

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЛАНЦЕЗОЛЬНЫХ ШЛАКОВ В КАЧЕСТВЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО

И. ЛАСН

Н. ДИЛАКТОРСКИЙ,

доктор геолого-минералогических наук

Жидкое шлакоудаление при сжигании таких многозольных топлив, какими являются прибалтийские горючие сланцы, может быть выгодным только при условии полноценного использования шлаков, образующихся в топке при расплавлении минеральной составляющей сланца. В связи с этим возникла необходимость решения вопроса о возможности применения будущих промышленных «отходов» — сланцезольных шлаков — в качестве сырья для изготовления строительных материалов и отбора для практического использования тех из них, которые будут удовлетворять по своим свойствам как энергетиков так и строителей.

В данной статье описываются опыты, проведенные нами для установления зависимости гидравлической активности и температуры жидкотекучего состояния сланцезольных шлаков от их химического состава. Исследована возможность применения сланцезольных шлаков как для изготовления бетона автоклавной обработки, так и в шлакопортланд-цементе с различным содержанием клинкера и гипса при твердении в нормальных условиях.

1. Методы исследования

Сланцезольные шлаки изготавливались в лабораторных условиях плавлением сланцевой золы в ацетилено-кислородном пламени с последующей мокрой грануляцией расплава. Температуры жидкотекучего состояния шлаков измерялись оптическим пирометром в момент отрыва капли от палочки, формованной из сланцевой золы. Гидравлическая активность шлака оценивалась на основе прочности получаемого из него шлакопортланд-цемента. Шлак и портланд-цементный клинкер размалывались отдельно, а затем смешивались в шаровой мельнице. Кубики, размером $3 \times 3 \times 3$ см*, формовались пластичным методом из раствора 1:3 и хранились при температуре 20°С в атмосфере, насыщенной водяным паром. Образцы извлекались из форм через 3 дня после изготовления. Для определения коэффициента перехода от прочности кубиков $3 \times 3 \times 3$ см пластичной формовки, выдержанных во влажном воздухе, к прочности трамбованных кубиков $7 \times 7 \times 7$ см, выдержанных в воде (по ГОСТ 310-41), были изготовлены соответствующие серии образцов из портланд-цемента. Прочность на сжатие и коэффициенты перехода для использованных портланд-цементных клинкеров ПЦ-1 и ПЦ-2 приведены в табл. 1.

* Малые количества имевшихся в нашем распоряжении шлаков не позволяли готовить кубики размером $7 \times 7 \times 7$ см.

Таблица 1

Прочность на сжатие и коэффициенты перехода (К) для портланд-цемента

Цемент	Характеристика кубиков	Количество воды затворения, %	Прочность на сжатие (R) в кг/см ² образцов в возрасте		
			3 дня	7 дней	28 дней
ПЦ-1	7×7×7, трамб. 3×3×3, пласт.	8,0 18,5	224,5 56,3	338 119,1	418 190,7
	$K = \frac{R \text{ трамб.}}{R \text{ пласт.}}$		4	2,8	2,19
ПЦ-2	7×7×7, трамб. 3×3×3, пласт.	8,2 16,5	227 56,8	300 116	384 181
	$K = \frac{R \text{ трамб.}}{R \text{ пласт.}}$		4	2,58	2,12

Таблица 2

Характеристика сланцезольных шлаков и портланд-цементного клинкера

Характеристика материала	Шлак				Портланд-цементный клинкер ПЦ-1
	3	5	6	7	
Химический состав, вес. %					
SiO ₂	32,70	30,25	27,63	25,06	21,47
Al ₂ O ₃	8,50	7,62	7,52	6,14	4,26
Fe ₂ O ₃	1,83	0,42	0,98	1,45	5,32
FeO	4,66	5,66	4,52	3,40	
CaO	47,47	51,50	55,50	60,30	63,93
MgO	3,83	3,52	3,12	2,62	3,69
K ₂ O + Na ₂ O	0,34	0,21	0,13	0,11	не опр.
SO ₃	0,60	0,83	0,88	1,53	0,71
CO ₂	—	—	—	—	—
П.п.п.	0,53	1,02	0,66	0,65	0,88
Итого:	100,46	101,03	100,94	101,26	100,26

