**Органические вяжущие вещества, физико-химические основы их производства и применения**

**1. Органические вяжущие вещества**

Органические вяжущие вещества представляют собой природные или искусственные твердые, вязкопластичные или жидкие (при комнатной температуре) продукты, способные изменять свои физико-механические свойства в зависимости от температуры. По химическому составу это либо сложные смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных серы, азота, кислорода (битумы и дегти), либо карбоцепные и гетероцепные соединения, состоящие в основном из атомов углерода в сочетании с атомами водорода, азота, серы, кислорода и кремния (полимеры).

Органические вяжущие вещества разделяют на три основные группы: *битумы* природные и нефтяные; *дегти* каменноугольные, сланцевые, торфяные и древесные; *полимеры* полимеризационные и поликонденсационные.

В единой классификации строительных конгломератов органические вяжущие вещества располагаются в группе безобжиговых материалов и характеризуются следующими общими признаками:

1. Химический состав их представлен органическими соединениями и все они относятся к продуктам химической переработки природного или синтетического сырья, в основном нефти, каменного угля, горючих сланцев, торфа, древесины, природных газов, нефтегаза, мономеров и т. п.
2. Для получения матрицы (в конгломерате) требуется, чтобы вяжущие вещества обладали заданной консистенцией, обеспечивающей образование тонкой пленки на поверхности заполнителя или наполнителя, что достигают разными способами — нагреванием, растворением, эмульгированием и т. п. 3. Они имеют хорошую адгезию к заполнителям (наполнителям) и обладают способностью сцеплять их в монолит, образуя макро- и микроконгломераты, относящиеся, как и вяжущие, к группе безобжиговых материалов.
3. В той или иной мере они являются гидрофобными и придают водоотталкивающие свойства материалам.
4. Хорошо растворяются в органических растворителях — бензоле, бензине, керосине, толуоле и других, за некоторым исключением, когда только набухают.
5. Многие органические вяжущие вещества имеют склонность к изменению своих первоначальных свойств под воздействием кислорода воздуха, ультрафиолетовых лучей, повышения температуры, солнечной радиации и некоторых других факторов. Практически все они способны гореть, некоторые из них токсичны.

При отверждении в присутствии минеральных заполнителей (наполнителей) органические вяжущие вещества образуют асфальтовые или полимерные конгломераты и подобно другим имеют заполняющую часть, вяжущее вещество, контактную зону и поры. При этом вяжущая часть в них может рассматриваться как своеобразный микроконгломерат, активно участвующий в формировании макроструктуры. Строительные материалы и изделия с конгломератным типом структуры в виде асфальто- и дегтебетонов и растворов, пластических масс и других при оптимальной структуре подчиняются основным законам общей теории ИСК.

**2.** **Природные битумы**

**Природные битумы** (вязкие и жидкие) могут встречаться как в чистом виде, так и в «битуминозных» породах. Битуминозными или асфальтовыми породами называют горные породы (известняки или песчаники), пропитанные природными битумами. Они образовались в земной коре в результате длительных процессов окисления и полимеризации нефти, пропитавшей эти осадочные горные породы.

*Вязкие природные битумы* получают путем извлечения их из известняков, доломитов или песчаников, пропитанных природными битумами.

Природные битумы по ряду показателей их свойств (высокой адгезии, погодоустойчивости) превосходят нефтяные. Применение природных битумов в строительстве ограничивается высокой стоимостью и относительно малым объемом их производства. Вязкие природные битумы используются главным образом в химической и лакокрасочной промышленности. При переработке асфальтовых горных пород могут быть получены асфальтовый порошок, асфальтовая мастика или асфальтовый бетон для холодной укладки. Асфальтовый порошок получают путем измельчения карбонатных пород, если содержание природного битума в них не превышает 2... 3% по массе. Он имеет широкое применение для изготовления асфальтовых бетонов и растворов. Асфальтовая мастика — продукт объединения асфальтового порошка с природным или нефтяным битумом.

К недостаткам как природных, так и нефтяных битумов следует отнести их повышенную хрупкость при отрицательных температурах.

