

## БИТУМНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АРМАТУРЫ ОТ КОРРОЗИИ В СЛАНЦЕЗОЛЬНЫХ БЕТОНАХ

Н. ДИЛАКТОРСКИЙ,

доктор геолого-минералогических наук

Л. ОИТ

А. БЕЛЬЧЕНКО

Вопрос сохранности арматуры в сланцезольных бетонах для нашей республики, в особенности в связи с пуском новых заводов сланцезольных строительных материалов, имеет огромное значение.

Как показали исследования [3], составы антикоррозионных покрытий арматуры, рекомендуемых для применения в обычных бетонах [1, 2], не обеспечивают защиту арматуры от коррозии в сланцезольных бетонах.

Если защитное покрытие состава

портланд-цемент	— 100	вес. частей
нитрит натрия	— 10	„ „
казеин	— 5	„ „
вода	— 38—40	„ „

рекомендованное «Указаниями» НИИЖБ при толщине слоя не менее 0,5 мм хорошо защищает арматуру от коррозии в обычных бетонах, то для применения его в сланцезольных необходимо изменение как состава, так и толщины покрытия.

Причиной, вызывающей усиленную коррозию арматуры, являются сернокислые и хлористые соединения, присутствующие в сланцезольных бетонах [3].

Влияние ионов хлора и сульфата, возникающих в водном растворе при затворении вяжущего, на общий процесс коррозии арматуры состоит в том, что они разрушают защитную пленку окислов  $[Fe(OH)_2]$  на анодных участках поверхности металла, открывая доступ кислороду воздуха к катодным участкам, тем самым способствуют протеканию электрохимического процесса коррозии с кислородной деполяризацией.

Что касается влияния иона сульфидной серы на коррозию арматуры, то оно незначительно, и им можно пренебречь.

Поиски и испытания эффективных средств защиты арматуры от коррозии в сланцезольных бетонах проводились нами в двух направлениях: исследование защитных средств химического действия (ингибиторов коррозии) и защитных свойств изолирующих покрытий.

К группе защитных средств химического действия следует отнести и предварительную химическую обработку (пассивирование) поверхности арматуры.

Механизм действия ингибиторов коррозии состоит в том, что коррозионные процессы сильно замедляются или полностью приостанавливаются в результате взаимодействия химического вещества (ингибитора коррозии) с поверхностью металла.

Из всех испытанных нами химических средств защиты арматуры от коррозии в сланцезольных бетонах —  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{BaCrO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  — наилучшие результаты показал нитрит натрия как в составе покрытия, так и введенный в общую массу бетона.

Нитрит натрия, добавленный в общую массу плотного бетона в количестве 3% от веса вяжущего, полностью предохраняет арматуру от коррозии.

При введении 4% нитрита в общую массу пенобетона после двухлетнего срока хранения в камере для ускоренных испытаний (соответствует 10—12 годам хранения в естественных условиях) заметна незначительная коррозия, которая практического влияния на работу арматуры оказать не может.

Однако введение таких количеств нитрита натрия в общую массу бетона обходится дорого, поэтому его обычно применяют в составе защитных покрытий, стоимость которых примерно в 6 раз меньше.

Нитрит натрия, введенный в состав покрытия в количестве 40 весовых частей на 100 весовых частей портланд-цемента при толщине слоя покрытия 1 мм, полностью защищает арматуру от коррозии. Вместе с тем необходимо отметить, что цементно-нитритное покрытие обладает существенными технологическими недостатками: в условиях производства оно плохо выдерживает удары и тряску при транспортировке и укладке каркасов в формы, требует особого внимания при высушивании каркасов, покрытых слоем обмазки.

Защитное действие изолирующих покрытий заключается в том, что они образуют диэлектрический слой между поверхностью арматуры и агрессивной средой и создают преграду для проникновения водных растворов электролитов и кислорода воздуха к поверхности арматуры.

В течение 1959—1961 гг. нами были проверены защитные свойства в среде сланцезольного бетона следующих изолирующих покрытий: лакокрасочных, высокополимерных композиций и покрытий на основе нефтяных и сланцевых битумов.

Установлено, что ни лакокрасочные, ни смоляные покрытия не способны защищать арматуру от коррозии в сланцезольных бетонах.

Хорошую защиту дают фенольные полимеры типа клеев БФ-2 и БФ-6, но после затвердевания (полимеризации) сцепление их с бетоном практически отсутствует. Исследования по улучшению сцепления покрытия с бетоном нами не проводились.

Высокое сцепление с бетоном дают пластмассовые покрытия на основе полистирола, но они недостаточно защищают арматуру от коррозии.

Сравнительно хорошую защиту арматуры от коррозии в сланцезольных бетонах дает так называемое холодное битумное покрытие (табл. 1), необходимая вязкость которого достигается путем растворения нефтяного битума марки БН-V каким-либо органическим растворителем (бензином, толуодом, бензолом и др.). В качестве наполнителя обычно применяют портланд-цемент, который вводится в растворенный битум в количестве 4—6 весовых частей на одну весовую часть сухого битума.

Существенным недостатком холодного битумного покрытия является необходимость его высушивания в течение продолжительного времени (10—15 часов в естественных условиях), в связи с чем требуются большие производственные площади, оборудование для сушки и удаления паров высушающего растворителя.

Однако основным недостатком холодного битумного покрытия для применения его в условиях производства следует считать токсичность, воспламеняемость и взрывоопасность растворителей.

Битумно-глинистые пасты (табл. 1) по своим защитным свойствам стоят ниже холодного битумного покрытия. Битумно-глинистая паста № 2 составлялась по рецептуре кандидата технических наук Соколовича В. Е. [2]. Для остальных составов применялись как нефтяные, так и сланцевые битумы различных марок.

Добавление нитритного или хроматного ингибиторов в состав пасты, рекомендуемой Соколовичем, несколько улучшает ее защитные свойства. При добавлении фосфатного ингибитора защитные свойства битумно-глинистой пасты ухудшаются.

Таблица 1

Противокоррозионные свойства битумных покрытий в сланцезольных ячеистых бетонах после полугодового хранения образцов в камере для ускоренных испытаний

№ состава	Состав покрытия	Весовые части	Корродированная поверхность стержня, %	Потери веса, г/м <sup>2</sup>	Скорость коррозии, г/м <sup>2</sup> .год	Примечание	
	Наименование материала						
I	II	III	IV	V	VI	VII	
	<b>Холодные битумные покрытия</b>						
1	Битум нефтяной марки БН-V	1	2,82	9,15	6,10	Указанные составы испытаны также НИЖБом и рекомендуются для защиты арматуры в известково-песчаном ячеистом бетоне [1]	
	Портланд-цемент	4					
	Растворитель (бензин)	1,15					
2	Битум нефтяной марки БН-V	1	1,67	6,32	4,2		
	Портланд-цемент	6					
	Растворитель (бензин)	1,7					
	<b>Битумно-глинистые пасты</b>						
1	Битум нефтяной марки БН-V	80	40	226,06	151,0		
	Глина тощая (карьер Азери)	39					
	Глина жирная (карьер Пыльва)	3					
	Вода	50					
2	Битум нефтяной марки БН-V	40	50	167,50	111,60		
	Битум нефтяной марки БН-III	40					
	Остальное по рецептуре первого состава						
3	Битум нефтяной марки БН-V	40	40	234,38	156,60		
	Битум сланцевый марки БС-III	40					
	Остальное по рецептуре первого состава						
4	Битум сланцевой марки БС-V	40	13,14	133,27	88,80		
	Битум сланцевый марки БС-III	40					
	Остальное по рецептуре первого состава						
5	Битум сланцевый марки БС-V	80	27,91	121,00	80,60		
	Остальное по рецептуре первого состава						
	<b>Битумно-глинистые пасты, содержащие ингибиторы</b>						
1	Ингибитор — NaNO <sub>2</sub>	10	25,5	176,0	117,30	Состав отвечает битумно-глинистой пасте № 2	
2	„ „	20	19,6	48,25	32,10		
3	„ „	10	—	77,38	51,50		
4	„ „ BaCrO <sub>4</sub>	20	—	78,98	52,60		
5	„ „ (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	5	100	192,18	128,30		
6	„ „	10	100	393,79	262,10		

Продолжение таблицы 1

I	II	III	IV	V	VI	VII
1	Битумно-известковые пасты					
	Битум нефтяной марки БН-V	20	0,6	2,41	2,89	Данные приведены для образцов десяти-месячного хранения в камере для ускоренных испытаний
	Битум нефтяной марки БН-III	20				
	Известь гашеная	18				
	Вода	50				

Щелочная битумно-известковая паста имеет лучшие защитные свойства, чем битумно-глинистые пасты.

Из всех изолирующих покрытий, испытанных нами, наилучшие результаты защиты арматуры от коррозии в сланцевольных бетонах показало горячее битумное покрытие. Если для холодного битумного покрытия необходимая вязкость смеси получается при помощи летучего растворителя, то для горячего она достигается путем нагрева смеси битума с наполнителем до температуры 140—150° С.

Для определения защитных свойств горячего битумного покрытия было испытано 18 различных смесей, в состав которых входили нефтяной или сланцевый битум марки V и тонкомолотый песок или портланд-цемент.

Таблица 2

Противокоррозионные свойства горячих битумных покрытий после полугодового хранения образцов

Состав покрытия в весовых частях				Корродированная поверхность стержня, %	Потери веса, г/м <sup>2</sup>	Скорость коррозии, г/м <sup>2</sup> год
Битум		Наполнитель				
Нефтяной	Сланцевый	Песок	Портланд-цемент			
1	0	0	0	21,49	39,09	26,06
1	0	0,25	0	36,28	60,35	40,23
1	0	0,50	0	38,00	61,67	41,11
1	0	0,75	0	48,40	90,73	60,49
1	0	1,0	0	44,00	82,84	51,23
1	0	0	0,25	18,30	48,87	32,58
1	0	0	0,50	10,10	64,23	42,82
1	0	0	0,75	7,66	33,48	22,32
1	0	0	2,0	13,76	31,45	20,97
0	1	0	0	2,05	14,52	9,70
0	1	0,5	0	3,49	29,17	19,45
0	1	0,75	0	3,94	10,97	7,31
0	1	1	0	6,41	7,68	5,12
0	1	2	0	0,88	1,10	0,73
0	1	0	1	1,80	2,07	1,38
0	1	0	2	0	0	0
0	1	0	2,5	0	0	0
0	1	0	3	0	0	0

Выяснилось, что защитные свойства сланцевого битума марки V оказались более высокими, чем у нефтяного битума той же марки (табл. 2). Сланцевый битум в процессе гидротермальной обработки частично диффундирует в массу бетона и тем самым

увеличивает толщину диэлектрического слоя в 3—5 раз по сравнению с первоначальной толщиной. Нефтяной битум такого эффекта не дает. Вопрос о пригодности нефтяных битумов, обладающих другими свойствами требует дальнейших исследований.

Портланд-цемент, как наполнитель, повышает защитные свойства битумного покрытия. С увеличением его относительного содержания коррозия уменьшается и, наконец, при соотношении веса битума к весу портланд-цемента 1:2 коррозия полностью прекращается. Преимущество портланд-цемента по сравнению с песком состоит в том, что он способен вступать в реакцию с водяными парами, проникающими через толщу покрытия в процессе автоклавной обработки.

С практической точки зрения к покрытию, кроме защитных свойств, предъявляются требования сцепления с арматурой и с бетоном. Сцепление горячего битумного покрытия возрастает с увеличением количества вводимого в смесь портланд-цемента. Мы установили, что для горячего битумного покрытия предельное отношение веса битума к весу наполнителя должно быть не более 1:2,5, так как при дальнейшем увеличении веса наполнителя смесь получается очень вязкой и погружение арматуры вызывает определенные трудности, при этом величина сцепления арматуры с бетоном, при котором происходит разрушение покрытия, составляет 9—10 кг/см<sup>2</sup> (напряжение сдвига).

При указанном соотношении компонентов и температуре смеси 140—150°С обеспечивается вязкость, удобная для окунания арматуры в смесь. Величина вязкости находится в пределах 200—250 пуаз. Необходимая толщина покрытия ( $0,8 \pm 0,2$  мм) получается однократным окунанием арматурного каркаса в ванну.

Исследования показали, что при длительном нагревании битумной смеси происходит увеличение ее вязкости из-за постепенного роста температуры размягчения нагреваемого битума. Установлено также, что при непрерывном нагревании смеси, состоящей из сланцевого битума марки IV, имеющего начальную температуру размягчения 50—55°С, с портланд-цементом в соотношении 1:2 в течение 15 суток при температуре 140—150°С заметных изменений вязкости смеси не происходит. Испытания на коррозию смеси, указанного состава, также показали хорошие результаты.

Таким образом, для защиты арматуры в сланцезольных бетонах мы рекомендуем следующий состав горячего битумного покрытия:

сланцевый битум марки IV (БС-IV) с температурой размягчения 50—55°С — 1 весовая часть;

портланд-цемент марки «400» или «500» — 2 весовые части.

По сравнению с существующими указанное покрытие имеет ряд преимуществ, упрощающих и ускоряющих в производственных условиях операции нанесения его на поверхность арматуры:

- 1) покрытие не требует сушки;
- 2) каркасы после окунания могут заливаться бетоном через 5—6 минут, необходимых для затвердевания битума;
- 3) покрытие хорошо выдерживает ударную нагрузку при транспортировке и укладке каркасов в формы;
- 4) покрытие обволакивает арматуру слоем одинаковой толщины;
- 5) при окунании в горячую смесь с поверхности арматуры удаляется пленка влаги;
- 6) в составе покрытия отсутствуют испаряющиеся или воспламеняющиеся растворители.

## Выводы

1. Полную защиту арматуры от коррозии в сланцезольных ячеистых и плотных бетонах обеспечивает сланцебитумное горячее покрытие с портланд-цементным наполнителем при соотношении битума к наполнителю 1:2.

2. Необходимая толщина покрытия ( $0,8 \pm 0,2$ ) получается при однократном окутывании каркасов в ванну со смесью, имеющей температуру  $140-150^\circ\text{C}$ .

3. По сравнению с существующими горячее битумное покрытие имеет ряд преимуществ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Указания по защите арматуры железобетонных конструкций от коррозии, (НИИЖБ), Гос. изд. литературы по строительству и архитектуре и строительным материалам, М., 1960
2. Указание на приготовление антикоррозионных битумноглинистых паст и способ их нанесения на арматурные каркасы, предназначенные для армирования изделий из ячеистых бетонов. Изд. Моск. филиала Ин-та «Оргэнергострой», 1960.
3. Л. Ойт, Н. Дилакторский, А. Бельченко, Причины коррозии арматуры в сланцезольных бетонах, Изв. АН ЭССР, сер. физ.-мат. и техн. наук, т. XI, № 3, 1962.

Институт строительства и строительных материалов  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
19. IV 1962

### BITUUMSED KATTED ARMATUURI KAITSEKS KORROSIONI VASTU PÖLVKIVITUHKBETONIS

N. Dilaktorski,  
geoloogia-mineraloogia doktor

L. Oit, A. Beltšenko

#### Resüme

Katsed näitasid, et nii korrosiooni vastu kui ka tehnoloogiliselt osutus parimaks  $0,8 \pm 0,2$  mm paksune kuum bituumenkate, mis koosnes bituumenist (põlevkivi mark БС-IV) ja portlandtsemendist, vahekorras 1 : 2.

Suhteliselt heade kaitseomadustega oli ka külm bituumenkate, mis koosnes bituumenist (nafta mark БН-V) ja portlandtsemendist, vahekorras 1 : 4 või 1 : 6. Külma bituumensegu viskoossust reguleeritakse aga orgaaniliste lahustitega, mis oma toksilisuse ning tule- ja plahvatusohtlikkusega raskendavad külma bituumenkatte kasutamist tööstuses.

Bituumensavi-pastad eri variatsioonides (nii inhibiitorisisaldusega kui ka ilma) kaitsevad armatuuri korrosiooni vastu halvemini kui kuum või külm bituumenkate.

Bituumenlubi-pasta, mis on küll paremate kaitseomadustega kui bituumensavi-pastad, jääb selles osas siiski maha kuumast bituumenkattest.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Ehituse ja Ehitusmaterjalide Instituut

Saabus toimetusse  
19. IV 1962

### SCHUTZEIGENSCHAFTEN VON BITUMENDECKUNGEN AUF ARMIERUNGEN DES BRENNSTOFFASCHEN-BETONS

N. Dilaktorski, L. Oit, A. Beltschenko

#### Zusammenfassung

Im Artikel werden Möglichkeiten betrachtet, die Armierung im Brennstoffaschen-Beton durch isolierende Bitumendeckungen gegen Rost zu schützen.

Das Versuchsmaterial bezeugt, dass von den angewandten Schutzmitteln, — sowohl hinsichtlich des Korrosionsschutzes, als auch der Technologie — die heisse  $0,8 \pm 0,2$  mm

dicke Bitumendeckung sich besonders gut bewährte. Sie bestand aus Brennstoffbitumen (Marke BC-IV) und Portlandzement im Verhältnis von 1 : 2.

Relativ guten Schutz gewährleistete auch die kalte Bitumendeckung (Verhältnis 1 : 4 und 1 : 6).

Die Regulierung der Viskosität der kalten Bitumenmischung erfolgt durch organische Lösemittel, deren Feuergefährlichkeit und Explosivität aber die Anwendung dieser Mischung im Betriebe erschwert.

Die Bitumen-Lehm Pasten verschiedener Zusammensetzung, mit oder ohne Inhibitoren-Gehalt, schützen die Armierung weniger gut als es die heisse und die kalte Bitumendeckung tun.

Die Bitumen-Kalk Paste hat zwar bessere Schutzeigenschaften als die Bitumen-Lehm Pasten, ist aber schlechter als die heisse Bitumendeckung.

*Institut für Bauwesen und Baumaterialien  
der Akademie der Wissenschaften der Estnischen SSR*

Eingegangen  
am 19. April 1962