



Компания ПОЛИПЛАСТ®

Влияние минеральных добавок на свойства бетонной смеси и бетона

Руководитель УЦ
Кружалова С.Ю.

Минеральная добавка

дисперсный неорганический материал природного или техногенного происхождения, вводимый в бетонную или растворную смесь в процессе их приготовления в целях направленного регулирования их технологических свойств и/или строительно-технических свойств бетонов и/или придания им новых свойств.



Обзор минеральных добавок

Наименование	Получение	Марки	Производитель
Молотые доменные гранулированные шлаки	побочный продукт металлургического производства	-	Мечел (Челябинск)
Зола уноса	отход сжигания твердого топлива	-	Рефтинская ГЭС ЭнергоЗолоРесурс
Минеральный порошок	размалывание в мельницах шахтного типа известняка, доломита и мергеля	МП-1	
Микрокальцит/мрамор молотый/микромрамор	измельчение мрамора	Микарб 100-2 МК-100 КМ-100, КМ-60	Геоком (Калуга) Березовский мрамор КОЕЛГАМРАМОР
Микрокремнезем	отход производства кремния и ферросилиция при газоочистке печей	МК-65, МК-85, МКУ-65, МКУ-85.	НЛМЗ (Липецк)

Характеристики минеральных добавок

Наименование	Хим. состав	Удельная поверхность см ² /г	Свойства
Цемент	C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF	3000 - 4200	вяжущие
Молотый доменный шлак	силикатное стекло белит C_2S , геленит $2CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	3500 - 9000	вяжущие
Зола уноса	SiO_2 , Al_2O_3 , CaO	2000 - 4000	кислые - пуццолановые основные - пуццолановые и вяжущие
Минеральный порошок	SiO_2 , $CaCO_3$, $MgCO_3$	30000 - 50000	-
Микрокальцит	$CaCO_3$	5000 - 10000	-
Микрокремнезем	Аморфный SiO_2	160000-250000	пуццолановые

Шлак доменный. Историческая справка

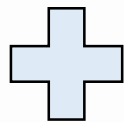
Шлак исторически был побочным продуктом металлургического производства. **Доменные печи** на рубеже XIX и XX веков выплавляли примерно **1 т** шлака на **1 т** чугуна. Большое количество шлака всегда вызывало проблему его утилизации. Он преимущественно вывозился в **отвалы**, где и накапливался. В настоящее время, благодаря развитию *обогащения* железных руд выход доменного шлака составляет 200—500 кг на 1 т чугуна.

Первое коммерческое использование гранулированного шлака относится примерно к 1859 году, когда его начали применять для производства кирпича. В второй половине 19 века были открыты **вяжущие** свойства граншлака и в конце 19 века он впервые был использован при производстве цемента.

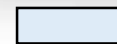
С конца 1950-х годов из доменного граншлака начали изготавливать молотый гранулированный шлак, который начали широко использовать **в производстве бетонов** в смеси с портландцементом.



Особенности бетона со шлаком



- снизить сырьевую себестоимость бетонной смеси путем замещения цемента,
- за счет медленного тепловыделения и плавного набора прочности бетонировать массивные конструкции,
- при использовании мелких песков позволяет снизить водоотделение в бетонной смеси,
- повысить морозостойкость для изделий подвергающихся ТВО,
- увеличить сульфатостойкость бетона,
- добиться улучшения качества поверхности,
- активизация при тепловлажностной обработке бетона.

