

ПЫЛЬ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ (ЭДСП) ОСКОЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА (ОЭМК) БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ, И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ КОАГУЛЯНТА ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Сайед Али Ака Хашими

Доцент кафедры охраны окружающей среды, Джаузджанский университет

Сафиулла Хассани

Доцент кафедры геологии, поисков и разведки твердых полезных ископаемых, Джаузджанский университет

АННОТАЦИЯ

В работе проведены физико-химические основы кислотной обработки пыли ЭДСП, обеспечивающие коагуляционно-флокуляционные свойства полученного препарата по отношению к различным загрязняющим веществам в очищаемых сточных водах.

Установлена закономерность влияния условий кислотной обработки пыли на примере выщелачивания железа, алюминия и цинка из пыли ЭДСП.

Ключевые слова: пыль, Коагуляция и флокуляция, реагент, электросталеплавильная печь, фильтр, соляная кислота

ВВЕДЕНИЕ

Основными целями этой статьи являются:

- закрепление, расширение и углубление теоретических знаний в области природопользования;
- проведение комплексных исследований физико-химических свойств пыли ЭДСП;
- установление закономерностей влияния условий кислотной обработки пыли в процессе выщелачивания железа, алюминия, цинка из пыли ЭДСП.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Производство стали является одним из наиболее энерго- и материалоемких. Кроме того, процесс выплавки стали сопровождается образованием громадного количества разнообразных отходов: шлаков, шламов, пылей, сточных вод и др. Из всего объема разнообразных отходов сталелитейной



промышленности в настоящее время утилизируется лишь малая часть. Большая же часть подобных отходов остается невостребованной и хранится на промышленных полигонах, отчуждая большие площади плодородных почв и загрязняя окружающую среду [1-3].

К одним из таких отходов относится пыль, улавливаемая рукавными фильтрами в процессе выплавки стали.

В работе исследовалась пыль ЭДСП, образующаяся при плавке металлизированных окатышей и улавливаемая системой пылегазоочистки сталеплавильного цеха на Оскольском электрометаллургическом комбинате (ОЭМК) г. Старый Оскол Белгородской области.

Из цеха металлизации окатыши по транспортерам поступают в электросталеплавильный цех (ЭСЦ). Выплавка стали производится одношлаковым процессом с использованием в шихте от 60 до 100% металлизированных окатышей. В сталеплавильном цехе принята двухступенчатая система очистки отходящих газов, включающая батарейный циклон и рукавный фильтр [4-5].

Следует отметить, что пыль ЭДСП можно использовать как реагент, коагулянт и флокулянт, а также для проведения процессов окисления-восстановления. Для проведения реагентной очистки можно использовать исходную пыль.

Образовавшиеся в растворе ионы Fe^{3+} и Cr^{3+} являются хорошими коагулянтами, в результате их гидролиза образуются гидроксиды $Fe(OH)_3$ и $Cr(OH)_3$, которые вместе с другими мельчайшими частицами подвергаются седиментации.

Осветление органических и неорганических взвесей также происходит в результате коагулирующего действия обработанной кислотой пыли.

В связи с выше указанным, целью данной работы являлось комплексное изучение минералогического состава и физико-химических свойств пыли ЭДСП на ОЭМК.

Пыль ЭДСП образуется при плавке металлизированных окатышей и улавливается в системе пылегазоочистки сталеплавильного цеха на Оскольском электрометаллургическом комбинате (ОЭМК) Белгородской области. Краткая схема сталеплавильного производства на ОЭМК показана на рисунке 1.

