

ВЫБОР МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Немчинова Н.В., Лебедев Н.В., Пунишко О.А., Тютрин А.А.

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», Иркутск, Россия (664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83), e-mail: an.tu@inbox.ru

Проведен анализ современного состояния золотодобывающей и золотоперерабатывающей отрасли России. Показано, что прирост производства золота связан с внедрением новых технологий переработки золотосодержащих руд и получения золота. Указано, что для успешной реализации подобных проектов необходимо осуществлять выбор основного технологического оборудования, исходя из его технических характеристик, а также с точки зрения его стоимости (по сравнению с аналогами), рентабельностью и окупаемостью. Приведены сравнительные технические характеристики отечественных и зарубежных (КНР) производителей основного оборудования, используемого в золотоперерабатывающей отрасли: мельниц, отсадочных машин, сгустителей. В результате сравнительного анализа был сделан вывод, наиболее рациональным представляется совмещение отечественного и импортного оборудования.

Ключевые слова: оборудование металлургического производства; золотодобывающая отрасль; мельница; отсадочная машина; сгуститель.

METALLURGICAL EQUIPMENT CHOICE TO IMPROVE PRODUCTION EFFICIENCY

Nemchinova N.V., Lebedev N.V., Punishko O.A., Tiutrin A.A.

«Irkutsk State Technical University», Irkutsk, Russia (664074, Irkutsk, Lermontova street, 83), e-mail: an.tu@inbox.ru.

The analysis of the Russian gold mining and gold processing industry current position was held. It is shown that the increase in gold production is associated with the introduction of new technologies of gold ores processing and gold extraction. It is shown successful implement of such projects must make a choice of the main technological equipment based on its technical characteristics and value in comparison with analogues, profitability and recoupment. Comprehensive technical specs of major equipment used in gold processing industry made domestic and foreign (China) manufacturers were given. Some of them are grinders, washboxes, thickeners. In the comprehensive analysis result it was concluded that the most efficient is the combined application of domestic and foreign equipment.

Keywords: metallurgical equipment; gold industry, grinder, washbox, thickener.

В настоящее время золотодобывающая отрасль России испытывает определенные сложности в связи с некоторым падением цены на золото. Так, в 2013 г. цены на золото упали на 28 %; в то же время с начала 2014 г. этот драгметалл подорожал на 6 % [1]. Также одной из проблем добычи золота является бедность золотоносных пластов и преобладание упорных руд. Падение цены драгметалла и удорожание его добычи сильно сказывается на рентабельности предприятий.

Несмотря на существующие проблемы, производство и добыча золота в России увеличилось за последние три года на 20,6 % и составило 254,2 т. В 2012 году прирост составил 7,2 % (226 т), в 2013 году – 12,6 % [1]. Прирост добычи обеспечили в первую очередь Амурская и Иркутская области, а также Красноярский край. Высокие результаты показали предприятия Республики Саха (Якутия) и Магаданской области. Дальний Восток в целом произ-

вел в 2012 году золота на 4 % больше, чем в предыдущем году: на регион пришлось до 55 % общероссийской добычи золота [2].

Столь значительный прирост производства золота связан с внедрением новых технологий переработки золотосодержащих руд и получения золота. Так, например, компания «Полиметалл» извлекла золото из руды по автоклавной технологии на Амурском ГМК с проектной производительностью около 6 т металла в год. В 2013 году в Хабаровском крае введена в эксплуатацию первая очередь ГОКа «Белая Гора», а в 2014 году ожидается пуск горно-обогатительного комбината на Наталкинском месторождении в Магаданской области (мощность ГОКа составит 13-15 т Au в год) [3]. До 2023 г. на Камчатке планируется построить пять рудников, на которых будут добывать руду, содержащую золото и серебро.

Разработана отраслевая программа развития горнодобывающего комплекса Дальневосточного федерального округа, рассчитанная на период до 2018 года. Таким образом, можно ожидать, что к указанному году добыча золота в округе может вырасти в 1,6 раза и достичь 180 т в год. Это почти столько же, сколько добывает сегодня Россия в целом. Столь масштабный рост должны обеспечить новые проекты, и, в первую очередь, основанные на автоклавной технологии обогащения и переработки руд. В регионе достаточно запасов упорных руд, поддающихся автоклавному окислению, и в настоящее время другой альтернативы их переработки нет.

