained are presented at Table 1.

Table 1. Sink/float results for Maxim dump material

Table 1 analysis data were used for construction of the theoretical processing curves presented at Figure 1 below.

Industrial testing method

The method used for industrial scale testing is comparatively-simulative. It presumes subjecting the Maxim tip material by interruption of a working installation with parameters optimised in advanced for processing of black coal tips. It was decided to envisage 5 minutes time interval in order to precisely delineate between start-up and finishing for the two materials – the one originally processed at the installation and the Maxim dump material. However, the originally generated suspension is used for the Maxim materials well, since the quantity of the material and its residence time inside installation are both enough for generation of self-suspension. Suspension density has been monitored every 2 minutes. Same time interval was used for sampling, when two equal samples from the suspension were taken, and were joined by the end of the experiments. In a 4 minute intervals samples from concentrate and collective tails

were taken by means of pulp sectioning. In order to satisfy data compilation the following items were additionally estimated:

- overall quantity of treated material;
- quantity of coal concentrate yielded;
- ash and moisture content of the coal concentrate.

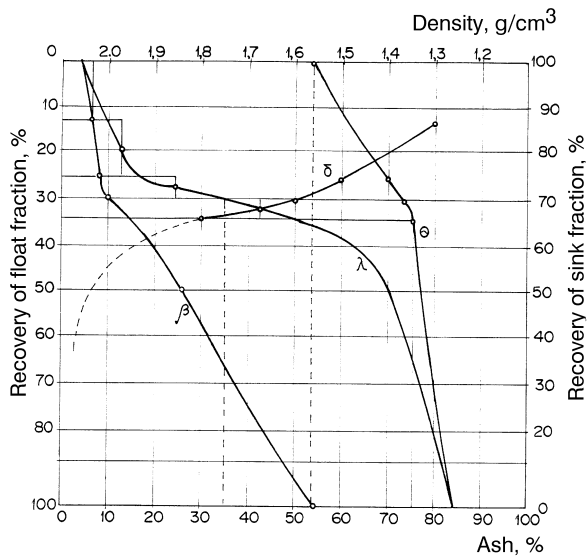


Figure 1. Theoretical processing curves for Maxim dump material

Industrial installation

The principal sequence of the industrial installation is shown at Fig. 2

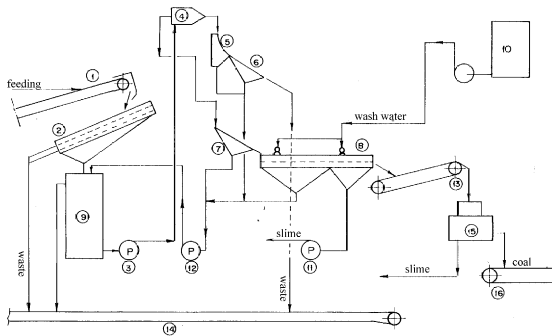


Figure 2.. Black coal waste separation flow-sheet- unit sequence

- 1- feeding belt;
- 2- double deck vibration screen;
- 3- pump;
- 4- hydrocyclone;
- 5- arc screen;
- 6- drainage screen for waste;
- 7- drainage screen for hydrocyclone overflow;
- 8- wash screen;
- 9- washing drum "Barrel";
- 10- wash water tank;
- 11- slime pump;
- 12- recycled water pump;
- 13- rubber transportation belt for washed coal;
- 14- rubber transportation belt for waste material;
- 15- drainage centrifuge;
- 16- rubber transportation belt for coal concentrate to storage.

Experimental results

The experimental testing has followed an initially agreed routine for and established technological regime. Experimental start-up has coincide with hour four after initial installation running. The Maxim dump material has been processed on one of both modules. Total test duration has been set to 24 minutes. The total amount of material processed was 56 tonnes with an ash content of 70 % and 18 % moisture. 12 tonnes of concentrate were obtained having ash content of 21,5 % and 15,3 % moisture. Representative samples from the

following products were collected – autogenous suspension, coal concentrate, tail. They were subjected to lab studies at the UMG in Sofia. The suspension density measured with aerometer ranging form 1,0 - 1,5 g/ cm³ at 18 °C has indicated 1,44 g/ cm³. Its granulometric composition was obtained by means of a laser particle sizer Analyzzette 22 and is given ate Figure 3 .

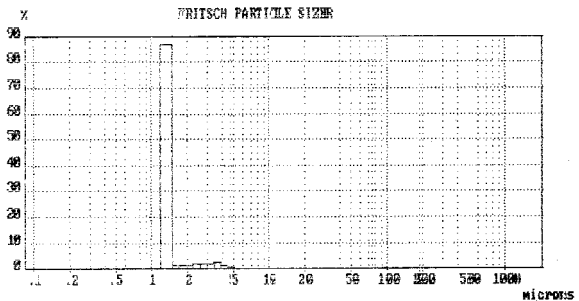


Figure 3. Granulometric characteristic of autogenous suspension used for black coal waste tips hydrocycloning in Belgium

Table 2. Size analysis for washed onto 0,063 mm sieve coal concentrate obtained during an industrial testing in Belgium

For the coal concentrate sample as taken from the installation moisture content after drying at 105 °C, has been estimated as 5,3 %. After further concentrate washing with tap water on 0,063 mm sieve a granulometric analysis of the oversized dry product has been done. Data from that analysis are presented ate Table 2. During concentrate washing a clayey-slime products was collected which was settled and dried. Its mass yield was 8,05 % and ash content 67,6 %.

The tailing sample was wet sieved on 40 mm screen. It was found out that size class + 40 mm encompasses two groups of particles:

- a) massive lumps;

b) aggregates consisting of coal and loamy marl particles glued by wet clay.

Table 3 presents the granulometric composition of class 40 mm undersize with the respective ash content for each class.

Table 3. Granulometric composition of class 40 mm undersize for the tailing obtained during industrial testing in Belgium

From the clayey product (- 0,063 mm) shown at Table 3 a sample for sieve analysis has been taken. It was subjected to Analyzette 22 particle sizer. Figure 4 presents the result form that analysis. This class was generally responsible for autosuspension formation during Maxim dump material processing.

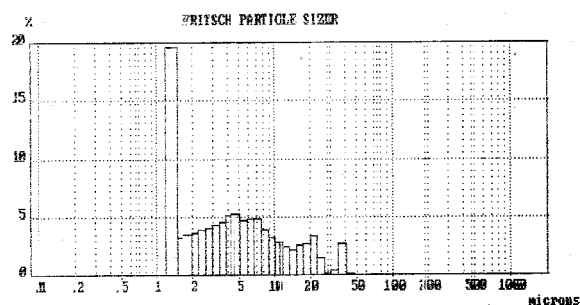


Figure 4. Granulometric characteristic of clayey product - 0,063 mm from Maxim dump

DISCUSSION

By means of hand sorting massive lumps were separated from the aggregates of + 40 mm class after which loamy marl particles were separated from the coal particles. The aggregates between loamy marl and coal particles are glued by the clay. After disintegration and washing of this fraction the results shown at Table 4 were obtained.

Table 4. Granulometric composition of class 40 mm oversize for the tailing obtained during industrial testing in Belgium

Maxim dump material is suitable for separation by means of autogenous suspension which itself presents the finest part of clayey-sandy fraction of the material. Data at Figure 3 support the fact that the Belgian suspension consists predominately of fine particles – about 90 % under 2 micrometers. These are fine loamy particles, since there is no clay in the host rocks. In contrast, the finest part of Maxim tip material is presented predominately by clay and fine rock (mostly marl) particles. Owing to data at Figure 4 the fraction 2 micrometers undersize is around 30 %, and the maximal grain size exceeds 40 microns. Particles in the range 2 - 20 microns are characterised by relatively random distribution. The clay found in Maxim dump is sticky and has high plasticity. These features of the material are additionally supported by the fact that significant aggregates are present in class + 40 mm consisting of fine coal and loamy marl particles coated with clay.