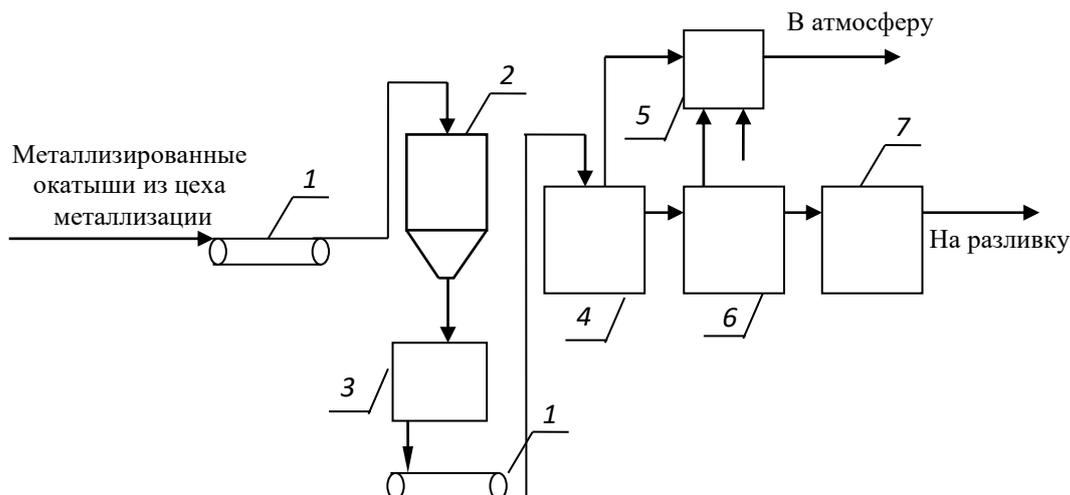


Рис. 1 – Краткая схема электросталеплавильного производства:

1 – транспортеры; 2 – бункер металлургических окатышей; 3 – весовой дозатор; 4 – электросталеплавильная печь; 5 – блок пылегазоочистки; 6 – агрегат внепечного рафинирования и легирования металла; 7 – агрегат комплексной обработки стали

Из цеха металлургической окатышей направляются в электросталеплавильный цех (ЭДСП) для выплавки. Технология производства стали основана на внепечном рафинировании и легировании металла на установках продувки металла аргоном, вакуумирования, агрегатах комплексной обработки стали. Разливку жидкой стали осуществляют на машинах непрерывного литья заготовок.

Схема блока пылегазоочистки сталеплавильного цеха представлена на рисунке 2.

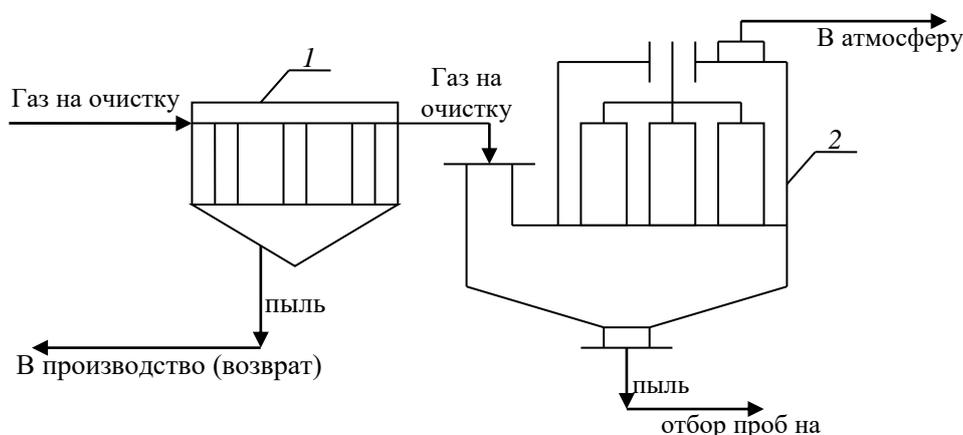


Рис. 2 – Схема блока пылегазоочистки сталеплавильного цеха ОЭМК: 1 – батарейный циклон; 2 – рукавный фильтр

В сталеплавильном цехе принята двухступенчатая схема очистки отходящих газов, включающая батарейный циклон и рукавный фильтр. Для исследований отбирали пыль, поступающую после рукавного фильтра.

Пыль ЭДСП (пыль рукавных фильтров) образуется при плавке металлизированных окатышей в электродуговых сталеплавильных печах. Пыль ЭДСП состоит из легкой фракции щелочных соединений. После силикатного распада пыль ЭДСП является тонкодисперсной системой многокомпонентного состава.

Динамика образования пыли ЭДСП на Оскольском электрометаллургическом комбинате представлена на рисунке 3.

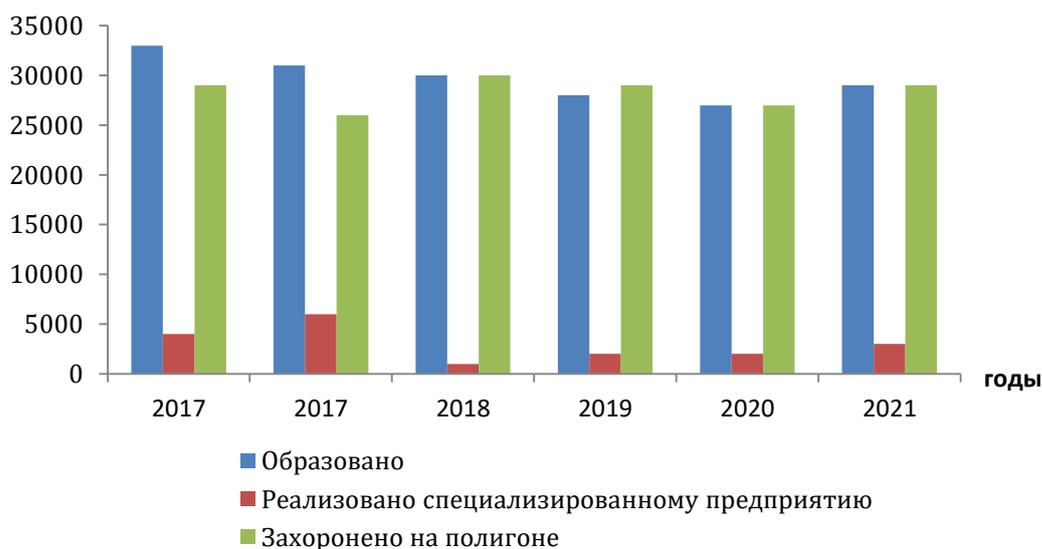


Рис. 3 – Динамика образования пыли ЭДСП на ОЭМК

Пыль ЭДСП является тонкодисперсной с влажностью от 1,5 до 2,5%. pH водной вытяжки пыли 10,9; плотность насыпная и истинная составляют 0,94 и 3,62 г/см³, соответственно, растворимость в воде – 6,4%, в 1 OH H₂SO₄–82,6%; нерастворимых компонентов – 1,2%.

Химический состав проб пыли газоочисток ЭДСП представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав проб пыли газоочисток ЭДСП

Шифр пробы	Массовая доля элементов, %													
	NiO	Sn	Pb	Fe _{общ}	CaO	MgO	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	Zn	V ₂ O ₅	CuO
Пыль с газоочисток ДСП-150	0,025	0,013	0,33	39,51	12,67	3,66	7,3	0,74	0,9	3,97	0,062	3,28	0,029	0,13
Пыль с газоочистки УЦВС-3	0,024	0,005	0,079	17,0	25,14	6,81	18,2	0,37	2,7	9,98	0,111	0,61	0,036	0,05
Пыль с газоочистки АКОС	0,043	0,003	0,083	24,2	20,24	10,36	10,8	0,36	2,07	5,74	0,069	0,86	0,049	0,035

В таблице 2 представлены результаты определения гранулометрического состава пыли разных участков электросталеплавильного цеха (по данным предприятия).

