

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В. О. СААКЯН

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВУЛКАНИЧЕСКИХ ШЛАКОВ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Естественные вулканические шлаки являются весьма ценным сырьем, как для цементной промышленности, так и для строительного производства.

Вулканические шлаки в зависимости от химического состава и микроструктуры в той или иной степени обладают гидравлическими свойствами.

В табл. 1 приведен химический состав вулканических шлаков некоторых месторождений Армянской ССР.

Таблица 1

Месторожд. и цвет шлака	Химический состав вулканических шлаков										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	SO ₂	нпп	влага
Ариджск. красный	48,9	0,69	15,71	15,47	3,87	7,12	0,14	4,10	не обн.	2,2	0,19
Джермук- ский ко- ричл.	59,9	0,82	19,65	7,09	1,01	6,37	0,10	не опр.	0,19	0,69	0,20
Аванский черный	51,0	0,50	17,32	11,15	3,61	9,30	0,06	4,02	0,09	1,11	0,59
Карирашен- ский коричл.	56,3	0,75	16,02	9,55	2,01	6,66	не обн.	7,00	0,23	1,19	0,96

Вулканические шлаки по химическому составу относятся к основным горным породам. В зависимости от модуля основности и его соотношения со значением силикатного модуля вулканические шлаки могут быть активными, менее активными или скрытоактивными. В общем, чем больше модуль основности и чем меньше силикатный модуль, тем сильнее выражены гидравлические свойства вулканических шлаков (табл. 2).

В зависимости от минералогического состава некоторые разновидности вулканических шлаков могут „возбуждаться“ под влиянием активизаторов (известки и т. п.).

Вулканические шлаки, подобно некоторым доменным шлакам в твердом виде представляют собой сочетание кристаллической и стек-

Таблица 2

Модуль и коэффициенты качества вулканических шлаков

Показатели	Обозначения	Вулканические шлаки и их месторождение			
		красный Аридж.	коричн. Джермук.	черный Авазск.	Карра- шенск.
Модуль основности	$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3}$	0,167	0,139	0,216	0,133
Модуль активности	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$	0,342	0,333	0,345	0,350
Модуль глиноземн.	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	1,050	2,610	1,566	1,865
Модуль силикатн.	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$	1,490	2,150	1,790	2,290
Коэффициент качества $K =$	$\frac{\text{CaO} + \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$	0,565	0,519	0,635	0,400

ловидной фазы в переменных соотношениях, зависящих от начальной температуры и химического состава исходной породы, состояния лавы во время шлакообразования и интенсивности ее охлаждения.

Для выявления гидравлических свойств вулканических шлаков, были проведены исследования композиции, состоящих из 100, 80, 60.

Таблица 3

Процентное содержание компонентов по весу, характеристик цементного порошка и цементного теста

Вид и цвет шлака	№ композиции	Процентное содержание		Характеристики композиции				Характеристика цементного теста и раствора жестк. конст. (1:3)					
		портландцемент	мелкий шлако- вый порошок	об. вес в кг/м ³	угельный вес	остаток на сите 500 отп/см ²	проходит через сито 1900 отп/см ²	нормальная густота		сроки схватывания			
								цем. теста	цем. раскл.	начало		конец	
										час	мин.	час	мин.
Красный шлак ф-тс. Горазд Аракатского месторождения	1	100	0	1012	2,91	0,21	93,5	30,0	8,30	3	44	5	50
	2	90	20	1061	2,58	0,15	95,1	31,0	8,55	3	20	6	25
	3	60	40	1092	2,86	0,20	95,9	33,3	8,50	3	33	1	15
	4	40	60	1058	2,61	0,16	97,1	37,0	8,10	3	10	4	50
	5	20	80	1122	2,77	0,15	96,7	33,1	7,96	3	20	5	10
	6	0	100	1143	2,74	0,0	100,0	30,7	8,10	11	30	18	20
Коричневый шлак ф-тс. Ф- родзи Джермук- ского месторождения	7	80	20	1048	2,57	0,33	94,5	30,7	8,47	3	09	5	26
	8	60	40	1068	2,55	0,14	95,7	31,7	8,13	5	05	6	05
	9	40	60	1080	2,76	0,17	96,6	33,0	8,45	4	05	5	23
	10	20	80	1038	2,72	0,10	98,3	36,3	9,0	2	55	5	10
	11	0	100	1100	2,67	0,0	100,0	35,2	8,4	не определен			
	12*	0	76	890	2,62	0,12	94,6	38,7	0,7	1	15	4	30

* Шлак-цементный цемент содержит 76% шлаковой муки из шлака Джермукского месторождения, 20% негашеной извести (Аракатского завода) и 4% гипсового порошка.

40, 20 и 0% портландцемента Армянского завода и соответственно 0, 20, 40, 60, 80 и 100 измельченного вулканического шлака, проходящего полностью через сито с 4900 отв/см². Испытания, полученных таким образом, цементов производились по ГОСТ 310—41.

При испытании Джермукского шлака, в качестве возбудителей твердения, были добавлены молотая негашеная известь Араратского завода (20%) и гипсовый порошок (4% по весу).

