



*The indices of adhesion and friability of metal-containing tailings, their water absorbency and wettability and also abrasive characteristics of tailings with the purpose of prevention of contacting surfaces wear are studied.*

О. М. ДЬЯКОНОВ, БНТУ

УДК 669.054.8

## ШЛАМЫ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА. ЧАСТЬ 3. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Показатели слипаемости и сыпучести шламов (настоящая работа является продолжением работ [1, 2]). Склонность частиц шламов образовывать конгломераты обусловлена аутоадгезионным взаимодействием (взаимодействие частиц между собой), вызываемым силами электрического, молекулярного и капиллярного происхождения. В качестве основного показателя, характеризующего аутоадгезию шламов, принимается прочность слоя порошка на разрыв по методу разъемного цилиндра [3]. Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1.

Все исследованные шламы в естественном виде можно классифицировать как сильно слипающиеся (разрывная прочность больше 1600 Па). После сушки шламы переходят в категорию среднеслипающихся (разрывная прочность 300–500 Па).

Характерной особенностью порошков является подвижность частиц относительно друг друга и способность перемещаться под действием внешней силы. Это свойство определяют сыпучесть и текучесть порошков, измеряемые соответственно по статическому углу естественного откоса [4] и времени вытекания порошка через воронку диаметром 2,5 мм (ГОСТ 20899-75). Установлено, что во влажном состоянии все исследованные шламы имеют высокий угол естественного откоса (табл. 2, 3), указывающий на их низкую сыпучесть, что предопределяет применение в накопительных ем-

костях шлама (бункерах, желобах, течках) виброоборудования.

Текучесть сухих шламов через воронку диаметром 0,5 мм оказалась равной нулю. Увеличение диаметра воронки до 5 мм приводит к хорошей просыпаемости порошка. С уменьшением размера фракций порошка текучесть увеличивается, что, согласно [5], можно объяснить уменьшением возможности заклинивания выходного отверстия воронки конгломератами частиц порошка.

**Гигроскопичность и смачиваемость порошков шламов.** Способность шламов поглощать влагу из окружающей воздушной среды характеризуется гигроскопичностью. Процесс поглощения влаги обусловлен вначале адсорбцией молекул воды поверхностью частиц, а затем постепенным дополнительным поглощением влаги под действием капиллярных сил и диффузии [6]. Гигроскопическая влага порошков характеризуется количеством воды, удерживаемой на поверхности, в порах и капиллярах сыпучего материала и удаляемой сушкой. Это количество определяется методом высушивания пробы до постоянной массы по ГОСТ 359411-77.

Как видно из табл. 4, наибольшей гигроскопичностью среди инструментальных сталей обла-

Таблица 1. Прочность слоя обкатных шламов на разрыв

Вид шлама	Разрывная прочность, Па	
	сырой	сухой
Шлам СИЗ	1950	490
Шлам МИЗ	1880	310
Шлам ВИЗ	1620	–
Шлам БС МИЗ	1910	450

Таблица 2. Сыпучесть и текучесть порошков обкатных шламов

Вид шлама	Угол естественного откоса сырого шлама, град	Текучесть порошка	
		диаметр 5,0 мм	диаметр 2,5 мм
Шлам СИЗ	80–86	40	–
Шлам МИЗ	83–89	36	–
Шлам МИЗ-100	–	25	39
Шлам МИЗ+ 100–100	–	37	–
Шлам МИЗ+ 200–315	–	44	–
Шлам ВИЗ	71–76	42	–
Шлам БС МИЗ	82–88	37	–

Т а б л и ц а 3. Показатели слипаемости и сыпучести шламов подшипниковой стали ШХ15 и шлифовальных производств МТЗ

Вид шлама	Разрывная прочность, Па		Угол естественного откоса сырого шлама, град	Текущность порошка	
				диаметр 5,0 мм	диаметр 2,5 мм
<i>Шламы подшипниковой стали ШХ15</i>					
Обкатной	1820	490	76–80	31	–
Опиловочный	1980	540	76–80	30	–
Шлам твердой шлифовки	–	600	–	52	109
Шлам от станка	1410	500	78–81	51	–
Шлам после магнитной сепарации	1590	270	75–78	37	–
Шлам из отстойника	1630	920	80–82	33	–
<i>Шламы шлифовальных производств МТЗ</i>					
Шлам стали 25 ХГТ	1970	400	77–80	33	–
Шлам стали 45	1910	410	77–80	35	–
Шлам стали 65	1850	390	76–79	30	–
Шлам стали 40Х	1870	460	76–79	37	–
Шлам стали 5ХНМ	1800	360	79–82	30	–
Шлам стали 65Г	1800	350	79–82	29	–
Шлам чугуна СЧ 20	1800	360	79–82	39	–