В качестве *природных жидких битумов* в строительстве используются тяжелые, высокосмолистые нефти.

**3. Битумы нефтяные, состав, структура и свойства**

Нефтяные битумы представляют собой твердые, вязкопластичные или жидкие продукты переработки нефти. По химическому составу битумы — сложные смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных азота, кислорода и серы, полностью растворимые в сероуглероде. Для исследования битумов их разделяют на основные группы углеводородов (близкие по свойствам) — масла, смолы, асфальтены, асфальтогеновые кислоты и их ангидриды.

**Масла** — смесь циклических углеводородов (в основном нафтенового ряда) светло-желтой окраски с плотностью менее 1 и молекулярной массой 300...500; повышенное содержание масел в битумах придает им подвижность, текучесть. Количество масел в битумах колеблется в пределах 45...60%.

**Смолы** — вязкопластичные вещества темно-коричневого цвета с плотностью около 1 и молекулярной массой до 1000. Смолы имеют более сложный состав углеводородов, нежели масла. Они состоят в основном из кислородных гетероциклических соединений нейтрального характера и придают битумам большую тягучесть и эластичность. Содержание смол 15.,30%.

**Асфальтены** и их модификации (карбены и карбоиды) - твердые, неплавкие вещества с плотностью несколько больше 1 и молекулярной массой 1000...5000 и более. Эта группа углеводородов является существенной составной частью битумов. Повышенное содержание асфальтенов в битуме определяет его высокие вязкость и температурную устойчивость. Общее содержание асфальтенов в различных битумах составляет 5...30% и более.

**Карбены** и **карбоиды** встречаются в битумах сравнительно редко в малом количестве (1...2%) и способствуют повышению хрупкости битума.

**Асфальтовые кислоты** и их ангидриды — вещества коричневатого цвета смолистой консистенции с плотностью более 1. Они относятся к группе полинафтеновых кислот и могут быть не только вязкими, но и твердыми. Асфальтогеновые кислоты являются поверхностно-активной частью битума и способствуют повышению сцепления его с поверхностью минеральных заполнителей. Содержание их в нефтяных битумах составляет около 1 %.

Вышеуказанные группы углеводородов битума образуют сложную дисперсную систему — коллоидный раствор, в котором жидкая среда —это масла и раствор смол в маслах, а твердая фаза представлена асфальтенами, на поверхности которых адсорбированы асфальтогеновые кислоты. Масла, смолы и асфальтены входят в состав битумов в различных соотношениях и тем самым предопределяют их структуру. В зависимости от количественного содержания масел, смол и асфальтенов (а также от температуры нагрева) коллоидная структура битума — «гель», «золь», «зольгель» претерпевают изменения от типа «золь» до типа «гель». Структура гель — характерна для твердых битумов при температуре 2О...25°С и обусловливается обычно повышенным содержанием асфальтенов. Структура золь присуща битумам жидкой консистенции с повышенным содержанием смол и масел.

**4. Характеристика структурно-механических свойств битумов**

Важнейшими свойствами битумов, характеризующими их качество, являются вязкость, пластичность, температуры размягчения и хрупкости; кроме того, следует отметить высокую адгезию, обусловливающую способность битумов сцеплять в монолит минеральные зерна заполнителей; они способны также придавать гидрофобные свойства материалам, обработанным битумом.

Основной характеристикой структурно-механических свойств битумов является вязкость, зависящая главным образом от температуры и группового состава. Вязкость — сопротивление внутренних слоев битума перемещению относительно друг друга. Для многих битумов вязкость непостоянна и уменьшается с увеличением напряжения сдвига или градиента скорости деформации. При повышении температуры вязкость снижается, при ее понижении вязкость быстро возрастает, а при отрицательных температурах битум становится хрупким. Для измерения структурной вязкости применяют различные приборы, позволяющие определить вязкость в абсолютных единицах (Па-с) или выразить ее в условных единицах. Для характеристики вязкости, точнее величины обратной вязкости, т.. е. текучести битумов, принимается условный показатель — глубина проникания иглы в битум (пенетрация). Глубину проникания иглы в битум определяют на приборе — пенетрометре при действии на иглу груза массой 100 г в течение 5 с при температуре 25°С или 0°С при грузе 200 г в течение 60 с. Пеиетрация твердых или вязких битумов выражается в единицах (градусах), равных 0,1 мм проникания иглы в битум. Чем больше вязкость, тем меньше проникание иглы в битум.

*Пластичность* является важным свойством битумов. Она повышается с увеличением содержания масел, длительности действия нагрузки и повышения температуры. Пластические свойства твердых и вязких битумов условно характеризуются растяжимостью (дуктильностью) —способностью вытягиваться в тонкие нити под действием внешних постоянных сил. Растяжимость определяют на специальном приборе — дуктилометре при скорости деформации образца битума в виде «восьмерки» 5 см/мин, температурах испытания 25 и 0°С. Показателем растяжимости служит длина нити в момент разрыва образца, выраженная в сантиметрах. Пластические свойства битума зависят от температуры, группового состава и структуры. Так, например, с повышением содержания смол и асфальтенов пластичность при постоянной температуре битумов возрастает.

Существенной характеристикой свойств битума является также и *температура размягчения,* определяемая на приборе «кольцо и шар» («К и Ш»), Температура размягчения битума, выраженная в градусах Цельсия, соответствует температуре водяной бани в стакане прибора в момент, когда битум, имеющийся в латунном кольце (диаметр 16,0 мм), деформируясь под воздействием металлического шарика массой 3,5 г и постепенного нагрева воды со скоростью 5°С в минуту, коснется нижней полки подставки. Нижняя полка подставки прибора находится на стандартном расстоянии от кольца, равном 25 мм. Температура размягчения вязких и твердых битумов колеблется в. пределах от 20 до 95°С.

Для характеристики тепловых свойств битумов кроме температуры размягчения определяют температуру хрупкости.

*Температуру хрупкости битума* определяют на специальном приборе Фрааса. Для этой цели испытуемый битум наносят тонким слоем па латунную пластинку, которая вместе с битумом может охлаждаться и изгибаться с помощью приспособления, имеющегося на приборе. За температуру хрупкости принимают ту температуру, при которой на топком изгибаемом слое битума образуется первая трещина. Температура хрупкости, например, дорожных битумов может быть от —20 до +5°С. Очевидно, что чем ниже температура хрупкости битума, тем больше его морозостойкость и выше качество.

*Температура вспышки* — температура, при которой пары образующиеся при нагревании битума в открытом тигле, воспламеняются от поднесенного пламени. Температуру вспышки определяют на стандартном приборе и отмечают по показанию термометра в момент вспышки паров битума. Температура вспышки твердых и вязких битумов обычно выше 200°С и характеризует степень огнеопасности битума при его разогреве.

Существенной особенностью битумов является их высокая адгезия— прилипание к поверхности различных минеральных и органическиx материалов. Для определения адгезии существует много методов и приборов. Одним из них является визуальный метод, по которому степень прилипания битумов к поверхности минеральных материалов оценивают по пятибалльной шкале. Отличное прилипание битума 5 баллов в том случае, когда пленка битума на поверхности гравия или щебня полностью сохранилась после кипячения в дистиллированной воде. Очень плохое прилипание, оцениваемое в один балл, когда пленка битума после кипячения полностью смещается с минеральных зерен и всплывает на поверхность воды.

В зависимости от показателей основных свойств, особенно вязкости, пластичности и температуры размягчения, нефтяные битумы делятся на марки:

1. Для дорожного строительства но ГОСТу предусмотрены пять марок от БНД (битум нефтяной дорожный)-200/300 до БНД-40/60, где цифры дроби указывают на допустимые для данной марки пределы изменения показателей пенетрации при 25°С, и четыре марки БН от 200/300 до БН-60/90.
2. Для строительных работ по ГОСТу предусмотрено три марки, обозначаемые «БН» — битум нефтяной: БН-50/50, БН-70/30 и БН-90/10, где цифры числителя дроби соответствуют показателю температуры размягчения по «К и Ш» (кольцо и шар), а знаменателя — указывают на средние значения пределов изменения пенетрации при 25°С.
3. Для кровельных работ по ГОСТу предусмотрены следующие марки: БНК (битум нефтяной кровельный)-45/180, БНК-90/40 и 90/30, а также БНК-45/190. В данном случае числитель дроби соответствует среднему значению показателей температуры размягчения по «К и Ш», а знаменатель — среднему значению показателей пенетрации на 25СС.

