

Навоийский государственный горный институт
Химико-металлургический факультет
Кафедра «Металлургия»

Практическая работа по предмету «Металлургия благородных металлов»
Тема: Материальный баланс выщелачивания руды цианистым раствором.

Выполнил: Ст. гр. 20-07 Мет. Бозорова Гулчехра
Принял: асс. Музаффаров У.У.

Навои 2010 г.

Данная практическая работа предназначена для студентов, обучающихся по направлению 5520400 – «Металлургия» по предмету «Металлургия благородных металлов». Практическая работа помогает студентам лучше усвоить теоретический знаний по предмету «Металлургия благородных металлов», а также дать возможность рассчитать состав цианистых осадков в практических условиях.

Рецензент:
инженер технолог центра
инновационных технологии

к.т.н. Нормуратов Р.И.

Материальный баланс выщелачивания руды цианистым раствором.

Цианирование методом перемешивания пульпы {агитационный процесс}. Используются, в основном, следующие варианты: а) периодическое выщелачивание (редко) при цианировании небольших количеств (5-10 т/сут) богатых концентратов; б) непрерывное прямоточное выщелачивание в каскаде аппаратов в одну стадию - широко применяется, пригодно для большинства руд и концентратов; в) цианирование в две или три стадии с промежуточной сменой растворов сгущением или фильтрацией пульпы -применяется при цианировании руд и концентратов с высоким содержанием золота и серебра, медленном растворении металла, при переходе в раствор вредных примесей меди, сурьмы, мышьяка и др.; г) аэрация пульпы в щелочной среде, сгущение или фильтрация для смены раствора и цианирование агитацией для извлечения золота и серебра — применяется для предварительного (до цианирования) окисления соединений Fe(II) в соединения Fe(III) и выщелачивания раствором соединений мышьяка и сурьмы; д) выщелачивание водой или раствором серной кислоты, сгущение и фильтрация для смены раствора и цианирование агитацией для извлечения золота и серебра - применяется в случае присутствия в рудах или концентратах соединений меди, цинка, железа и др., предварительное выщелачивание которых целесообразно для последующего цианирования.

Для расчёта взята кварцевая малосульфидная руда, количественный химический и рациональный состав которой приведен в табл. 1. Руда содержит золота 5,2 г/т и серебра 3,6 г/т.

Степень взаимодействия компонентов руды с раствором NaCN принимается на основе предварительных испытаний. Расход NaCN и количество образующихся продуктов выщелачивания получены расчетом на 100 т руды в единицу времени (сутки или час).

При расчете принято, что сульфиды — пирит (FeS_2), арсенопирит (FeAsS) и халькопирит (CuFeS_2) — в не окисленном состоянии в растворе (NaCN) не растворяются.

Железо. Из компонентов железа с раствором NaCN взаимодействуют Fe_{MeT} , переходящее в руду в процессе дробления и измельчения, и FeO :

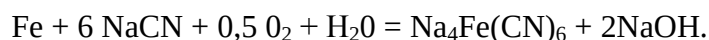
Таблица 1. Химический и рациональный состав руды, поступающей на выщелачивание, %

[illegible]

Всего	72,5	8,3	3,2	2,3	4,36	0,55	0,188	0,26	0,206	0,016	1,476	1,224	5,42	100,0
-------	------	-----	-----	-----	------	------	-------	------	-------	-------	-------	-------	------	-------

а) $\text{Fe}_{\text{мет}}$ — тонкоизмельченное железо быстро окисляется с образованием поверхностного покрова $\text{Fe}(\text{OH})_3$, нерастворимого в NaCN . Степень растворения $\text{Fe}_{\text{мет}}$ принята в связи с этим относительно небольшой - 1%, количество железа, переходящего в раствор, будет $0,1 \cdot 0,01 = 0,001$ т.

Реакция растворения:



Расход NaCN составит: $(6 \cdot 49 : 0,001) : 55,85 = 0,0052$ т, где 49- молекулярная масса NaCN ;

55,85 - атомная масса Fe .

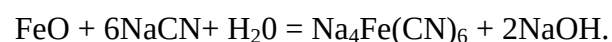
Образуется по реакции: $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ в количестве $(303,91 \cdot 0,001) : 55,85 = 0,005$ т;

NaOH : $(2 \cdot 40 \cdot 0,001) : 55,85 = 0,0014$ т, где 303,91-молекулярная масса $\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$;

40,0 - молекулярная масса NaOH ;

б) FeO - степень растворения принята 2%. Переходит в раствор FeO в количестве: $0,3 \cdot 0,02 = 0,006$ т.

Реакция взаимодействия:



Расход NaCN : $(6 \cdot 49 \cdot 0,006) : 71,85 = 0,0246$ т. Образуется:

$\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ в количестве $(303,91 \cdot 0,006) : 71,85 = 0,025$ т.