Модули

$M_o = \frac{\% \text{ CaO} + \% \text{ MgO}}{\% \text{ SiO}_2 + \% \text{ Al}_2\text{O}_3 + \% \text{ Fe}_2\text{O}_3}$	1,06	1,23	1,42	1,73	2,18
$M_c = \frac{\% \text{ SiO}_2}{\% \text{ Al}_2\text{O}_3 + \% \text{ Fe}_2\text{O}_3}$	2,11	2,11	2,04	2,20	2,24
$M_r = \frac{\% \text{ Al}_2\text{O}_3}{\% \text{ Fe}_2\text{O}_3}$	1,21	1,14	1,25	1,18	0,80

Содержание отдельных минералов, %

Алит (3CaO · SiO ₂)	—	—	—	18	55
Белит (2CaO · SiO ₂)	30	65	75	60	16

Тонна помола

Удельная поверхность, см ² /г	3440	3520	3340	3320	3780
--	------	------	------	------	------

Примечание: Химические анализы выполнены химиком-аналитиком Л. Тамм.

2. Активность шлака в зависимости от его состава

Первая серия опытов была проведена для выяснения зависимости активности шлака от его химического состава, а также для предварительного установления марки получаемого шлакопортланд-цемента.

Химические и минералогические составы использованных шлаков и портланд-цементного клинкера приведены в табл. 2. У шлака ИЭ, полученного в опытной топке Института энергетики АН ЭССР, определено только содержание СаО (35,84%).

Шлаки размалывались до удельной поверхности, около $3400 \text{ см}^2/\text{г}$ по Товарову, и смешивались с измельченным портланд-цементным клинкером. Содержание клинкера ПЦ-1 в шлакопортланд-цементе 20%. Результаты испытания кубиков $3 \times 3 \times 3 \text{ см}$ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Прочность на сжатие образцов из шлакопортланд-цемента

Шлакопортланд-цемент	Количество воды затворения, %	Прочность на сжатие				Расчетная марка цемента**
		в $\text{кг}/\text{см}^2$ в возрасте				
		7 дней	28 дней	56 дней		
ИЭ—20*	13,0	11,7	21,3	25	47	
3—20	13,5	21,0	97,2	152	213	
5—20	14,25	1,9	43,1	55	94	
6—20	15,0	9,6	46,5	72,5	102	
7—20	18,5	13,9	93,1	153,4	204	

* Цифра за обозначением шлака показывает содержание клинкера в составе шлакопортланд-цемента.

** Получена при умножении прочности в возрасте 28 дней на переходный коэффициент $K_{28} = 2,19$.

Из приведенных в табл. 2 и 3 данных видно, что полученные шлакопортланд-цементы имеют низкую прочность, особенно после 7 дней твердения. Более активными при нормальном твердении являются шлаки с содержанием окиси кальция 40—50% или выше 58% (в последнем случае получается т. н. плавленный цемент).

3. Изучение возможности повышения прочности шлакопортланд-цемента

По данным предварительных опытов выяснилось, что для производства шлакопортланд-цемента наибольший интерес представляют шлаки, содержащие менее 50% окиси кальция. Поэтому дальнейшие исследования были проведены именно с этими шлаками. С целью повышения недостаточной прочности шлакопортланд-цементов, особенно в первые сроки твердения, изучалось влияние различных количеств портланд-цементного клинкера и двуводного гипса при более тонком помоле шлака (удельная поверхность около $4000 \text{ см}^2/\text{г}$). Характеристика использованных исходных материалов приведена в табл. 4.

Для выбора оптимального соотношения между шлаком и клинкером, из шлака № 2 были изготовлены шлакопортланд-цементы, содержав-

шие 40, 25 и 15% клинкера. Двуводный гипс добавлялся в количестве 2, 5 и 8% от веса шлакопортланд-цемента (свыше 100%).

