

КОМПРЕССИОННЫЕ СВОЙСТВА ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Под компрессионными свойствами понимают уплотнение или слеживаемость измельченных материалов под нагрузкой.

Процесс уплотнения частиц измельченного материала происходит вследствие уменьшения расстояния между частицами, более плотной упаковки составляющих компонентов. Самой большой слеживаемостью обладают рыхлые материалы (с удельной поверхностью больше 500 м²/кг) и материалы с пониженными сдвиговыми характеристиками (коэффициентом внутреннего трения и сцепления).

Сжимаемость измельченных материалов можно характеризовать различными показателями: величиной коэффициента пористости; коэффициентом уплотнения; модулем общей деформации; относительной деформацией. Сжимаемость сыпучих материалов определяется способностью пор уменьшаться в своем объеме при приложении внешней нагрузки. Уменьшение пор связано с более плотной укладкой в материале слагающих его частиц. Этот процесс сопровождается неизбежным взаимным перемещением частиц в уплотняемом материале и их перекомпоновке (уплотнении), т.е. уменьшении порозности.

Наиболее широкое распространение в инженерных расчетах получил метод выражения сжимаемости через модуль общей деформации E_p или модуль осадки e_p [1]. Абсолютная величина сжатия (усадки) образца высотой h при внешней нагрузке (P), вычисляется по формуле:

$$e_p = \frac{\Delta h}{h},$$

где h – высота образца пробы; Δh – абсолютная величина сжатия.

В практике используют величину сжатия в миллиметрах столба материала высотой один метр. Тогда $l_p = 1000 \frac{\Delta h}{h}$ мм/м

В графической форме зависимость выражается компрессионной кривой: $l_p = f(P)$

Для определения показателей сжимаемости различных материалов разработано много приборов, но сущность конструкций одна и та же.

На рис. 1 показана конструкция одного из таких компрессионных приборов. В обойму 1 помещается испытуемый образец, который сжимается между двумя пористыми штампами с помощью рычажной системы 4 усилием грузов 6. Величина деформации фиксируется на индикаторе 7 часового типа.

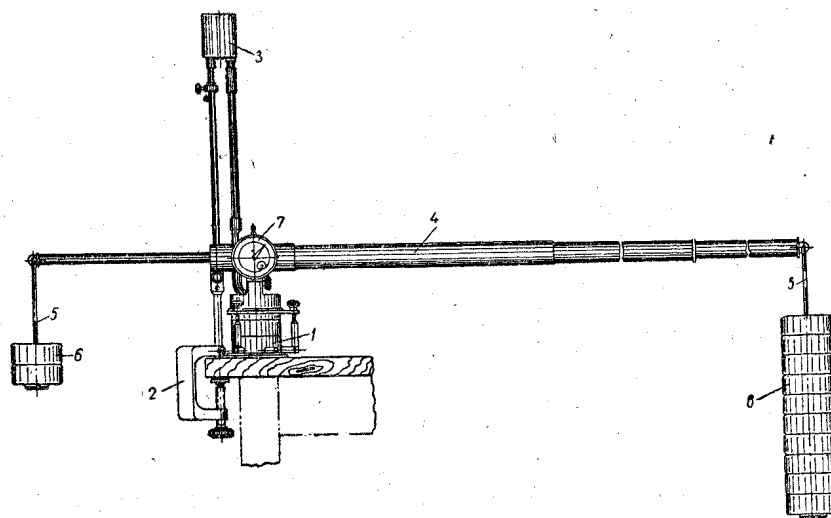


Рис. 1 – Компрессионный прибор: 1 – основная часть прибора; 2 – зажимное устройство; 3 – штатив с воронкой; 4 – рычажная система; 5 – подвески к рычагу; 6 – грузы; 7 – индикатор.

Исследовались компрессионные свойства марганцевых руд и продуктов их обогащения при различной влажности (воздушно-сухое состояние, влага – 10%, 15%, 20%) и сжимающих нагрузках (1 кГ/см², 2 кГ/см², 3 кГ/см² и 4 кГ/см²) [2].

Результаты некоторых проб и исследований приведены на рис. 2 (ПШ-2) и рис. 3 (КФ-1), и в табл. 1.

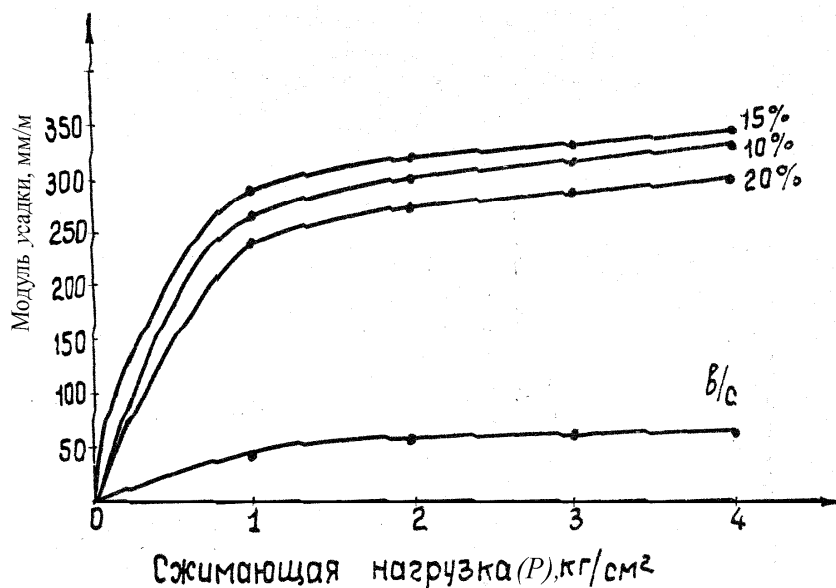


Рис. 2 – Зависимость модуля усадки песков классификации шламов промывки (ПШ-2) от величины сжимающей нагрузки

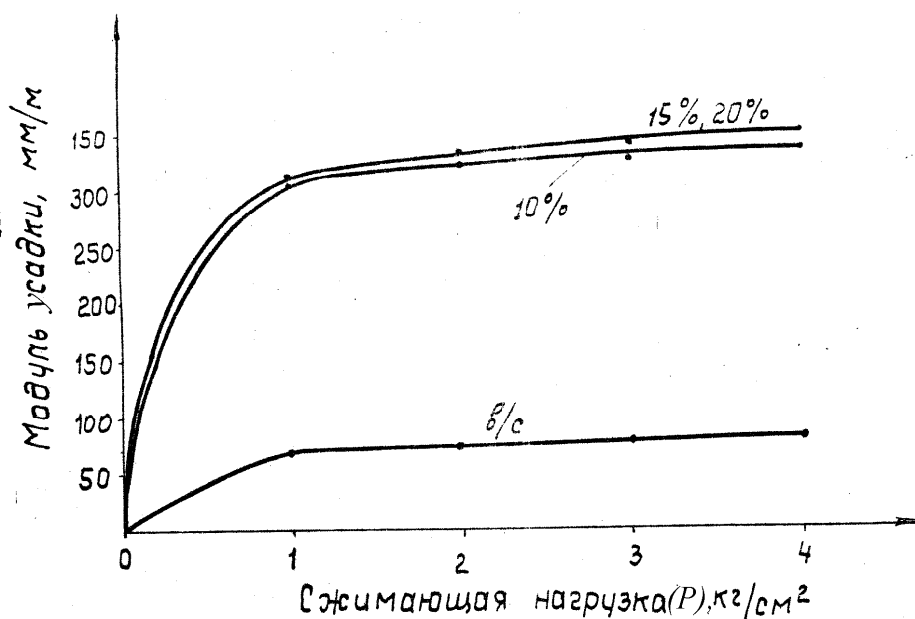


Рис. 3 – Зависимость модуля усадки концентрата флотации (КФ-1) от величины сжимающей нагрузки

Анализируя полученные данные, следует сделать заключение, что модуль усадки всех исследуемых продуктов в воздушно-сухом состоянии незначительный и колеблется, при максимальной нагрузке $P=4$ кГ/см² – от 16,45мм/м до 78,55мм/м.

