

Следует отметить, что массовая доля диоксида титана в немагнитных продуктах перемеления снижается до 7,21-7,41%, а в продуктах флотации до 7,75-10,3%, что не позволяет получать ильменитовый концентрат. Таким образом, использование механических процессов переработки руд данного типа без изменения ее фазового состава не позволяет получить кондиционные железонадиевый и ильменитовый концентраты, так как диоксид титана тесно связан с железом и при повышении массовой доли его в концентратах увеличивается и массовая доля диоксида титана. Полученные концентраты требуют специальной металлургической переработки.

Разработка эффективных технологий переработки титаномагнетитовых руд может обеспечить получение высококачественных концентратов. Поэтому разработка технологии комплексной переработки титаномагнетитовых руд приобретает особую актуальность в настоящее время. Решение данной задачи позволит широко использовать титаномагнетитовые руды и обеспечить железорудным сырьем предприятия Южного Урала.

Список литературы

1. Резниченко В.А., Шабалин Л.И. Титаномагнетиты, месторождения, металлургия, химическая технология. М.: Наука, 1986.
2. Пат. 035212 РФ, МПК В03С 1/00. Способ обогащения титаномагнетитовых руд / Чижевский В.Б., Рашинов В.Ф., Тахаутдинов Р.С. и др. (РФ). Бюл. № 18.
3. Шавакулева О.П. Технология обогащения титаномагнетитовой руды Копанского месторождения // Материалы VI Конгресса обогатителей стран СНГ. М.: Альтекс, 2007. Т. I. С. 133-134.
4. Чижевский В.Б., Шавакулева О.П. Обогащаемость различных типов титаномагнетитовых руд // Материалы международного совещания. Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2011. С. 529-531.
5. Гмызина Н.В. Интенсификация процесса измельчения конвертерных шламов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. № 3(27). С. 13-14.

Bibliography

1. Reznichenko V.A., Shabalin L.I. Titanomagnetite, field, metallurgy, chemical technology. M.: Science, 1986.
2. Patent 035212. Method of ore dressing of titanomagnetite ores / Chyzhevsky V.B., Rashnikov V.F., Takhautdinov R.S. (Russian Federation).
3. Shavakyleva O.P. The technology of titanomagnetite ore dressing of the Copansko field // Materials of VI Congress of CIS dressers. M.: Alteks, 2007. T. I. P. 133-134.
4. Chyzhevsky V.B., Shavakyleva O.P. Ore dressing of tin different types of titanomagnetite ores // Materials of the international meeting. Ekaterinburg: Publishing House «Fort Dialog-Iset», 2011. P. 529-531.
5. Gmyzina N.V. Improvement of the grinding converter's slag // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov. 2009. № 3(27). P. 13-14.

УДК 669.3

Катренов Б.Б., Жумашев К.Ж.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕДНОГО КУПОРОСА ПРИ ГРАНУЛЯЦИИ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА

В статье рассматривается влияние медного купороса на показатели статической прочности высушенных гранул из медного концентрата. Предложено использовать медный купорос в качестве добавки к водному раствору лигносульфоната, который применяется в качестве связующего при грануляции медного концентрата. Данная мера позволяет снизить плотность раствора связующего с 1,09 до 1,02 т/м³ и, таким образом, сократить расход порошкообразного лигносульфоната на грануляцию.

Ключевые слова: гранулы из медного концентрата, статическая прочность гранул, медный купорос, водный раствор лигносульфонатов.

The article about effect of copper vitriol on the indices of static strength of dried pellets of copper concentrate. Use of copper vitriol as addition to the water solution of lignosulphonate, which use as binder in pelletization of copper concentrate, was suggested. This measure will allow reduce density of binder from 1,09 to 1,02 t/m³, therefore, will allow reduce consumption of powdered lignosulphonate to pelletization.

Key words: pellets of copper concentrate, static strength of pellets, copper vitriol, water solution of lignosulphonate.

В производстве меди на этапе гранулирования медного концентрата в качестве связующего традиционно используется жидкий технический лигносульфонат – раствор лигносульфоната, получаемый путём растворения порошкообразного лигносульфоната в воде. Это связующее обеспечивает достаточную прочность получаемых гранул. Однако высокая стоимость порошкообразного лигносульфоната требует сокращения его расхода на грануляцию путем частичной замены на другое, более дешёвое, связующее. Учитывая это, нами в качестве замены было предложено использовать медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, получаемый из отработанного электролита [1]. Для проверки возможности его использования были поставлены эксперименты по грануляции медного концентрата, по результатам которых определялось влияние медного купороса на показатели статической прочности высушенных гранул. Химический состав медного концентрата представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав медного концентрата