Результаты физико-механических испытаний кубиков $3 \times 3 \times 3$ см приведены в табл. 5. Из них следует, что прочность шлакопортланд-цемента после 7 дней твердения увеличивается по мере повышения содержания клинкера и гипса. В начальном периоде твердения больше влияет добавка гипса. Прочность шлакопортланд-цементов, содержащих 5 и 8% гипса, к 7 дню превышает прочность использованного портланд-цемента ПЦ-2, у которого $R_7 = 116$ (см. табл. 1). К 28 дням твердения прочность всех шлакопортланд-цементов превышает прочность портланд-цемента ($R_{пц28} = 181$). Через 56 дней твердения шлакопортланд-цементы, содержащие 15 и 25% портланд-цементного клинкера, имеют максимальную прочность при добавке 2% гипса, шлакопортланд-цементы с 40% клинкера — при добавке 5% гипса.

Таблица 4

Характеристика сланцезольных шлаков и портланд-цементного клинкера

Характеристика материала	Шлак				Портланд-цементный клинкер ПЦ-2	
	1	2	4	МВТУ*		
Химический состав, вес. %						
SiO ₂	36,09	35,47	33,40	37,36	21,06	
Al ₂ O ₃	7,77	8,31	7,80	8,97	5,05	
Fe ₂ O ₃	1,74	2,42	1,67	3,14	} 5,57	
FeO	4,87	3,75	4,10	2,58		
CaO	42,65	44,18	48,35	39,46	64,16	
MgO	4,21	4,40	4,20	5,10	4,22	
K ₂ O + Na ₂ O	1,98	1,57	0,98	3,30	не опр.	
SO ₃	0,87	0,32	0,26	0,24	0,31	
CO ₂	—	—	—	0,22	не опр.	
П.п.п.	—	—	—	—	0,50	
Итого:	100,18	100,42	100,76	100,37	100,87	
Модули						
M _o	0,92	0,96	1,11	0,85	2,16	
M _c	2,42	2,38	2,38	2,50	1,98	
M _r	1,09	1,26	1,25	1,50	0,91	
Содержание отдельных минералов, %						
Алит C ₃ S	—	—	—	—	63	
Белит C ₂ S	мало	1—2	30	3—10	19	
Мелилит	—	—	—	мало	—	
Тонина помола						
Удельная поверхность, см ² /г	4300	6045	3830	3700	3740	3600
Остаток на сите № 90, %	2,3	1	1,5	1,8	не опр.	1

Примечание: Химические анализы выполнены химиком-аналитиком Х. Силлаве.

* Получен в опытной топке Московского высшего технического училища им. Баумана.

Таблица 5

Прочность на сжатие образцов из шлакопортланд-цемента при количестве воды затворения 12,25%

Номер цемента	Прочность на сжатие						
	в кг/см ² в возрасте			Расчетная марка цемента**	В % от 28-дневной прочности в возрасте		
	7 дней	28 дней	56 дней		7 дней	28 дней	56 дней
2-15-2*	75,5	200	310	424	38	100	155
2-15-5	125	203	281	430	62	100	138
2-15-8	139	213	261	451	65	100	123
2-25-2	79,1	248	313	525	32	100	126
2-25-5	115	255	307	540	45	100	120
2-25-8	155	234	277	495	66	100	118
2-40-2	86	199	281	421	43	100	141
2-40-5	135,5	239	339,5	506	57	100	142
2-40-8	158	220	285	466	72	100	129

* Первая цифра — номер шлака, вторая — количество портланд-цемента, третья — количество гипса.

** Получена при умножении прочности в возрасте 28 дней твердения на коэффициент перехода $K_{28} = 2,12$.

Имея в виду, что из шлака № 2 были получены шлакопортланд-цементы, отвечающие требованиям, предъявляемым к цементам марки «400», даже с добавкой 15% клинкера, из остальных трех шлаков изготовлялись шлакопортланд-цементы с этим же содержанием клинкера, но с различным содержанием гипса (2, 5 и 8%). Результаты испытаний даны в табл. 6. На основе этих данных составлены табл. 7 и рис. 1, где приводятся средние относительные прочности шлакопортланд-цементов