Незначительную усадку этих продуктов можно объяснить большими углами внутреннего трения и сцепления (табл. 2). Особенно малой величиной деформации (усадки) обладают продукты, в которых содержится большой процент крупных классов ПМ-1, КР-1 для которых коэффициент внутреннего трения равен 0,93, а сцепление – 0,05-0,02 кГ/см².

Таблица 1

Компрессионные свойства продуктов обогащения марганцевых руд

Наименование продуктов	Индекс	Модуль усадки (I_p), мм/м																							
		1 кГ/см ²						2 кГ/см ²						3 кГ/см ²						4 кГ/см ²					
		в/с	10	15	20	в/с	10	15	20	в/с	10	15	20	в/с	10	15	20	в/с	10	15	20				
1. Концентрат I роликов	КР-1	0	93,15	93,40	10,15	7,70	116,40	119,0	23,50	16,35	131,80	137,50	34,95	21,85	144,45	151,80	45,85								
	КР-2	28,97	84,40	70,77	20,60	39,32	110,85	99,65	30,3	47,42	133,77	117,17	38,45	53,32	137,85	133,37	45,87								
2. Питание магнитной сепарации	ПМ-1	0,001	56,95	154,90	18,45	0	174,70	179,60	34,70	8,2	188,80	194,0	45,70	16,45	199,40	206,35	61,95								
	ПМ-2	16,45	97,45	97,22	42,47	22,30	119,82	126,15	63,38	26,40	137,47	144,92	69,72	30,37	152,30	158,9	80,95								
3. Хвосты магнитной сепарации	ХМ-2	7,0	97,10	59,32	11,67	12,02	115,45	76,82	17,20	15,80	127,95	92,55	21,30	19,22	137,72	102,32	25,67								
	ПШ-1	33,95	266,65	298,10	229,95	37,75	284,35	301,40	249,70	44,30	297,65	311,70	263,60	51,30	307,35	321,85	274,45								
4. Пески классификации шламов промывки	ПШ-2	47,82	268,55	291,72	248,72	57,42	299,75	316,97	272,57	63,47	317,55	333,02	287,70	68,75	329,63	347,27	297,50								
	ПС-1	42,3	273,40	238,80	81,95	55,45	294,70	265,20	107,05	65,40	308,35	282,40	122,80	73,0	316,95	295,25	134,90								
5. Пески обесшламливания шламов промывки	ПС-2	48,05	312,22	299,27	271,55	60,92	340,67	323,02	291,02	68,70	355,42	334,57	304,67	74,87	364,42	347,15	314,85								
	ХФ-1	55,90	296,35	295,60	250,70	64,15	317,0	316,95	271,75	71,70	329,30	328,85	283,30	76,7	337,55	338,15	292,0								
6. Хвосты флотации	ХФ-2	32,15	270,45	278,02	245,12	44,45	289,65	296,95	265,25	52,80	301,15	308,65	277,05	59,07	309,67	317,25	285,52								
	КФ-1	66,65	308,0	310,95	307,25	71,85	322,20	331,70	328,95	75,30	330,95	343,75	340,0	78,55	337,40	352,35	349,35								
7. Концентрат флотации	КФ-2	47,45	244,50	280,20	313,62	56,87	263,15	302,27	335,40	62,50	272,92	317,20	348,05	67,02	280,17	323,92	357,12								