Кроме твердых и вязкопластичных битумов указанных марок существуют жидкие битумы. Жидкие битумы при комнатной температуре имеют незначительную вязкость, т. е. жидкую консистенцию, и применяются в строительстве в холодном или слегка подогретом (до 50.. .60°С) состоянии.

Вследствие испарения летучих фракций и процессов окисления жидкие битумы постепенно загустевают. В зависимости от скорости загустевания жидкие нефтяные битумы выпускают двух классов—густеющие со средней скоростью (класс СГ) и медленногустеющие (класс МГ). Жидкие битумы класса СГ изготовляют путем разжижения обычных, вязких битумов легкими разжижителями типа керосина. Для получения битумов класса МГ применяют разжижители каменноугольного или нефтяного происхождения (нефть, мазут и т. п.). В зависимости от показателей вязкости дорожные жидкие битумы классов СГ и МГ каждый делят на три марки - эти битумы должны удовлетворять требованиям ГОСТа.

**5. Получение нефтяных битумов**

Нефтяные битумы получают на нефтеперерабатывающих заводах из различных нефтей отличающихся друг от друга химическим составом и свойствами.

Нефть на заводах подвергается фракционной перегонке с целью получения светлых продуктов (бензина, лигроина, керосина) смазочных масел и других видов нефтепродуктов. Нефтяные остатки после отбора более легких по массе фракций — гудрон, крекинг — в дальнейшем используют в качестве сырья для получения нефтяных битумов заданных свойств. В настоящее время нефтяные битумы получают при атмосферно-вакуумной перегонке нефти (остаточные битумы); окислением нефтяных остатков (окисленные битумы) и смешением остатков, образующихся при перегонке нефти (компаундированные битумы).

Остаточные битумы представляют собой продукты малой вязкости и обычно подвергаются окислению.

Окисленные битумы получают путем продувки воздухом нефтяных остатков (гудрона) на специальных окислительных установках до заданной вязкости. В результате взаимодействия кислорода воздуха с гудроном в процессе продувки идет реакция образования высокомолекулярных компонентов окисленного битума и повышение его вязкости. За последнее время освоен метод непрерывного окисления битума. Нефтяные остатки при температуре около -210°С поступают в реактор, где с помощью специальных аппаратов (диспергаторов) засасывается воздух и распределяется в окисляемом продукте. В данной технологии наряду с интенсификацией процесса окисления улучшается качество окисленного битума.

Смешанные (компаундированные) битумы получают в основном путем смешения битума деасфальтизации (остаточный продукт после обработки гудрона жидким пропаном) с масляными дистиллятами.

Нефтяные битумы, как твердые или вязкопластичные, так и жидкие, находят широкое применение в строительстве. Их используют для устройства дорожных покрытий, покрытий аэродромов, устройства плоских кровель, ирригационных каналов, производства гидроизоляционных и кровельных материалов в лакокрасочной и химической промышленности.

**6. Дегти**

Дегтями называют продукт сухой (без доступа воздуха) перегонки твердых топлив — каменного угля, древесины, торфа, горючих сланцев и других органических веществ. В зависимости от исходного сырья может быть получен каменноугольный, древесный, торфяной или сланцевый деготь. Для строительных целей наибольшее применение получили каменноугольные дегти.

Сырой каменноугольный деготь, получаемый в процессе коксования и газификации угля, представляет собой вязкую жидкость черного цвета с характерным запахом фенола, крезола и нафталина.