Таблица 2 – Гранулометрический состав пыли

№ п/п	Материал	Класс, мм						
		+0,5	+0,2	+0,1	+0,08	+0,04	-0,045	Σ
			-0,5	-0,2	-0,1	-0,08		
		Выход, %						
1	ППУ приемных бункеров рег. № СО-5	1,4	1,2	4,0	2,5	9,9	81,0	100
2	ПУУ Перегрузочная станция рег. № СО-6	0,4	2,4	19,0	14,2	44,6	19,4	100
3	ПУУ бункеров извести рег. № СО-7	0	0,5	0,9	1,4	7,0	90,2	100
4	ПУУ расходных бункеров рег. № СО-8	0	0	0,4	0,6	3,0	96,0	100
5	ПУУ печи сушки ферросплавов рег. № СО-10	10,0	30,0	21,5	6,4	12,8	19,3	100
6	Футеровочное отделение СМЦ 101 А рег. № СО-11	0,6	0,6	1,0	0,8	8,5	88,5	100
7	ПГУУ № 2 Дробомет	0,6	6,2	17,4	4,4	26,9	44,5	100
8	ПУУ бункера науглероживателя рег. № СО-25	0	0	0	0	1,2	98,8	100
9	АКОС науглероживатель рег. № СО-28	0,9	2,7	6,7	4,6	18,7	66,4	100
10	Аспирации рассева компонентов ШОС рг. № СО-29	0	0	0	0	8,0	92,0	100
11	Автопылесос АКОС	0,5	1,2	2,4	1,6	18,9	75,4	100
12	Аспирация САЦ 101 А	0	0,8	0,4	12,72	21,2	64,88	100
13	Шлифстанок	0	0	0	0	2,8	97,2	100
14	Пневмопочта. Внепечная обработка	13,7	14,3	17,5	14,0	14,8	25,7	100
15	Аспирация Mg № 1. 2	0	0	0	0	7,5	92,5	100
16	ПГУУ ДСП-150 № 1-4	0,4	1,0	2,7	1,6	18,8	75,5	100

Как видно из данных, представленных в таблицах 1, 2, максимальное содержание железа обнаружено в пробе пыли, отобранной с газоочисток ДСП-150; размер частиц этой пыли находится в

пределах от 0 до 0,5 мм, содержание частиц мелкой фракции (до 0,08 мм) составляет 94,3 %.

Модельные растворы: Растворы соляной кислоты готовили путем растворения фиксиналов в заданном объеме дистиллированной воды.

Модельные взвеси готовили путем добавления кислоты заданной концентрации к пыли ЭДСП. Далее производили кипячение в указанном диапазоне времени.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ:

Содержание магнитной фракции в пыли ЭДСП определяли по ГОСТ 18866.

Определение $\text{CaO}_{\text{акт}}$ пыли проводили по сахаратному методу, $\text{MgO}_{\text{акт}}$ – трилонометрически. [6].

Фракционный состав сыпучих отходов, используемых в работе исследован методом отсева.

Влажность материала (%) определяли по разнице масс исходного образца и высушенного при 100° .

Для определения растворимости (%) навески (пыль) растворяли дистиллированной водой и раствора 1,0 н серной кислоты.

Насыпную плотность пыли ($\rho_{\text{нас}}$) определяли с помощью мерного цилиндра. Значение $\rho_{\text{нас}}$, г/см³ определяли по формуле:

$$\rho = m/v, \quad (1)$$

где m – масса пыли, г, занявшая объем v , см³.

Размеры частиц пыли ЭДСП, а также их изменение в результате кислотной модификации определяли с помощью седиментационного анализа [7].

Удельную поверхность ($S_{\text{уд}}$, м²/кг) являющуюся суммарной поверхностью частиц материала в единице их массы, находили, используя прибор Sorby по методике низкотемпературной адсорбции азота (метод БЭТ).

Рентгенофазовый анализ пыли ЭДСП осуществляли на дифрактометре ДРОН-3 с рентгеновской трубкой БСВ-27(Cu) [8-9].