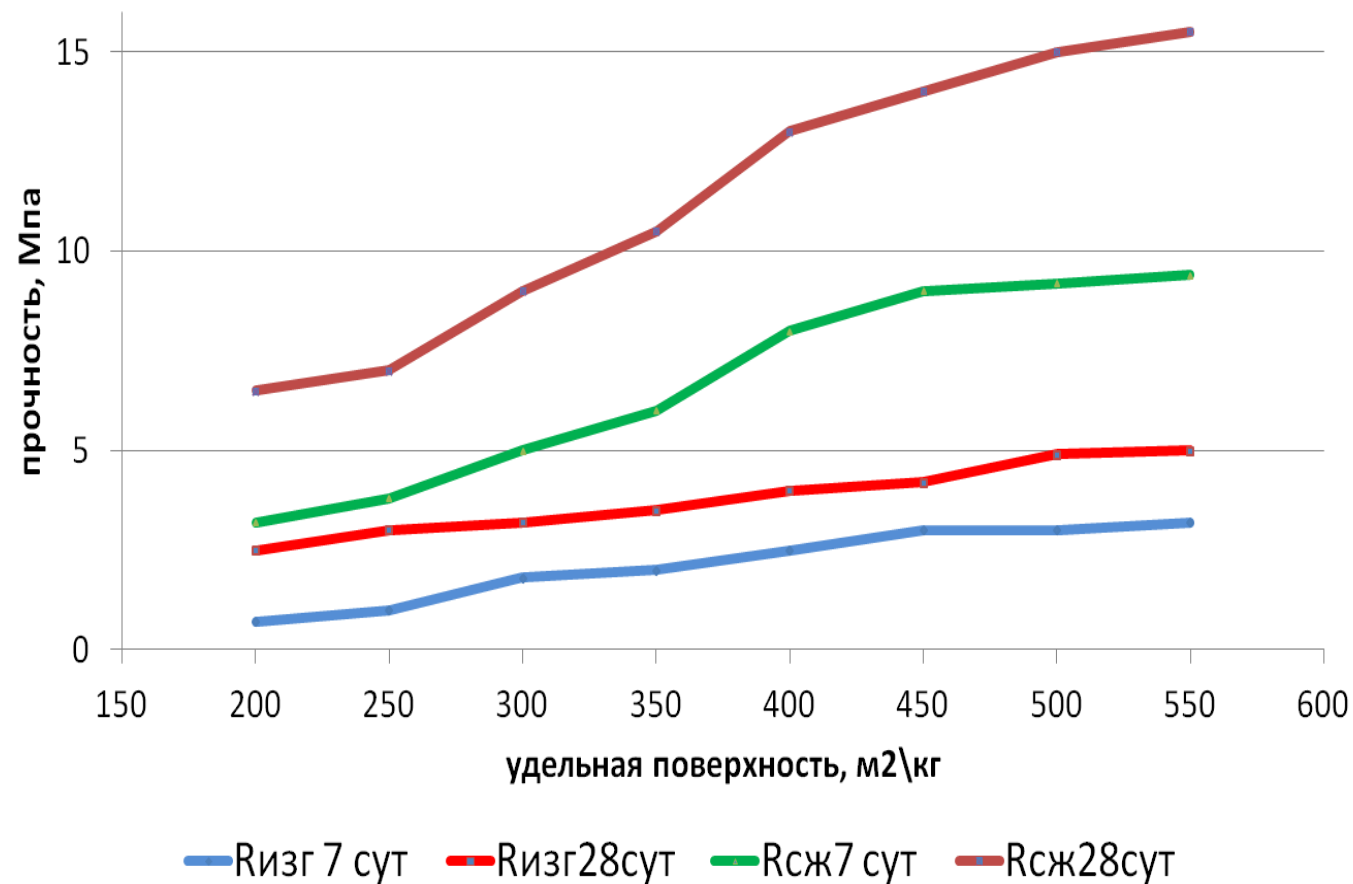


- медленно набирает прочность в ранние сроки (1-3 сут), в особенности при низких температурах,
- необходимо стабильное качество цемента,
- значительная водопотребность при высоких расходах и удельных поверхностях,
- при замещении большого объема цемента (40-70%) требуется особый контроль лаборатории,
- требуются дополнительные технологические вложения,
- цена молотого шлака.

Гидравлическая активность шлака зависит от:

- *Химического состава*
- *Структуры* (соотношения кристаллической и стекловидной фаз)
Грануляция способствует повышению гидравлической активности шлаков.
- *Удельной поверхности*

Активность шлака возрастает в случае *увеличения температуры* и в результате *щелочного или сульфатного воздействия*.



Доменный шлак

№	Наименовани е добавки	Цемент, кг	Шлак, кг	Песок, кг	Гравий, кг	Добавка от Ц+Ш, % т.в.	В/Ц (В/Т)	Осадка конуса, см		Прочность на сжатие	
								10 мин	60 мин	7 сут	28 сут
Бетон В 25. Материалы: Цемент ЦЕМ I 42,5 Н Азия Цемент, Песок Мкр=1,55-1,65, Гравий фр. 5-20 мм, Шлак Мечел											
1	Полипласт П-1	350	-	720	1110	1	0,54	23	15	23,7	33
2	Полипласт ПК	320	-	755	1110	0,85	0,51	24	22	27,2	38,3
3	Полипласт П-1	210	140 (40%)	730	1110	1	0,82 (0,49)	22	18	18,8	27,4
4	Полипласт ПК	210	140 (40%)	730	1110	0,85	0,65 (0,44)	24	23	26,2	33,9
5	Полипласт ПК	210	140 (40%)	730	1110	0,95	0,6 (0,36)	23	23	26,9	37,5

Доменный шлак

Цемент	Наименование добавки	Характеристики бетонной смеси							Прочность, МПа	
		Состав	В/Т	Д от Ц по с.в, %	ОК, см			ρ, кг/м³	7 сут	28 сут
					0 мин	60 мин	120 мин			
Щурово ЦЕМ II	Полипласт ПК	Ц-200 Ш-200	0,35	0,25	21	16	8	2360	31,6	44,5
Ферзиково ЦЕМ II	Полипласт ПК	Ц-200 Ш-200	0,35	0,2	24	20	13	2360	26,3	39,4
Хайдельберг ЦЕМ I	Полипласт ПК	Ц-320 Ш-80	0,35	0,7	20	20	19	2510	46,7	53,2
Хайдельберг ЦЕМ I	Полипласт ПК	Ц-136 Ш-264	0,64	0,4	73	70	55	2320	13,3	19,5

Добавки пуццоланического действия в бетоне



Зола уноса

№	Наименование добавки	Цемент, кг	Зола, кг	Песок, кг	Гравий, кг	Добавка, % т.в.	В/Ц	Осадка конуса, см	Прочность на сжатие	
									7 сут	28 сут
Бетон В 30. Материалы: Цемент ПЦ 500 Д0 Н Серебряковский, Песок Мкр=1,5 Майская Заря, Гравий фр. 5-20 мм Зола уноса Черепецкой ГРЭС НУ										
1	Линамикс СП 180	360	-	770	1050	1,2	0,53	21	29,2	38,3
2	Линамикс СП 180	350	20 (5,4%)	760	1050	1,2	0,49	25	32,3	39,1
3	Линамикс СП 180	320	20 (5,9%)	740	1080	1,2	0,53	22	34,9	40

Зола уноса

№	Наименование добавки	Цемент, кг	Зола, кг	Песок, кг	Гравий, кг	Добавка, % т.в.	В/Ц	Осадка конуса, см	Прочность на сжатие	
									7 сут	28 сут
Бетон В30 П5. Материалы: Цемент ЦЕМ I 42,5 Н Серебрянский, Песок Мкр=2 карьерный, Щебень гр. фр. 5-20 мм НУ										
1	Линамикс ПК	315	15 (4,5%)	945	950	1,0	0,5	24	34,6	46,5
Цемент Щурово ЦЕМ II/A – Ш 42,5 Н										
2	Полипласт ПК	423	47 (10%)			1,0	0,38	68 (P ₁₂₀ -63)	49,6	53
Бетон В25 Р6. Материалы: Цемент ЦЕМ I 42,5 Н Тулацемент, Песок Мкр=2,3 карьерный, Гравий фр. 3-10 мм ТВО										
3	Полипласт ПК	390	90 (19%)	860	860	0,67	0,55	73 (P ₆₀ -55)	25 (1сут)	42 (7сут)
Сравнительные испытания										
Новогуровский ЦЕМ II/A-Ш, Зола-Рязанская ГРЭС										
4	Полипласт ПК	350	25 (6,5%)			1,0	0,53	25		39,3
Новогуровский ЦЕМ II/A-Ш, Шлак – Мечел										
5	Полипласт ПК	350	25 (6,5%)			1,0	0,53	24		40,4

Микрокремнезем

Цемент	Наименование добавки	Характеристики бетонной смеси							Прочность, МПа	
		Состав	В/Т	Д от Ц по с.в, %	ОК/Р, см			ρ, кг/м³	7	28
					0 мин	60 мин	120 мин			
Новотроицк ЦЕМ I	Полипласт ПК	Ц-460 МК-40	0,35	0,7	73	72	66	2470	51,6	62,5
Хайдельберг ЦЕМ I	Полипласт ПК		0,35	0,7	72	65	65	2460	55,2	61,7
Хайдельберг ЦЕМ I	Полипласт ПК	Ц-430 МК-70	0,36	0,45	70	65	62	2360	45,1	53,9
			0,33	0,55	72	60	53	2400	62,2	74,5
Хайдельберг ПЦ 500	Полипласт СП-1	Ц-400 МК-40	0,46	1,1	24	23	20	2380	38,1	50,0
Хайдельберг ЦЕМ I	Полипласт ПК		0,41	0,5	25	26	26	2375	41,9	56,0
Хайдельберг ЦЕМ I	Полипласт СП-1	Ц-310 МК-5	0,54	0,8	20	18	16	2385	30,9	34,9

Инертные минеральные добавки в бетоне

**Особенности применения
инертных минеральных
добавок взамен части цемента**

Повышенная водопотребность и в некоторых случаях водоотделение бетонной смеси

Замедленное схватывание бетонной смеси

Замедленный набор прочности в раннем возрасте

Снижение морозостойкости и водонепроницаемости бетона

Минеральный порошок

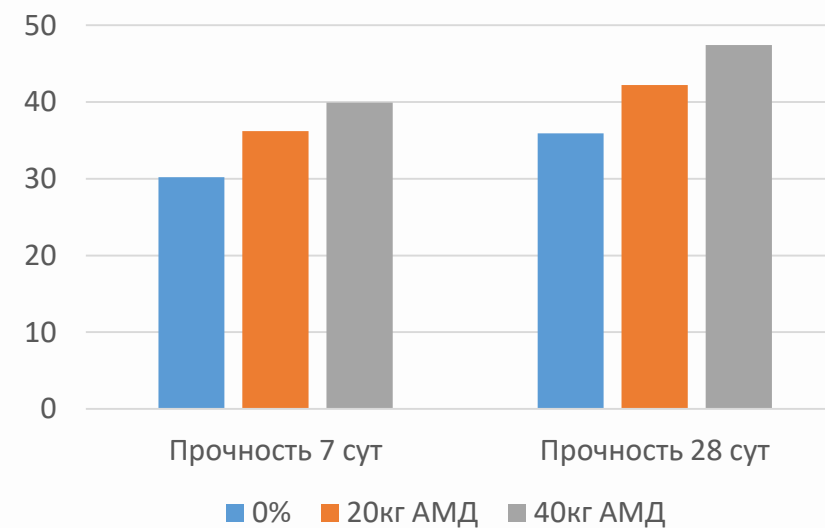
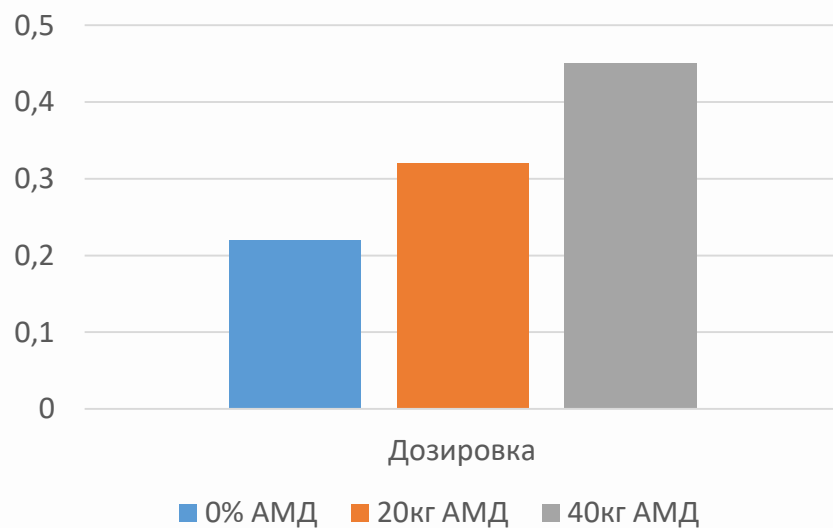
№	Наименование добавки	Цемент, кг	МП-1, кг	Песок, кг	Гравий, кг	Добавка, % т.в.	В/Ц	Осадка конуса, см	Прочность на сжатие	
									7 сут	28 сут
Бетон В 25 П4. Материалы: Цемент ЦЕМ I 52,5 Н Хайдельберг, Песок Мкр=2,0-2,1 Подгоренский, Гравий фр. 5-20 мм М800, Тульский известковый порошок										
1	Линамикс СП 180	290	30 (10%)	880	980	1,0	0,61	20	21	30,4
2	Линамикс ПК	290	30 (10%)	880	980	0,9	0,58	21	26,2	35,5
3	Криопласт Экстра	290	30 (10%)	880	980	1,3 Т.Б. (на -15 °С)	0,58	21	26	33
Бетон В 25 П5. Материалы: Цемент ЦЕМ I 42,5 Н Мордовский, Песок Мкр=2,4 карьерный, Гравий фр. 3-10, 5-20 мм М1000										
4	Линамикс ПК	265	21 (7%)	880	930	0,9	0,67	22	25,7	32,9

Сопоставление минеральных добавок

Цемент	Добавка	Характеристики бетонной смеси				Прочность на 28 сут, МПа
		Состав	В/Т	Д от Ц по с.в., %	Р, см	
Мальцы ПЦ 500	Полипласт СП-1	Ц-400 МП-80	0,42	1,4	64	32,6
		Ц-400 МКТ-80	0,42	1,4	63	34,6
		Ц-400 Ш-80	0,42	1,3	65	38,6

Увеличение дозировка пластификатора

Цемент	Добавка	Характеристики бетонной смеси						Прочность, МПа	
		Состав	В/Ц	Д от Ц по с.в., %	Р, см				
					0 мин	60 мин	120 мин	7 сут	28 сут
Хайдельберг ЦЕМ I	Полипласт ПК	Ц-350	0,54	0,22	21	12	-	30,2	35,9
		Ц-350 МК-20	0,54	0,32	21	16	8	36,2	42,2
		Ц-350 МК-40	0,54	0,45	21	17	15	39,9	47,4



Введение микронаполнителей к цементу

Наименование	Дозировка к цементу, %	Замена цемента
Молотый доменный шлак	5-20	10-70
Зола уноса	5-20	5-20
Минеральный порошок	5-20	5-10
Микрокальцит	10-25	5-10
Микрокремнезем	5-25	5-10

Наименование	Повышение		Недостатки
Молотый доменный шлак	сульфатостойкость прочность	Уплотнение структуры, повышение морозостойкости и водонепроницаемости, снижение высолотообразования	-
Зола уноса	сохраняемость прочность		Стабильность
Микрокремнезем	сохраняемость прочность		Пыление, сложность дозирования значительное увеличение дозировки СП
Минеральный порошок	-		Высокая водопотребность
Микрокальцит/микрограмор	-		Склонен к отдаче воды

Спасибо за внимание