

УДК 622.001

Б.Д. Халезов, В.А. Неживых

**ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ИСПЫТАНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ В БАРАБАННОМ ЦЕМЕН-
ТАТОРЕ**

Семинар № 15

П *олупромышленные испытания*

Испытания проводили на руд-
ничных растворах естественного
притока Гайского ГОКа и на растворах КВ руд
Кальмакырского месторождения (табл.1).

Аппарат изготовлен из нержавеющей стали
марки Х18Н10Т диаметром 0.4 м, длиной 2 м.
Конструкция установки подобна использован-
ной при лабораторных исследованиях [1]. Тол-
щина скрапа (δ) от 0.2 до 4 мм, средняя удель-
ная поверхность скрапа $56 \text{ м}^2/\text{кг}$. Полезный
объем раствора в барабане (v_n) 72 дм^3 , $n - 32$
об/мин. Данные, представленные на рисунке,
подтверждают ранее полученные результаты
лабораторных исследований с не-
сколько лучшими показателями.

При $p = 20 \text{ кг}$ ($p/v_n = 0.28$
 $\text{кг}/\text{дм}^3$, $s/v_n = 0.16 \text{ м}^2/\text{дм}^3$) раство-
ры обезмеживали на 70, 74 и 79
% соответственно в течение τ
равной 3.2; 4.5 и 7 мин.

Увеличение p до 40 кг ($p/v_n = 0.56 \text{ кг}/\text{дм}^3$,
 $s/v_n = 0.31 \text{ м}^2/\text{дм}^3$) повысило извлечение меди
при тех же τ до 91.5; 92.6 и 95.5 %.

При $p = 50 \div 60 \text{ кг}$ ($p/v_n = 0.69 \div 0.83 \text{ кг}/\text{дм}^3$,
 $s/v_n = 0.39 \div 0.47 \text{ м}^2/\text{дм}^3$) получено обезмежи-
вание растворов на 94.5÷97.5; 96.5÷97.1;
97.2÷97.0 соответственно при 3.2; 4.5 и 7 мин.

Зависимость извлечения меди от веса за-
груженного скрапа при различной τ

Дальнейшее увеличение плотности загрузки
скрапа не дало заметного повышения извле-
чения меди. Учитывая тот факт, что создать
максимально испытанную плотность загрузки
скрапа в практике затруднительно,

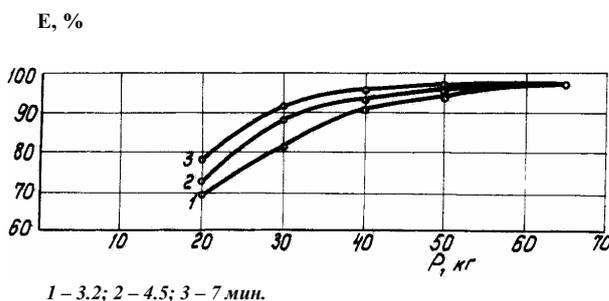


Таблица 1
Состав растворов

	Содержание, г·дм ⁻³						
	Cu	Fe _{общ}	H ₂ SO ₄	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Растворы Гайского ГОКа	1.2	8.06	2.04	1.31	1.68	2.12	0.84
Растворы КВ Кальмакырского рудника	1.0	0.84	0.3-1.0	0.6	0.83	0.77	0.22

Таблица 2
Результаты работы цементатора в непрерывном режиме

Q, м ³ /сут.	Исходный раствор, г·дм ⁻³			Раствор после цементации, г·дм ⁻³			Извлече- ние меди, %	Расход Fe, кг/кг Cu
	Cu	Fe _{общ}	H ₂ SO ₄	Cu	Fe _{общ}	H ₂ SO ₄		
27.7	1.21	8.53	2.93	0.069	9.64	2.29	94.3	0.92

Таблица 3
 Результаты промышленных испытаний барабанного цементатора при толщине скрапа (δ)
 Гмм

Q, м ³ /ч	τ, мин	Плотность загрузки скрапа		Состав исходных растворов, г/дм ³				Состав хвостовых растворов, г/дм ³				Извлеченные медь, %	Расход скрапа, т/г Cu
		p/vn, т/м ³	s/vn, м ² /дм ³	H ₂ SO ₄	Cu	Fe ³⁺	Fe ²⁺	H ₂ SO ₄	Cu	Fe ³⁺	Fe ²⁺		
15	16	0.5	0.13	1.20	1.54	0.72	8.78	1.00	0.03	0.27	10.79	98.1	1.03
		0.7	0.18	1.15	0.76	0.51	5.61	0.53	0.02	0.03	6.88	97.4	1.06
		1.2	0.31	1.15	1.01	0.57	6.56	0.81	0.02	0.06	8.25	98.0	1.19
30	8	0.5	0.13	1.44	1.46	0.76	8.16	1.12	0.20	0.06	9.95	86.3	0.87
		0.7	0.18	1.50	1.20	0.19	9.31	1.28	0.10	0.07	10.30	91.7	0.80
		1.0	0.26	1.57	1.05	0.69	6.91	1.10	0.06	0.08	8.36	94.3	0.85
45	6	1.0	0.26	1.65	1.04	0.55	6.67	1.31	0.12	0.15	8.04	88.46	0.84
60	4	1.0	0.26	1.78	1.11	0.74	7.41	-	0.13	0.04	8.99	88.29	0.90

за оптимальную величину следует принять $40 \div 50 \text{ кг (s/vn} = 0.31 \div 0.39 \text{ м}^2/\text{дм}^3\text{)}$, при которой обеспечивается извлечение меди 93-97 % при $\tau = 4.5 - 6$ мин.