Таблица 2

Сдвиговые характеристики продуктов обогащения марганцевых руд

Наименование продуктов	Индекс	Сдвиговые характеристики															
		Коэффициент внутреннего трения (tgφ)				Угол трения (φ), град.				Сцепление (С), кг/см ²							
		в/с	10	15	20	в/с	10	15	20	в/с	10	15	20	в/с	10	15	20
1. Питание магнитной сепарации	ПМ-1	0,93	0,81	0,818	0,816	42°49'	39°	38°56'	39°12'	0,05	0,10	0,04	0,08	0,05	0,10	0,04	0,05
	ПМ-2	0,89	0,807	0,787	0,767	41°36'	38°54'	38°12'	37°29'	0,10	0,07	0,04	0,05	0,02	0,03	0,25	0,04
2. Концентрат I роликов	КР-1	0,93	0,81	0,664	0,84	42°49'	39°	33°35'	40°2'	0,02	0,03	0,25	0,04	0,15	0,13	0,12	0,1
	КР-2	0,89	0,78	0,74	0,75	41°36'	37°54'	36°30'	36°54'	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
3. Пески классификации шламов промывки	ПШ-1	0,75	0,67	0,60	0,576	36°52'	33°50'	30°58'	29°57'	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01
	ПШ-2	0,75	0,72	0,71	0,69	36°52'	35°45'	35°22'	34°36'	0,06	0,08	0,04	0,06	0,04	0,04	0,03	0,06
4. Пески обесшламливания шламов промывки	ПС-1	0,77	0,66	0,60	0,568	37°36'	33°45'	30°58'	29°36'	0,03	0,07	0,03	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03
	ПС-2	0,78	0,77	0,75	0,68	37°57'	37°36'	36°52'	34°13'	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,06
5. Хвосты флотации	ХФ-1	0,738	0,63	0,63	0,66	36°26'	32°12'	32°19'	33°26'	0,03	0,12	0,11	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03
	ХФ-2	0,77	0,66	0,65	0,69	36°36'	33°45'	31°18'	34°36'	0,09	0,04	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03
6. Концентрат флотации	КФ-1	0,79	0,72	0,708	0,65	38°19'	35°45'	35°18'	31°18'	0,03	0,04	0,04	0,06	0,03	0,04	0,04	0,06
	КФ-2	0,78	0,76	0,702	0,69	37°57'	37°12'	35°	34°36'	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
7. Хвосты магнитной сепарации	ХМ-2	0,79	0,73	0,70	0,70	38°19'	36°6'	35°	35°	0,1	0,05	0,05	0,04	0,01	0,05	0,05	0,04

В этом случае сказывается противодействие структурного каркаса из крупных частиц, который принимает на себя всю сдвиговую нагрузку, имея сравнительно большие значения коэффициента внутреннего трения и зацепления частиц.

С повышением влажности до 10% величина относительной деформации всех продуктов резко увеличивается и, чем мельче продукт, тем деформация больше. Это явление объясняется теми же причинами, что и уменьшение насыпной плотности продуктов. С увеличением влажности и уменьшением крупности материала повышается способность его к комкуемости и образованию рыхлых структур, способных легко самоуплотняться и особенно уплотняться при приложении внешних нагрузок. Насыпная плотность всех продуктов до 10% влажности уменьшается, в связи с образованием комков, а затем увеличивается с ростом влажности от 10% до 20%. При этом происходит увеличение пластичности материалов и разрушение комков. Это отражается и на компрессионных характеристиках: они уменьшаются с увеличением влажности материала. Особенно это отчетливо проявляется при влажности 20% для крупных продуктов ПМ, КР, ХМ-2.

В заключение следует отметить, что основной рост модуля осадки происходит при нагрузках до 1 кг/см^2 , а с повышением нагрузки он растет очень медленно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов Н.П., Котов М.Ф. Инженерная геология.-М: Литература по строительству, 1971.
2. Санжаровский П.А., Доценко В.Д. Отчет о НИР "Испытание физико-механических свойств сырой марганцевой руды, промпродуктов обогащения и концентратов". Механобрчермет, Кривой Рог. 1973.
3. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов.-М.: Машиностроение, 1964.