Т а б л и ц а 4. Гигроскопичность и смачиваемость порошков шламов

Вид порошка	Гигроскопическая влага, %	Теплота смачивания, Дж/г
<i>Шламы инструментальных сталей</i>		
Шлам СИЗ	4,14±0,4	2,67±2,95
Шлам МИЗ	5,31±0,4	3,95±4,38
Шлам ВИЗ	0,12±0,05	0,42±0,51
Шлам БС МИЗ	4,18±0,4	2,77±3,03
<i>Шламы подшипниковой стали ШХ15</i>		
Обкатной	3,5–3,9	4,0–4,2
Опиловочный	3,5–3,9	3,8–3,9
Шлам твердой шлифовки	0,14	0,30–0,58
Шлам от станка	5,3–5,7	5,7–5,8
Шлам после магнитной сепарации	4,3–4,4	4,6–4,7
Шлам из отстойника	4,0–4,3	4,5–4,6
<i>Шламы шлифовальных производств МТЗ</i>		
Шлам стали 25 ХГТ	3,6–3,8	4,0–4,2
Шлам стали 45	2,6–2,8	2,8–3,0
Шлам стали 65	3,5–3,7	3,8–4,0
Шлам стали 40Х	4,0–4,3	4,0–4,2
Шлам стали 5ХНМ	3,5–3,7	3,1–3,3
Шлам стали 65Г	3,0–3,2	3,1–3,3
Шлам чугуна СЧ 20	2,9–3,1	3,0–3,2

дает шлам МИЗ, затем шлам СИЗ (для высушенных и выдержанных на воздухе порошков при влажности 90%). Шлам ВИЗ практически негигроскопичен (после обезжиривания). Результаты исследований по гигроскопичности подтвержаются данными по смачиванию сухих порошков шламов водой по методу определения теплот смачивания в дифференциальном автоматическом колориметре ДАК-1-1 по стандартной методике. Наблюдается полная корреляция результатов по этим методам (табл. 4), что позволяет высказать предположение о существенном влиянии типа СОЖ на форму связи влаги с поверхно-

стью образующихся металлических частиц шлама. Так, если для шламов СИЗ и МИЗ на водных СОЖ характерны три типа связи воды с металлической поверхностью (химическая, физико-химическая и физико-механическая), то для шлама ВИЗ характерна только физико-механическая связь, имеющая место при непосредственном соприкосновении воды с материалом, когда влага заполняет поры и капилляры и механически удерживается в них. Основываясь на этих данных, можно предположить, что для шламов СИЗ и МИЗ в случае брикетирования со связующим наиболее эффективным должно быть связующее

с полярной природой среды, а для шлама ВИЗ – с неполярной (органическое связующее).

Вывод о преимущественном влиянии СОЖ на свойства получаемых шламов подтверждается полностью для шламов подшипниковой стали – наименьшей гигроскопичностью и смачиваемостью, несмотря на высокую дисперсность, обладает порошок шлама твердой шлифовки, получаемый с использованием в качестве СОЖ раствора арахина в дизельном топливе. Лиофильность шламов уменьшается с ростом размеров его частиц.

**Абразивность порошков шламов.** Одним из важных условий обеспечения нормальной работы оборудования по переработке шламов является прогнозирование мер по предупреждению износа контактирующих с ним поверхностей. Износ инструмента и рабочих деталей оборудования происходит вследствие абразивного воздействия на них частиц шлама и прежде всего его наиболее твердой корундовой составляющей.

На основании экспериментальных исследований [7] предложена расчетная формула для оценки глубины износа  $k$  (м) поверхности металла при абразивном воздействии порошка:

$$k = ECVt \cdot 3\tau K_a/g,$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести,  $m/c^2$ ;  $E$  – вероятность попадания частиц на изнашиваемую поверхность (в нашем случае  $E = 1$ );  $K_a$  – коэффициент абразивности порошка при заданном материале поверхности,  $m^2/kg$ ;  $C$  – концентрация;  $V$  – скорость потока порошка,  $m/c$ .