Для подтверждения устойчивости полученных результатов цементации проведены длительные опыты на растворах Гайского ГОКа.

Условия испытаний: минимально необходимая $p = 40 \text{ кг (s/vn} = 0.31 \text{ м}^2/\text{дм}^3\text{)}$ и пониженная τ до 3.2 мин.

По мере расходования скрапа через каждые 5-6 часов работы цементатора догружали до исходного количества. За пять суток непрерывной работы было установлено, что процесс цементации стабилен. Извлечение меди из раствора находилось в пределах 93-95 % (табл. 2). Среднее извлечение за период испытаний составило 94.3 %, что следует считать достаточно высоким показателем работы цементатора на нижних пределах по плотности загрузки скрапа и пониженной продолжительности контакта раствора со скрапом.

При увеличении плотности загрузки скрапа с 40 до 65 кг/дм³ ($s/vn = 0.50 \text{ м}^2/\text{дм}^3$) при прочих равных условиях устойчиво получено извлечение меди 97 %. Такой же результат по извлечению меди получен при $p=40 \text{ кг/дм}^3$ ($s/vn = 0.31 \text{ м}^2/\text{дм}^3$) и увеличении τ до 7 минут.

Из полученных данных следует, что наиболее полного обезжелезивания растворов можно достичь либо увеличением s/vn , либо τ в зависимости от конструктивных особенностей аппарата и специфики производственных условий. Удельный расход железа составил 0.97 кг/кг меди. Следует заметить, что получен фактический расход железа меньше теоретически необходимого для восстановления $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ и $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}_{\text{мет}}$.

Анализ ионного состояния меди в исходном растворе показал, что часть меди находится в одновалентном состоянии, что и объяснило кажущееся противоречие.

Промышленные испытания извлечения меди в барабанном цементаторе

Первый промышленный образец барабанного цементатора был изготовлен на Гайском ГОКе. Сушильный барабан марки СМ-10-13 ($\varnothing - 1.6 \text{ м}$, $l - 8 \text{ м}$) был футерован листами нержавеющей стали $\delta = 8 \text{ мм}$ и приспособлен для цементации меди из растворов рудничного притока. Угол наклона барабана 2053'. Привод позволял поддерживать $n = 6$ об/мин, вместо оптимальных, рассчитанных по формуле:

Таблица 4
Состав цементационной меди

№ опы- та	Массовая доля, %						
	Cu	Fe	Zn	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂
1	92.5	2.0	0.01	0.02	0.29	0.18	0.07
2	87.0	1.8	-	-	-	-	-
3	91.0	2.0	-	0.07	0.28	сл.	0.11

$$n_{\min} = \frac{10.1}{\sqrt{1.44}} = 8.3 \text{ об/мин}; \quad n_{\max} = \frac{19}{\sqrt{1.44}} =$$

15.6 об/мин (1.44 м – внутренний диаметр барабана после футеровки). Полезный объем раствора в цементаторе - $v_p = 4 \text{ м}^3$. Из-за отсутствия на комбинате скрапа требуемого качества по толщине листа ($\delta = 0.3\text{-}0.5 \text{ мм}$), использовали жель от бочек из-под флото-реагентов при $\delta = 1 \text{ мм}$. Плотность загрузки скрапа ρ / v_p была от 0.5 до 1.2 т/м^3 ($s/v_p = 0.13 - 0.31 \text{ м}^2/\text{дм}^3$). Наиболее полное извлечение меди (до 97-98 %) независимо от указанной плотности загрузки скрапа и при пониженном числе оборотов барабана (6 об/мин) получено только при $\tau = 16 \text{ мин}$ (табл. 3).

Содержание меди в цементационном осадке зависит от ряда факторов: чистоты железного скрапа, содержания взвесей в медьсодержащем растворе, pH раствора после цементации, контактирования частичек цементационной меди с кислородом воздуха, степени отделения мелкого скрапа от цементационного осадка.

Согласно анализу (табл. 4), основными примесями меди является железо, а также частички пустой породы, переходящие в раствор из руды при КВ. Почти все железо находится в виде металлического и может при желании быть удалено магнитной сепарацией.

Содержание других примесей зависит от полноты очистки производственных растворов перед цементацией. Содержание кислорода в

цементационном осадке достигает 5-10 % за счет окисления поверхности частичек меди при контакте с кислородом воздуха при выгрузке из отстойника и сушке.

Выводы

1. При испытании первого промышленного образца барабанного цементатора установлено:

а) аппарат работает устойчиво и позволяет извлекать медь на 95-98 %;

б) расход скрапа близок к теоретически необходимому для восстановления Cu^+ , Cu^{2+} и Fe^{3+} соответственно до $\text{Cu}_{\text{мет}}$ и Fe^{2+} ;

в) расход эл/энергии 0.6 кВтч на 1 м^3 перерабатываемого раствора;

г) процесс цементации поддается полной механизации и автоматизации.

2. На основании лабораторных исследований и промышленных испытаний разработана конструкция барабанных цементаторов для обезмеживания растворов с использованием пакетированного скрапа на производительность 45, 83 и 250 $\text{м}^3/\text{ч}$, которые получили распространение в практике.

3. Цементационная медь, полученная в барабанном цементаторе, достаточно высокого качества. Содержание примесей железа и элементов пустой породы не превышает 2.5 %. Цементационная медь подлежит переработке конвертированием в качестве холодной присадки или – растворению с последующим электролизом для получения катодной меди или медного порошка.

Коротко об авторах

Халезов Б.Д. – кандидат технических наук,

Неживых В.А. – инженер,

Институт металлургии УрО РАН.