Cu	Pb	Zn	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
13,8	3,28	4,12	29,95	36,85	8,07	2,1	1,01

Для изучения статической прочности гранул были использованы положения вероятностной теории прочности конгломератов [2]. Согласно ей вероятностная модель статической прочности гранул имеет вид

$$P_C = 0,5 \left(\frac{\mathcal{E}_H}{\mathcal{E}_D} \right)^6, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_H – энергия нагрузки на гранулу, Дж; \mathcal{E}_D – энергия образования поверхности разрушения, Дж; P_C – вероятность сохранности гранул при наложении статической нагрузки (доли ед.).

$$\mathcal{E}_H = m_G g d, \quad (2)$$

Таблица 2

Условия и результаты опытов по определению характеристик статической прочности по экспериментальным (э) и расчетным (р) данным для высушенных гранул, полученных с применением в качестве связующего водного раствора лигносульфоната

Номер опыта	$\gamma_{CB}, \text{т/м}^3$	$t_c, \text{°C}$	$\tau_c, \text{мин}$	d, м	$\overline{m}_G^{\text{э}}, \text{кг}$	$\overline{m}_G^{\text{р}}, \text{кг}$	$\rho_C^{\text{э}}, \text{Дж/м}^2$	$\rho_C^{\text{р}}, \text{Дж/м}^2$
1	1,02	80	5	0,005	0,576	0,696	721	871
2	1,02	120	15	0,009	1,367	2,113	951	1470
3	1,02	100	10	0,007	0,665	1,343	595	1201
4	1,02	180	25	0,013	8,995	3,875	4331	1868
5	1,02	150	20	0,011	2,067	3,104	1176	1766
6	1,06	120	10	0,013	7,298	4,620	3514	2225
7	1,06	100	25	0,011	5,518	6,145	3140	3497
8	1,06	180	20	0,005	5,556	8,472	6956	10607
9	1,06	150	5	0,009	8,624	5,602	5998	3897
10	1,06	80	15	0,007	2,655	3,360	2375	3005
11	1,04	100	20	0,009	6,637	4,087	4616	2843
12	1,04	180	5	0,007	4,672	4,726	4178	4226
13	1,04	150	15	0,013	7,441	5,183	3583	2496
14	1,04	80	10	0,011	0,838	2,276	477	1295
15	1,04	120	25	0,005	5,438	4,411	6865	5523
16	1,09	180	15	0,011	11,520	10,942	6556	6227
17	1,09	150	10	0,005	5,582	5,918	6989	7409
18	1,09	80	25	0,009	6,259	5,347	4353	3719
19	1,09	120	20	0,007	7,688	7,328	6875	6553
20	1,09	100	5	0,013	1,431	3,530	689	1700
21	1,08	150	25	0,007	7,022	10,562	6280	9445
22	1,08	80	20	0,013	3,886	4,185	1871	2015
23	1,08	120	5	0,011	1,324	4,816	753	2741
24	1,08	100	15	0,005	5,661	4,192	7088	5249
25	1,08	180	10	0,009	10,256	9,349	7134	6503

где m_G – масса статической нагрузки на гранулу, кг; $g=9,82 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; d – диаметр гранул, м.

$$\mathcal{E}_{II} = \rho_C \pi d^2 / 2, \quad (3)$$

где ρ_C – эффективное поверхностное натяжение гранулы, Дж/м².

С учетом выражений (2) и (3) вероятностная модель статической прочности гранул имеет вид

$$P_C = 0,5 \left(\frac{2m_G g}{\pi d \rho_C} \right)^6. \quad (4)$$

Эффективное поверхностное натяжение ρ_C – важная термодинамическая характеристика поверхности гранул, определяется как работа, затрачиваемая на изотермическое образование единицы площади новой поверхности гранулы. Чем больше величина ρ_C , тем прочнее гранула и тем выше ее сопротивляемость разрушению.

Эксперименты по грануляции медного концентрата проводились с применением в качестве связующего как водного раствора лигносульфоната, так и водного раствора медного купороса и лигносульфоната. Для проведения экспериментов использовался метод вероятностно-детерминированного планирования эксперимента [3] с применением четырехфакторного плана с вариацией следующих факторов: плотность связующего $\gamma_{CB}, \text{т/м}^3$; температура сушильного агента $t_c, \text{°C}$; продолжительность сушки гранул $\tau_c, \text{мин}$; диаметр гранул $d, \text{м}$. В каждом опыте путем раздавливания гранул фиксировалась средняя разрушающая нагрузка \overline{m}_G , которая по смыслу соответствовала вероятности сохранности гранул $P_C = 0,5$. Затем определялось эффективное поверхностное натяжение гранул по формуле

$$\rho_C^{\text{э}} = \frac{2\overline{m}_G g}{\pi d}, \quad (5)$$

где $\rho_C^{\text{э}}$ – значение поверхностного натяжения, принимаемое как экспериментальное, так как оно рассчитывалось непосредственно из экспериментальных данных.

Результаты опытов по грануляции медного концентрата с применением в качестве связующего водного раствора лигносульфоната по экспериментальным (э) и расчетным (р) данным для высушенных гранул представлены в табл. 2.

Затем по полученным экспериментальным данным производилась выборка на уровни по четырем частным функциям и были построены точечные графики, представленные на рис. 1.

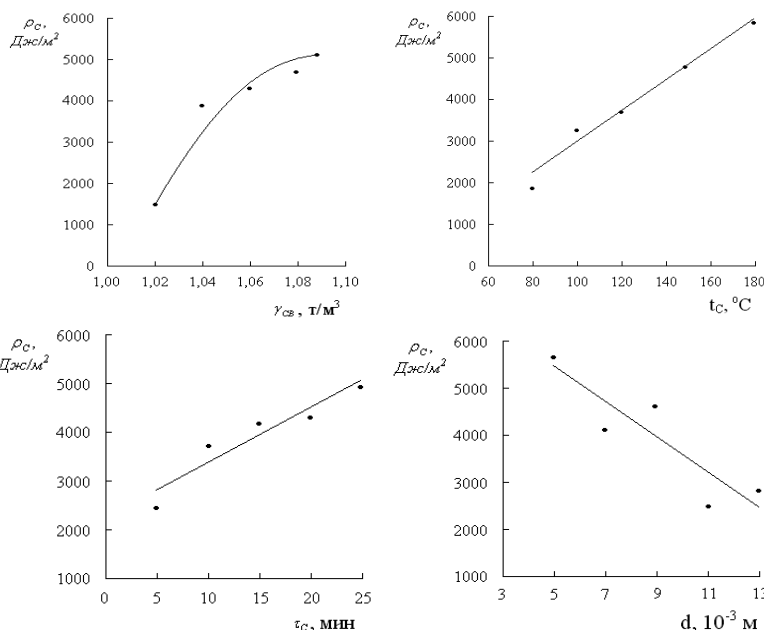


Рис. 1. Частные зависимости эффективного поверхностного натяжения высушенных гранул, полученных с применением в качестве связующего водного раствора лигносульфоната, от изучаемых факторов при статической нагрузке

После подбора аппроксимирующих функций были получены следующие частные зависимости эффективного поверхностного натяжения высушенных гранул от изучаемых факторов:

$$\rho_C^P = 5092 - 721837(\gamma_{CB} - 1,09)^2, \quad (6)$$

$$R = 0,95, t_R = 16,45 > 2;$$

$$\rho_C^P = 36,94t_C - 731,84, \quad R = 0,99, t_R = 85,74 > 2; \quad (7)$$

$$\rho_C^P = 2240,1 + 112,18\tau_C, \quad R = 0,93, t_R = 12,39 > 2; \quad (8)$$

$$\rho_C^P = 7294,45 - 374675d, \quad R = 0,84, t_R = 4,85 > 2. \quad (9)$$

Полученные частные зависимости были объединены в обобщающую зависимость в форме уравнения Протодьяконова, которая показала достаточную адекватность в сравнении с экспериментальными данными для 95% уровня достоверности:

$$\rho_C^P = 1,66 \times 10^{-11} \left[5092 - 721837(\gamma_{CB} - 1,09)^2 \right] \times$$

$$\times (36,94t_C - 731,84) \times (2240,1 + 112,18\tau_C) \times$$

$$\times (7294,45 - 374675d), \quad (10)$$

$$R = 0,76, t_R = 8,09 > 2.$$

Рассчитанные по этому уравнению значения ρ_C^P приведены в табл. 2. Расчетные величины разрушающей нагрузки m_G^P , найденные через расчетные значе-

ния эффективного поверхностного натяжения ρ_C^P по формуле

$$m_G^P = \rho_C^P \times d / 6,26, \quad (11)$$

также приведены в табл. 2 и характеризуются значениями $R = 0,69, t_R = 5,93 > 2$.

Преобразовав формулу (4), получаем формулу для определения максимально допустимой статической нагрузки на полученные гранулы, при которой выход мелочи (разрушенных гранул) не будет превышать 5%, (т.е. выход целых гранул должен составлять 0,95):

$$m_G^P = \frac{\rho_C^P \pi d}{2g} \left(\frac{\ln P_C}{\ln 0,5} \right)^{1/6} = 0,103d\rho_C^P, \quad (12)$$

где ρ_C^P – значение поверхностного натяжения, рассчитанное по уравнению (10).