Для строительных целей и в промышленности строительных материалов применяются дегти отогнанные, получающиеся после отбора из сырых дегтей летучих веществ, или составленные, изготовляемые смешением горячего пека с антраценовым маслом или другими жидкими дегтевыми материалами. Наибольшее распространение имеют составленные дегти.

Составленные и отогнанные дегти характеризуются вязкостью (по стандартному **вискозиметру**) и фракционным составом. По сравнению с битумами дегти отличаются меньшей теплостойкостью и худшей погодоустойчивостью. Однако адгезия (прилипание) дегтей выше, чем у битумов, вследствие большего содержания полярных групп в молекулах масел дегтя.

Дорожные каменноугольные дегти и другие дегтевые материалы (пек, антраценовое масло) применяются для изготовления дегтебетонов, а также для производства дегтевых кровельных и гидроизоляционных материалов.

Сланцевые дегти получают при нагревании горючих сланцев без доступа воздуха. В настоящее время эти дегти в виде вязких и жидких. По химическому составу и свойствам сланцевые дегти приближаются к битумным материалам и поэтому им присвоен не совсем точный термин «сланцевые битумы». Сланцевые битумы в большей степени по сравнению с нефтяными изменяют свои свойства при нагревании. Погодоустойчнвость таких битумов также меньше, чем у нефтяных. Сланцевые битумы используются обычно при тех же видах работ, как и нефтяные битумы.

**7. Битумные и дегтевые эмульсии и пасты**

Битумные и дегтевые эмульсии представляют собой дисперсные системы, в которых вода является дисперсионной средой, а тонко диспергированный битум или деготь — дисперсной фазой. Образование и устойчивость эмульсий достигается путем введения в ее состав некоторых поверхностно-активных веществ — эмульгаторов, понижающих поверхностное натяжение на границе раздела фаз — битум или деготь/вода. В качестве эмульгаторов применяют водорастворимые органические вещества (мыла, соли нафтеновых и сульфонафтеновых кислот и др.) или твердые минеральные порошки (глины, известь, цементы, уголь). Содержание водорастворимых эмульгаторов в эмульсии не превышает 3% (твердых порошков — 5...15%) в зависимости от тонкости диспергирования битума или дегтя. В настоящее время часто используют более экономичные эмульгаторы (талловое масло, жировой гудрон, стеарин и др.). При изготовлении дорожных эмульсий битум или деготь в количестве 50...60% по массе диспергируют до размеров частиц от 0,001 до 0,1 мм.

Эмульсии, содержащие органические вяжущие материалы в большем количестве (60...70%), называют высококонцентрированными. Они, а также эмульсии с твердыми эмульгаторами имеют значительную вязкость и называются пастами. Для получения текучего состояния пасты разбавляют водой на месте производства работ, что делает их при значительных перевозках экономичнее обычных эмульсий.

Битумные или дегтевые эмульсии и пасты применяются в дорожном строительстве при обработке дорожных покрытий во влажную погоду, окраске кровель, гидроизоляционных работах, изготовлении водостойких картонов и т, п.

При работе с битумными и особенно с дегтевыми материалами (пек, антраценовое масло и т. п.) необходимо проинструктировать рабочих и строго соблюдать правила техники безопасности и противопожарной техники. Погрузочно-разгрузочные работы дегтевых материалов желательно производить в прохладное время дня, избегая производства работ под лучами солнца. Антраценовое масло, например, при соприкосновении с кожными покровами человека может привести к ожогам, а пековая пыль, особенно в жаркую погоду, вызывает раздражение кожи и слизистых оболочек глаз.

При работе с пеком и антраценовым маслом следует снабдить рабочих специальной одеждой и следить за использованием ими предохранительных очков. Незащищенные части тела необходима предварительно смазывать специальными защитными пастами, содержащими крахмал, желатин, глицерин и другие компоненты.

# 8. Комплексные вяжущие вещества

К комплексным вяжущим веществам относятся смешанные порошкообразные вяжущие, компаундированные и комбинированные. Они создаются с целью улучшения качеств сложного вещества по сравнению с исходными, более надежного и долговечного, более низкой стоимости.