Скорость схватывания полученных цементов находится в пределах допускаемых стандартами.

Порошок из вулканического шлака Аванского карьера (без портландцемента или других возбудителей) имеет удлиненные сроки схватывания.

Необходимо подчеркнуть, что исходный заводской портландцемент содержал 25,5% немзовой муки.

Равномерность изменения объема все испытываемые цементы выдержали.

В таблице 4 приведены результаты испытания цементных композиций при различном содержании шлакового порошка из вулканических пород Аринджского и Джермукского месторождений.

Таблица 4

Вид и цвет вулк. шла- ков	№ ис- м. компози- ции	Процентное содержание		Пределы прочности в кг/см ²						Марка нем. композиции
		порта. цем.	шлак. порош.	при сжатии			при растяжении			
				7 дн.	28 дн.	56 дн.	7 дн.	28 дн.	56 дн.	
Красный шлак вулканического поро- шка Аринджского карьера	1	100	0	246	347	406	17,7	26,0	25,5	300
	2	50	20	202	300	360	17,9	23,5	31,5	300
	3	60	40	127	200	235	13,8	19,8	24,0	200
	4	40	60	63	102	126	7,9	12,8	18,0	100
	5	20	80	34	56	75	5,3	8,2	9,0	50
	6	0	100	не определены						—
Коричневый шлак вулкани- ческого порошка Джермукского карьера	7	50	20	246	347	401	15,3	27,0	39,0	300
	8	60	40	143	231	274	15,0	21,0	25,5	200
	9	40	60	69	128	162	11,0	16,0	21,5	100
	10	20	80	30	48	67	6,0	8,0	10,0	50
	11	0	100	не определены						—
	12	0	70*	13	42	58	1,1	5,4	8,0	40

Из табл. 4 видно, что по мере увеличения содержания шлака активность получаемых цементов уменьшается. Однако при соотношении 80% портландцемента и 20% шлакового компонента активность полученного «шлакопортландцемента»* близка к активности исходного портландцемента (при Джермукском шлаке).

При использовании вулканического шлака Аринджского месторождения, шлакопортландцементы имели большое снижение прочно-

* Название принято условно.

сти, чем при шлаке Джермукского месторождения, что по-видимому, обусловлено его высоким глиноземным модулем по сравнению с Аринджским шлаком.

Одинаковая активность цементов № 1 и № 7 может быть объяснена тем, что при взаимодействии с водой возникают процессы гидратации и твердения не только в портландцементе, но и на поверхностях вулканического шлака.

Как видно из табл. 4 шлакоизвестковое вяжущее (№ 12) без цементного клинкера твердеет на основе возбуждения вулканических шлаков гидратом окиси кальция и гипсом.

При увеличении содержания шлакового компонента свыше 20% происходит понижение активности получаемого цемента.

Прирост прочности в дальнейшие сроки твердения (до 56 дней) протекает примерно одинаково, как для портландцемента, так и для цемента № 7, содержащем 80% портландцемента и 20% Джермукского шлака.

Результаты испытания на растяжение цементов с добавкой Аринджского или особенно Джермукского шлаков оказались относительно лучше, чем на сжатие (особенно в отношении прироста прочности во времени).

Полученные результаты в целом можно объяснить тем, что тонкомолотый шлаковый порошок при оптимальных соотношениях портландцемента и шлакового компонента уплотняет структуру получаемых композиций.

Известно, что степень связи в сильной мере зависит от расстояния между отдельными частицами цемента. При введении в состав цемента различных наполнителей они заполняют межзерновое пространство до определенной степени. Избыточное количество добавки раздвигает частицы исходного цемента, что уменьшает связь между ними.

Для прочности большое значение имеет водоудерживающая способность как исходного портландцемента, так и шлакового компонента, так как в зависимости от того, в каком состоянии находится вода в цементном тесте меняется структура цементного камня.

Интенсивность нарастания прочности во времени уменьшается по мере убывания количества портландцемента в смеси. В целом опыты выявили возможность использования вулканических шлаков в качестве добавки к портландцементу. Особенно эффективным оказался цементная композиция при 20% добавке, так как в этом случае марка полученного цемента почти не изменилась по сравнению с исходным без добавки. По-видимому, при прибавлении портландцемента происходит активизация шлакового порошка по мере создания возбуждающей среды. При оптимальном количестве портландцемента, шлаковые частицы, по-видимому, обволакиваются гелеобразными продуктами гидролиза цементных зерен и входят во взаимодействие с ними.

В результате взаимодействия между кремнеземом и глиноземом

шлаковой муки с одной стороны, и гидроксидом кальция с другой стороны образуются гидрoалюминаты, отличающиеся быстрым темпом твердения и гидросиликаты кальция.

В целом можно считать, что вулканические шлаки являются ценным сырьем для производства гидравлических добавок к портландцементу и известково-шлаковых вяжущих.

Весьма рациональным использованием гидравлических свойств вулканических шлаков Армянской ССР является применение их в качестве гидравлической добавки к портландцементу Араратского завода до 20%. Это мероприятие повысит качество армянского цемента, так как этот цемент является высокоалюминатным и для улучшения качества производимого цемента завод нуждается в кремнеземосодержащем сырье.