Полученное уравнение (12) было использовано для расчета номограммы максимально допустимой статической нагрузки для гранул, полученных при различных условиях окускования, обеспечивающей выход мелочи не более 5% (табл. 3). Из нее видно, что условиями получения наиболее прочных гранул являются следующие: плотность раствора связующего 1,09 т/м³, температура сушки 180°С, продолжительность сушки 25 мин, диаметр гранул 0,009 м. Допустимая статическая нагрузка для этих гранул составляет 9,176 кг.

Таблица 3

Номограмма максимально допустимой статической нагрузки на высушенные гранулы, полученные с применением в качестве связующего водного раствора лигносульфоната, обеспечивающей выход мелочи не более 5%

τ_C	γ_A	$\frac{d}{\tau_C}$	5					10					15					20					25				
			0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013
1,02	80	0,449	0,541	0,585	0,578	0,522	0,539	0,650	0,702	0,693	0,627	0,628	0,758	0,819	0,809	0,731	0,718	0,867	0,935	0,925	0,836	0,808	0,976	1,053	1,041	0,940	
	100	0,598	0,722	0,779	0,770	0,695	0,717	0,866	0,934	0,925	0,834	0,837	1,010	1,091	1,079	0,973	0,957	1,155	1,247	1,233	1,113	1,077	1,299	1,403	1,387	1,252	
	120	0,747	0,901	0,973	0,962	0,869	0,897	1,082	1,168	1,155	1,043	1,046	1,262	1,363	1,347	1,216	1,196	1,443	1,558	1,540	1,390	1,346	1,624	1,753	1,732	1,564	
	150	0,971	1,171	1,264	1,250	1,129	1,165	1,406	1,517	1,500	1,355	1,360	1,640	1,771	1,750	1,580	1,554	1,875	2,025	2,001	1,806	1,748	2,110	2,278	2,251	2,033	
1,04	80	0,949	1,144	1,236	1,221	1,103	1,139	1,374	1,483	1,466	1,324	1,329	1,603	1,731	1,711	1,544	1,518	1,832	1,978	1,956	1,765	1,708	2,061	2,226	2,200	1,986	
	100	1,264	1,525	1,646	1,627	1,469	1,517	1,831	1,976	1,953	1,763	1,770	2,136	2,305	2,280	2,058	2,023	2,441	2,635	2,605	2,353	2,276	2,746	2,965	2,931	2,646	
	120	1,579	1,906	2,057	2,034	1,836	1,895	2,287	2,469	2,440	2,204	2,212	2,668	2,881	2,848	2,571	2,528	3,051	3,293	3,255	2,939	2,844	3,432	3,705	3,663	3,307	
	150	2,052	2,476	2,673	2,642	2,386	2,463	2,972	3,208	3,171	2,863	2,874	3,467	3,743	3,700	3,342	3,285	3,963	4,279	4,229	3,819	3,696	4,459	4,814	4,759	4,297	
1,06	80	1,282	1,547	1,670	1,651	1,490	1,538	1,857	2,004	1,982	1,789	1,795	2,167	2,339	2,311	2,088	2,052	2,476	2,673	2,642	2,386	2,309	2,786	3,007	2,973	2,685	
	100	1,708	2,061	2,225	2,199	1,986	2,050	2,474	2,671	2,640	2,383	2,392	2,886	3,116	3,081	2,781	2,734	3,299	3,562	3,520	3,179	3,076	3,712	4,007	3,962	3,576	
	120	2,134	2,575	2,780	2,748	2,481	2,562	3,091	3,336	3,298	2,979	2,989	3,606	3,893	3,849	3,475	3,417	4,122	4,451	4,399	3,971	3,844	4,637	5,007	4,950	4,468	
	150	2,773	3,345	3,613	3,571	3,224	3,328	4,016	4,336	4,286	3,870	3,884	4,686	5,059	5,001	4,515	4,439	5,356	5,783	5,716	5,161	4,994	6,026	6,506	6,431	5,806	
1,08	80	1,449	1,748	1,887	1,865	1,684	1,739	2,098	2,265	2,239	2,022	2,029	2,448	2,610	2,613	2,359	2,319	2,798	3,021	2,987	2,695	2,609	3,148	3,398	3,359	3,033	
	100	1,930	2,329	2,514	2,486	2,244	2,317	2,795	3,017	2,983	2,694	2,703	3,262	3,522	3,481	3,143	3,090	3,728	4,025	3,979	3,593	3,477	4,195	4,528	4,476	4,041	
	120	2,412	2,910	3,142	3,106	2,804	2,895	3,493	3,771	3,728	3,365	3,378	4,076	4,400	4,350	3,927	3,861	4,658	5,029	4,972	4,488	4,344	5,241	5,658	5,594	5,051	
	150	3,134	3,781	4,082	4,036	3,643	3,762	4,539	4,899	4,844	4,373	4,389	5,296	5,717	5,651	5,103	5,017	6,053	6,534	6,460	5,833	5,644	6,810	7,352	7,268	6,562	
1,09	80	1,469	1,773	1,914	1,892	1,709	1,764	2,128	2,297	2,271	2,050	2,058	2,483	2,681	2,650	2,393	2,353	2,838	3,064	3,029	2,734	2,647	3,193	3,448	3,408	3,077	
	100	1,958	2,362	2,550	2,521	2,276	2,350	2,836	3,061	3,026	2,732	2,742	3,309	3,572	3,532	3,188	3,134	3,782	4,083	4,036	3,643	3,526	4,255	4,593	4,541	4,100	
	120	2,446	2,952	3,187	3,150	2,844	2,937	3,543	3,825	3,781	3,413	3,426	4,134	4,464	4,412	3,984	3,916	4,725	5,101	5,043	4,553	4,406	5,317	5,739	5,674	5,123	
	150	3,179	3,835	4,141	4,094	3,696	3,816	4,604	4,970	4,913	4,436	4,452	5,371	5,799	5,733	5,175	5,089	6,140	6,628	6,552	5,916	5,725	6,908	7,458	7,372	6,656	
	180	3,911	4,719	5,095	5,036	4,547	4,694	5,664	6,115	6,045	5,458	5,478	6,609	7,135	7,055	6,368	6,261	7,555	8,156	8,062	7,279	7,045	8,500	9,176	9,071	8,189	

