СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1379331 A1

(51) 4 C 22 B 3/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4078262/23-02
(22) 16.06.86
(46) 07.03.88. Бюл. № 9
(71) Норильский горно-металлургический комбинат им. А.П.Завенягина
(72) А.Н.Гуров, А.Л.Сиркис, Г.Ф.Филиппов, Ж.И.Розенберг, Н.А.Мальцев, Ю.Я.Сухобаевский, И.В.Кунаева, С.В.Волохов и А.Я.Казанина
(53) 669.053.4 (088.8)
(56) Цветные металлы, 1983, № 12, с. 1 - 4.

Авторское свидетельство СССР № 836176, кл. С 22 В 23/04, 1979.

(54) СПОСОБ ОСАЖДЕНИЯ СУЛЬФИДОВ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ КИСЛЫХ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ЖЕЛЕЗОГИДРАТНЫХ ПУЛЬП

(57) Изобретение относится к способам извлечения тяжелых цветных металлов из серосодержащих железогидратных пульп после автоклавного окислительного выщелачивания высокожелезистого полиметаллического сырья. Цель изобретения - сокращение расхода железа и повышение степени извлечения цветных металлов в концентрат. Осаждение сульфидов тяжелых цветных металлов из кислых серосодержащих железогидратных пульп ведут при перемешивании и нагревании сначала кальцийсодержащим продуктом, в качестве которого используют двух-трехкальциевые силикаты в виде порошка крупностью не более 150 мкм в количестве 0,4 - 2,0 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе, а затем железом или его смесью с кальцийсодержащим продуктом с последующим флотационным выделением сульфидов в концентрат. В качестве содержащего двух-трехкальциевые силикаты продукта используют портландцементный клинкер или цемент. Двух-трехкальциевые силикаты и содержащие их продукты подают на осаждение в виде водной суспензии с pH 11,3 - 12,7. 3 з.п. ф-лы, 3 табл.

(19) SU (11) 1379331 A1

Изобретение относится к способам извлечения тяжелых цветных металлов из серосодержащих железогидратных пульп после автоклавного окислительного выщелачивания высокожелезистого полиметаллического сырья.

Цель изобретения - сокращение расхода железа и повышение степени извлечения цветных металлов в концентрат.

Пример 1 (известный способ). Осаждение сульфидов тяжелых цветных (Cu, Ni, Co) металлов осуществляют из пульпы после автоклавно-окислительного выщелачивания пирротинового концентрата. Пульпа имеет следующий состав,

в растворе, г/л: никель 14,9, медь 5,2; кобальт 0,74, железо общее 16,1, в т.ч. железо трехвалентное 6,3; сера 31,8;

в твердом,%: никель 0,52; медь 0,51; кобальт 0,032; железо 40,8, сера общая 20,6, в том числе сера элементарная 17,0.

pH пульпы 1,44, Ж:Т=1,45. Пульпу в количестве 1,75 л помещают в титановый реактор объемом 2,5 л, оборудованный электронагревом, механическим перемешиванием и системами контроля температуры и pH. В реакторе ее нагревают и при достижении 90°С в пульпу подают кальцийсодержащий продукт - известняк в виде водной пульпы с Ж:Т=3,0 в количестве 58,7 г по твердому, что соответствует расходу известняка 1,53 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе исходной пульпы. С подачей в исходную пульпу известняка (первая стадия осаждения) начинают отсчет времени опыта. После 20 мин перемешивания смеси при указанной температуре заканчивается первая стадия осаждения. Отбирают пробу пульпы для анализа, которая имеет следующее содержание элементов в растворе, г/л: никель 12,4; медь 0,04; кобальт 0,56; железо 8,6; сера 19,4. После отбора пробы по окончании первой стадии осаждения в пульпу задают металлизированный реагент в виде порошка измельченных металлизованных окатышей с содержанием 81,7% металлического железа. Количество загруженного металлизированного реагента (вторая стадия осаждения) составляет 34,9 г, что соответствует расходу 0,98 к стехиометрии. Через 1 ч с начала опыта остаточное содержание суммы цветных металлов в растворе пульпы составляет 0,1308 г/л. Флотацией пульпы после осаждения получают концентрат с соотношением суммы цветных металлов к железу 0,86, суммарное извлечение цветных металлов в котором составляет 92,74%, в т.ч.,%:никель 93,15, медь 92,28, кобальт 90,0. Выход концентрата 24,3 мас.% (от твердого) пульпы.

Результаты опыта приведены в табл.1 и 3.

Пример 2 (предложенный способ). Исходная пульпа, оборудование, продолжительность и последовательность операций, а также вид металлизированного осадителя на второй стадии осаждения такие же, как в примере 1. Отличие в том, что в качестве кальцийсодержащего продукта на стадии осаждения в пульпу задают тонкоизмельченный (класс крупности -150 мкм) трехкальциевый силикат в виде сухого порошка. Последний получают синтезом из смеси порошка CaO (реактив марки ХЧ) и измельченного кварца (SiO_2 = 99,95%) с молярным отношением компонентов в смеси, отвечающим составу $3CaO \cdot SiO_2$. Тщательно усредненную смесь брикетируют на лабораторном гидравлическом прессе при давлении 100 кг/см^2, а затем спекают в лабораторной электропечи при температуре около 1500°С в течение 3 ч. Полученный после термосинтеза плав остужают и измельчают. Количество загруженного в исходную пульпу на первой стадии осаждения трехкальциевого силиката составляет, как и в примере 1, 58,7 г или 1,53 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе. По окончании первой стадии осаждения (через 20 мин с начала опыта) состав раствора пульпы в реакторе следующий, г/л: никель 9,6; медь 0,009; кобальт 0,47; железо 8,0, сера 22,3, pH 3,5.

Количество металлизированного реагента на второй стадии осаждения меньше и составляет 24,9 г, что соответствует расходу 0,7 к стехиометрии. Глубина осаждения цветных металлов 0,05 г/л. Извлечение цветных металлов в флотоконцентрат выше и составляет 94,56% при отношении суммы цветных металлов к железу в концентрате 1,24.

Результаты опыта приведены в табл.2 и 3.

Пример 3 (предлагаемый способ) Условия опыта и расходы реагентов на осаждение такие же, как в примере 2. Отличие в том, что в качестве кальцийсодержащего продукта на первой стадии осаждения в пульпу задают двухкальциевый силикат ($2CaO \cdot SiO_2$) в виде сухого порошка крупностью -150 мкм. Двухкальциевый силикат синтезируют из смеси CaO (реактив марки ХЧ) и измельченного кварца с молярным соотношением $2CaO:SiO_2$ по указанной методике.

Глубина осаждения цветных металлов составляет 0,12 г/л, а суммарное извлечение цветных металлов в флотоконцентрат 94,53%.

В примерах 4 - 12 варьируют количеством задаваемых на первой стадии осаждения тонкоизмельченных двухтрехкальциевых силикатов от 0,3 до 2,2 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе пульпы, что показывает влияние расхода этих реагентов на показатели осаждения: количество металлизированного осадителя на второй стадии процесса и измельчение цветных металлов в флотоконцентрат.

В примерах 13 - 15 даны результаты использования на первой стадии осаждения содержащего двух-трехкальциевые силикаты портландцементного клинкера. Для этих опытов используют портландцементный клинкер следующего состава,%: CaO 65,6; SiO_2 20,7, Al_2O_3 6,7; Fe_2O_3 4,35; SO_3 0,29; прочие 2,08. Суммарное содержание двух-трехкальциевых силикатов в клинкере составляет 82,23%, в т.ч.%: $3CaO \cdot SiO_2$ 33,91, $2CaO \cdot SiO_2$ 48,32. Клинкер измельчают в лабораторной шаровой мельнице до крупности -150 мкм и загружают в пульпу на первой стадии осаждения в виде сухого порошка в количествах, которые соответствуют расходу содержащихся в клинкере двух-трехкальциевых силикатов, 0,4 - 2,0 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе пульпы.

В примерах 16 - 18 двух-трехкальциевые силикаты с оптимальным расходом 0,4 - 2,0 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе пульпы задают на первой стадии осаждения в виде портландцемента. Последний получают совместным помолом клинкера с добавкой к клинкеру 6,5 мас.% гипса. Состав портландцемента следующий,%: CaO 63,58; SiO_2 19,43; SO_3 3,11; Al_2O_3 6,29; Fe_2O_3 4,08, прочие 3,51.