Таблица 6

Прочность на сжатие образцов из различных шлакопортланд-цементов

Номер шлакопортланд-цемента	Прочность на сжатие						
	в кг/см ² в возрасте			Расчетная марка цемента**	В % от 28-дневной прочности в возрасте		
	7 дней	28 дней	56 дней		7 дней	28 дней	56 дней
МВТУ-15-2	39,4	73	100	155	54	100	137
МВТУ-15-5	62,3	87	108	184	72	100	124
МВТУ-15-8	84	124	128	263	68	100	103
1 ₄₀₀₀ *-15-2	63	180	248	381	35	100	138
1 ₄₀₀₀ -15-5	100	162	248	343	62	100	153
1 ₄₀₀₀ -15-8	126,5	156	205	331	81	100	131
1 ₆₀₀₀ -15-2	50,5	137	335	290	37	100	244
1 ₆₀₀₀ -15-5	100	202	293	428	50	100	145
1 ₆₀₀₀ -15-8	149	213	258	451	70	100	121
4-15-2	37,4	59	112	125	63	100	190
4-15-5	59,6	85	109	180	70	100	128
4-15-8	86	110	126	233	78	100	114

* Индекс у номера шлака показывает его удельную поверхность.

** Получена при умножении прочности в возрасте 28 дней твердения на коэффициент перехода $K_{28} = 2,12$.

тов из различных шлаков; прочности через 7, 28 и 56 дней твердения указаны в процентах от прочности цементного камня к 28 дню твердения.

Таблица 7

Прочность цемента в процентах от прочности 28-дневного твердения

Вид цемента	Прочность в % в возрасте				
	7 дней		28 дней	56 дней	
	предельные значения	среднее		предельные значения	среднее
Шлакопортланд-цементы *					
а) с 2% гипса	35—63	45	100	137—244	173
б) с 5% гипса	50—72	63	100	128—153	138
в) с 8% гипса	65—81	72	100	103—131	118
Портланд-цементы ПЦ-1 и ПЦ-2	62,5—64	63	100	—	—

* Испытывалось пять различных составов шлака.

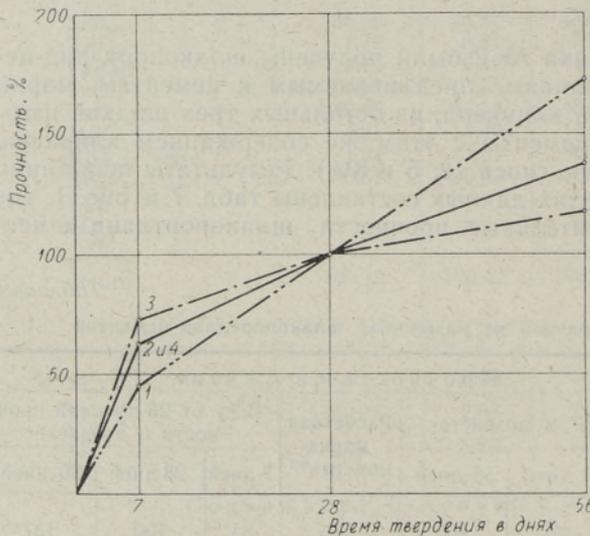
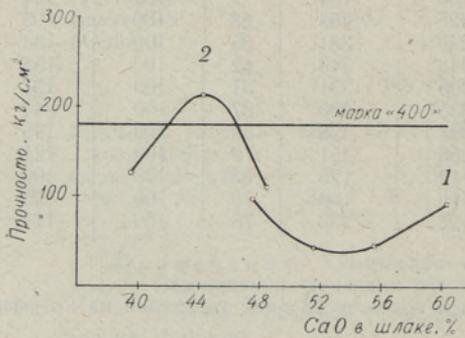


Рис. 1. Прочность портланд-цемента и шлакопортланд-цементов с добавкой 15% клинкера в процентах от их прочности в 28-дневном возрасте. Шлакопортланд-цемент: 1 — с 2% гипса; 2 — с 5% гипса; 3 — с 8% гипса; 4 — портланд-цемент.



Данные опытов показывают, что увеличение содержания двухводного гипса в шлакопортланд-цементе значительно повышает их прочность на сжатие к 7 дню твердения, но вызывает после 28 дней у активных шлаков (№ 1, 2) более медленное нарастание прочности. При этом уже 5%-ная добавка гипса обеспечивает получение шлакопортланд-цементов, у которых нарастание прочности во времени совпадает с таковым у портланд-цемента. Повышение количества гипса до 8%

Рис. 2. Прочность шлакопортланд-цементов в 28-дневном возрасте. 1 — шлакопортланд-цемент с 20% клинкера; 2 — шлакопортланд-цемент с 15% клинкера и 8% гипса.

увеличивает марочную прочность цемента (к 28 дню твердения). Как следует из диаграммы «Содержание СаО в шлаке — прочность на сжатие» (рис. 2), наиболее активными при нормальном твердении являлись слабокислые шлаки, содержащие примерно 42,5—46% СаО. Из них можно получить хорошие шлакопортланд-цементы марки «400» с добавкой лишь 15% клинкера в присутствии 5—8% гипса.

4. Гидротермальная обработка сланцезольных шлаков

Исходя из химического состава сланцезольных шлаков можно было предположить, что для них не менее перспективна автоклавная обработка, так как они содержат мало глинозема, который значительно повышает активность шлаков при нормальном твердении, но нежелателен при гидротермальной обработке. Для выяснения возможностей использования сланцезольных шлаков для производства автоклавного бетона были проведены опыты по обработке шлаков № 3, 5, 6, 7 и ИЭ (составы в табл. 2) в автоклаве. В качестве добавок применялись двухводный гипс и гашеная известь, содержащая 71% активной окиси кальция (по ГОСТ 1175-51). Кубики изготовлялись пластичным методом из раствора (1 : 3).

В связи с тем, что в автоклавных бетонах из силикатных минералов наибольшую прочность имеют низкоосновные гидросиликаты кальция, желательно, чтобы при гидротермальной обработке шлаков образовывались именно эти соединения. Для того чтобы белит, кристаллизовавшийся в исследованных шлаках, при автоклавной обработке реагировал с кремнеземом до моносилката кальция, надо обеспечить достаточную поверхность зерен добавленного песка. Для этого часть (25%) вводимого в раствор песка измельчалась до удельной поверхности $3150 \text{ см}^2/\text{г}$. Автоклавная обработка проводилась через 18—20 часов после формования. Режим обработки: 12 атм, 2,5 + 4 + 1,25 час. Образцы извлекались из форм сразу после обработки в автоклаве, а через 3 дня испытывались на прочность (табл. 8, рис. 3).

Таблица 8

Прочность автоклавных образцов на сжатие

Номер шлака	Добавка	Количество воды затворе- ния, %	Прочность на сжатие, кг/см ²
ИЭ	—	13,5	0,95
3	—	14,5	13
5	—	14,5	571
6	—	15,5	579
7	—	20,0	270
3	5% CaSO ₄ · 2H ₂ O	14,5	14
5	5% „	14,5	17
6	5% „	15,5	355
7	5% „	20,0	357
ИЭ	5% Ca(OH) ₂	13,5	41
3	5% „	14,5	398
5	5% „	14,5	387
6	5% „	15,5	309
7	5% „	20,0	294

Из приведенных данных следует, что прочность на сжатие автоклавных образцов сильно зависит от химического состава шлака и имеет у образцов, изготовленных без добавок, максимальную величину при содержании в шлаке 50—58% CaO.

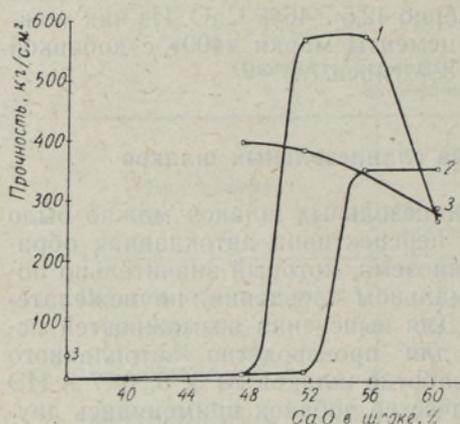


Рис. 3. Прочность шлаковых цементов при автоклавной обработке. Шлак: 1 — без добавок; 2 — +5% гипса; 3 — +5% гашеной извести.