Расход NaOH : $(2 \cdot 40 \cdot 0,006) : 71,85 = 0,0067$ т.

2. Медь - переходят в раствор Cu_2S и Cu_2O :

а) Cu_2S - степень растворения 5%. Переходит в раствор Cu_2S : $0,03-0,05 = 0,0015$ т.

Реакция:



Расход NaCN : $(7 \cdot 49 \cdot 0,0015) : 159,15 = 0,0032$ т.

Образуется: $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$ в количестве $(2 \cdot 187,54 \cdot 0,0015) : 159,15 = 0,0035$ т;

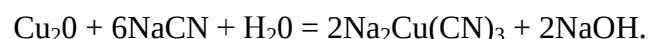
NaSCN : $(81,08 \cdot 0,0015) : 159,15 = 0,00076$ т;

NaOH : $(2 \cdot 40 \cdot 0,0015) : 159,15 = 0,00075$ т, где 159,15 - молекулярная масса Cu_2S ;

187,54 - молекулярная масса $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$; 81,08 - молекулярная масса NaSCN ;

б) Cu_2O - степень растворения 10%. Переходит в раствор Cu_2O : $0,03-0,1 = 0,003$ т.

Реакция:



Расход NaCN : $(6 \cdot 49 \cdot 0,003) : 143,08 = 0,0062$ т, где 143,08 -молекулярная масса Cu_2O .

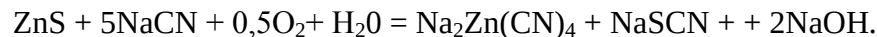
Образуется: $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$ в количестве $(2 \cdot 187,54 \cdot 0,003) : 143,08 = 0,0079$ т;

NaOH : $(2 \cdot 40 \cdot 0,003) : 143,08 = 0,0017$ т.

3. Цинк - растворяются ZnS и ZnO :

а) ZnS - переходит в раствор 1% или $0,28 \cdot 0,01 = 0,0028$ т.

Реакция:



Расход NaCN : $(5 \cdot 49 \cdot 0,0028) : 97,38 = 0,007$ т, где 97,38 -молекулярная масса ZnS .

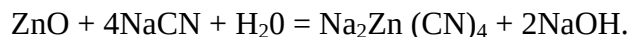
Образуется: $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$ в количестве $(215,38 \cdot 0,0028) : 97,38 = 0,0062$ т;

NaSCN : $(81,08 \cdot 0,0028) : 97,38 = 0,0023$ т;

NaOH : $(2 \cdot 40 \cdot 0,0028) : 97,38 = 0,0023$ т, где 215,38 - молекулярная масса $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$;

б) ZnO - переходит в раствор 10% или $0,02 \cdot 0,1 = 0,002$ т.

Реакция:



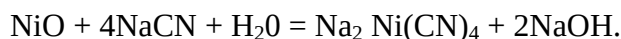
Расход NaCN : $(4 \cdot 49 \cdot 0,002) : 81,38 = 0,0048$ т, где 81,38 -молекулярная масса ZnO .

Образуется: $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$ в количестве $(215,38 \cdot 0,002) : 81,38 = 0,0053$ т;

NaOH : $(2 \cdot 40 \cdot 0,002) : 81,38 = 0,002$ т.

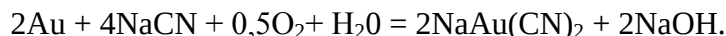
4. Никель - растворяется NiO - 5% или $0,02 \cdot 0,05 = 0,001$ т.

Реакция:



Расход NaCN: $(4 \cdot 49 \cdot 0,001) : 74,69 = 0,0026$ т, где 74,69 -молекулярная масса NiO.
 Образуется: $\text{Na}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$ в количестве $(208,69 \cdot 0,001) : 74,69 = 0,0028$ т;
 NaOH: $(2 \cdot 40 \cdot 0,001) : 74,69 = 0,0011$ т, где 208,69 - молекулярная масса $\text{Na}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$.
 5. Золото - переходит в раствор 95% или $5,2 \cdot 0,95 = 4,94$ г/т.

Реакция:

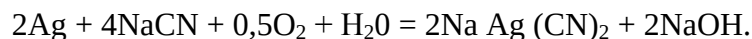


Расход NaCN: $(4 \cdot 49 \cdot 494) : (197 \cdot 2) = 246$ г = 0,00025 т, где 197 — атомная масса Au.
 Образуется: $\text{NaAu}(\text{CN})_2$ в количестве $(272 \cdot 494) : 197 = 682$ г = 0,000682 т;

NaOH: $(40 \cdot 494) : 197 = 100,3$ г = 0,0001 т, где 272 - молекулярная масса $\text{NaAu}(\text{CN})_2$.

6. Серебро - переходит в раствор 90% или $3,6 \cdot 0,9 = 3,24$ г/т, или $3,24 \cdot 100 = 324$ г.

Реакция:



Расход NaCN: $(4 \cdot 49 \cdot 324) : (107,87 \cdot 2) = 294,4$ г = 0,000294 т, где 107,87 — атомная масса Ag.

Образуется: $\text{NaAg}(\text{CN})_2$ в количестве $(182,88 \cdot 324) : 107,88 = 549$ г = 0,000549 т;

NaOH: $(40 \cdot 324) : 107,87 = 120$ г = 0,00012 т, где 182,88 -молекулярная масса $\text{NaAg}(\text{CN})_2$.

Суммарный расход NaCN составил 0,05414 т на 100 т руды или 0,5414 кг/т руды.
 Принимаем 10% на дополнительные потери NaCN (гидролиз, химическое разложение): $0,5414 + 0,05414 \cdot 0,1 = 0,05955 \sim 0,06$ т или $(0,06 \cdot 1000) : 100 = 0,6$ кг/т руды.

При выщелачивании ж : т составляет по массе 1,5 : 1, следовательно, на 100 т руды загружается 150 т (м^3) цианистого раствора с концентрацией NaCN 0,06% (600 г/м^3). Всего загружается NaCN $0,6 \cdot 150 = 90,0$ кг = 0,09 т. При расходе NaCN 0,06 т остаточное количество NaCN будет $0,09 - 0,06 = 0,03$ т, что соответствует концентрации раствора $(0,03 \cdot 1000) : 150 = 0,2 \text{ кг/м}^3$ (200 г/м^3 - 0,02%).

Расход чистого оксида кальция CaO на реакции взаимодействия с кислотами, сульфатами, карбонатами, глиноземом, уголекислотой воздуха при аэрации пульпы и др. принимаем (устанавливается экспериментально для каждого сырья) 2,0 кг/т руды или на 100 т руды — 200 кг = 0,2 т. При использовании технической извести, содержащей 80% CaO, расход ее составит $2,0 : 0,80 = 2,5$ кг/т или на 100 т руды 250 кг = 0,25 т. При загрузке известкового молока с содержанием 10% CaO его потребуется $(0,25 \cdot 100) : 10 = 2,50$ т или $2,50 : 1,08 = 2,315 \text{ м}^3$, где $1,08 \text{ т/м}^3$ - плотность 10%-ного раствора CaO. Начальная и конечная концентрации защитной щелочи в растворе принята 0,02% CaO (200 г/м^3) или на 100 т руды $0,2 \cdot 150 = 30,0$ кг = 0,03 т. Составы и цианистого раствора и руды после выщелачивания приведен в табл. 2 и 3.

Материальные балансы процесса выщелачивания руды цианистым раствором при отношении ж : т = 1,5 : 1 приведены в табл. 4 и 5.

Принято, что CaO расходуется на образование малорастворимых солей CaCO_3 , CaSO_4 и др.

В связи с образованием NaOH при выщелачивании рудных компонентов содержание CaO в растворе уменьшено на количество, эквивалентное количеству NaOH.

Т а б л и ц а 2. Состав раствора после выщелачивания 100 т руды при отношении ж : т = 1,5 : 1

Соединение	Количество, т	Концентрация, г/м ³	Концентрация металла, г/м ³
NaCN	0,030	200,0	-
CaO (100%-ный)	0,03	200,0	-
NaOH	0,01177	78,5	-
NaSCN	0,0031	20,67	-
NaAu(CN) ₂	0,00068	4,53	3,281
NaAg(CN) ₂	0,0005	3,27	2,166
Na ₂ Cu(CN) ₃	0,0114	76,0	25,76
Na ₂ Zn(CN) ₄	0,0115	76,7	23,32
Na ₂ Ni(CN) ₄	0,0028	18,7	5,25
Na ₄ Fe(CN) ₆	0,03	199,95	25,2
В с е г о	0,13	—	