На Дальнем Востоке вопросами, посвященными изучению и внедрению автоклавных технологий, занимаются два крупнейших производителя золота – группы компаний «Полиметалл» и «Петропавловск». «Петропавловск» строит гидрометаллургический комплекс (АГК) по извлечению золота с использованием технологии автоклавного выщелачивания на месторождении «Покровское», и предполагается получить металл с использованием этой технологии в 2014 году. Дальнейшие планы группы: последовательно наращивать добычу на Дальнем Востоке, прежде всего за счет вовлечения в производство упорных руд месторождений «Пионер» и «Маломыр» в Амурской области [3].

Для успешной реализации подобных проектов необходимо осуществлять выбор основного технологического оборудования исходя из его технических характеристик, а также с точки зрения его стоимости (по сравнению с аналогами), рентабельностью и окупаемостью.

В данной работе приводится анализ отдельных видов наиболее часто используемого для переработки золотосодержащих руд оборудования основных стран-производителей – России и КНР (с приведением сравнительных производственно-технических характеристик и цен).

Первой стадией рудоподготовки является дробление, для которого применяют щековые дробилки [4]. Для сравнения приведены два типоразмера щековых дробилок (таблица 1).

Технические характеристики дробилок

Параметр	Показатель			
	PE-900×1200	ЩКД-90×120	PEJ1215	ЩС-120×150
Тип дробилки	PE-900×1200	ЩКД-90×120	PEJ1215	ЩС-120×150
Изготовитель	Китай	Россия	Китай	Россия
Максимальная крупность куска, мм	750	750	1000	1000
Пределы регулировки разгрузочной щели, мм	95-165	100-180	115-195	150-250
Производительность, м ³ /ч	не более 164	100-180	310 (при щели 155 мм)	350-450
Мощность электродвигателя, кВт	110	100	160	200
Масса (без электрооборудования), т	50	69,6	110,4	120
Цена, тыс. долл. США	380	700	750	1080

Работа дробильного отделения, как правило, составляет 24 ч/сут по 12 ч в смену. Производительность работы дробильного отделения – 55 т/ч или 40 м³/ч. При работе дробильного отделения 16 ч в сут (две смены по 8 ч), общая производительность должна быть не менее 82 т/ч или 55 м³/ч. Объемная масса руды – 1,5 т/м³, для окисленной – 1,4 т/м³.

Измельчение, как правило, проводится в мельницах самоизмельчения и шаровых мельницах. Сравнительный анализ показателей различного оборудования выполнен на основании расчетной производительности фабрики, работающей в зимний период (4000 ч – 10 % = 3600 ч) при крупности измельчения 90 % класса минус 0,074 мм, обеспечивающей полугодовую производительность при переработке первичной руды ~220 тыс. т руды и окисленной ~ 230 тыс. т руды.

Для получения стабильных показателей по измельчению и классификации пески первой стадии направляются на вторую стадию измельчения для увеличения эффективности измельчения шаровой мельницы (MQCG2136), а пески второй стадии классификации – в мельницу полусамоизмельчения (MZS4014) для обеспечения более стабильной работы данного оборудования в случае неравномерной подачи руды. На второй стадии измельчения предусмотрена мельница МШР 2.1×2.2, что по данным практики запуска и работы аналогичных предприятий и имеющихся результатов по шаровому индексу Бонда данная мельница не обеспечит заданную производительность, заложенную в проекте. Для обеспечения заданной производительности рекомендована мельница MQCG2136.

В таблицах 2, 3 приведены технические характеристики мельниц различных производителей.

