

Александр Бёль

**К ВОПРОСУ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБОЛОЧЕК
ГРАДИРЕН**

**Опыт строительства, эксплуатации и ремонта
градирен в Германии**

К ВОПРОСУ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОБОЛОЧЕК ГРАДИРЕН

Опыт строительства, эксплуатации и ремонта градирен в Германии

Александр Бель, AB Projektmanagement

Современные высокие градирни интересны как образец и символ взыскательной статистики и оригинальной архитектуры. В связи с отдельными серьезными разрушениями градирен в 60-70 годы прошедшего столетия при проектировании новых сооружений и ремонте старых на переднем плане стоят теперь не только вопросы статических и динамических нагрузок, обеспечения устойчивости сооружений, но и вопросы их долговечности, обеспечения и контроля качества в процессе строительства или ремонта.

Детальное рассмотрение этих сооружений выявляет существенные нагрузки на отдельные элементы градирни, отражающиеся на долговечности сооружений.

Анализ наступавших ранее разрушений показывал необходимость поиска и дальнейшей оптимизации в вопросах составов бетона, обеспечения необходимой толщины защитного слоя арматуры, дополнительной защиты поверхности бетона, ограничения раскрытия трещин и др.

Так при строительстве градирни IV блока тепловой станции в г. Герне было решено применять в составе бетона золу-унос в количестве 80кг/м³ бетона при расходе цемента 320 кг/м³. Специально проведенные в связи с этим намерением исследования показали возможность улучшения долговечности бетона введением золы, за счет повышения плотности его приповерхностного слоя и тем самым уменьшения глубины проникновения в него воды, уменьшение экзотермии бетона и улучшение обрабатываемости бетонной смеси.

Известно применение золы в аналогичных рецептурах бетона в Англии, где однако причиной применения золы являлось

желание снизить стоимость бетона, а вопрос долговечности не исследовался.

Сегодня можно считать, что обеспечение достаточной толщины защитного слоя арматуры бетона и в связи с этим качественной укладки и уплотнения бетона стало нормой для проектировщиков и строителей. Немецкие нормы предписывают толщину защитного слоя в 30+50 мм и допускают толщину стенки градирни минимум 16см. Известны примеры, когда только принимая во внимание необходимость обеспечения качественной укладки и уплотнения бетона принималось решение увеличить толщину стенки градирни.

Некоторые сооружения, в силу правильно выбранной рецептуры, хорошей удобоукладываемости бетона и качественной укладки и уплотнения бетона, имеют оболочку градирни прослужившую более 20 лет без существенных разрушений. В кругах специалистов считается, что предпосылкой этому служит качественный и последовательный уход за бетоном с момента его распалубки. Поливка бетона водой и уход обычными средствами по уходу за бетоном на основе воска, считаются недостаточными.

Специалистами рекомендуется применение акрило-виниловых смол и подобные им составы, обеспечивающие длительный уход за бетоном и тем самым создание плотной и долговечной структуры.

Последние десятилетия в Германии активно строились установки очистки дымовых газов тепловых станций. Очищенные дымовые газы направляют при этом в градирни, что повышает химическую коррозию бетона и требует дополнительных мер его защиты.

Градирня электростанции Ваер III была построена в 1974/75 годах и в 1987/88 годах

перестроена на прием дымовых газов. В связи с ожидаемым повышением коррозионного воздействия этих газов было запланировано в составе ремонта защитить внутреннюю поверхность оболочки полимерным материалом. Перед нанесением полимерного покрытия поверхность бетона была очищена до обнажения заполнителя водяной струей высокого давления. Покрытие состояло из трех слоев 2-х компонентного эпоксидного материала, включающего растворитель. Первый слой грунтовки из бесцветного эпоксидного материала не восприимчивый к влаге, дальнейшие 2 слоя из окрашенного эпоксидного материала. Общий расход материала составил прим. 1,5 кг/м².

Перед нанесением полимерных покрытий рекомендуют выровнять поверхность бетона с заполнением пор и недоуплотненных участков минеральной, на основе цемента и модифицированной полимерными добавками шпаклевкой, наносимой например набрызгом.

Следует наверное упомянуть некоторые важные, но в общем-то известные требования к основаниям при работе с полимерными покрытиями: основание должно быть чистым, свободным от материалов препятствующих адгезии и к примеру подготовлено промывкой, пескоструйкой и др., основание должно иметь влажность ниже 4%, прочность поверхности на отрыв должна быть выше 1,5 МПа, нанесение покрытия допускается при температурах выше 8°C, температура основания к моменту нанесения покрытия должна быть не ниже температуры точки росы. Важен учет и прочих предписаний для конкретного материала от производителя.

Применявшиеся ранее 2-х компонентные полимерные покрытия имеют высокую стойкость к химической коррозии, однако дороги и отличаются высокой хрупкостью. Поведение бетона и такого полимерного покрытия имеют существенные различия. Бетон в зависимости от его влажности набухает или дает усадку, под воздействием

температур расширяется или сокращается и в особенности в зонах микротрещин и трещин. От хрупкого, высокопрочного и плотного полимерного покрытия этого не возможно ожидать. Тем самым трудно ожидать и необходимую совместную работу этих материалов. Исключением может быть случай, когда влажность бетона минимальна и не изменяется во времени, а полимерный материал эластичен и способен следовать температурному расширению/ сокращению бетона. Однако создать это состояние в бетоне на практике и выдержать его до полного завершения работ по нанесению покрытия задача не легкая.

Осторожность в выборе полимерного покрытия рекомендуется особенно в связи с тем, что его температурный коэффициент расширения может быть существенно выше чем у бетона. Напряжения в контактной зоне, возникающие в таком случае при изменении температур, называются причиной отслаивания покрытия. Особенностью при этом является отслоение покрытия не непосредственно в контактной зоне, а с учетом высокой адгезии полимера к бетону и высокой его прочности, в прилегающем к ней бетоне.

Для сооружений работающих в условиях переменных температур и высокой влажности и в особенности в регионах где требования к морозостойкости особенно высоки (F200-F500) контактная зона полимер-бетон подвержена высоким нагрузкам, могущем быстро вызвать отслоение полимерного слоя.

Зима в Германии относительно мягкая. Это отражается в низких требованиях к материалам по долговечности и, в частности, по морозостойкости. Типичными требованиями по морозостойкости здесь являются 25, 50, максимум 100 циклов, а температуры зимой очень редко достигают -15, -20°C.

Для стран и регионов, где климатические условия значительно суровее и требования к материалам по морозостойкости соответственно значительно выше,

представляется необходимым поиск решений, базирующихся на богатом опыте исследования и производства материалов высокой морозостойкости отечественных специалистов и применении в обоснованных случаях материалов и прогрессивных решений западно-европейских фирм и специалистов.

Качество производства работ, подходящие погодные условия, состояние поверхности основания (по влажности, шероховатости, доступности капилляров и пор) могут оказать определяющее влияние на стойкость покрытия.

К примеру, при строительстве электростанции Фёлклинген, как и на станции Ваер III, была предусмотрена подача очищенных дымовых газов в градирню. В связи с этим внутренняя поверхность оболочки была покрыта 2-х компонентным эпоксидным материалом: слоем не окрашенной грунтовки и двумя слоями окрашенного покрытия. Начало нанесения покрытия - через день после распалубки бетона. Через 2 года часть покрытия выше грунтовки отслоилась, а несколько позже на этих же участках была установлена коррозия бетона. Отслоение покрытия от грунтовки только на ограниченном участке оболочки может свидетельствовать о возможном негативном влиянии погодных условий или неудовлетворительном качестве производства работ.

Этот пример из практики показывает также невозможность обеспечения химической защиты бетона только одним тонким слоем покрытия, таким как слой грунтовки.

При определенных погодных условиях поднимающийся из градирен пар может тут же опускаться вниз воздействуя на наружную оболочку градирни. В подобном случае они подвергаются покраске однокомпонентными "дышащими" полимерцементными или полимерными материалами, применение которых себя хорошо зарекомендовало и на других сооружениях, как например, железобетонных мостовых конструкциях (по немецкой системе ZTV- SIB: OS-B; OS-C). Такая

обработка наружной поверхности представляется необходимой и при более суровых климатических условиях с большим количеством циклов замораживания-оттаивания.

Этого типа лакокрасочные материалы дешевле 2-х компонентных эпоксидных составов и проще в работе.

Пары воды пропускаются ими из бетона, а гидроизолирующий эффект препятствует насыщению бетона влагой и образованию критической, с точки зрения замораживания, концентрации влаги в бетоне.

Известны составы, включающие минеральные вяжущие, которые обладая гидроизолирующим эффектом одновременно достаточно эластичны, имеют высокое удлинение разрыва и способны перекрывать трещины при температурах до -20°C, например материалы по немецкой системе ZTV- SIB (OS-DI; OS-DII) фирмы Пагель.

Высокая стоимость полимерных покрытий, сложность и трудоемкость проведения работ заставляют вести поиск альтернативных решений даже для случаев наличия среды химической коррозии.

Другим, новым и актуальным способом обеспечения долговечности градирен, в особенности, в смысле стойкости к химической коррозии, является применение так называемых особовысокопрочных, особовысокоплотных, осободолговечных и в определенном смысле химически стойких бетонов, называемых также бетонами ультравысокой прочности, плотности...

Вариант такого бетона был исследован в техническом университете Берлина и отработан для практического применения строительной фирмой Хаиткамп и ею же применен при строительстве новой, высотой 200м, в диаметре 86/136м и проходом воды примерно 91000м³/ч градирни станции Нидераусем под Кёльном.

Особенностями состава этого бетона являются: низкое содержание вяжущего-350кг/м³, применение кварцевого песка 0,1/0,6мм, применение микрокремнезема-

7%, прерывистая линия просеивания заполнителя с содержанием зерна 2-8мм - 15%, применение 3,0-3,5% суперпластификатора нового поколения на основе поликарбоксилата. Из условия статических нагрузок был бы достаточным бетон марки по прочности В35. Необходимость обеспечения требования по кислотостойкости бетона и выбранные для этого параметры состава бетона обусловили прочность бетона В85. Достигнутую кислотостойкость бетона связывают с его высокой плотностью (низким В/Ц), пониженным содержанием гидроокиси кальция, оптимальным зерновым составом заполнителя и вяжущего.

Достигнутый на сегодняшний день высокий технический уровень (для Германии) решений в области строительства градирен и соответственно их долговечности, связан с постоянным стремлением заказчика и пользователя объектом, снизить до минимума расходы на ремонты и связанные

с этим потери прибыли, его готовностью поиска новых, еще более оптимальных решений, а также готовностью их опробовать и вкладывать в них средства.

Литература

1. Bericht. Kühltürme 1991 - Stand der Entwicklung. Bau und Instandsetzung von Kühltürmen. Beton 10/91, S.504-509
2. Rudolph, W., Bergmann, M.: Dauerhaftigkeit im Vordergrund. Beton 6/91, S.273-276
3. Lohaus, L.: Umweltschutz mit Beton. Ertüchtigung von Betonbauwerken. Beton 6/90, S.235-239
4. Budnik, J., Starkmann, U.: Der Naturzugkühlturm Niederaußem. Beton 10/99, s.548-553
5. Breitenbücher, R.: Hochleistungsbeton- Neue Anwendungsmöglichkeiten. Zement-Beton (1996) H.1, S. 8-15
6. Hüttl, R., Hillemeier, B.: Hochleistungsbeton- Beispiel Säureresistenz. BFT 1/2000, S.52-60
7. Neisecke, J. Instandsetzugsmörtel nach ZTV-SIB, Einsatzgebiete und Entwicklungstendenzen. SICOTAN, Band 3, 1997