

Георги БАБАЧЕВ

СО "ТЕХНОМАТ" Исследовательский центр

"ТЕКОМ" София

УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕРОДА, ПОЛУЧАЕМОГО ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ТЭЦ,
В ЭНЕРГЕТИКЕ, МЕТАЛЛУРГИИ И ДР.

Резюме. В работе представлены лабораторные испытания, проведённые с золой электрофильтров ТЭЦ "Варна". Исследования показали, что по методу флотации с использованием местных недефицитных химических реагентов при простой технологии достигаются хорошие результаты извлечения частиц углерода из золи в форме углеродного концентрата с чистотой 75 - 80 %. Обработанная зола получается чистой в 95 - 97 %, а шлак не содержит частиц углерода вообще. Разработанная технология подтверждена в полупромышленных условиях. На технологию имеется авторское свидетельство.

Эффективное использование сырьевых энергетических ресурсов тесно связано с интенсификацией экономики, повышением качества продукции и расширением сырьевой энергетической базы страны. Большая роль в этом деле отводится утилизации промышленных отходов, и в частности, золошлаковых смесей, получаемых при сжигании угля в тепловых энергетических центрах /ТЭЦ/.

При эксплуатации ТЭЦ в Северной Болгарии ежегодно образуется более 1,2 млн тонн золи и шлака. В отвалах этих ТЭЦ накопилось более 15 млн тонн золошлаковых отходов. В зависимости от вида угля и способов сжигания содержание частиц углерода в золе достигает 20 - 30 %. Этот большой резерв вторичных энергетических сырьевых ресурсов можно и нужно использовать для создания новой отрасли промышленности, организовав их комплексную переработку и эффективное использование продуктов, так как вследствие большого количества частиц углерода в золе, она не отвечает требованиям стандарта и не может использоваться для нужд строительства.

Лабораторные испытания, проведённые с золой электрофильтров ТЭЦ "Вар-

на", показали, что по методу флотации с использованием местных недефицитных химических реагентов при простой и поддающейся механизации и автоматизации технологии достигается очень хорошее извлечение частиц углерода из золы в форме углеродного концентрата с чистотой 75 - 80 %. Обработанную золу и шлак получают с чистотой : зола - 95/97 %, а шлак практически не содержит частиц углерода. Разработанная в лабораторных условиях технология была подтверждена в полупромышленных условиях. Технология подтверждена авторским свидетельством.

Таблица I

Химический состав углеродного концентрата от ТЭС

Углеродный концентрат от ТЭС	Химический состав, в %					
	п.п.п. при 1000°C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
"Варна"	74,13	11,93	5,57	4,60	3,33	0,320
"Русе"	69,65	13,71	7,67	5,37	2,36	0,237

Таблица 2

Гранулометрический состав углеродного концентрата

Фракции, mm	Остаток на сите, в %		
	Интервал между отклонениями S	Средняя величина S _{op}	Квадратичное отклонение ±σ
+0,20	0,04 - 1,80	0,29	0,49
-0,20 +0,09	1,08 - 5,74	3,00	1,55
-0,09 +0,063	3,30 - 63,65	21,95	17,37
-0,063	30,90 - 95,22	74,65	17,98

Таблица 3

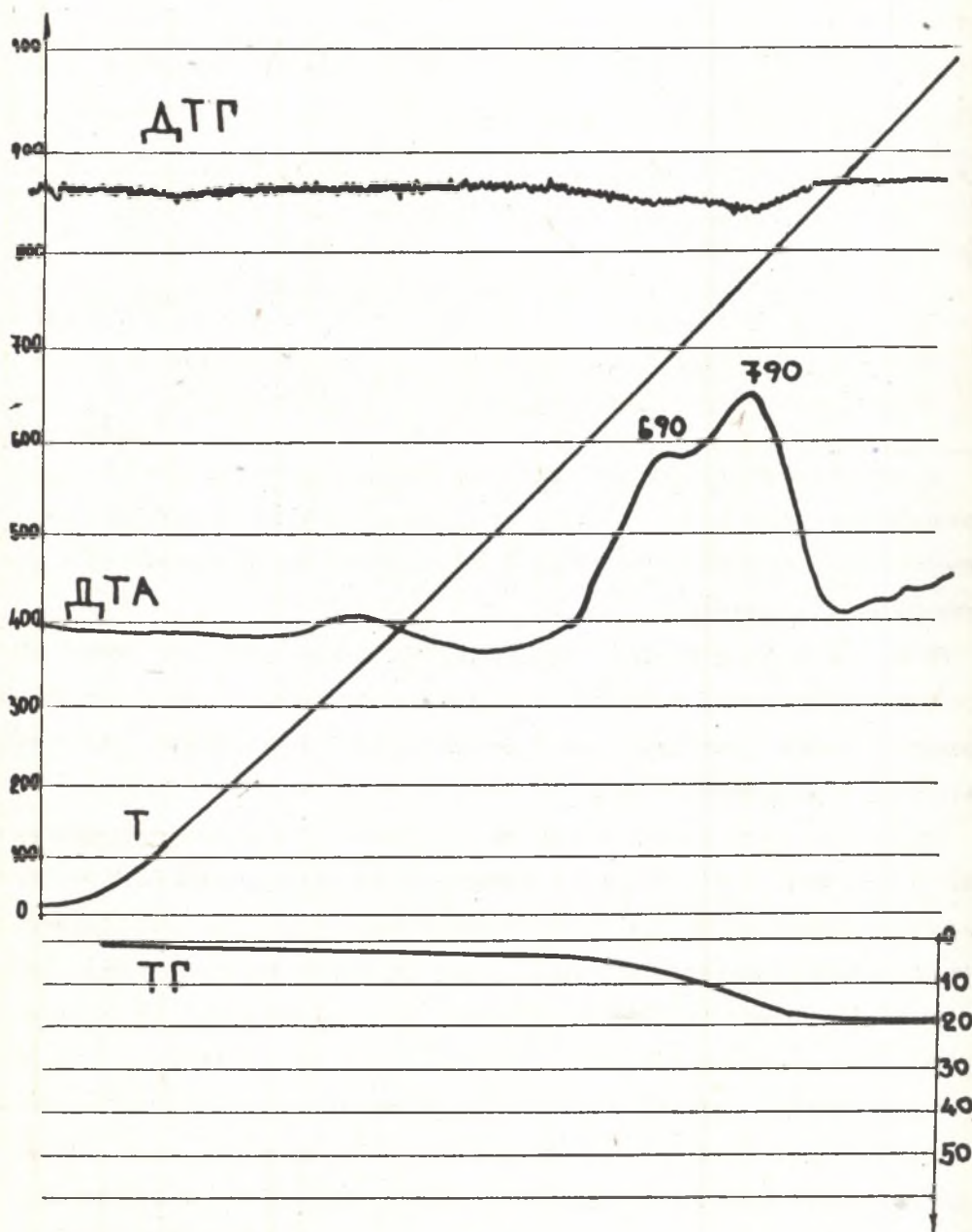
Топливные характеристики углеродного концентрата от ТЭС "Варна" и ТЭС "Русе" /обозначение величин показателей согласно СТ СЭВ 750-77/

Углеродный концентрат от ТЭС	Показатели											
	w^a	A^a	$Y_{O_2+CO_2}$	S^{ob}	v^a	v^r	n^a	n^r	c^a	c^r	Q_T^{dat}	Q_T^a
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	kJ/kg	kJ/kg
Варна	0,37	25,84	73,8	0,49	1,14	1,54	1,0	1,47	72,46	98,26	35279,8	24528
Варна /I/	0,32	17,80	82,6	0,50	1,37	1,66	1,08	1,30	80,74	97,77	34818,9	27331,4
Русе /II/	0,13	30,35	69,5	0,58	0,94	1,36	0,70	1,00	68,48	88,44	34764,4	23170,7

В таблице 1 приведены данные о химическом составе, в таблице 2 - о гранулометрическом составе, а в таблице 3 - топливные характеристики углеродного концентрата. На рис. 1 и 2 представлены дериватограмма и рентгенограмма концентрата.

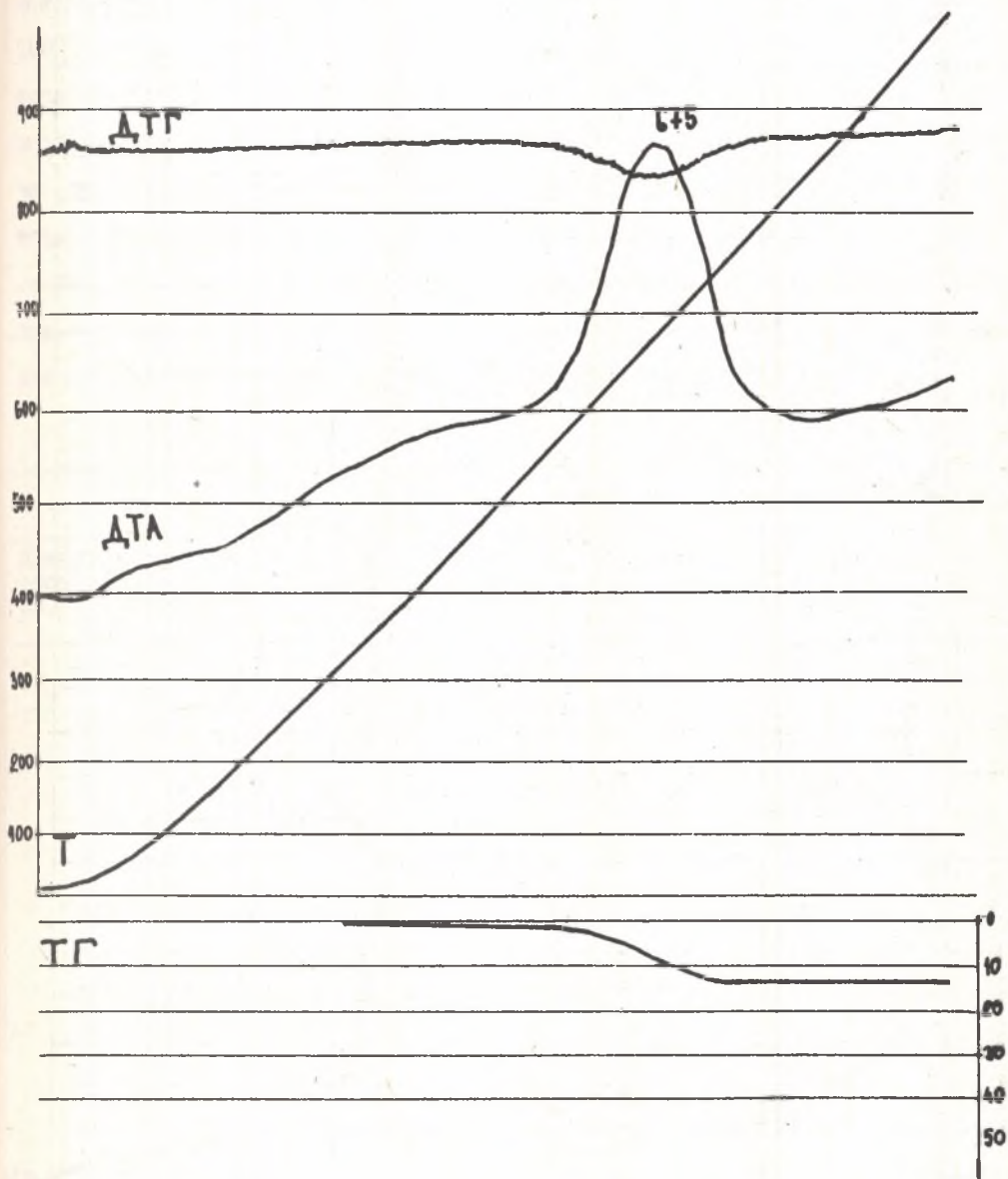
На основании этих и других характеристик концентрата были проведены соответствующие лабораторные и полупромышленные опыты с целью утилизации последнего в виде топлива и как восстановителя в металлургии, при литье металлов, в энергетике и др.

Исследования сгорания концентрата проводились на стендовой установке. Камера сгорания - вертикальная с диаметром 300 мм и длиной 2500 мм. Необходимый воздух подавался по вентилятору через электрический воздухоподогреватель. Расход воздуха регулировался клапанами и измерялся диафрагмами-расходомерами, соединёнными с записывающим прибором. Из приёмного бункера через трёхходовой шнековый питатель топливо подавалось в вихревую турбулентную горелку. Первоначально горелка нагревалась жидким топливом, а после достижения нужной температуры воздуха и стены в верхний пояс подавался концентрат. Во время опытов осуществлялся непрерывный контроль состава газов и температуры, отбирались соответствующие пробы. Углеродный концентрат загорается при температуре около 750°C /более 25 калибров/. Горение и повышение температуры - сравнительно медленное.