Добавление 5% гашеной извести к шлаковому вяжущему повышало прочность только тех образцов, которые были изготовлены из шлаков, содержащих менее 50% CaO. При этом не было достигнуто такой прочности, как у образцов из шлаков № 5 и № 6 (51,5 и 55,5% CaO) без добавок. Добавка извести к более основным шлакам влияла отрицательно. Несмотря на то, что общее содержание окиси кальция в цементных образцах из шлаков без добавки извести (№ 5, 6) и с добавкой ее (№ 3, 5), почти одинаково, прочность последних оказывается значительно меньшей. Следовательно, окись кальция из добавленной из-

вести и содержащаяся в шлаке реагирует при автоклавной обработке неодинаково. В противном случае кривая 3 (рис. 3) должна быть аналогичной кривой 1, но сдвинутой на 3,55%* в сторону более основных шлаков.

Прочность образцов с добавкой 5% двуводного гипса изменялась своеобразно. При содержании CaO в шлаке менее 52% образцы практически прочности не имели. При этом и те образцы, которые без добавки гипса имели высокую прочность, теряли ее. Далее, в шлаках, содержащих около 53% окиси кальция, прочность образцов резко повышалась, но не достигала прочности образцов без добавок. При еще большем увеличении содержания окиси кальция в шлаках, вплоть до 60%, прочность образцов оставалась без изменения.

Следовательно, при автоклавной обработке основных шлаков, содержащих более 50% CaO, добавка гипса или извести не вызывает дополнительного повышения прочности.

Нужно подчеркнуть, что приведенные данные получены для смесей, содержащих одинаковое количество измельченного песка, размалывавшегося во всех случаях до одной и той же тонины. Вероятно, что при более точной дозировке измельченного песка в соответствии с составом шлака могут быть получены цементы, обладающие еще большей прочностью.

Сопоставляя данные прочности шлакопортланд-цементов с минералогическим составом исходных шлаков, можно утверждать, что стекловидные шлаки пригодны для щелочной активизации при нормальных условиях твердения, т. е. для производства шлакопортланд-цемента. Для шлаков, содержащих более 30% белита, выгоднее автоклавная обработка.

* Добавлено 5% гашеной извести с активностью 0,71.

5. Температура жидкотекучего состояния сланцезольных шлаков

Температура жидкотекучего состояния шлаков является важной характеристикой для оценки возможности технического и экономического осуществления жидкого шлакоудаления при сжигании топлив. Средние температуры жидкотекучего состояния сланцезольных шлаков даны в табл. 9 и на рис. 4.

Таблица 9
Температуры жидкотекучего состояния шлаков

Номер шлака	Содержание СаО, %	Температура жидкотекучего состояния, °С
1	42,65	1450
2	44,18	1500
3	47,47	1540
4	48,35	1550
5	51,5	1750
6	55,5	1810
7	60,3	1820

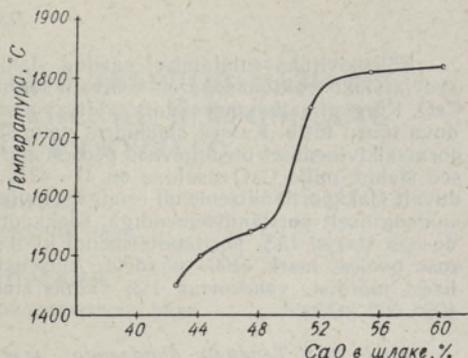


Рис. 4. Изменение температуры жидкотекучего состояния в зависимости от состава шлака.

Из рис. 4 видно, что с точки зрения жидкотекучести шлаков повышение содержания окиси кальция в них выше 49% нежелательно, так как каждый следующий процент СаО повышает температуру жидкотекучего состояния примерно на 75°С. Поэтому для осуществления жидкого шлакоудаления наиболее пригодными являются шлаки с содержанием окиси кальция ниже 49%, которые к тому же оказываются наиболее подходящими для производства шлакопортланд-цемента.