**Компаундированные вяжущие вещества** (компаунды) получают сплавлением или смешением органических вяжущих веществ различных видов и марок. *К ним относят битумно-полимерные битумно-дегтевые и битумно-пековые, каучуковые путем объединения синтетических каучуков, битумные путем сплавления битумов разных марок, полимерные путем сплавления двух или нескольких полимеров.* В лабораторных условиях устанавливают наилучшие количественные соотношения компонентов компаундов, позволяющие получать на необходимом уровне их теплостойкость, адгезию к минеральным материалам, биостойкость, деформативность и т. п. В битумно-полимерных композициях изменяют количество полимеров в широких пределах, например от 1 до 40% и более. В качестве пластификаторов битума используют полипропилен,, полиизобитулен, низкомолекулярный полистирол, полидиен и др. Среди многочисленных веществ, добавляемых к битумам, эффективными являются натуральные и синтетические каучуки, так как значительно увеличивают деформативность, поскольку сами обладают очень высокой деформативностью, например, до 1000%. С некоторым эффектом используется для тех же целей регенерированная резина, например от автопокрышек, предварительно освобожденных от примесей, в частности, текстильной ткани. Кроме повышения деформативности при низких и отрицательных температурах возрастают химическая стойкость битумно-резиновых компаундов, их температуростойкость, механическая прочность, адгезионная способность. Невулканизоваппый каучук оказывает более сильное влияние на свойства битума, чем вулканизованная резина. В строительной практике находят применение битумно-полимер-ные вяжущие сложного состава, например из трех, четырех или большего количества органических компонентов. Так, в мастике «изол» содержится 8 ... 15% старой регенерированной резины, 62 ...75% битума третьей марки, 2 ...3% кумароновой смолы, 1...5% полиизобутилена и З...6% канифоли. В вяжущее этого сложного состава в дальнейшем добавляют еще минеральный порошок или 5... 15% распущенного асбеста. В других сложных составах нередко можно встретить пластификаторы типа фурановых, полиэфирных, эпоксидных и других смол, что увеличивает растяжимость битумов. Среди дополнительно вводимых компонентов встречаются также растворители (например, ксилол, толуол и др.), поверхностно-активные добавки и др.

На физико-механические свойства вяжущих веществ кроме вида и качества добавляемых веществ в битумпо-полимерные компаунды и их количества оказывает влияние технология объединения и режимы (частота вращения смесительных агрегатов, температуры объединения исходных веществ, конструктивные особенности установки смешения и др.). Во всех случаях всегда важно получать однородный по структуре компаундированный продукт, обладающий однообразием своих свойств. Большую пользу приносит механическая обработка па вальцах, подогретых до необходимой температуры. Более распространенным способом служит перемешивание в мешалках с зетообразными лопастями. Если в составе предусмотрен растворитель, то после выхода вяжущего вещества из мешалки оно пригодно для применения в холодном состоянии. Чаще, однако, используются способы получения горячих компаундов и мастик на их основе, так как в отсутствие растворителей они более безвредны для здоровья.

Под влиянием высокой температуры, например в пределах 150 ... 180°С или выше, битумно-полимерная композиция становится однородной после тщательного перемешивания компонентов и вследствие интенсивного разрушения первоначальных структур.

При введении полимера в горячий битум происходит нагревание полимера с выравниванием температуры возникающего компаунда. При этом подвижные молекулы углеводородов битума и его распавшихся мицелл способны заполнять те свободные пространства, которые на мгновение возникают под влиянием непрерывного изменения геометрической формы макромолекул линейного полимера. По мере поглощения битума как своеобразного пластификатора происходит набухание полимера и потеря его прочности, снижаются температуры перехода полимера из упругоэластического в пластическое состояние. Теряя молекулярные силы связи, набухающий полимер в битуме способен постепенно распадаться на отдельные макромолекулы, которые переходят в битум. Проявляется двусторонняя диффузия: мицеллы битума проникают в межми-деллярное пространство полимера, а отдельные цепи молекул и мицеллы полимера проникают в битум. Двусторонняя диффузия завершается образованием битумополимерного вещества, что ускоряется при принудительном перемешивании.