The analysis of the gangue obtained during the industrial testing suggests that definite reserves for improving separation efficiency exist. Coal particles are found in class + 40 mm, which is not subjected to treatment. These particles have low ash content which makes them suitable as power plant fuel. This class consists of two groups:

- a) monolithic coal and loamy marl lumps;
- b) aggregates.

Coal fractions having 16,48 % mass and A^d - 34,1 % has been separated from the class + 40 mm during hand sorting based on colour and blister. This material could not be treated via hydrocycloning according to the flow sheet tested, but it could be successfully separated by the means of Barrel washing drum and joined the concentrate obtained after hydrocycloning. The other option for utilisation of this product is to subject it to size reduction down to - 40 mm and to process it according to the flowsheet given at Figure 2, however with lower recovery anticipated.

The aggregates rejected in class + 40 mm present also an interesting reserve. Based on distribution, size and ash content, the aggregates which form this class are similar to the particles met in the coal concentrate and in the tailing - 40 mm. Obviously, if a conditions under which clay does not manifest its plasticity and adhesives are maintained, they will report in the concentrate and in the tails in ratio estimated during the experiments, which will lead to overall increase in concentrate yield. The unwanted effects of clay could be eliminated also either by initial increase in its moisture content or by its preliminary drying.

These reserves are proving the relatively large difference in the quality and amount of the obtained concentrate compared to the data suggested by the theoretical processing curves.

The autogenous suspension density during experimental test was $1,44 \text{ g/cm}^3$ demonstrating strong dynamic effects, which is equal to separation density of $1,6 - 1,65 \text{ g/cm}^3$ for calm media. The shape of the (λ) curve (elementary fractions curve) suggests that the Maxim dump coals are easily beneficiated. The theoretically possible yield is 33,2 % with A^d - 42,8 %.

The experimental results, however are indicating yield of 21,43 % for A^d - 21,50 %, which are fairly below those suggested by the curves. Provided some correction in the flowsheet are taken into consideration, accounting some of the reserves mentioned above, yield could be increased above 30 % for A^d lower than 40 %. These results are approaching those suggested by the theoretical curves. Density of $1,6 - 1,65 \text{ g/cm}^3$ is a suitable one for recovery of energy material from brown

coals such as those met in Maxim dump, while such a density does not work effectively for black coals where concentrate with low ash content suitable for the coke industry could be recovered only. Given this issue, the choice of the industrial testing installation for the material coming from Maxim dump seems the right one.

CONCLUSION

The industrial testing performed with the Maxim tip material with objective of recovery of burning fraction suitable for Thermo Power Stations fuel, provide a positive answer to the problem of tip liquidation. By means of extraction of the burning-prone fractions from the tip, the potential source of environmental pollution are eliminated. Qualitative and quantitative characteristics of the concentrate obtained are quite convincing, while the economic estimations suggest that the costs associated with material re-processing are entirely covered by realisation of the concentrate with about 15 – 40 % profit depending upon installation capacity.

The separation of Maxim dump material via installation working with hydrocyclone scalping is a suitable method. A special emphasis should be placed on the following technological peculiarities during the course of operation:

- a) clay met in Maxim dump material possess high plasticity and adhesives when moisture is above 15 %;
- b) coal lumps are present in the fraction rejected ahead of the separation, i.e. + 40 mm;
- c) thin (1 - 2 mm) coal layers are met inside loamy marl particles.

REFERENCES

- Shpirt, M.J. 1986. Zero-waste technology – utilisation of wastes from fossil fuels mining and processing. *Nedra*, Moscow, (in Russian).

*Recommended for publication by Department
of Mineral Processing, Faculty of Mining Technology*