

а средние квадратичные значения

$$\sigma_{\dot{\varphi}} = \frac{M_1}{I_M \omega_1} \sqrt{\frac{2h\omega_1 + v^2 + 17\omega_1^2}{40\omega_1 h}}; \quad \sigma_p = \frac{M_1 V_M}{40I_M \omega_1} \sqrt{\frac{1 + 17(\omega_1/v)^2}{\omega_1 h}}. \quad (10)$$

В нашем случае $\sigma_p = 210 \text{ Н/см}^2 = 2,1 \text{ МПа}$; $\sigma_{\dot{\varphi}} = 13 \text{ с}^{-1}$, $\sigma_z = 4\sigma_{\dot{\varphi}} = 52 \text{ см/с} \approx 0,5 \text{ м/с}$.

Среднее динамическое давление получено близким к равновесному $p_0 = 2,6 \text{ МПа}$. Максимальное давление в приводе по закону трех сигм $p_M = p_0 + 3\sigma_p \approx 9 \text{ МПа}$. Средний разброс скорости протяжки $\sigma_z \approx 0,5 \text{ м/с}$ меньше равновесной $v = 1,2 \text{ м/с}$, а максимальный $3\sigma_z \approx 1,5 \text{ м/с}$ — на уровне исходной. Средний разброс скорости торможения дерева $v \pm \sigma_z$ равен $0,7 \dots 1,7 \text{ м/с}$, а максимальный $v \pm 3\sigma_z = 0 \dots 2,7 \text{ м/с}$. Вероятность смены знака скорости весьма мала. Более того, она сопровождается мощным релейным трением рябук и резцов, ограничивающим колебания дерева в пределах $\dot{Z} \geq 0$. Тем не менее колебаниями начальной скорости v_0 торможения обуславливаются различия в длине тормозного пути.

Из решений (10) следует, что при $h = k_0/(2e) = 0$ $\sigma_p = \sigma_{\dot{\varphi}} = \infty$. С увеличением диссипации h в n раз амплитуды давления и скорости снижаются в \sqrt{n} раз. Утечки жидкости k_0 , в том числе через дроссель, повышают диссипацию и уменьшают скорость протяжки и кпд привода. Включение гидроаккумулятора с дросселированием жидкости приводит к увеличению как гашения, так и податливости. Скорость протяжки ограничивается сверху $v \leq 1 \text{ м/с}$ по условию снижения кинетической энергии при торможении. Она ограничивается и снизу по условию исключения резонирующих явлений:

$$v \neq k\omega_1; \quad v \leq 0,5\omega_1 = \pi v/l_T; \quad v \geq v l_T/\pi = 0,7 \text{ м/с}. \quad (11)$$

Поэтому при высокой собственной частоте системы $v \gg 20 \text{ с}^{-1}$ податливость гидропривода следует увеличивать за счет податливости гидроаккумулятора.

Выводы

Сопrotивление срезанию мутовок можно аппроксимировать периодическими прямоугольными импульсами, разложением в ряд Фурье (2) или спектральной плотностью (6) случайного процесса. Дисперсии скорости протяжки и давления в гидроприводе (10) определяют качество его функционирования и рациональные параметры. Флуктуационная часть стационарного процесса протяжки (8) соизмерима с регулярной (7) и ограничивает податливость гидропривода $v \leq 20 \text{ с}^{-1}$ (11) при возможном максимуме диссипации $v = h/v = k_0 (2ev)^{-1}$.

Поступила 1 марта 1991 г.

УДК 630* 81 + 691.54

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА СЦЕПЛЕНИЯ КОРЫ С ЦЕМЕНТОМ

В. И. БЫЗОВ, П. В. БЫЗОВ, В. В. ЮШКОВ

Марийский политехнический институт

Исследования технологических особенностей производства коробетона показывают, что основные потребительские свойства этого строи-

тельного материала зависят от взаимодействия коры со связующим. В нашей стране и за рубежом в качестве основного связующего при производстве арболита, деревобетона и коробетона применяют портландцемент различных марок. Чем выше марка цемента, тем прочнее бетон. Однако применение цемента марок 500 и 600 приводит к значительному удорожанию строительного материала, поэтому в последние годы идут активные поиски заменителей связующего.

В Марийском политехническом институте в целях интенсификации производства строительных блоков, снижения их массы и повышения прочности ведутся работы по совершенствованию технологии изготовления коробетона. Они имеют три направления:

- 1) совершенствование конструкции блоков для облегчения монтажных работ;
- 2) изыскание заменителей цемента и песка для снижения плотности и стоимости коробетона;
- 3) улучшение механизма схватывания коры со связующим для снижения расхода цемента и сокращения времени выдержки до распалубочной прочности.