Сравнительные технические характеристики мельниц

Параметр	Показатель			
	Полусамоизмельчения		Шаровые	
Тип мельницы				
Марка мельницы	MZS4014	MMC5000x1800	MQCG2136	МШР 2.1×3.6
Производитель	Китай	Россия	Китай	Россия
Диаметр барабана, мм	4000	5000	2100	2100
Длина барабана, мм	1400	1800	3600	3600
Рабочий объем барабана, м ³	16	30	10,4	10,4
Скорость вращения барабана, об/мин	17	13,5-18,4	24	24,6
Мощность электродвигателя, кВт	245	620	210	185
Скорость вращения электродвигателя, об/мин	735	175	735	735
Наибольший размер загружаемых кусков материала, мм	350	350	21	20
Масса мельницы (без электрооборудования), т	65,11	167,2	56,8	58
Цена, тыс. долл. США	490	1650	250	335

Технические характеристик двух моделей отсадочных машин основной операции отсадки в технологической схеме приведены в таблицах 3,4, соответственно.

Таблица 3

Технические характеристики отсадочной машины «Труд-12» (производство Россия)

Производительность по исходному продукту, т/ч	150-200
Крупность питания, мм, не более	20
Рабочая площадь решет, м ²	12
Количество камер, шт.	2
Частота хода камеры, мин ⁻¹ , не более	120*
Длина хода решета, мм, не более	15*
Потребляемая мощность, кВт, не более	15
Габаритные размеры, м	7,47x3,37x3,55
Масса, т	13,7
Цена, млн. руб.	4,5

* – установлены заводом-изготовителем.

Таблица 4

Технические характеристики отсадочной машины ДУТА7750-12 (производство КНР)

Площадь рабочей камеры, м ²	39,6
Ход диафрагмы, мм	20; 25; 30
Число пульсации диафрагмы в минуту	10-100
Крупность питания, мм	<25
Расход подрешетной воды, м ³ /т материала	1-3
Давление подрешетной воды, МПа	>0,10
Производительность, т/час	80-160

Мощность двигателя привода, кВт	15
Мощность двигателя гидронасоса, кВт	0,55
Масса, т	21,0
Цена, млн. руб.	5

Из практического опыта эксплуатации за все время работы отсадочной машины ДУТА7750-1 с гидравлическим приводом в операции основной отсадки на драге № 135 серьезных поломок не наблюдалось. По результатам проведенных поузловых опробований данной машины с гидравлическим приводом установлено, что отношение Ж:Т в поступающей на нее пульпе составляло от 7,6 до 9,3, нагрузки по твердому на 1 м² площади решета – 2,7–3,4 м³/ч, поверхностная скорость потока пульпы – не превышала 0,4 м/с. Извлечение шлихового золота в концентрат при производительности машины 8,9–10,1 м³/ч и оборотах двигателя главного привода 900 мин⁻¹ составило 74,5–90,1%, соответственно [5].

Основная масса шлихового золота в исходном питании отсадки при III и IV опробованиях (97,7–72,7 %, соответственно) представлена крупностью минус 0,5 мм. Массовая доля мелкого шлихового золота (крупностью минус 0,125 мм) составляет 46,3–16,4 %.

С хвостами на ДУТА7750 (IV опробование) теряется металл различной крупности, в том числе крупнее 0,5 и 0,25 мм, что связано с особенностью вещественного состава песков, имеющих значительную массовую долю или сто-глинистой фракции, которая не полностью раскрывается (дезинтегрируется) в процессе промывки песков в дражной бочке. При уменьшении производительности и массовой доли или сто-глинистой фракции в песках (III опробование) значительно увеличивается извлечение шлихового золота по каждому классу его крупности в концентрат.

При обогащении подрешетной фракции дражной бочки крупностью минус 14 мм на отсадочной машине ДУТА7750 был определен расход подрешетной воды, составивший 3,0–4,0 л/с на 1 м² решета, который с помощью замены на выходе концентрата шарового крана на насадки с диаметром выпускных отверстий от 18 до 24 мм можно снизить до оптимального значения, а также уменьшить соотношение Ж:Т в данном продукте.