Выводы

1. Наиболее пригодными для жидкого шлакоудаления следует считать сланцезольные шлаки, содержащие не более 49% окиси кальция, так как при дальнейшем увеличении содержания окиси кальция температура жидкотекучего состояния шлака резко повышается.

2. Наиболее подходящими для изготовления шлакопортланд-цементов, твердеющих при нормальных условиях, являются стекловидные кислые или нейтральные шлаки, содержащие 41—47% СаО (модуль основности $M_0 = 0,88 - 1,05$).

3. Введение в состав сланцезольных шлакопортланд-цементов больших количеств гипса значительно повышает их прочность в начальные сроки твердения, но уменьшает последующее увеличение (после 28 дней) прочности.

4. Из шлаков, содержащих 42,5—46% СаО, с добавкой 5—8% гипса и 15% клинкера, можно получать шлакопортланд-цементы, марка которых равна или превышает марку использованного портланд-цемента, а характер нарастания прочности со временем аналогичен таковому у портланд-цемента.

5. При автоклавной обработке цементного раствора, содержащего 20% измельченного песка, наибольшую прочность дают основные шлаки, содержащие 50—58% СаО ($M_0 = 1,15 - 1,60$).

PÕLEVKIVISLAKKIDE KASUTAMISEST EHTUSSIDEAINENA

J. Lasn

N. Dilaktorski,

geoloogia-mineraloogiateaduste doktor

Resümee

Põlevkivituha sulatamisel saadud šlakkide uurimine näitas, et põlevkivi põletamiseks vedela šlaki eraldamisega on sobivam selline kütus, millest tekkinud šlakk sisaldab alla 49% CaO. Kõrgem kaltsiumoksüüdisisaldus pole soovitatav šlaki vedelvoolavustemperatuuri tõunduva tõusu tõttu. Katsed šlakkidest valmistatud šlakkportlandtsementidega näitasid, et ka normaalkivinemisel on tugevuse poolest parimad klaasjad, nõrgalt happelised või neutraalsed šlakid, mille CaO-sisaldus on 41–47%. Kipsi lisandamine 5–8% ulatuses tõstab tunduvalt šlakkportlandtsemendi esialgset kivinemise kiirust ja kindlustab tema tugevuse kasvu analoogiliselt portlandtsemendiga. Slakkportlandtsement, mis saadi 42,5–46% CaO sisaldusega šlakist 15% portlandtsemendi klinkri ja 5–8% kipsi lisandamisega, rahuldab tugevuse poolest mark «400» nõudeid. Aluseliste šlakkide (CaO-sisaldusega 51–58%) plastilisest mördist, vahekorras 1:3, valmistatud autoklaavitud katsekehade survetugevus oli 400–600 kG/cm².

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Ehituse ja Ehitusmaterjalide Instituut

Saabus toimetusse
9. VI 1962

UTILIZATION OF COMBUSTIBLE SHALE ASH SLAGS FOR PRODUCING BINDING MATERIALS FOR BUILDING

J. Lasn, N. Dilaktorski

Summary

The slags produced by melting combustible shale ash have been studied. It was found that combustible shales, which yield slag with a CaO content of less than 49%, were more suitable for burning with a separation of slag in a liquid state. The rising of the CaO content in slag to more than 49% is undesirable as it is accompanied by a considerable rise of temperature in a fluid state. At hardening of slag Portland cement in normal conditions, the best compressive strength was also received with glassy acid or neutral slags (41–47% CaO). An addition of 5–8% gypsum raised the rate of strength development and made it similar to that of Portland cement. The strength of slag Portland cement prepared from slag (42.5–46% CaO) with 15% of Portland cement clinker and 5–8% of gypsum corresponds to that of cement brand "400". The strength of autoclaved test cubes prepared from plastic mortars of alkaline slags (51–58% CaO) was 400–600 kG per square cm.

Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Building and Building Materials

Received
June 9th, 1962