Т а б л и ц а 3. Химический и рациональный состав руды после выщелачивания, %

Элемент, соединение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe	As	Cu	Fb	Zn	Ni	S _{общ}	O ₂	Прочие	Всего
SiO ₂	72,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72,5
Al ₂ O ₃	-	8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,3
CaO	-	-	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2
MgO	-	-	-	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	2,66	-	-	-	-	-	-	1,14	-	3,8.
FeO	-	-	-	-	0,2254	-	-	-	-	-	-	0,0686	-	0,294
FeS ₂	-	-	-	-	0,84	-	-	-	-	-	0,96	-	-	1,8
Fe _{мет}	-	-	-	-	0,099	0,55	-	-	-	-	0,24	-	-	0,099
FeAsS	-	-	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2
CuFeS ₂	-	-	-	-	0,12	-	0,14	-	-	-	0,14	-	-	0,4
Cu ₂ S	-	-	-	-	-	-	0,0228	-	-	-	0,0057	-	-	0,0285
Cu ₂ O	-	-	-	-	-	-	0,0216	-	-	-	-	0,0054	-	0,027
PbS	-	-	-	-	-	-	-	0,26	-	-	0,04	-	-	0,3
ZnS	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1881	-	0,0891	-	-	0,2772
ZnO	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0158	-	-	0,0022	-	0,018
NiO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0152	-	0,0038	-	0,019
Прочие	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,42	5,42
В с е г о	72,5	8,3	3,2	2,3	4,354	0,55	0,184	0,26	0,204	0,0152	1,475	1,22	5,42	99,983

4. Материальный баланс процесса выщелачивания руды цианистым раствором при отношении ж : т = 1,5 : 1

Поступает		Выходит	
Продукты и соединения	Количество, т	Продукты и соединения	Количество, т
Руда	100,0	Руда	99,9847
в том числе:		в том числе:	
Fe _{мет}	0,1	Fe _{мет}	0,099
FeO	0,3	FeO	0,294
Cu ₂ S	0,03	Cu ₂ S	0,0285
Cu ₂ O	0,03	Cu ₂ O	0,027
ZnS	0,28	ZnS	0,2772
ZnO	0,02	ZnO	0,018
NiO	0,02	NiO	0,019
Известковое	2,5	Известь(80%-ная)	0,25
молоко с содержанием 10% CaO(80%-ного)			
Цианистый раствор,	150,0	Цианистый раствор,	152,25
в том числе:		в том числе:	
NaCN	0,09	NaAu(CN) _h	0,00068
CaO	0,03	NaAg(CN) ₂	0,00049
		Na ₂ Cu(CN) ₃	0,0114
		Na ₂ Zn(CN) ₄	0,0115
		Na ₂ Ni(CN) ₄	0,0028
		NaSCN	0,0031
		NaOH	0,01177
		CaO	0,0218
		NaCN	0,030
Всего:	252,50	Всего:	252,50

Т а б л и ц а 5. Материальный баланс выщелачивания цианистым раствором

Продукт	Количество продукта, т	Количество компонента ,Т										
		Fe _{мет}	FeO	Cu ₂ S	Cu ₂ O	ZnS	ZnO	NiO	NaCN	CaO	NaOH	Цианиды ¹
Поступает:												
Руда	100	0,1	0,3	0,03	0,03	0,28	0,02	0,02	-	-	-	—
Известь (80% CaO)	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	—	—
Раствор	150	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,03	-	—
В с е г о	252,25	0,1	0,3	0,03	0,03	0,28	0,02	0,02	0,09	2,53		-
Выходит:												
Руда и нерас- творенная из- весть	100,25	0,099	0,294	0,0285	0,027	0,2772	0,018	0,019				
Раствор	152,25	0,001	0,006	0,0015	0,003	0,0028	0,002	0,001	0,045	0,03	0,01177	0,05998
В с е г о	252,50	0,1	0,3	0,03	0,03	0,28	0,02	0,02	0,045	0,03	0,01177	0,05998 е:
¹ В том числ	NaSCN 0,0031; Na ₂ Cu(CN) ₃ 0,0114; Na ₂ Zn(CN) ₄ 0,0115; Na ₂ Ni(CN) ₄ 0,0028; Na ₄ F(CN) ₆ 0,03; Na ₂ Au(CN) ₂ 0,00068; Na ₂ Ag(CN) ₂ 0,0005.											

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Меретуков М.А., Орлов В.Л. Металлургия благородных металлов. М.: Металлургия. 1991.
2. Стрижко Л.С. Металлургия золота и серебра. М.: МИСИС. 2000.
3. Масленицкий И.Н., Чугаев Л.В., и др. Металлургия благородных металлов. М.: Металлургия. 1987.
4. Стрижко Л.С., Раимжонов Б.Р., Абдурахмонов С.А., Аскарлов М.А. Металлургия благородных металлов. Навоий 2000.
5. Котляр Ю.А., Меретуков М.А. «Металлургия благородных металлов» учебник в двух книгах. М.: МИСиС 2005.
6. Митрофанов С.И. и др. Комбинированные процессы переработки руд цветных металлов. М.: Недра, 1994, 216 с.
7. Стрижко Л.С., Абдурахмонов С.А., Раимжонов Б.Р., Аскарлов М.А. «Металлургия благородных металлов (Технологические расчёты)» Навои 100 с. 2001