Для более полного использования гидравлической активности вулканические шлаки следует тонко измельчать, используя в качестве помольного агрегата существующие вибромельницы.

Необходимо отметить, что если для бетонов можно рекомендовать цементы с содержанием шлакового компонента до 20—30%, то для растворов наиболее приемлемым следует считать содержание шлакового компонента до 40—50%.

В ы в о д ы

1. На основе проведенных исследований выявлена пригодность вулканических шлаков как гидравлического компонента для производства портланд- и шлакопортландцемента на базе портландцемента Армянского завода и вулканической шлаковой муки получены путем размола шлаковой породы.

2. Произведена маркировка вновь полученных шлакопортландцементов по их пределу прочности в 28 дневном возрасте. Установлено, что марка цемента при содержании шлакового компонента в размере 20% относится к начальной марке портландцемента.

3. Если для бетонов можно рекомендовать шлакопортландцемент с содержанием вулканического шлакового компонента 20—30%, то для растворов наиболее приемлемым является содержание шлакового компонента 40—50% по весу.

Институт стройматериалов и сооружений
АН Армянской ССР

Поступило 16.X.1956

Չ. 2. ԹԱՆՍԿԱՆ

ՀՐԱՔԱՆՅՐԵ ՇԱՔՆԵՐԻ ՀԻՔՐԱՎԻԼԻ ՀԱՏԿՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԱՐԱՆՑ ԿԻՐԱՌՈՒՄԱՆ
ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հրաբխային շաքները իրենցից ներկայացնում են արժեքավոր հումք ցեմենտի արդյունարևրություն և շինարարություն արտադրություն համար:

Քնտան ստույգման նեաեանքով նրանք ձևաք են բերել բացառաաա կամ թաքնված կապակցող հիդրավիլի հատկություն, կախված քիմիական կազմությունից և կառուցվածքից: Քիմիական սկոնիությունը կամ հիդրավիլի հատկությունը որոշվում է նրանց քիմիական կազմությամբ (անս աղյուսակ 1):

Հրաբխային շաքների սկոնիությունը որակս պորտանդցեմենտի հավելուլթ ընարոշող հատկանիշները տրվում են աղյուսակ 2:

Աքննչի և Ձերմուկի հանքավայրերի հրաբխային շաքների հիդրավիլի հատկությունը որոշելու համար ուսումնասիրման ենք ենթարկել նրանց աղացումից ստացած շաքափոշու և Արարատի ցեմենտի խաանուրդները, որոնց փորձարկման արդյունքները տրվում են աղյուսակ 3 և 4:

Շաքափոշու և Արարատի ցեմենտի խաանուրդներից ստացած բոլոր ցեմենտները աենն բավարար հատկանիշներս 20% շաքափոշու և 80% Արարատի ցեմենտ պարունակող խաանուրդը ցուցարերում է նույն ամրությունը, ինչ որ Արարատի ցեմենտը, երկու հավելուլթների գեպրամն էլ վերահեշաղ խաանուրդը կասվում է եղալին մարկային N 2 և N 7 ցեմենտների մարկաների նույնությունը բացատրվում է նրանով, որ ցեմենտի հիդրոլիզից անշատփող կրի հիդրոքսիդի քաղքալիչ ազդեցություն սակ տարալուծվում են շաքալին բաղադրելի սիլիցատթթվի կոլոիդ թաղանթները և նեշաանում է ջրի ներթափանցումը շաքափոշու հատակի ներսը: N 12 խաանուրդը, որը ցեմենտ չի պարանակում, կարծրանում է կրի հիդրոքսիդի և գիպսի գրգռիչ ազդեցություն սակ:

Շաքափոշու քանակի ալեկայումբ փոխում է խաանուրդների քիմիական կազմությունը, որի նեաեանքով խաանուրդները աենն շաղկապման ու ամրացման շարանակությունն Սաանուրդների ամրությունն աեր ապահովվում է սեղմման և ձյման փորձարկումների մամանակ:

Ձյման փորձարկման արդյունքները ալեկի բնդունելի են, քանի որ շաքափոշին կասարում է հիդրավիլի հավելուլթի զեր՝ ցեմենտի բարձր քանակի գեպրամ նա խաալնում է խաանուրդի կառուցվածքը, որի գեպրում պահպանվում է ցեմենտի մամնիկների միջև եղած ֆիլլիկո-քիմիական կապը:

Հրաբխային շաքների հիդրավիլի հատկությունների ուսումնասիրման նեաեանքով ի հայտ է բերվում նրանց կիրաաման նարափարությունը, որակս հիդրավիլի հավելուլթ աղ հատկությունների լրիվ օգտապորժման համար բափաղալն խաանուրդը հանդիսանում է 20% շաքափոշու կիրաաումը ցեմենտի արտադրության մեղ: Իրա նեաեանքով Հայկական ՍՍԻ կաանա լրացուցիչ 60 ամնա ցեմենտ սաանց թրմման մախերի: