

В первом случае необходимо определить диаметры участков пневмосети при заданных расходах по участкам сети и давлениям в узловых точках.

В задачу анализа входит определение потерь давления на участках сети при заданных расходах воздуха и диаметрах трубопроводов.

При анализе режима работы рудничных пневматических сетей определяют обычно давление сжатого воздуха в начале участка. Для этого необходимо определить диаметр участка, расход сжатого воздуха на нем и давление в конце участка пневмосети.

Подставив постоянные величины, из (10) получим зависимости, позволяющие установить диаметры труб участков пневмосети из металлических труб

$$D_m = \left(\frac{3,35 \cdot 10^{-9} \cdot \ell \cdot Q^2}{(P_n + 0,1)^2 - (P_k + 0,1)^2} \right)^{0,19} \quad (12)$$

и давление сжатого воздуха в начале участка пневмосети

$$P_{n_m} = \sqrt{\frac{3,35 \cdot 10^{-9} \cdot \ell \cdot Q^2}{D^{5,3}} + (P_k + 0,1)^2} - 0,1 \quad (13)$$

Подставив постоянные величины, из (11) получим зависимости, позволяющие установить диаметры труб участков пневмосети из полимерных труб

$$D_n = \left(\frac{3,78 \cdot 10^{-9} \cdot \ell \cdot Q^{1,75}}{(P_n + 0,1)^2 - (P_k + 0,1)^2} \right)^{0,21} \quad (14)$$

и давление сжатого воздуха в начале участка пневмосети

$$P_{n_n} = \sqrt{\frac{3,78 \cdot 10^{-9} \cdot \ell \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}} + (P_k + 0,1)^2} - 0,1. \quad (15)$$

Разработанные основы методики гидравлического расчета труб шахтной пневмосети из различных материалов позволяют выявить рациональность замены применяемых традиционно стальных труб на трубы из полимерных материалов, снижающих металлоемкость пневматической сети и трудоемкость работ при ее монтаже.

Список литературы

1. Кумыкова Т.М. Некоторые закономерности движения потока воздуха в пневмосети подземных рудников из различных материалов // Проблемы комплексного освоения рудных и нерудных месторождений Восточно-Казахстанского региона: Материалы I Междунар. НТК (15-16 мая 2001 г.). - Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2001.- С. 124-126.
2. Сапожников М.М. Гидравлические закономерности турбулентного движения в трубах из различных материалов. - М.: Стройиздат, 1964. - 191 с.
3. Бай Ши-И. Турбулентное течение жидкостей и газов / Пер. с англ. М.Г. Морозова / Под ред. К.Д. Воскресенского. - М.: Иностранная литература, 1962. - 344 с.
4. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача: Учебник для неэнергетич. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1988. - 479 с.: ил.

Получено 5.07.10

УДК 543.272.6/68:669.536

М. Ю. Лопаткова, Н.Г. Серба, Т.А. Свиридова
ВКГУ им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОДА В ЦИНКОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Для металлургической и горно-перерабатывающей промышленности характерно зна-

чительное накопление твердых промышленных отходов. Это связано с тем, что длительное время происходило противопоставление процессов переработки природных ресурсов охране окружающей среды. Если первые имели приоритетное право, то вторые финансировались по остаточному принципу. Чтобы преодолеть сложившуюся диспропорцию, необходимы технологии замкнутого производства.

Потенциальные возможности техногенных ресурсов и мировая практика свидетельствуют о возможности организации производства металлов из отходов, качество которых имеет тенденцию сближения с качеством природного сырья.

Клинкеры, отходы цинкового производства являются типичным примером техногенного сырья. В настоящее время скопилось большое количество отходов данного вида, что создает огромное количество проблем как экологического, так и технологического характера. Именно поэтому актуальность данного направления не вызывает сомнений.

Проблема уменьшения затрат на работы, связанные с образованием и размещением отходов производства, является актуальной и решается двумя основными путями: сокращением объемов образования отходов за счет внедрения оптимальных технологических решений и увеличением объемов вторичного использования отходов.

Требования современного состояния рынка металлургической промышленности объясняют необходимость поиска путей использования современных, не менее точных, чем классические, методов анализа углерода в соединениях цинка.

Объектом исследования являются цинковые клинкеры.

Предмет исследования – сравнение методик определения углерода в цинковых клинкерах.

Цель работы – изучение современного состояния методов анализа углерода в соединениях цинка. Предложение использования экспрессных методов определения углерода в соединениях цинка.

Для решения этой проблемы ставились следующие задачи:

- 1) установить возможности определения массовой доли углерода в цинковых клинкерах с помощью газоанализаторов ELTRA CS-2000 и Vario EL III;
- 2) изучить точность (правильность и прецизионность) использованных методик анализа;
- 3) оценить метрологические характеристики использованных методик – показатели прецизионности в виде среднеквадратичных отклонений повторяемости и воспроизводимости;
- 4) найти показатели прецизионности использованных методик в виде пределов (допускаемых расхождений) повторяемости и воспроизводимости;
- 5) оценить правильность используемых методик сравнением с контрольной методикой;
- 6) произвести сравнение используемых методик по времени анализа.

Научная новизна: выполненное исследование вносит вклад в решение актуальной научной проблемы об утилизации твердых промышленных отходов.

Практическая значимость: переработка отходов металлургического производства решает проблему сосуществования производства и окружающей среды. Учитываются не только технологические и экономические, но также экологические и социальные приоритеты.

Исследование было выполнено на двух газоанализаторах - ELTRA CS-2000 и Vario EL III, дифрактометре D8 Advance, контрольной методикой являлся гравиметрический метод.

Одной из стадий гидрометаллургического производства цинка является вельцевание.

Продуктами вельцевания являются вельц-окись и медистый клинкер. Медистый клинкер содержит 3-4 % меди и 30-35 % железа. Вельц-окись направляется на выщелачивание, а клинкер отгружается на медные предприятия [1].

Клинкер складывается в специальных отвалах, занимает огромные площади, загрязняя

ет воздушную и водную среду, которая могла бы использоваться сельским хозяйством.

Несмотря на всю остроту и актуальность проблемы, до сих пор отсутствует современная эффективная, экономически целесообразная технология наиболее полного извлечения металлов из цинкового клинкера.

До последнего времени клинкер складировался на отвале, сейчас разработана технология его переработки. После магнитной сепарации получают железосодержащий и углеродсодержащий концентраты. В частности в углеродсодержащем концентрате определяют содержание углерода с последующим его использованием в качестве топлива или частичной замены топлива на всех площадках ТОО «Казцинк». В будущем планируется использовать извлеченный углерод в качестве восстановителя в медном производстве.

Начиная с 2005 г. на ТОО «Казцинк» ведется переработка текущего клинкера и частично лежалого клинкера с существующего отвала.

По результатам предварительных анализов, проведенных сотрудниками аналитической лаборатории ТОО «Казцинк», содержание углерода в цинковых клинкерах колеблется в широких пределах. Нами был выбран диапазон содержания углерода в цинковых клинкерах от 50 до 60 %.

Принцип измерения на газоанализаторе ELTRA CS-2000 основан на способности различных газов поглощать инфракрасное излучение. Каждый из газов поглощает определенные характерные спектральные длины волны инфракрасного излучения [2].

Таблица 1

*Оценка показателя повторяемости и предела повторяемости,
газоанализатор ELTRA CS 2000*

№ измерения	X_{ml1}	X_{ml2}	X_{ml}	S_{ml}^2
1	50,40	50,50	50,45	0,0050
2	50,36	51,45	50,91	0,5940
3	51,04	50,34	50,69	0,2450
4	51,09	51,67	51,38	0,1682
5	51,17	52,00	51,59	0,3445
6	51,69	53,92	52,81	2,4865
7	52,30	51,23	51,77	0,5724
8	52,80	53,01	52,91	0,0221
9	52,90	52,10	52,50	0,3200
10	53,05	53,00	53,03	0,0012
	$\sum S_{ml}^2$	19,3918		
	S_m^2	0,6464		
	S_{fm}	0,80		
	$G_{m(max)}$	0,1282	$<G_{табл}$	=0,2929
	σ_{fm}	0,80		
	r_m	2,23		

Таблица 2

*Оценка показателя воспроизводимости и предела воспроизводимости,
газоанализатор ELTRA CS 2000*

№ измерения	X_{ml1}^c	X_{ml2}^c	X_{ml}^c	Θ_{ml}	$\Theta_{ml} - \Theta_m$	$(\Theta_{ml} - \Theta_m)^2$
1	51,34	50,04	50,87	-0,42	0,59	0,3505
2	51,76	51,04	51,40	-0,49	0,52	0,2673

3	52,09	51,17	51,63	-0,94	0,07	0,0052
4	51,87	52,30	52,09	-0,70	0,31	0,0942
5	52,56	52,90	52,73	-1,15	-0,13	0,0177
6	52,56	53,20	52,88	-0,08	0,94	0,8780
7	52,00	53,80	52,90	-1,14	-0,12	0,0151
8	53,30	54,70	54,00	-1,10	-0,08	0,0069
9	53,60	55,20	54,40	-1,90	-0,89	0,7885
10	54,07	56,40	55,24	-2,21	-1,20	1,4352
	$\sum \Theta_{ml}$	-10,12				
	Θ_m	-1,01				
	S^c	0,65				
	σ_{cm}	0,23				
	Δ_{cm}	0,45				
	t_m	1,48	<табл	=2,26		
	$\Delta_{m,m}$	0,20				

Таблица 3
Оценка показателя правильности методики анализа, газоанализатор ELTRA CS 2000

№ измерения	X_{ml1}^c	X_{ml2}^c	X_{ml}^c	Θ_{ml}	$\Theta_{ml} - \Theta_m$	$(\Theta_{ml} - \Theta_m)^2$
1	51,34	50,04	50,87	-0,42	0,59	0,3505
2	51,76	51,04	51,40	-0,49	0,52	0,2673
3	52,09	51,17	51,63	-0,94	0,07	0,0052
4	51,87	52,30	52,09	-0,70	0,31	0,0942
5	52,56	52,90	52,73	-1,15	-0,13	0,0177
6	52,56	53,20	52,88	-0,08	0,94	0,8780
7	52,00	53,80	52,90	-1,14	-0,12	0,0151
8	53,30	54,70	54,00	-1,10	-0,08	0,0069
9	53,60	55,20	54,40	-1,90	-0,89	0,7885
10	54,07	56,40	55,24	-2,21	-1,20	1,4352
	$\sum \Theta_{ml}$	-10,12				
	Θ_m	-1,01				
	S^c	0,65				
	σ_{cm}	0,23				
	Δ_{cm}	0,45				
	t_m	1,48	<табл	=2,26		
	$\Delta_{m,m}$	0,20				

Газоанализатор Vario EL III. Процесс анализа состоит из серии последовательных шагов: каталитического сжигания (восстановления), гомогенизации продуктов, разделения продуктов и их детектирование на основе теплопроводности.

Разделение продуктов горения (восстановления) производится методом вытеснительной хроматографии при помощи специальных абсорбционных колонн, и определяются поочередно один за другим с помощью высокостабильного детектора теплопроводности [3].

Таблица 4
Оценка показателя повторяемости и предела повторяемости, газоанализатор Vario EL III

№ измерения	X_{ml1}	X_{ml2}	X_{ml}	S_{ml}^2
1	50,42	51,17	50,80	0,2813
2	50,33	50,99	50,66	0,2178
3	51,00	51,76	51,38	0,2888
4	51,00	51,65	51,33	0,2112
5	51,21	51,87	51,54	0,2178
6	51,70	52,33	52,02	0,1984
7	52,33	52,89	52,61	0,1568
8	52,76	53,34	53,05	0,1682
9	52,98	53,56	53,27	0,1682
10	53,10	53,76	53,43	0,2178
	$\sum S_{ml}^2$	5,0114		
	S_m^2	0,1670		
	S_{Rm}	0,41		
	$G_{m(max)}$	0,06771	$<G_{табл}$	=0,2929
	σ_{Rm}	0,41		
	r_m	1,13		

Таблица 5

Оценка показателя воспроизводимости и предела воспроизводимости,
газоанализатор Vario EL III

№ измерения	X_{ml1}	X_{ml2}	X_{ml}	S_{ml}^2
1	50,66	51,46	51,06	0,0351
2	50,78	51,23	51,01	0,0595
3	51,25	52,09	51,67	0,0421
4	51,87	52,89	52,38	0,5565
5	51,45	52,76	52,11	0,1596
6	51,66	50,09	50,88	0,6498
7	52,90	53,79	53,35	0,2701
8	53,00	54,00	53,50	0,1012
9	53,45	54,34	53,90	0,1953
10	53,65	53,99	53,82	0,0760
	$\sum S_{ml}^2$	6,1032		
	S_m^2	0,2105		
	S_{Rm}	0,46		
	$G_{m(max)}$	0,1994	$<G_{табл}$	=0,3013
	σ_{Rm}	0,46		
	R_m	1,27		
	Δ_m	0,28		

Таблица 6

Оценка показателя правильности методики анализа, газоанализатор Vario EL III

№ измерения	X_{ml1}^c	X_{ml2}^c	X_{ml}^c	Θ_{ml}	$\Theta_{ml} - \Theta_m$	$(\Theta_{ml} - \Theta_m)^2$
1	50,34	50,49	50,87	-0,07	0,89	0,7894
2	51,66	51,04	51,35	-0,69	0,27	0,0748
3	52,49	51,87	52,18	-0,80	0,16	0,0267