В статье рассматривается третье направление. Схватывание коры с цементом улучшается за счет применения минерализаторов. В наших опытах минерализаторами были известковое молоко (CaOH_2) и хлористый кальций (CaCl_2). Установлено, что, наряду с улучшением сцепления коры с цементом, они снижают время достижения распалубочной прочности. Например, при использовании 3...7 % (по массе) известпущенки это время сокращается с 48 до 8 ч.

Для изучения механизма сцепления коры со связующим был применен микроанализ переходной зоны коры — цемент в образцах из коробетонного камня. Марка коробетона 20, плотность 0,70...0,75. Массовое соотношение коры и цемента, а также воды и песка 1:1. Минерализатор составлял около 5 % массы коры. Во всех опытах использовали портландцемент марки 400. Более подробно рецептура коробетона описана в работе [1].

Методика предусматривала фотографирование элементов камня с помощью электронного полного аналитического микроскопа «TEM SCAN 100 с X JEOL» при большом увеличении. Образцы брали в приграничной зоне коры — цемент с присадками и заменителями цемента. Анализ снимков микроструктуры приграничных зон, образованных цементом без присадок и минерализаторов и с минерализаторами (и другими присадками) позволяет косвенно объяснить механизм сцепления и выбрать оптимальную рецептуру.

Физико-механические и другие потребительские свойства коробетона изучали на стандартных образцах $150 \times 150 \times 150$ мм по стандартным методикам [1]. При периодическом взвешивании образцов в течение 28 сут (стандартная выдержка) до получения камнеподобной структуры выявилось значительное уменьшение массы образцов, что связано с испарением влаги и перекристаллизацией раствора. На рис. 1 приведены экспериментальные кривые, отражающие изменение массы образцов ΔM в течение периода кристаллизации τ .

Было испытано 15 образцов, изготовленных по различным рецептам. Кривая 1 соответствует рецепту: цемент — 350, песок — 250, кора — 350, вода — 200 кг/м³; кривая 2 — добавлению 35 кг/м³ известпущенки; кривая 7 — образцам экспресс-окисленной коры при температуре 110 °С в течение 3 ч; кривая 8 — использованию известкового молока 30 %-й концентрации вместо воды; кривая 15 — замене 1 % воды жидким стеклом. Остальные зависимости даны в таблицах отчета по научно-исследовательской теме и здесь не приводятся из-за их несущественного значения по физико-механическим параметрам.

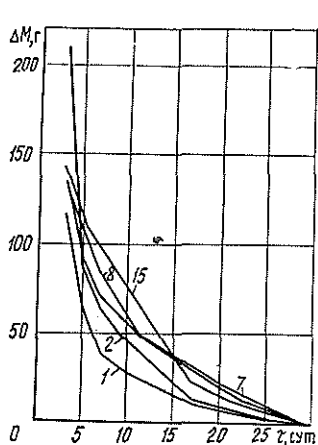


Рис. 1.

Усадка образцов достигала 0,5... 3,0 %. Характер кривых подтверждает оптимальность стандартной выдержки коробетонных изделий до транспортной прочности в течение 28 сут после заполнения форм или 25 сут после распалубки. К концу выдержки масса (и плотность) образцов практически стабилизируется.

Коробетон — композиционный материал, относящийся к группе крупнопористых легких бетонов. Основным его компонентом является

органический наполнитель — кора, минеральным вяжущим — цемент. Для исключения вредного воздействия экстрагируемых компонентов коры на механизм взаимодействия ее частиц с цементом в раствор вводят специальные химические добавки-минерализаторы, а также предварительно окисляют кору выдерживая в атмосферных условиях не менее 1 мес или нагревая сырую кору (влажностью 200 %) при температуре 130 °С в течение 3...5 ч. Обволакивая органические частицы, цементный клей обеспечивает адгезию между ними. Органический наполнитель снижает плотность, теплопроводность, повышает звукоизоляционные свойства, позволяет легко обрабатывать коробетон режущим инструментом.

Минеральное вяжущее придает материалу прочность, огне- и морозостойкость, способствует долговечности зданий и сооружений. Коробетон обладает высокими значениями прочности на сжатие, ползучести, ударной вязкости, пониженным модулем упругости.

Анализируя механизм формирования камнеподобного состояния коробетона, следует в первую очередь обратить внимание на образование жидкого рабочего раствора. Главное требование к коробетонному тесту — его однородность, текучесть (способность к заполнению всех полостей формы-опалубки), равномерная консистенция. Все эти характеристики достигаются измельчением коры, добавлением песка и относительно длительным перемешиванием. При этом особое значение приобретает требование смачиваемости всех элементов и поверхностей частиц коры цементным клеем (водоцементным раствором).

Способность к смачиванию частицы коры приобретают при обработке минерализаторами: раствором хлористого кальция или известковым молоком. На рис. 2 показано затекание раствора известки в поры коры (увеличение микроскопа 800 раз). При этом увеличивается поверхность взаимодействия минерального связующего с частицами коры, что способствует повышению прочности сцепления (адгезии) и образованию монолита-камня (в противовес ячеистой массе).

Слой проникающего взаимодействия связующего с поверхностью наполнителя (коры) играет основную роль в формировании качественных характеристик камня коробетона. На рис. 3 показан слой взаимодействия коры с цементом при жидком минерализаторе CaCl_2 , на рис. 4 — при использовании известкового молока $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (в обоих случаях увеличение 100-кратное). Сопоставляя характер слоя взаимодействия на рис. 3 и 4, можно отметить, что при обработке известковым молоком степень проникновения цементного раствора в поры значительно больше. Однако существенного увеличения прочности коробе-



Рис. 2



Рис. 3

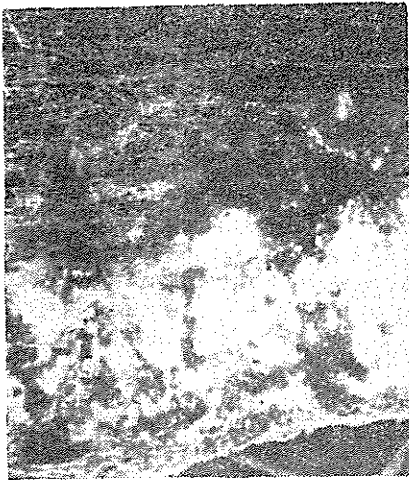


Рис. 4.

тона это не обеспечивает (что, по-видимому, сказывается на повышении долговечности и других характеристик).

Наиболее эффективным способом повышения прочности коробетонного камня является увеличение количества связующего (цемента или его заменителей). Дело в том, что процесс схватывания раствора (теста) состоит из нескольких фаз. Вначале цементные зерна под действием воды образуют пересыщенный раствор, из которого выделяется желеобразная масса кристаллов, обволакивающих частицы коры и проникающих в ее поры. В этот момент цементное тесто пластично и состоит из непрореагировавших частиц цемента, водного раствора электролита, заполняющего межзерновое пространство, песка и коры, а также единичных кристаллов извести и этрингита. На этой фазе важное значение имеет электрохимическая активность жидкой фазы — электролита. Ее можно регулировать щелочными или кислотными добавками. Появление зародышей новой фазы, их размеры и скорость роста кристаллов обусловлены величиной пересыщения жидкой фазы цементно-водной суспензии при растворении клинкерных минералов. Вероятность образования зародышей кристаллов W определяется формулой М. Фольмера [2]

$$W = g e^{-A/(KT)},$$

где g — коэффициент пропорциональности;
 K — константа Больцмана;
 T — абсолютная температура;
 A — работа образования зародыша.

Эта зависимость получена на базе глубоких экспериментальных исследований ряда авторов [2, с. 335]. Она отражает теорию схватывания цемента в цементно-водном растворе, в нашем случае помогает объяснить сущность превращений, происходящих при образовании камнеподобной фазы коробетона.

Зародыши гидратов возникают вблизи поверхности цементных зерен и других активных центров гидратации. На указанных частицах формируются оболочки. Их разрыв сопровождается образованием геля гидросиликатного состава, заполняющего межзерновое пространство. По мере гидратации оболочки утолщаются. Во внешней их части, обращенной к межзерновому пространству, растут хорошо оформленные мелкие кристаллы, в остальной продукты гидратации выделяются в субмикроструктурном состоянии. Межзерновое пространство постепенно заполняется частицами гидратов, и пластичное тесто начинает терять подвижность (наступает явление схватывания массы). При соприкосновении субмикроструктуров образуются коагуляционные и кристаллизационные контакты.

Отдельные зерна цемента через водные прослойки объединяются в рыхлую пространственную сетку с помощью ван-дер-ваальсовых сил молекулярного сцепления. Цементное тесто приобретает коагуляционную структуру, особенностью которой является тиксотропность, т. е. способность обратимо разрушаться при перемешивании и встряхивании. Из подвижного, с высокой текучестью, оно постепенно переходит в малоподвижное пастообразное, с течением времени теряет пластичность и превращается в плотное камневидное тело. Момент, когда система теряет подвижность, условно называется периодом схватывания.

При затвердевании цементного теста иногда наблюдается ложное схватывание, при котором снижаются прочностные связи. Это вызвано быстрым пересыщением раствора сульфатом кальция при наличии щелочей. Ложное схватывание связано с карбонизацией щелочей. Такой цемент содержит негидратированные зерна. Если его вновь подвергнуть размолу и смешать с водой, он вновь схватывается и твердеет, но при этом прочность снижается.

Схватывание и твердение цементов определяется совокупностью процессов гидратации и кристаллизационной структурой гидратных новообразований.

П. А. Ребиндер [2] упрочение структуры объясняет развитием кристаллизационных контактов, при возникновении которых срастание кристаллических фаз приводит к увеличению прочности. Необходимым условием является обязательное обрастание контактов достаточно толстым слоем новообразований. Однако при этом развиваются внутренние напряжения и снижается прочность структуры.

Дефекты кристалла (трещины, поры, включения) являются местом концентрации напряжений и зоной начала его разрушения при нагрузках.

Прочность цементного камня связана с концентрацией гидратированной твердой фазы и пористостью. Связь прочности с пористостью может быть выражена формулой [2, с. 343]

$$F = Ax^n,$$

где F — прочность при сжатии;
 A — коэффициент, характеризующий прочность цементного геля;
 x — отношение объема геля к сумме его объема и капиллярного пространства;
 n — коэффициент, равный 2,6...3,0 в зависимости от вида цемента.

Прочностные свойства цемента существенно зависят от характера порового пространства. Наибольшее отрицательное влияние оказывают микропоры крупнее 100 мкм и сквозные капилляры, меньшее — замкнутые поры. При одинаковой пористости прочность снижается с увеличением числа пор. Большое значение имеет также расположение частиц коры в объеме блока. При плоском расположении частиц, особенно крупных (более $10 \times 10 \times 10$ мм), площадь, занимаемая цементно-песочной смесью, возрастает и увеличивается общая прочность. Это свидетельствует об эффективности вибротрамбовки при формовке изделий из коробетона.

Анализ рассмотренных фазовых превращений рабочего раствора свидетельствует о существенной активности водной среды (кристаллической и ионной) при превращении теста в камень. Часть влаги, находящейся в порах коры, также вступает во взаимодействие с активными элементами, что способствует саморегуляции гидроксильной и водородной среды, а также вызывает высыхание частиц, их уплотнение и усадку коробетона до 3 %.

Процесс фазовых превращений коробетона в комнатных условиях (при температуре воздуха 20 ± 2 °С и влажности 60 %) завершается через 25...28 сут. К этому времени стабилизируется плотность и влажность коробетона, а прочность на сжатие достигает 75...100 % конечного значения.

На основе выполненных исследований разработаны оптимальные режимы подготовки коробетонного теста и формирования блоков с применением механической вибротрамбовки, а также подтверждены основные положения теории схватывания цемента при использовании пористого заполнителя и обоснованы пути управления процессом с помощью химических присадок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бызов В. И. Коробетон как строительный материал // Деревообраб. пром-сть.— 1990.— № 12.— С. 33—34. [2]. Кудрявцева Т. В., Кудряшов И. В., Тимашов В. В. Физическая химия вяжущих материалов.— М.: Высш. школа, 1989.— 384 с.

Поступила 2 августа 1991 г.

УДК 629.114.3.001.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИЦЕПА-РОСПУСКА ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА НА ТРАЕКТОРИИ ПОВОРОТА

А. В. ЖУКОВ, О. В. ПЕТРОВИЧ

Белорусский технологический институт

Лесовозные автопоезда относятся к длиннобазным транспортным средствам с колесами прицепа-ропуски, управляемыми под воздействием тросов крестообразной сцепки на поворотную тележку. Исследования работы системы управления лесовозного автопоезда [2, 5] позволили установить кинематические зависимости, определяющие передаточное отношение тросового привода прицепа-ропуски и использованные при моделировании криволинейного движения последнего.

Подробный анализ кинематики криволинейного движения длиннобазного автопоезда дан в работе [3]. Траектория середины ведущего моста тягача принята за основную. С помощью сложных параметрических интегральных уравнений показана связь между координатами ее точек и поступательной скоростью тягача с учетом угловой скорости поворота управляемых колес. Траектории всех других точек звеньев