Влияние крупности помола от +150 до -44 мкм двух-трехкальциевых силикатов, задаваемых в пульпу на осаждение, и результаты процесса осаждения показаны в примерах 20 - 26. В этих опытах двух-трехкальциевые силикаты задают на осаждение как в виде сухого порошка, так и в виде предварительно приготовленной водной суспензии.

В примере 27 даны результаты опытов с применением в качестве кальцийсодержащего продукта на осаждении портландцементного клинкера, причем осаждение проводят, применяя клинкер в сочетании с различными металлизированными реагентами - железным порошком.

Результаты опытов по примерам 1 - 27 представлены в табл.3.

Примеры 2,3 и 6 - 9 показывают, что использование при осаждении в качестве кальцийсодержащего продукта по предлагаемому способу порошка крупностью -150 мкм как двухкальциевого, так и трехкальциевого силикатов в количестве 0,4 - 2,0 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе пульпы позволяет сократить расход дорогостоящего металлизированного осадителя на 30-35% и повысить суммарное извлечение цветных металлов в концентрат на 0,5 - 1,8 мас.% по сравнению с известным способом, где в качестве кальцийсодержащего продукта при осаждении используют известняк (пример 1).

Если расход двух-трехкальциевых силикатов при осаждении меньше 0,4 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе пульпы, как в примерах 4 и 5, где расход двухтрехкальциевых силикатов при осаждении составляет 0,3 г/г, то показатели процесса осаждения (расход дорогостоящего металлизированного реагента и извлечение цветных металлов в концентрат) не превышают значений в известном способе. Увеличивать же расход двух-трехкальциевых силикатов на осаждение больше 2,0 г/г суммы

цветных металлов и трехвалентного железа в растворе пульпы, как в примерах 10 и 11, где количество двух-трехкальциевых силикатов на осаждение задают 2,2 г/г, нецелесообразно, так как при этом хотя и достигается сокращение расхода металлизированного реагента на ~35%, однако снижается извлечение цветных металлов в концентрат до значений в известном способе, что объясняется повышением pH конечной пульпы после осаждения до значений больше 5,0, что сопряжено с потерями цветных металлов с окисленной фазой.

Из сравнения примера 12 с примерами 2 и 3 видно, что при использовании на осаждение в качестве кальцийсодержащего продукта смеси двух- и трехкальциевого силикатов эффективность процесса - сокращение расхода дорогостоящего металлизированного реагента и повышение извлечения цветных металлов в сульфидный концентрат по сравнению с известным способом достигается практически такая же, как и при использовании на осаждение индивидуальных веществ - двух- или трехкальциевого силиката.

В примерах 13 - 18 показано, что при использовании на осаждение таких содержащих двух-трехкальциевых силикаты продуктов как тонкоизмельченный (-150 мкм) портландцементный клинкер или портландцемент достигаются близкие по расходу металлизированного реагента и извлечению цветных металлов в концентрат показатели осаждения, как и при использовании на осаждение двух-трехкальциевых силикатов в чистом виде (примеры 2,3,6 - 9 и 12). При этом, как следует из сравнения примеров 13 - 18 с примерами 2,3,6 - 9 и 12, необходимое количество клинкера или цемента для получения положительного эффекта при осаждении - снижение расхода металлизированного реагента на 8,3 - 35% и повышение извлечения цветных металлов в концентрат с 12,74 до 95,38 - 95,52% определяется содержанием в клинкере и цементе двух-трехкальциевых силикатов, расход которых должен быть в пределах 0,4 - 2,0 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе исходной пульпы.

Из примеров 21, 23 и 25 следует, что для достижения положительного эффекта (по сравнению с известным способом), заключающегося в сокращении расхода дорогостоящего металлизированного осадителя и в повышении извлечения цветных металлов в сульфидный концентрат, необходимо, чтобы крупность порошка двух-трехкальциевых силикатов, задаваемых в пульпу на осаждение, не превышала 150 мкм. Если крупность порошка двух-трехкальциевых силикатов превышает 150 мкм (пример 19, крупность порошка двух-трехкальциевых силикатов 250-150 мкм) то не сокращается расход металлизированного осадителя и не повышается извлечение цветных металлов в концентрат по сравнению с известным способом, так как при крупности более 150 мкм реагент не обладает необходимой реакционной поверхностью для протекания с достаточной скоростью полезных реакций на осаждение.

Как следует из примеров 22, 24 и 26, порошок тонкоизмельченного вещества двух-трехкальциевых силикатов можно задавать в пульпу на осаждение в виде предварительно приготовленной водной суспензии, что технологически удобнее для гидрометаллургического процесса. При этом показателем, характеризующим нужную тонину помола реагента, используемого для приготовления суспензии, является значение pH суспензии, равное 11,3-12,7. Если для приготовления водной суспензии используют реагент с крупностью более 150 мкм, то pH суспензии меньше значения 11,3 (пример 20, значение pH суспензии двух-трехкальциевых силикатов 11,0), тогда подача кальцийсодержащего реагента в виде водной суспензии в пульпу не дает сокращения расхода металлизированного осадителя и повышения извлечения цветных металлов в концентрат по сравнению с известным способом.

Готовить водную суспензию из переизмельченных двух-трехкальциевых силикатов с тониной помола их менее 44 мкм нецелесообразно, так как значение pH такой суспензии выше 12,7 (пример 26, pH суспензии 13,0) и использование ее на осаждение хотя и дает сокращение необходимого расхода металлизированного осадителя, однако сопровождается понижением извлечения цветных металлов в сульфидный кон-

центрат из-за перехода части ценных металлов в железогидратную фазу.

Из примера 27 видно, что подача в пульпу на осаждение портландцементного клинкера в количестве 1,87 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе пульпы в виде водной суспензии с pH 12,1, осуществленная с распределением клинкера на обе стадии осаждения, позволяет повысить извлечение цветных металлов в концентрат по сравнению с известным способом на 4,08 - 4,17 абс.% при сокращении расхода дорогостоящего металлизированного осадителя до 35%.

Таким образом, использование при осаждении в качестве кальцийсодержащего продукта двух-трехкальциевых силикатов в количестве 0,4 - 2,0 г/г суммы цветных металлов и трехвалентного железа в растворе пульпы, а также содержащих эти соединения портландцементного клинкера или портландцемента, задаваемых в пульпу на осаждение как в виде порошка крупностью не более 150 мкм, так и в виде водной суспензии с pH 11,3 - 12,7, позволяет сократить необходимый расход дорогостоящего металлизированного реагента на 8,3 - 35% и повысить извлечение цветных металлов в концентрат до ~4% по сравнению с известным способом, где в качестве кальцийсодержащего продукта при осаждении используется известняк.

Формула изобретения

1. Способ осаждения сульфидов тяжелых цветных металлов из кислых серосодержащих железогидратных пульп при нагревании и перемешивании путем последовательной обработки пульпы сначала кальцийсодержащим продуктом а затем железом или его смесью с кальцийсодержащим продуктом с последующим флотационным выделением сульфидов в концентрат, отличающийся тем, что, с целью сокращения расхода и повышения степени извлечения цветных металлов в концентрат, в качестве кальцийсодержащего продукта используют двух-трехкальциевые силикаты в виде порошка крупностью не более 150 мкм в количестве 0,4 - 2,0 г/г суммы цветных металлов в растворе и трехвалентного железа в растворе исходной пульпы.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве содержащего двух-трехкальциевые силикаты продукта используют портландцементный клинкер.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве содержащего двух-трекальциевые силикаты продукта используют цемент.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что двух-трехкальциевые силикаты и содержащие их продукты подают на осаждение в виде водной суспензии с pH 11,3 - 12,7.

Таблица 1

Характеристики опыта	Вес, г, объем, л	Никель			Медь			Кобальт			Железо			Сера общая			В т.ч. сера элементарная			Примечание
		Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	
Загружено на осаждение:																				
1.Окисленная пульпа после выщелачивания (pH 1,44) в т.ч.:	1,75																			
твердое	1130	0,52	5,87	21,84	0,51	5,76	44,0	0,032	0,36	25,71	40,8	461,0	95,30	20,6	232,8	83,86	17,0	192,1	69,20	
раствор	1,41	14,9	21,0	78,16	5,2	7,33	56,0	0,74	1,04	74,29	16,1 6,3	22,7 8,88	4,70 1,83	31,8	44,8	16,14	-	-	-	Сумма цветных Me и Fe^{3+} в растворе 38,25 г В скобках значения трехвалентного железа
2.Пульпа известняка на первую стадию осаждения, в т.ч.:																				
твердое	58,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Расход 1,53 г/г суммы цветных Me и Fe^{3+} в растворе
раствор	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Продолжение табл.1