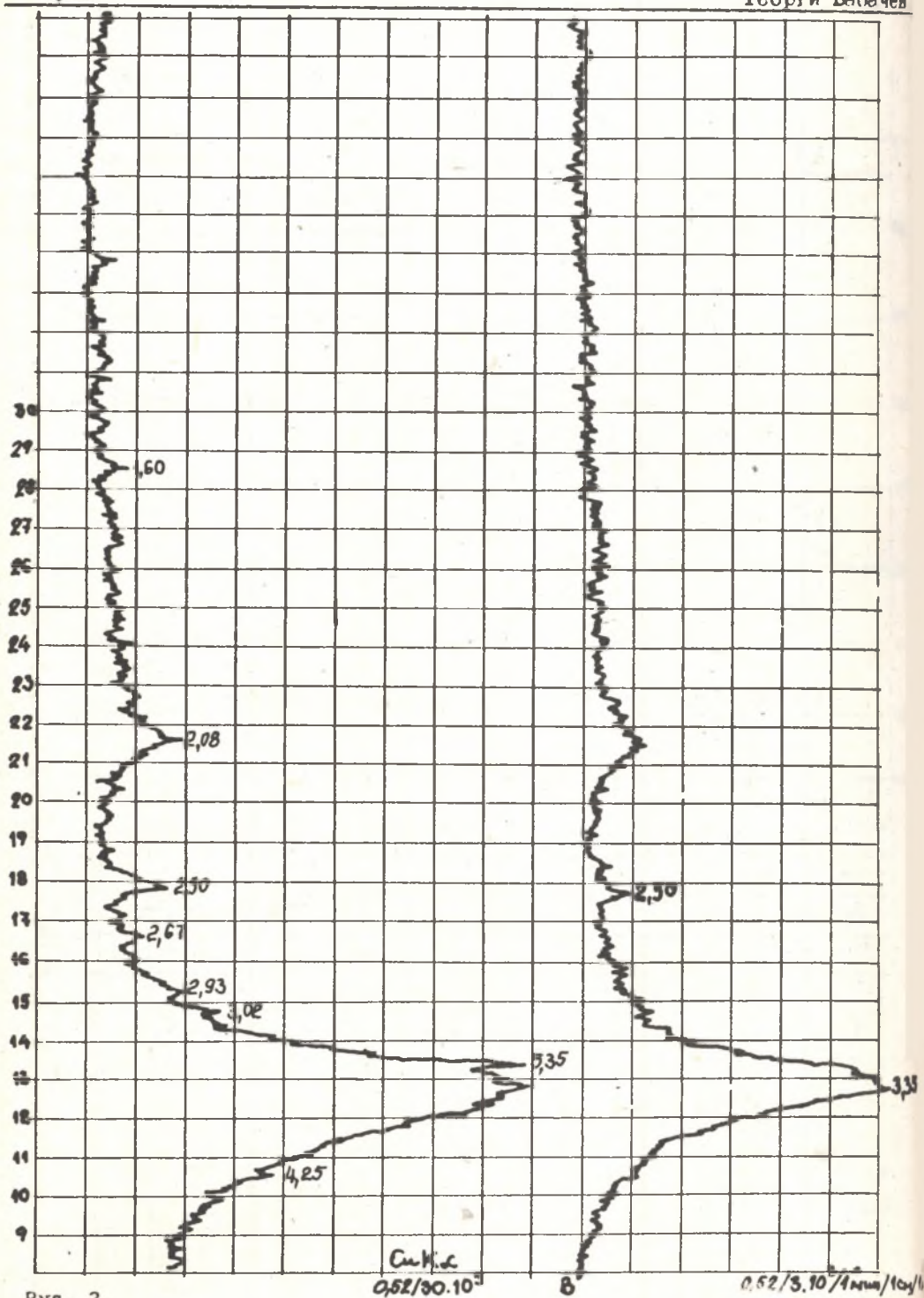
Rys. 1a.

Fig. 1a.



Rys. 1b.

Fig. 1b.



Rys. 2.
Fig. 2.

Максимальная измеренная температура /последнее место измерения/ - около 1000°C. После приблизительно 50 калибров из-за интенсивного наружного теплообмена, горение начинает затихать, так как стенд не рассчитан на исследование подобного топлива. Из-за небольшого объема невозможна подача горячих газов к основанию факела, и при медленном зажигании горячий воздух играет роль постоянного охладителя стен и непрерывно отодвигает место, в котором начинается горение частиц углерода, увеличивая расстояние. В таблице 4 даны результаты исследований на стенде концентрата и, для сравнения с другими видами топлива /лигнита и полукокса/.

Таблица 4

Исследования концентрата, лигнита и полукокса на стенде

Показатели, обозначение по СТ СЭВ 750-77	Единицы измерения	Исследования концентрата, лигнита и полукокса на стенде			
		лигнит	полукокс	угл.конц.	угл.конц.
w_t^r	%	2,5	2,2	5,1	7,2
A	%	46,2	61,2	27,8	23,4
Q_r^r	kJ/kg	59,1	49,4	100,4	104,8
v_{daf}^r	%	66,0	21,4	0,0	0,0
R_{1000}	%	1,0	0,0	0,0	-
R_{400}	%	14,4	0,0	0,1	-
R_{200}	%	39,0	3,3	0,3	0,25
R_{90}	%	72,2	35,6	3,1	4,0
R_{63}	%	-	-	15,0	16,0
B	kg/h	27,5	26,0	16,0	12,0
$S_{ГК}''$		-19,62	-19,62	-19,62	- 9,81
$d_{ГК}''$	-	1,31	1,28	1,35	1,24
$t_{Г.В.}$	°C	300	350	475	480
$C_{шл}$	%	0,0	2,11	53,0	60,7
$C_{ун}$	%	2,0	5,1	55,0	56,5
$\zeta_{ГК}$	%	99,7	96,3	-	-

Проведённые лабораторные исследования и полупромышленные опыты по установлению технического поведения углеродного концентрата как топлива, позволили установить, что самостоятельно можно сжигать углеродный концентрат в циклонной печи, в которой время нахождения в камере можно регулировать при высоких температурах. В других странах есть подходящие сооружения, которые могут быть использованы для этой цели. При данных характеристиках концентрат можно сжигать в смеси с топливом с более высокой реакционной способностью. Концентрат загорается стабильно и после загорания сгорает полностью /причины, мешающие этому, отсутствуют/. Следовательно, при создании этих условий он может быть использован как энергетическое топливо. Большое значение имеет также и обеспечение продолжительного времени горения. На существующих ТЭЦ можно создать подходящие условия для повторного сжигания углеродного концентрата и таким образом получить замкнутый цикл обращения одной части углерода углей, которые сжигаются на этих ТЭЦ, причём в этом случае повысится КПД ТЭЦ.

Проведённые лабораторные опыты /3/ показали, что на базе углеродного концентрата можно получить достаточно стабильные и с хорошей топливной характеристикой углемазутные суспензии. Из-за дефицитности жидкого топлива в мире экономически нецелесообразно использование концентрата в виде углемазутных суспензий в доменном производстве.

В доменном производстве ряда стран перешли на замену части кокса твёрдым топливом, вдуваемым в пылевидном состоянии /2/. Это практикуется в СССР, ГДР, Японии, США и других странах. К используемым для этой цели углям предъявляются определённые требования по отношению к гранулометрическому составу, содержанию влаги, золы, летучих веществ и калорийного эффекта. Расход пылевидного топлива достиг 80 кг/т чугуна без каких-либо технологических затруднений. По своим химическому и гранулометрическому составам концентрат в общих чертах отвечает этим требованиям за исключением высокого содержания золы. В результате выполненных полных расчётов доменного процесса с учётом условий наших металлургических комбинатов установлена технико-экономическая эффективность от вдувания углеродного

концентрата в количестве около 60 кг/т чугуна. Реализуется экономия кокса — дефицитного и дорогого продукта. Из-за больших количеств золы в концентрате производительность доменной печи снижается приблизительно на два процента. В случае уменьшения содержания золы в концентрате, например, посредством повышения степени его чистоты в процессе его получения или вследствие комбинаций с другими веществами с низким содержанием золы /например, с лигнином/, технико-экономическая эффективность от использования концентрата в доменных печах увеличится при практически неизменной производительности печи.

Углеродный концентрат вводится в шихту в форме брикетов с гидролизным лигнином, предварительно коксованным при 800°C. В качестве исходного сырья для получения марганцевых ферросплавов использовались местные марганцевые руды "Никопол" и "Оборище" и в качестве основного восстановителя — коксовые высевки.

Опыты получения углеродного ферромарганца проведены с тремя вариантами составов шихт по флюсовому и бесфлюсовому методам. Наилучшие результаты по химическому составу ферромарганца /с содержанием фосфора до 0,4%/ и самое высокое усвоение углерода из углеродного концентрата, при использовании последнего как восстановителя, достигнуты при варианте с частичным замещением кокса коксованными лигнинуглеродными брикетами при повышенном содержании кремния и уменьшенном содержании марганца в плаке, что объясняется повышенной активностью этого типа восстановителя.

При получении силикомарганца исследовались два варианта шихт и методов получения при восстановителе — лигнинуглеродных брикетах. Показаны возможности замены до 10–12 % коксовых высевок брикетами.

В коксованных брикетах количество углеродного концентрата находится в границах от 30 до 50 %. Они относятся к самым высококачественным восстановителям для производства ферросплавов /высокая реакционная способность, низкое содержание золы/.

Новое эффективное использование углеродного концентрата — науглероживание при литье металлов, которое определяется с одной стороны растуци-

ми потребностями литейного производства в чугунах, а с другой – наличием отходов, образующихся при обработке чугунного литья – чугунных стружек.

Были получены чугуноуглеродные брикеты, состоящие из 50 % углеродного концентрата и 50 % чугунных стружек. Брикеты использовались в составе металлической шихты, подаваемой в вагранку для получения чугуна для транспортных целей. Чугун в вагранке имел необходимую температуру. В таблице 5 дан химический состав расплава.

Химический состав расплава

Таблица 5

Содержание в %	В е л и ч и н а	
	без брикетов	с брикетами
C	2,84	2,81
Mn	0,44	0,55
Si	1,30	2,03
S	0,1	0,17
P	1,14	1,18

При плавлении чугуна в вагранке углеродный концентрат полностью сгорает, а введённые чугунные стружки повышают содержание марганца и кремния в отливках. Технология гарантирует получение синтетического сферографитизированного чугуна. Чугуноуглеродные брикеты можно использовать и при производстве стали в вагранке, если обеспечить брикетам необходимую прочность.

Углеродосодержащие материалы необходимы при литье металлов для изготовления паст и красок для припудривания и обмазки форм. Пасты и краски дороги и дефицитны, поэтому замена их местными материалами приведёт к экономии валюты.

Проведённые в лабораторных условиях и в производственных условиях опыты показали, что углеродный концентрат может заменить чёрный графит, применяемый сейчас в составе противопригарных красок для литейных форм в

чугунлитейном производстве. После проведения литья при сравнении поверхностей металлических отливок с эталоном, в котором использовался чёрный графит, не установлено отклонений и различий.

Опыты показали, что углеродный концентрат может полностью заменить чёрный уголь и антрацит, импортируемые из СССР, в формовочных смесях для изготовления форм для различных частей. В таблице 6 и 7 приведены физико-механические свойства формовочных смесей с 4 и 5 % углеродного концентрата.

Таблица 6

Физико-механические свойства формовочных смесей с 4 % углеродного концентрата

Показатель	Норма	Достигнуто
Предел прочности при сжатии, N/m^2	$0,3 \cdot 10^5$	$0,54 \cdot 10^5$
Газопроницаемость, единицы	более 60	80
Влажность, %	4 - 6	6

Таблица 7

Физико-механические свойства формовочных смесей с 5 % углеродного концентрата

Показатель	Норма	Достигнуто
Предел прочности при сжатии, N/m^2	$0,6 \cdot 10^5 - 0,8 \cdot 10^5$	$0,68 \cdot 10^5$
Газопроницаемость, единицы, более	60	72
Влажность, %	4,5 - 6,0	5,2

Установлено, что отливки имели хороший вид, механический или химический пригар отсутствовал.

Основное количество угля для коксования обеспечивается импортом, и только небольшую часть составляет местный уголь. Запасы этого угля ограничены, добывают его в трудных геологических условиях, что определяет его высокую себестоимость. Проведённые исследования показали, что на базе комбинаций углеродного концентрата и гидролизного лигнина в определённых

соотношениях можно получить продукт со сравнительно низким содержанием золи, серы и влаги, с высокой калорийностью и другими показателями, которые предъявляются к углям для коксования согласно БДС I3133-79 /табл.8/.

Таблица 8
Показатели концентрата для коксования согласно БДС I3133-79

Продукты	Показатели /обозначение по СТ СЭВ 750-77/									
	w_t^r		A^d		S_t^d		v^{def}		Q_1^r	
	ср.%	доп.%	ср.%	доп.%	ср.%	ср.%	от,	мм до	ср.	kJ/kg (kcal/kg)
Концентрат для коксования	9,0	10,0	16,5	17,5	2,1	18,0	6	12	26400	/6300/
промпродукт	12,0	16,0	46,0	50,0	2,5	15,0	-	-	15000	/3600/

Этот продукт представляет значительный дополнительный резерв для страны, так как на дроздовых заводах ежегодно получают более 120 тыс. тонн гидролизолигнина, который сейчас практически не используется для эффективных целей /небольшая его часть сжигается/. Экономическая эффективность от реализации этой возможности большая.

Лигниноуглеродные брикеты могут использоваться и населением для отопления в комбинации с низкокачественными углями, что позволит использовать их более рационально.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые лабораторные и производственные исследования показали значительную технико-экономическую эффективность от использования углеродного концентрата /самостоятельно или в комбинации с промышленными отходами - гидролизным лигнином и чугунными стружками/ в энергетике, металлургии, при литье металлов, в коксовом производстве и др., что подтверждает необходимость и целесообразность реализации разработанной нами технологии комплексной и глубокой переработки золи /или золошлаковой смеси/ ТЭЦ, работающих на чёрных углях и антраците.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабачев Г.Н. и коллектив, Отчётный доклад ИЦ "ТЕКОМ", 1986 г.
2. Бабачев Г.Н., Пепелите и стурите - ценни суровини и материали, Техника, С., 1984 г.

Wpłynęło do Redakcji : grudzień 1986 r.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Leon Troniewski

УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕЛЯ ОТРИЗАНЕГО ПРИ ПРЕРОБЦЕ ОПАДОВ ЭЛЕКТРОВНИАНЫХ
W ENERGETYCE, METALURGII I ИИИИИ

Streszczenie

W pracy przedstawiono badania laboratoryjne popiołów z filtrów elektrycznych elektrociepłowni "Warna". Badania wykazały, że wykorzystując miejscowe niedeficytowe reagenty przy prostej technologii otrzymuje się z popiołu węglowy koncentrat o czystości 75 - 80%. Przerobiony popiół posiada czystość 95 - 97%, a żużel praktycznie nie zawiera węgla. Opracowana w warunkach laboratoryjnych technologia została sprawdzona w skali półprzemysłowej. Na opracowaną technologię uzyskano świadectwo autorskie.

UTILIZATION OF CARBON OBTAINED DURING TREATMENT OF WASTES FROM POWER STATIONS OF POWER ENGINEERING METALLURGY ETC.

Summary

The results from research work in laboratory and production conditions for utilization of carbon concentrate that could be obtained during complex and deep treatment of ashes, respectively cylinders (fractions below 0,5 mm) produced in power station on the basis of cherry and anthracitic coal are treated. It can be recycled individually or combined with other types of coal for secondary combustion in power engineering in the existing or new types of boilers. Blowing into blast furnaces leads to partial substitution of the coke at maintained factors of cast iron. Lignite-carbon briquettes are the highest grade reducing agents for production of ferroalloys (high reactivity, low ash content). Iron-carbon briquettes are used for production of synthetic nodular cast iron in cupola furnace

with good factors. The concentrate replaces black graphite and anthracitic coal in the composition of fusion-resistant paints and pastes, for powdering and coating of moulds for metal casting. Lignine-carbon briquettes can be used in the composition of the charge for producing coke in a combination and for other applications. A considerable technical-and-economic efficiency has been shown.