При сравнении технологических режимов работы отсадочных машин ДУТА7750 и «Труд-12», работающих на исходном питании со значительным количеством или сто-глинистой фракции, можно отметить следующее:

- по частоте колебаний диафрагмы – 120 мин⁻¹ «Труд-12» имеет преимущество, но при этом уступает по величине хода диафрагмы ДУТА7750-1: 15 против 24 мм;
- оборудование российского производства уступает по силе резкого толчка вверх конуса машине типа ДУТА7750-1, при котором не наблюдалась запрессовка технологической по-

стели машины (на камере данной отсадочной машины стоит шпальтовое сито с размером отверстий 3 мм);

– по длине прохождения потока материала по рабочей поверхности ДУТА7750-1 имеет значительное преимущество, при котором поступающий исходный продукт распределяется по всей ширине камеры и за счет более длинной рабочей поверхности его поверхностная горизонтальная скорость ниже в 2–2,5 раза скорости на отсадочной машине «Труд-12» и не превышает 0,4 м/с.

Ожидаемое извлечение золота в целом по схеме обогащения на драге № 135 с работой в основной операции отсадки отсадочных машин ДУТА7750-12 составит 67 %.

В таблицах 5, 6 приведены технические характеристики различных сгустителей, используемых на золотоперерабатываемых предприятиях.

Таблица 5

Технические характеристики сгустителей

Параметр	Показатель	
	КНР	Россия («Труд-12», г. Новосибирск)
Диаметр чана, м	15	15
Глубина чана в центре, м	3,6	3
Площадь сгущения, м ²	177	177
Скорость вращения граблин, об/мин	0.196-0.1	0,12
Высота подъема граблин, мм	400	400
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	2,8
Вес сгустителя, т	75,375 с чаном	8,78 без чана
Цена, тыс. долл. США	480	480 (с автоматизацией)

Таблица 6

Технические характеристики сгустителей

Параметр	Показатель	
	КНР	Россия (ИЗТМ, г. Иркутск)
Диаметр чана, м	24	24
Тип привода	центральный	периферический
Глубина чана в центре, м	5,1	3,6
Площадь сгущения, м ²	452	450
Скорость вращения граблин, об/мин	до 0,17	0,083
Высота подъема граблин, мм	500	-
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	4,5
Вес сгустителя, т	38,4 с чаном	26,2 без чана
Цена, тыс. долл. США	850	576

Из вышеприведенных сравнительных характеристик можно сделать вывод, что некоторые виды технологического оборудования производства КНР могут быть выбраны как экономически более выгодные и эффективные, исходя из их технических показателей, уровня расхода электроэнергии и соотношения «цена – качество». Однако, на наш взгляд, наиболее рациональным представляется совмещение отечественного и импортного оборудования.

Так, в зависимости от положения узла в технологической цепочке на более ответственных переделах необходимо выбирать более надежное и, соответственно, дорогостоящее оборудование отечественного производства, а на участках, которые допускают временное исключение из схемы либо переход на резервное оборудование, – относительно недорогое оборудование производства КНР, в сравнении с которым и был проведен наш анализ.

Список литературы

1. Верхотуров М.В. Гравитационные методы обогащения: учеб. для вузов. – М.: МАКС Пресс, 2006. – 351 с.
2. Золотодобыча на Дальнем Востоке: Серьезную угрозу для отрасли несет резкое падение цен на золото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dvkapital.ru/specialfeatures/dfo_18.06.2013_5340_zolotodobycha-na-dalnem-vostoke-serjeznuju-ugrozu-dlja-otrasli-neset-rezkoe-padenie-tsen-na-zoloto.html?printr (дата обращения: 09.09.14).
3. Информационная записка об оказании инженерно-технических (инжиниринговых) услуг «Испытание экспериментальной отсадочной машины на драге №135 ЗАО «Саха Голд Майнинг» с проведением технологических опробований ее продуктов обогащения» // Отчет о НИР. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2013. – 56 с.
4. «Полюс золото» подтверждает запуск комбината в 2014 году на месторождении Наталкинское в Магаданской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.interfax-russia.ru/FarEast/news.asp?id=456903&sec=1671> (дата обращения: 08.09.14).
5. Россия в 2013 г. увеличила добычу золота до 254,2 т [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vestifinance.ru/articles/39253> (дата обращения: 19.10.14).

Рецензенты:

Зелинская Е.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск;

Белюсова Н.В., д.х.н., профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов ФГАОУ ВПО «Сибирского федерального университета», г. Красноярск.