Определение потерь при прокаливании (п.п.п.). Пыль ЭДСП прокаливали в муфельной печи при 950...1000 °С до постоянной массы, в течение 30 мин.

$$\text{П. п. п.} = \frac{G_1 \cdot 100}{G_2} \quad (2)$$

где G_1 – разность в массе тигля с навеской до и после прокаливания, г; G_2 – масса исходной навески, г.

Микроструктурные исследования пыли проводили с помощью электронного микроскопа (РЕМ) "Hitachi– 8 – 800", совмещенного с персональным компьютером.

Определение водопоглощения.

Величину объемного водопоглощения по формуле:

$$W = \frac{G_{\text{н}} - G_{\text{сух}}}{G_{\text{сух}} \cdot 100} \quad (3)$$

где $G_{\text{н}}$ – масса материала в насыщенном водой состоянии, г; $G_{\text{сух}}$ – масса материала в сухом состоянии.

Определение концентрации ионов тяжелых металлов осуществляли фотоколориметрическими и объемными методами в соответствии с [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В связи с высоким содержанием в пыли соединений железа по результатам исследований химической лаборатории ОЭМК и ее высокой дисперсностью для дальнейших исследований была выбрана пыль после пылегазоулавливающего устройства ДСП-150.

В начале работы были изучены физико-химические свойства пыли ЭДСП. Насыпной вес пыли ЭДСП, влажность, рН водной вытяжки, истинную плотность, растворимость пыли определяли по методикам, описанным. Растворимость в воде определяли путем добавления пыли ЭДСП к дистиллированной воде в соотношении Т:Ж = 1:10. Перед растворением пыль высушивали в сушильном шкафу типа СНОЛ до постоянной массы. Навеску пыли ЭДСП взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,002 г. Дистиллированную воду с помещенной в нее пыли ЭДСП перемешивали в течение 60 мин, затем фильтровали через бумажный фильтр, осадок высушивали до постоянного веса и рассчитывали долю растворившейся пыли ЭДСП по формуле:

$$\Delta G = (G_{\text{исх}} - G_{\text{кон}}) / G_{\text{исх}} \cdot 100,$$

где ΔG – доля растворившейся пыли ЭДСП, % масс.; $G_{\text{исх}}$ – исходная навеска пыли ЭДСП, г; $G_{\text{кон}}$ – конечная масса пыли ЭДСП после растворения, г.

Аналогично описанному определяли массовую долю пыли ЭДСП, растворимой в 1,0 НСl. Соляная кислота была выбрана в связи с тем, что она не образует нерастворимых соединений с

металлами, содержащимися в пыли ЭДСП, в отличие от H_2SO_4 , которая образует малорастворимый осадок $CaSO_4$ с содержащимся в пыли ЭДСП оксидом кальция. Образующийся осадок $CaSO_4$ забивает поры частиц, покрывает их поверхность коркой $CaSO_4$, что препятствует дальнейшему процессу растворения.

Полученные экспериментальным путем характеристики пыли ЭДСП представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Характеристики пыли ЭДСП

Величина	Размерность	Значение
Влажность	%	1,5-2,5
Растворимость в воде	%	6,4±0,5
Растворимость в 1,0 н HCl	%	82,6±0,5
Нерастворимых компонентов	%	1,0±0,5
pH водной вытяжки	%	10,9
Истинная плотность	г/см ³	3,64
Насыпная плотность	г/см ³	0,94

Присутствие минералов в пыли (РФА) оценивали по результатам РФА. Анализ рентгенограммы представлен на рисунке 4. (рисунок 4) показал, что в пробе присутствуют такие соединения, как магнетит $FeO \cdot Fe_2O_3$; вюстит FeO (A^0); портландит $Ca(OH)_2$ (A^0), кремнезем SiO_2 (A^0).