Условия и результаты опытов по определению характеристик статической прочности высушенных гранул, полученных с применением в качестве связующего водного раствора медного купороса и лигносульфоната, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Условия и результаты опытов по определению характеристик статической прочности по экспериментальным (э) и расчетным (р) данным для высушенных гранул, полученных с применением в качестве связующего водного раствора медного купороса и лигносульфоната

Номер опыта	γ_{CB} , т/м ³	t_C , оС	τ_C , мин	d, м	$m_G^Э$, кг	m_G^P , кг	$\rho_C^Э$, Дж/м ²	ρ_C^P , Дж/м ²
1	1,02	80	5	0,005	0,300	0,192	376	240
2	1,02	120	15	0,009	6,616	5,652	4602	3340
3	1,02	100	10	0,007	1,454	2,636	1300	2357
4	1,02	180	25	0,013	10,727	8,603	5,165	4141
5	1,02	150	20	0,011	9,129	8,537	5195	4859
6	1,06	120	10	0,013	0,525	353,4	253	1700
7	1,06	100	25	0,011	2,642	3,158	1504	1797
8	1,06	180	20	0,005	5,325	6,232	6667	7800
9	1,06	150	5	0,009	7,159	4,472	4980	3109
10	1,06	80	15	0,007	0,300	0,290	268	259
11	1,04	100	20	0,009	0,450	3,258	313	2266
12	1,04	180	5	0,007	5,969	4,768	5338	4261
13	1,04	150	15	0,013	7,123	6,083	3430	2934
14	1,04	80	10	0,011	0,860	0,271	489	154
15	1,04	120	25	0,005	4,230	4,415	5296	5527
16	1,09	180	15	0,011	8,407	7,882	4781	4496
17	1,09	150	10	0,005	3,986	4,822	4990	6037
18	1,09	80	25	0,009	0,475	0,391	330	272
19	1,09	120	20	0,007	5,522	5,417	4938	4844
20	1,09	100	5	0,013	0,100	1,828	48	880
21	1,08	150	25	0,007	6,261	7,399	5599	6616
22	1,08	80	20	0,013	0,400	0,314	193	151
23	1,08	120	5	0,011	0,483	3,291	275	1872
24	1,08	100	15	0,005	3,065	2,286	3837	2868
25	1,08	180	10	0,009	5,987	6,454	4164	4488

Выборкой и усреднением экспериментальных данных, относящихся к одинаковым условиям каждого фактора, получили точечные зависимости, представленные на рис. 2.

После подбора аппроксимирующих функций были получены следующие частные зависимости:

$$\rho_C^P = 2734,20 - 315022,2(\gamma_{CB} - 1,06)^2, \quad (13)$$

$$R = 0,92, \quad t_R = 10,62 > 2;$$

$$\rho_C^P = 5223 - 0,5(t_C - 180)^2, \quad (14)$$

$$R = 0,98, \quad t_R = 42,43 > 2;$$

$$\rho_C^P = 3578 \times e^{\frac{-(t_C-25)^2}{755}}, \quad (15)$$

$$R = 0,91, \quad t_R = 9,27 > 2;$$

$$\rho_C^P = 5614,9 - 293500d, \quad (16)$$

$$R = 0,99, \quad t_R = 171,47 > 2.$$

Полученные частные зависимости были объединены в обобщающую зависимость в

форме уравнения Протодьяконова, которая показала достаточную адекватность в сравнении с экспериментальными данными для 95% уровня достоверности:

$$\rho_C^P = 3,8 \cdot 10^{11} \cdot 2734 \cdot 315556 \cdot \gamma_{CB} \cdot 1,06^2 \cdot 5223 \cdot 0,5 \cdot t_C \cdot 180^2 \cdot 3578 \cdot e^{\frac{-(t_C-25)^2}{755}} \cdot 5614,9 \cdot 293500d \quad (17)$$

$$R = 0,89, \quad t_R = 19,89 > 2.$$

Расчитанные по этому уравнению значения ρ_C^P приведены в табл. 4. Расчетные величины разрушающей нагрузки m_G^P , найденные по формуле (11), также приведены в табл. 4 и характеризуются значениями $R = 0,87, \quad t_R = 16,21 > 2.$

Подставляя значения эффективного поверхностного натяжения, полученные по уравнению (17), в уравнение (12), рассчитываем номограмму максимально допустимой статической нагрузки для гранул, полученных при различных условиях окускования, обеспечивающей выход мелочи не более 5% (табл. 5). Из нее следует, что условиями получения наиболее прочных гранул являются следующие: плотность раствора связующего 1,02 т/м³, температура сушки 180°С, продолжительность сушки 25 мин, диаметр гранул 0,009 м. Допустимая статическая нагрузка для этих гранул составляет 6,339 кг.

Результаты проведенных экспериментов показали, что максимально допустимая статическая нагрузка для гранул, приготовленных с использованием в качестве связующего водного раствора медного купороса и лигносульфоната, немного ниже, чем у гранул, приготовленных с использованием в качестве связующего раствора лигносульфоната без добавки медного купороса.

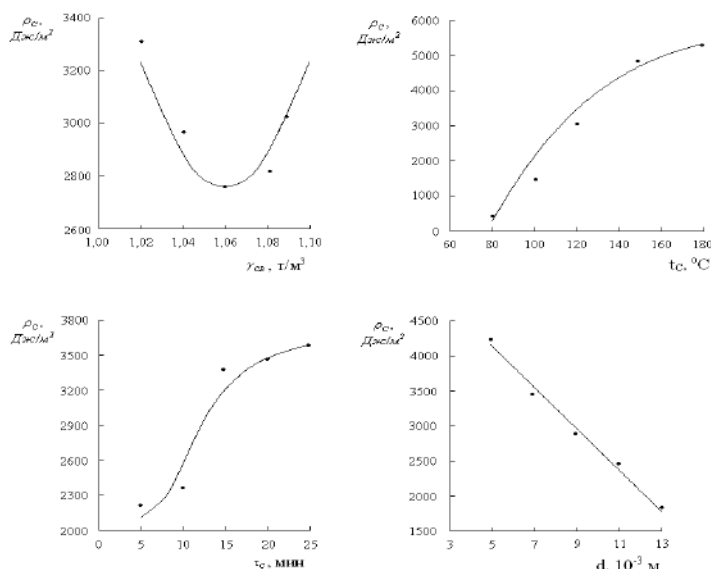


Рис. 2. Частные зависимости эффективного поверхностного натяжения высушенных гранул, полученных с применением в качестве связующего водного раствора медного купороса и лигносульфоната, от изучаемых факторов при статической нагрузке

Таблица 5

Номограмма максимально допустимой статической нагрузки на высушенные гранулы, полученные с применением водного раствора медного купороса и лигносульфоната, обеспечивающей выход мелочи не более 5%

τ_C	γ_A	$\frac{d}{d_{10}}$	5					10					15					20					25				
			5	7	9	11	13	5	7	9	11	13	5	7	9	11	13	5	7	9	11	13	5	7	9	11	13
1,02	80	0,124	0,149	0,159	0,156	0,139	0,156	0,187	0,201	0,197	0,175	0,184	0,221	0,237	0,233	0,208	0,203	0,244	0,262	0,257	0,229	0,210	0,252	0,271	0,265	0,237	
	100	1,120	1,346	1,445	1,417	1,263	1,413	1,697	1,822	1,788	1,592	1,671	2,008	2,156	2,115	1,884	1,841	2,213	2,376	2,331	2,075	1,903	2,287	2,456	2,409	2,145	
	120	1,845	2,278	2,445	2,399	2,136	2,390	2,872	3,084	3,025	2,694	2,827	3,398	3,649	3,578	3,187	3,115	3,744	4,019	3,943	3,512	3,219	3,870	4,155	4,075	3,629	
	150	2,642	3,175	3,410	3,345	2,979	3,333	4,005	4,300	4,218	3,756	3,942	4,738	5,087	4,990	4,444	4,344	5,220	5,606	5,498	4,897	4,489	5,395	5,793	5,682	5,060	
	180	2,891	3,475	3,731	3,660	3,259	3,647	4,382	4,705	4,616	4,111	4,314	5,185	5,567	4,467	4,863	4,753	5,712	6,134	6,016	5,359	4,913	5,904	6,339	6,218	5,538	
1,04	80	0,109	0,131	0,141	0,138	0,123	0,138	0,165	0,177	0,174	0,155	0,163	0,195	0,210	0,206	0,183	0,179	0,216	0,231	0,227	0,202	0,185	0,223	0,239	0,235	0,209	
	100	0,989	1,188	1,276	1,252	1,115	1,247	1,499	1,609	1,578	1,406	1,475	1,773	1,904	1,867	1,663	1,626	1,954	2,098	2,058	1,833	1,680	2,020	2,168	2,127	1,893	
	120	1,673	2,011	2,159	2,118	1,887	2,110	2,536	2,724	2,672	2,379	2,496	3,000	3,221	3,160	2,815	2,751	3,306	3,549	3,482	3,101	2,843	3,417	3,668	3,598	3,204	
	150	2,333	2,804	3,011	2,954	2,606	2,943	3,537	3,797	3,724	3,317	3,481	4,183	4,492	4,406	3,923	3,835	4,609	4,949	4,855	4,324	3,964	4,764	5,115	5,017	4,468	
	180	2,553	3,069	3,295	3,231	2,878	3,220	3,870	4,155	4,075	3,630	3,809	4,578	4,915	4,821	4,294	4,197	5,044	5,416	5,313	4,731	4,338	5,213	5,597	5,491	4,890	
1,06	80	0,104	0,125	0,134	0,131	0,118	0,131	0,158	0,170	0,167	0,149	0,156	0,187	0,200	0,197	0,175	0,171	0,206	0,221	0,216	0,193	0,177	0,213	0,228	0,224	0,200	
	100	0,946	1,136	1,220	1,196	1,066	1,192	1,433	1,539	1,509	1,344	1,411	1,695	1,820	1,786	1,589	1,554	1,867	2,005	1,967	1,751	1,606	1,930	2,073	2,033	1,810	
	120	1,600	1,922	2,064	2,025	1,804	2,017	2,425	2,603	2,554	2,274	2,387	2,868	3,079	3,021	2,690	2,630	3,160	3,393	3,329	2,965	2,718	3,266	3,507	3,440	3,064	
	150	2,230	2,681	2,878	2,823	2,515	2,813	3,381	3,630	3,560	3,171	3,327	4,000	4,294	4,211	3,751	3,666	4,407	4,731	4,641	4,133	3,789	4,554	4,890	4,796	4,271	
	180	2,441	2,933	3,149	3,090	2,752	3,078	3,700	3,972	3,896	3,469	3,641	4,376	4,724	4,609	4,104	4,012	4,822	5,177	5,078	4,523	4,146	4,984	5,351	5,248	4,674	
1,08	80	0,109	0,131	0,141	0,138	0,123	0,138	0,165	0,177	0,174	0,155	0,163	0,195	0,210	0,206	0,183	0,179	0,216	0,231	0,227	0,202	0,185	0,223	0,239	0,235	0,209	
	100	0,989	1,188	1,276	1,252	1,115	1,247	1,499	1,609	1,578	1,406	1,475	1,773	1,904	1,867	1,663	1,626	1,954	2,098	2,058	1,833	1,680	2,020	2,168	2,127	1,893	
	120	1,673	2,011	2,159	2,118	1,887	2,110	2,536	2,724	2,672	2,379	2,496	3,000	3,221	3,160	2,815	2,751	3,306	3,549	3,482	3,101	2,843	3,417	3,668	3,598	3,204	
	150	2,333	2,804	3,011	2,954	2,606	2,943	3,537	3,797	3,724	3,317	3,481	4,183	4,492	4,406	3,923	3,835	4,609	4,949	4,855	4,324	3,964	4,764	5,115	5,017	4,468	
	180	2,553	3,069	3,295	3,231	2,878	3,220	3,870	4,155	4,075	3,630	3,809	4,578	4,915	4,821	4,294	4,197	5,044	5,416	5,313	4,713	4,338	5,213	5,597	5,491	4,890	
1,09	80	0,115	0,138	0,148	0,146	0,130	0,145	0,174	0,187	0,184	0,163	0,171	0,206	0,222	0,218	0,193	0,189	0,227	0,244	0,239	0,213	0,195	0,235	0,252	0,247	0,221	
	100	1,043	1,254	1,347	1,321	1,177	1,316	1,852	1,698	1,666	1,484	1,557	1,871	2,009	1,970	1,755	1,715	2,061	2,214	2,171	1,934	1,773	2,131	2,288	2,244	1,999	
	120	1,765	2,122	2,279	2,235	1,990	2,227	2,676	2,874	2,819	2,511	2,634	3,166	3,399	3,334	2,970	2,903	4,485	3,745	3,674	3,273	3,000	3,605	3,871	3,797	3,381	
	150	2,462	2,959	3,177	3,117	2,776	3,105	3,732	4,006	3,930	3,500	3,673	4,415	4,740	4,650	4,140	4,047	4,864	5,223	5,123	4,562	4,183	5,207	5,398	5,295	4,715	
	180	2,694	3,238	3,476	3,410	3,037	3,398	4,084	4,385	4,301	3,830	4,020	4,831	5,187	5,088	4,531	4,429	5,322	5,715	5,606	4,993	4,577	5,501	5,907	5,794	5,159	

Однако, несмотря на это, использование медного купороса в качестве добавки к водному раствору лигносульфоната позволяет снизить его плотность с 1,09 до 1,02 т/м³, благодаря чему сокращается расход порошкообразного лигносульфоната на грануляцию. Что же касается допустимых статических нагрузок на гранулы, то необходимо таким образом организовать хранение гранул в бункерах, чтобы их величина не превышала значений, указанных в номограмме. Таким образом, результаты проведенных экспериментов показали целесообразность использования медного купороса при грануляции медного концентрата.

Список литературы

1. Инновационный патент Республики Казахстан № 20990. Способ подготовки сульфидных концентратов меди и свинца к обжигу. Оpubл. 16.03.2009. Бюл. № 3.
2. Малышев В.П., Телешев К.Д., Нурмагамбетова А.М. Разрушаемость и сохранность конгломератов. Алматы: НИЦ «Гылым», 2003. 336 с.
3. Малышев В.П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. Алма-Ата: Наука, КазССР, 1977. 37 с.

Bibliography

1. Innovation patent № 20990 of Republic of Kazakhstan. The method of preparation of sulphide copper and lead concentrate to roasting process. Published by bulletin № 3. 16.03.2009.
2. Malyshev V.P., Teleshev K.D., Nurmagambetova A.M. Preservation and destructivity of conglomerates. Almaty: SSC «Gylym», 2003. 336 p.
3. Malyshev V.P. Mathematical design of metallurgical and chemical experiments. Alma-Ata: Nauka, KazSSR, 1977. 37 p.

УДК 622.271:6.002.68:622'17

Мельников И.Т., Кутлубаев И.М., Голяк С.А., Суров А.И., Мельников И.И., Васильев К.П.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ НАМЫВНЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

Сооружение горизонтальных трубчатых дренажей на границе пляжной и прудковой зон и учет неоднородного строения площади фильтрации и экранирующего эффекта донных отложений в области питания позволяют увеличивать вместимость намывных хвостохранилищ и сокращать площади складирования отходов горно-обогатительного производства.

Ключевые слова: хвостохранилище, горно-обогатительное производство, донные отложения, фильтрация, дренаж.

Building of horizontal piping drainage systems on the border of beach and pond zones, accounting heterogeneous structure area of seepage and screeneffect of pond's sedimentation in the feed's place is giving possibility to increase capacity of tail's storage and to reduce the area of earth for mining wastes.

Key words: tail-storing, mining-concentrating combine, pond's sedimentation, filtering, drainage.

Мировая практика железорудной промышленности в настоящее время характеризуется тем, что практически все объемы добываемой руды подвергаются последующей переработке. Ведущие зарубежные компании

обеспечивают повышение содержания железа в концентрате с помощью специальных методов доводки – тонкое грохочение, флотация, дешламация и комбинирование этих методов. В России самый распространенный