Все основные члены формулы задаются, за исключением  $K_a$ , который в каждом конкретном случае определяется экспериментально согласно расчетной формуле:

$$K_a = A\Delta m - A,$$

где  $A - \text{const} = 1,208 \cdot 10^{-6}$ ,  $m^2/(H \cdot kg)$ ;  $\Delta m$  – изменение массы испытываемого образца [6].

Измерения проводили на центробежном абразивметре при величине навески порошка шлама 100 г [8]. В качестве испытываемого образца, на котором изучали абразивное действие шламов, был выбран образец стали У8. Рабочая поверхность образца шлифуется и имеет параметры шероховатости 0,63–0,50 мкм по ГОСТ 2789-83. Результаты исследований приведены в табл. 5.

Как следует из таблицы, все изученные шламы обладают достаточно высоким абразивным действием на изучаемую сталь. Среди инструментальных сталей наибольшим абразивным действием обладает шлам стали Р6М5 МИЗ, а наименьшим – шлам ВИЗ. Шламы СИЗ и БС МИЗ близки по абра-

зивным свойствам к шламу ВИЗ. Из шламов подшипниковых и конструкционных сталей наибольшим абразивным действием обладают шлифовальные шламы сталей ШХ15 и 65Г. Такой характер изменения абразивных свойств шламов объясняется присутствием в их составе абразивного материала (корунда) и высокой твердостью самих сталей. Абразивное действие шламов смягчается присутствием в их составе смазывающих масляных реагентов.

Таблица 5. Абразивные свойства металлосодержащих шламов различных производств

Вид шлама	Коэффициент абразивности, $K_a \cdot 10^4 m^2/kg$
<i>Шламы быстрорежущих инструментальных сталей</i>	
Шлам СИЗ	38,1
Шлам МИЗ	89,0
Шлам ВИЗ	14,8
Шлам БС МИЗ	41,9
<i>Шламы подшипниковой стали ШХ15</i>	
Обкатной	6–8
Опиловочный	5–7
Шлам твердой шлифовки	41
Шлифовальный шлам от станка	59
Шлам после магнитной сепарации СОЖ	71
Шлам из отстойника	76
<i>Шламы шлифовальных производств МТЗ</i>	
Шлам стали 25 ХГТ	39,7
Шлам стали 45	26,9
Шлам стали 65	37,2
Шлам стали 40Х	41,2
Шлам стали 5ХНМ	7–8
Шлам стали 65Г	67,9
Шлам чугуна СЧ 20	10,8

Таким образом, в настоящей работе изучены показатели слипаемости и сыпучести металлосодержащих шламов, их гигроскопичность и смачиваемость, а также абразивные свойства шламов с целью предупреждения износа контактирующих поверхностей. Показано, что во влажном состоянии все исследованные шламы имеют высокий угол естественного откоса, что предопределяет применение в накопительных емкостях шлама (бункерах, желобах, течках) виброоборудования. Все изученные шламы обладают высоким абразивным действием на сталь. Наибольшим абразивным действием обладают шлифовальные шламы стали Р6М5, а также шламы подшипниковых и конструкционных сталей ШХ15 и 65Г, содержащие наибольшее количество абразива и обладающие высокими механическими свойствами. Абразивное действие шламов смягчается наличием смазывающих масляных реагентов.

### Литература

1. Дьяконов О. М. Шламы металлообрабатывающего производства. Часть 1. Химический состав // Литье и металлургия. 2010. № 1. С. 154–159.
2. Дьяконов О. М. Шламы металлообрабатывающего производства. Часть 2. Физико-механические свойства // Литье и металлургия. 2010. № 4. С. 272–277.
3. Зимон А. Д. Адгезия пыли и порошков. М.: Химия, 1976.
4. Пыль промышленная. Лабораторные методы исследования физико-химических свойств. РТМ 26-14-10-77.
5. Баглюк Г. Д., Мажарова Г. Е., Позняк Л. А., Капля С. Н. Технологические свойства газораспыленных порошков стали Р6М5 // Порошковая металлургия. 1989. № 5. С. 1–4.
6. Измерения в промышленности: Справ. М.: Металлургия, 1980.
7. Вдовенко М. Л., Бояхунов А. Я., Чурин Н. Я. Износ поверхностей нагрева. Алма-Ата: Наука, 1978.
8. Коузов П. А., Скрябина Л. Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. Л.: Химия, 1983.