Характеристики опыта	Вес, г, объем, л	Никель			Медь			Кобальт			Железо			Сера общая			В т.ч. сера элементарная			Примечание
		Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	
Состав раствора пульпы после 1-й стадии осаждения	1,59	12,4	19,7	73,31	0,04	0,06	0,46	0,56	0,89	63,6	8,6	13,7	2,80	19,4	30,8	11,11	-	-	-	
3.Металлизированный осадитель - измельченные металлизованные окатыши ($Fe_{мет}$ 81,7%)	34,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92,9	32,4	6,62	-	-	-	-	-	-	
Получено в результате осаждения:																				
пульпа pH 4,4 в т.ч.:	1200	2,2	26,4	98,25	1,06	12,72	91,17	0,12	1,44	102,86	39,8	477,6	97,53	21,8	261,6	94,23	14,4	172,8	62,65	
твердое																				
раствор	1,59	0,13	0,2	0,74	0,0003	0,0005	<0,01	0,0005	0,0008	0,06	27,4	43,5	8,88	15,4	24,5	8,82	-	-	-	
Углекислый газ	23,6																			
Невязка			-0,27	-1,01		-0,37	-2,83		+0,04	+2,92		-1,0	-0,19		+8,5	+3,05				
Получено флотацией при добавлении воды 2,89 1.Пульпа концентрата, в т.ч.:																				

Продолжение табл. 1

Характеристики опыта	Вес, г, объем, л	Никель			Медь			Кобальт			Железо			Сера общая			В т.ч. сера элементарная			Примечание
		Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	
твердое	281	8,9	25,02	93,15	4,3	12,08	92,28	0,45	1,26	90,0	15,9	44,7	9,12	66,0	185,4	66,78	56,0	157,4	56,7	Суммарное извлечение цветных металлов 92,74%; отношение цветных Ме к Fe 0,86
раствор	0,59	0,06	0,05	0,18	Следы	-	-	Следы	-	-	12,0	7,10	1,44	7,2	4,2	1,51	-	-	-	
2. Пульпа хвостов, в т.ч.:																				
твердое	919	0,20	1,84	6,85	0,12	1,10	8,40	0,01	0,092	6,57	47,3	434,7	88,77	7,2	66,2	23,85	1,0	9,2	3,31	
раствор	3,89	0,04	0,15	0,56	Следы	-	-	-	-	-	9,4	36,5	7,45	5,0	19,4	6,99	-	-	-	
Невязка			+0,19	+1,74		+0,08	+0,68		-0,048	-3,43		+0,9	+0,16		-2,4	-0,87		-6,2	-2,24	

Таблица 2

Характеристики процесса	Вес, г, объем, л	Никель			Медь			Кобальт		
		Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, % г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, % г/л	Количество, г	Извлечение, %
Загружено на осаждение: 1. Окисленная пульпа, в т.ч..										
твердое	1130	0,52	5,87	21,84	0,51	5,76	4 40	0,032	0,36	25,71
раствор	1,41	14,9	21,0	78,16	5,2	7,33	56,0	0,74	1,04	74,29

1379331

Продолжение табл.2

Характеристика процесса	Вес, г, объем,л	Никель			Медь			Кобальт		
		Содержание,%, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание,% г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание,% г/л	Количество, г	Извлечение, %
2. Трехкальциевый силикат ($CaO \cdot SiO_2$) в виде порошка крупностью минус 150 мкм на 1-ю стадию осаждения	58,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Состав раствора пульпы после первой стадии осаждения pH 3,5	1,41	9,6	13,53	50,37	0,009	0,012	0,09	0,47	0,66	47,33
3. Металлизованный осадитель - измельченные окатыши ($Fe_{мет}$ - 81,7%)	24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Получено осаждением:										
пульпа, в т.ч.:										
твердое	1248	2,2	27,45	102,16	1,04	12,98	99,16	0,11	1,37	97,86
раствор	1,41	0,05	0,07	0,26	0,0002		0,01	Следы	-	-
Невязка			+0,65	+2,42		-0,11	-0,84		-0,03	-2,14
Получено флотацией при добавлении воды 3,15 1.Пульпа концентрата, в т.ч.:										
твердое	270	9,5	25,65	94,48	4,54	12,41	94,85	0,48	1,312	93,74
раствор	0,58	0,05	0,029	0,11	-	-	-	Следы	-	-
2. Пульпа хвостов, в т.ч.:										
твердое	940	0,15	1,45	5,39	0,08	0,773	5,91	0,008	0,077	5,52
раствор	3,98	0,03	0,119	0,44	-	-	-	-	-	-
Невязка			+0,118	+0,42		+0,093	+0,76		-0,011	-0,74

Продолжение табл.2

Характеристики процесса	Железо			Сера общая			В т.ч. сера элементарная			Примечание
	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, %, г/л	Количество, г	Извлечение, %	
Загружено на осаждение:										
1. Окисленная пульпа, в т.ч.:										
твердое	40,8	461,0	95,30	20,6	232,8	83,66	17,0	192,1	69,20	
раствор	16,1 (6,3)	22,7 (8,88)	4,70 (1,83)	31,8	44,8	16,14	-	-	-	Сумма цветных Me и Fe^{3+} в растворе 38,2
2. Трехкальциевый силикат ($CaO \cdot SiO_2$) в виде порошка крупностью минус 150 мкм на 1-ю стадию осаждения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Расход 1,53 г/г сумма цветных Me и Fe в растворе
Состав раствор/пульпы после первой стадии осаждения pH 3,5	8,0	11,28	2,30	22,3	31,44	11,32	-	-	-	
3. Металлизованный осадитель - измельченные окатыши ($Fe_{мет}$ - 81,7%)										
Получено осаждением:	92,9	23,23	4,72	-	-	-	-	-	-	Расход 0,70 к стехиометрии
пульпы, в т.ч.:										
твердое	38,0	474,2	96,84	20,2	252,1	90,81	13,4	167,2	68,24	
раствор	24,1	34,0	6,94	26,7	37,6	13,54	-	-	-	
Навязка		-4,63	-0,94		+12,1	+4,35				
Получено флотацией при добавлении воды 3,15 l. Пульпа концентрата, в т.ч.:										

17 1379331 18

Продолжение табл.2

Характеристики процесса	Железо			Сера общая			В т.ч. сера элементарная			Примечание
	Содержание, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, г/л	Количество, г	Извлечение, %	Содержание, г/л	Количество, г	Извлечение, %	
твердое	11,5	31,4	6,41	69,2	188,9	68,05	56,8	155,0	55,83	Суммарное извлечение цветных Ме 94,0
раствор	8,4	4,87	1,08	7,5	4,35	1,57	–	–	–	
2. Дуальная кислота, в т.ч.:										
твердое	48,6	457,2	93,36	6,1	58,96	21,24	1,0	9,66	3,80	
раствор	6,5	25,87	5,28	6,3	25,07	9,03	–	–	–	
Невязка		+6,51	+1,32		-0,32	-0,11		-2,54	0,61	

Таблица 3

Пример	Реактивы осаждения								Результаты осаждения	
	Кальцийсодержащий продукт на первую стадию						Металлизированный реагент на вторую стадию			
	Вид	Расход		Крупность помола, мкм	Физическое состояние	pH водной суспензии	Всего, г	К стехиометрии	Глубина осажденных цветных Ме, г/л	pH конечной пульпы
		Всего, г	Сумма цветных Ме и Fe^{3+} в растворе, г/г							
1	Известняк	58,7	1,53	-150	Водная суспензия	8,3	34,9	0,98	0,13	4,4
2	$3CaO \cdot SiO_2$	58,7	1,53	-150	Сухой порошок	–	24,9	0,70	0,05	4,2
3	$2CaO \cdot SiO_2$	58,7	1,53	-150	То же	–	24,9	0,70	0,12	4,1
4	$3CaO \cdot SiO_2$	11,5	0,3	-150	-"-	–	35,6	1,00	0,21	4,5
5	$2CaO \cdot SiO_2$	11,5	0,3	-150	-"-	–	35,6	1,00	0,29	4,4

Продолжение табл.3

Пример	Реактивы осаждения								Результаты осаждения	
	Кальцийсодержащий продукт на первую стадию						Металлизированный реагент на вторую стадию			
	Вид	Расход		Крупность помола, мкм	Физическое состояние	pH водной суспензии			Глубина осажденных цветных Me, г/л	pH конечной пульпы
		Всего, г	Сумма цветных Me и Fe^{3+} в растворе, г/г				Всего, г	К стехиометрии		
6	$3CaO \cdot SiO_2$	15,3	0,4	-150	-"-	-	32,0	0,90	0,11	4,4
7	$2CaO \cdot SiO_2$	15,3	0,4	-150	-"-	-	32,0	0,90	0,16	4,3
8	$3CaO \cdot SiO_2$	76,5	2,0	-150	-"-	-	22,7	0,64	0,02	4,6
9	$2CaO \cdot SiO_2$	76,5	2,0	-150	-"-	-	22,7	0,64	0,05	4,5
10	$3CaO \cdot SiO_2$	84,2	2,2	-150	-"-	-	22,7	0,64	<0,01	5,1
11	$2CaO \cdot SiO_2$	84,2	2,2	-150	-"-	-	22,7	0,64	<0,01	5,1
12	Смесь $3CaO \cdot SiO_2$ (50%) и $2CaO \cdot SiO_2$ (50%)	58,7	1,53	-150	-"-	-	24,9	0,70	0,06	4,2
13	Портландцементный клинкер, содержащий 82,2% двух-трехкальциевых силикатов,	18,61	0,487	-150	-"-	-	32,0	0,90	0,09	4,3
	в т.ч.: кальциевые силикаты	15,3	0,04							

Продолжение табл.3

Пример	Реактивы осаждения								Результаты осаждения	
	Кальцийсодержащий продукт на первую стадию						Металлизированный реагент на вторую стадию			
	Вид	Расход		Крупность помола, мкм	Физическое состояние	pH водной суспензии	Всего, г	К стехиометрии	Глубина осажденных цветных Me, г/л	pH конечной пульпы
		Всего, г	Сумма цветных Me и Fe^{3+} в растворе, г/г							
14	Портландцементный клинкер, содержащий 82,2% двух-трехкальциевых силикатов,	71,4	1,87							
	в т.ч.: кальциевые силикаты	58,7	1,53	-150	Сухой порошок	-	24,9	0,70	0,10	4,4
15	То же	93,0	2,43							
	-"-	76,5	2,0	-150	То же	-	22,7	0,64	0,02	5,2
16	Портландцемент, содержащий 77,2% двух-трехкальциевых силикатов,	19,8	0,51							
	в т.ч. кальциевые силикаты	15,3	0,4	-150	-"-	-	32,0	0,90	0,06	4,3
17	То же	76,0	1,98							
		58,7	1,53	-150	-"-	-	24,9	0,70	0,07	4,5

Продолжение табл.3

Пример	Реактивы осаждения								Результаты осаждения	
	Кальцийсодержащий продукт на первую стадию						Металлизированный реагент на вторую стадию			
	Вид	Расход		Крупность помола, мкм	Физическое состояние	pH водной суспензии	Всего, г	К стехиометрии	Глубина осажденных цветных Ме, г/л	pH конечной пульпы
		Всего, г	Сумма цветных Ме и Fe^{3+} в растворе, г/г							
18	-"-	99,1	2,59	-150	-"-	-	22,7	0,64	0,01	5,3
19	Смесь $3CaO \cdot SiO_2$ (41,2%) и $2CaO \cdot SiO_2$ (58,8%) в виде сухого порошка	58,7	1,53	-250 +150	-"-	-	34,92	0,98	0,11	4,3
20	Смесь $3CaO \cdot SiO_2$ (41,2%) и $2CaO \cdot SiO_2$ (58,8%) в воде при Ж:Т=3,0	58,7	1,53	+150	Водная суспензия	11,0	34,9	0,98	0,09	4,4
21	Смесь $3CaO \cdot SiO_2$ (41,2%) и $2CaO \cdot SiO_2$ (58,8%)	58,7	1,53	-150 +105	Сухой порошок	-	24,9	0,70	0,17	4,2
22	То же	58,7	1,53	-105	Водная суспензия	11,3	24,9	0,70	0,10	4,3
23	Смесь $3CaO \cdot SiO_2$ (41,2%) и $2CaO \cdot SiO_2$ (58,8%)	22,7	0,64	-105 +44	Сухой порошок	-	22,7	0,64	0,25	4,0
24	То же	22,7	0,64	+44	Водная суспензия	12,7	22,7	0,64	0,03	4,4
25	-"-	22,7	0,64	+44	Сухой порошок	-	22,7	0,64	0,14	4,2

Продолжение табл.3

Пример	Реактивы осаждения								Результаты осаждения	
	Кальцийсодержащий продукт на первую стадию						Металлизированный реагент на вторую стадию			
	Вид	Расход		Крупность помола, мкм	Физическое состояние	pH водной суспензии	Всего, г	К стехиометрии	Глубина осаждения цветных Me, г/л	pH конечной пульпы
		Всего, г	Сумма цветных Me и Fe^{3+} в растворе, г/г							
26	-"-	22,7	0,64	+44	Водная суспензия	13,0	22,7	0,64	0,01	4,9
27	Портландцементный клинкер	38,2	1,00	-150 +44	Водная суспензия	12,1	22,7 (в смеси с порошком клинкера 20,5 г)	0,64	0,02	4,4

Продолжение табл.3

Пример	Флотоконцентрат						Примечание
	Выход, мас.%	Извлечение цветных Me, %				Отношение суммы цветных Me к Fe^{3+}	
		Ni	Cu	Co	суммарное		
1	24,30	93,15	92,28	90,0	92,74	0,86	Сумма цветных Me и Fe^{+3} в растворе исходной пульпы 38,25 г
2	22,50	94,48	94,85	93,74	94,56	1,24	

Продолжение табл.3

Пример	Флотоконцентрат						Примечание
	Выход, мас.%	Извлечение цветных Me, %				Отношение суммы цветных Me, к Fe^{3+}	
		Ni	Cu	Co	суммарное		
3	22,10	94,25	95,20	93,71	94,53	1,31	
4	23,53	92,78	90,99	91,01	92,15	0,92	
5	23,02	91,78	93,11	91,00	91,93	1,08	
6	23,70	93,86	93,73	93,66	93,81	1,13	
7	23,11	93,13	93,54	93,25	93,24	1,22	
8	22,80	93,91	94,09	92,23	93,90	1,02	
9	22,41	93,16	95,30	91,64	93,79	1,15	
10	23,20	91,11	93,28	90,21	92,08	0,93	
11	22,81	92,36	93,06	90,64	92,52	0,95	
12	21,76	95,68	95,19	94,28	95,48	1,30	
13	22,54	93,05	91,85	91,20	92,80	1,04	Содержания: $3CaO \cdot SiO_2$ = 33,9% $2CaO \cdot SiO_2$ = 48,3%

Продолжение табл.3

Пример	Флотоконцентрат						Примечание
	Выход, мас.%	Извлечение цветных Me, %				Отношение суммы цветных Me, к Fe^{3+}	
		Ni	Cu	Co	суммарное		
14	22,46	95,52	95,49	95,65	95,52	1,36	Содержание $3CaO \cdot SiO_2$ = 33,9% $2CaO \cdot SiO_2$ =48,3%
15	21,52	93,13	92,25	89,37	92,71	0,88	-"-
16	22,27	93,10	92,47	92,22	92,87	1,06	Содержание $3CaO \cdot SiO_2$ - 31,8% $2CaO \cdot SiO_2$ - 45,4%
17	22,35	95,37	95,51	94,34	95,38	1,31	То же
18	21,53	93,44	93,28	90,36	93,28	0,85	-"-
19	21,92	93,30	92,31	88,07	92,81	0,94	Соотношение двух- трехкальциевых силикатов соответствует их соотношению в клинкере

Продолжение табл.3

Пример	Флотоконцентрат						Примечание
	Выход, мас.%	Извлечение цветных Ме, %				Отношение суммы цветных Ме, к Fe^{2+}	
		Ni	Cu	Co	суммарное		
20	22,08	93,37	92,35	90,68	92,95	0,95	
21	21,68	94,01	94,96	92,93	94,27	1,01	
	22,0	94,45	95,16	94,28	94,67	1,12	
22							
23	22,16	94,01	95,22	92,99	94,36	1,22	
	22,08	97,33	96,77	95,55	97,09	1,08	
24	21,76	94,41	95,37	91,31	94,43	1,20	
25	22,32	92,93	94,21	91,67	93,29	0,91	
26							
27	21,52	97,11	96,17	96,07	96,78	1,40	Общий расход клинкера на осаждение 58,7 г