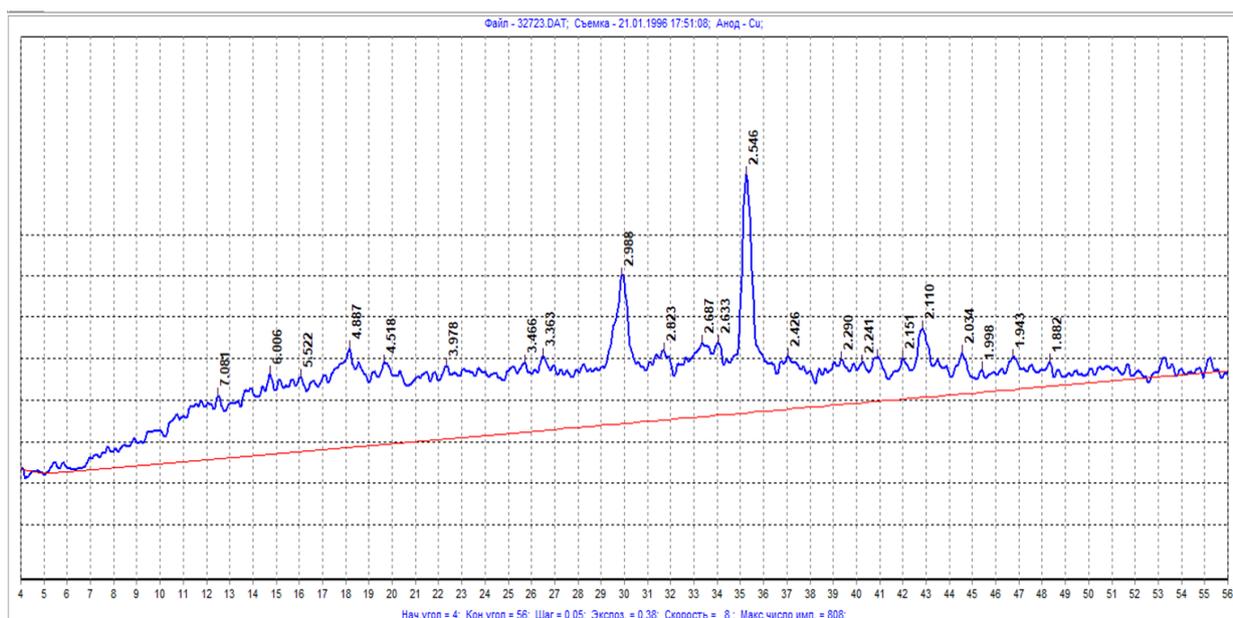


Рис. 4 – Минеральный состав исходной пыли

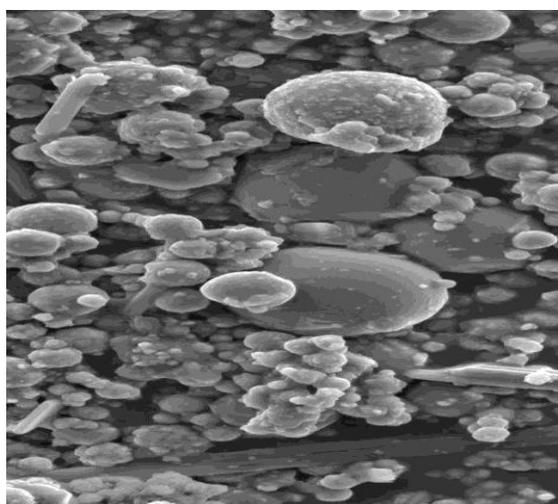
Гранулометрический состав пыли определяли путем отсева на стандартном наборе сит по методике, изложенной в главе 2. Так как в ходе очистки с использованием пыли ЭДСП могут протекать процессы растворения, массопереноса, адсорбции-десорбции, образования и растворения осадка, коагуляции и др., дисперсность и состав взаимодействующих веществ играют значительную роль, поэтому сведения о размере частиц необходимы.

В таблице 4 представлено процентное содержание частиц указанного гранулометрического состава в изучаемом образце пыли ЭДСП.

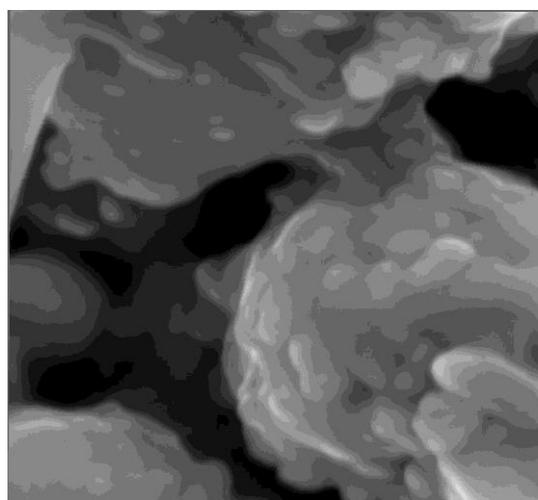
Таблица 4 - Гранулометрический состав частиц

Остаток на сите (%) при прохождении через сито с размером ячейки, мм								
1,4	1,0	0,63	0,315	0,25	0,1	0,08	0,063	<0,063
1,3	6,2	6,7	16,2	8,3	10,3	12,2	14,2	24,6

Электронно-микроскопический анализ образцов пыли ЭДСП с помощью растрового электронного микроскопа показали наличие частиц пыли преимущественно шарообразных форм с рыхлой развитой поверхностью (рисунок 5).



× 2000 пыль исходная



× 5000 структура поверхности частиц
исходной пыли

Рис.5–Микроструктура поверхности частиц пыли ЭДСП

Для повышения реакционной способности пыли проводили обработку ее солей кислот при температуре 23 °С и при кипячении. Кипячение осуществляли в HCl с разбавлением 1:3 и 1:5 в течение 30, 120 и 180 мин. После окончания процесса кипячения содержимое колб



количественно переносили в колбы вместимостью 1 дм³, фильтровали, оставшийся осадок анализировали с помощью РФА, а в растворе определяли концентрации железа, алюминия и цинка.

REFERENCES

1. Понурова И.К. Защита природной среды на основе рациональной технологии консервации отходов обогащения на михайловском гоке: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36. М, 2007. 22 с.
2. Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Святченко А.В. Технология получения железосодержащего коагулянта из отходов сталеплавильного производства для очистки ливневых вод // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №12. С. 160-164.
3. Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Святченко А.В. Перспективы использования отхода электросталеплавильной промышленности - пыли электродуговых сталеплавильных печей (ЭДСП) // Экология и промышленность. 2017. №2 (51). С. 91-95
4. Пугин К.Г. Научные основы минимизации негативных воздействий на геосферу при использовании отходов производства в строительстве: дис. ... д-р. техн. наук: 25.00.36 / К.Г. Пугин. – Пермь, 2016. 261 с.
5. Баркан М.Ш., Березовский П.В. Технологические и эколого-экономические аспекты утилизации твердых отходов предприятий черной металлургии // Экология и промышленность России. 2011. №7. С. 48-51.
6. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1973. 504 с.
7. Воюцкий С.С., Панич Р.М. Практикум по коллоидной химии и электронной микроскопии. М.: Химия, 1974. С. 44-63.
8. Рентгенофазовый анализ. Методические указания. / Под ред. Шамшурова В.М. Белгород, 1998. 48 с.
9. ASTM. Diffraction data cards and alphabetical and grouped numerical index of X-ray Diffraction data. Philadelphia, 1946-1969.
10. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. М.: Химия, 1974. 336 с.
11. Суханов Е.В. Коллоидно-химические аспекты получения железосодержащего коагулянта-флокулянта на основе пыли электросталеплавильного производства: дис. ... канд. техн. наук: 02.00.11. – Белгород, 2016. 160 с.