4	52,87	52,30	52,59	-1,26	-0,30	0,0879
5	52,56	53,76	53,16	-1,62	-0,66	0,4310
6	52,86	53,20	53,03	-1,02	-0,05	0,0027
7	52,00	53,80	52,90	-0,29	0,67	0,4536
8	53,30	54,70	54,00	-0,95	0,01	0,0002
9	53,60	55,20	54,40	-1,13	-0,17	0,0277
10	54,07	56,40	55,24	-1,81	-0,84	0,7081
	$\sum \Theta_{ml}$	-9,64				
	Θ_m	-0,96				
	S^c	0,54				
	σ_{cm}	0,20				
	Δ_{cm}	0,39				
	t_m	1,48	$< t_{табл}$	=2,26		
	Δ_{mm}	0,30				

Результаты, полученные на дифрактометре D8 Advance, отличаются от результатов, полученных другими методами. Они занижены. Причина в том, что для анализа на данном приборе проба должна иметь кристаллическую структуру. Так как мы получили заниженные результаты, можно сделать вывод, что в наших пробах углерод был в кристаллической и аморфной форме и, соответственно, прибор зарегистрировал только тот углерод, который был в кристаллической форме.

По этой причине при расчете метрологических характеристик и сравнении используемых методик данные, полученные на дифрактометре, не учитывались.

Таблица 7

Результаты, полученные при выполнении измерений массовых долей углерода в цинковых клинкерах методом порошковой дифракции на дифрактометре D8 Advance для поддиапазона массовых долей углерода от 50 до 60 %

№ измерения	Массовая концентрация углерода, %
1	30,80
2	35,66
3	38,38
4	41,33
5	41,54
6	46,02
7	49,61
8	33,05
9	38,27
10	30,43

При оценке правильности в пределах всего диапазона содержаний измеряемого компонента был использован метод с применением методики сравнения.

В качестве методики сравнения был применен гравиметрический метод определения углерода в цинковых клинкерах.

В результате проведенных исследований:

- установлена принципиальная возможность определения массовой доли углерода в цинковых клинкерах с помощью газоанализаторов ELTRA CS-2000 и Vario EL III;

- установлена причина получения заниженных результатов анализа на порошковом

дифрактометре D8 Advance, сделан вывод, что данный прибор не подходит для определения углерода в цинковых клинкерах;

- изучена точность (правильность и прецизионность) использованных методик анализа;
- оценены метрологические характеристики использованных методик – показатели прецизионности в виде среднеквадратичных отклонений повторяемости и воспроизводимости;
- найдены показатели прецизионности использованных методик в виде пределов (допускаемых расхождений) повторяемости и воспроизводимости;
- оценена правильность используемых методик сравнением с контрольной методикой, которая составила для прибора ELTRA CS-2000 0,2 долей единицы, для прибора Vario EL III – 0,3 долей единицы;
- произведено сравнение используемых методик по времени анализа, которое составило для гравиметрического анализа 8 часов, для прибора ELTRA CS-2000 – 1 минута, для прибора Vario EL III – 6 минут. Следовательно, можно сделать вывод, что гравиметрический метод анализа целесообразно заменить физико-химическими методами, с применением современных приборов, в целях достижения экспрессности анализа.

Список литературы

1. <http://www.zinc.ru/?id=10>.
2. Инструкция по эксплуатации CS-2000 для приборов с серийными номерами от 0767 990519 и выше. Copyright 2006 by ELTRA GmbH Germany - September 2006 - Operation Manual CS-2000.
3. Vario EL III CHNOS Analyzer elementarny. Instrukcja obsługi. Copyright by Elementar Analysensysteme GmbH.

Получено 8.07.10

УДК 669.054.82

А.О. Теут, Г.Н. Ванюшкина, Д.В. Куимов, О.Е. Затева, С.В. Парунин
ДГП «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск

ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ К ИЗВЛЕЧЕНИЮ ИЗ НЕГО ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Ежегодно растущие отвалы техногенных отходов представляют реальную экологическую опасность. В то же время складированные отходы являются потенциальными источниками добычи оставшихся в них ценных компонентов в будущем, когда уровень технологического развития позволит осуществлять их рентабельную переработку. Уже сейчас многие техногенные месторождения являются экономически привлекательными, поскольку не требуют таких больших расходов на добычу, как рудники и шахты, а содержание металлов в них приближается к концентрациям металлов в бедном рудном сырье осваиваемых природных месторождений, а также потому, что при увеличении платежей за урон окружающей среде использование земель для хранения промышленных отходов слишком расточительно.

К одним из наиболее распространенных в Казахстане видов техногенных отходов относятся металлургические шлаки. Так как кварцевый песок является самым широко применяемым в цветной металлургии флюсом, то шлаки, образующиеся при выплавке свинца, меди, многих других металлов, имеют силикатную основу и представляют собой смесь остекленевших (расплавленных в окиси кремния) оксидов металлов, часто в значительных количествах, извлечь которые традиционными способами обогащения