С повышением частоты сетки в полимере пластичность их убывает, а в густосетчатых она практически отсутствует. И тогда полимеры лишены способности набухать и диффундировать в битуме, поэтому используют полимеры со сравнительно пониженной молекулярной массой. Синтез термореактивных смол приостанавливают на стадии, когда смесь сохраняет вязкотекучее состояние. К таким полимерам, нашедшим применение в битумополимерных веществах, относятся фенолформальдегид, мочевиноформальдегид (карбамидные смолы), полиметакрилаты (ненасыщенные термореактивные полиэфиры) и эпоксидные смолы. В них, кроме физического процесса диффузии с образованием однородной битумополимернон системы, не исключена возможность реакционного взаимодействия за счет наличия функциональных групп — свободные эпоксидные группы, фенольные гидроксильпые группы, подвижный водород ароматического и фуранового цикла, перекисные, карбонильные и другие группы. Возможны новые связи между компонентами, изменение структуры битумополимерного вещества. Инфракрасная спектроскопия позволила установить появление новых, структурных микроэлементов (фазы). Электронно-микроскопические исследования показали возрастание дисперсности асфальтенов в битумах, к которым были добавлены фурановые полимеры. В результате структурных изменений вяжущее вещество приобретает новые, обычно улучшенные показатели свойств по сравнению с исходным битумом.

Определенную пользу приносит совмещение битума с дегтем или пеком: повышается биостойкость битума, что очень важно в кровельных материалах с применением битума, снижается чувствительность к температурным колебаниям. Разновидностью битумодегтевых вяжущих является гудрокам — продукт совместного окисления мягких битумов с антраценовым или тяжелым каменноугольным маслом.

Возрастаюшее применение получают полимербитумные вещества, в который основной компонент — полимер — пластифицируют меньшим количеством битума или дегтя. Так, например, получены и нашли применение в дорожных бетонах вяжущие, в которых эпоксидная смола, полиэфирная смола или фурановая смола пластифицированы жидкими сланцевыми дегтями (битумами) с получением соответственно эпоксидно-битумных и других вяжущих. В этих вяжущих реакционноспособные группы дегтя (битума) совмещаются с полимерными смолами, образуя устойчивый трехмерный полимер. Количественные соотношения между полимером и битумом или дегтем устанавливаются в лаборатории. Так, например, полиэфирные смолы совмещаются с нефтяным гудроном в соотношении 7:3 (по массе) с последующим отвердением в присутствии ускорителя.

В результате отверждения битумополимериых или полимерби-тумных веществ при снижении температуры образуются не однородные, а гетерогенные структуры (т. е. с поверхностями раздела фаз). Они сложены из агрегатов полимера с продиффундировав-шей в них битумной средой, ассоциатов битума с продиффундиро-вавшим в них полимером, а также из новых химических соединений, образовавших в вяжущем веществе новую фазу. Компаундированное вещество обладает свойствами, отличающимися от исходных материалов. Они находят применение в строительстве, повышают качество конгломератов и снижают стоимость изделий.

**Цементно-полимерные** и **полимерцементные вяжущие вещества.** Эти вещества являются смесями неорганических вяжущих с полимерами. В качестве неорганических вяжущих принимают портландцемент, глиноземистый цемент, строительный гипс, магнезиальные вяжущие вещества и др. Полимеры применяют природные, но чаще— синтетические высокомолекулярные вещества. Среди них — каучуки дивинильные и дивинилстирольные, поливинилацетат, поливинилхлорид, полиакрилаты и полиметакрилаты, полистирол, фенолоформальдегиды, карбамиды, полиэфиры, кремнийорганические и др., а также совмещенные полимеры. Из природных — натуральный каучук (латекс), битумы, углеводы (декстрин, альгиновая кислота), протеин (казеин) и др.

Выбор отвердителей, катализаторов и наполнителей обусловлен видом и характером применяемого полимера.

Полимерные вещества вводят в смесительный аппарат в виде водных дисперсий (латекса, эмульсии), водорастворимых полимеров и мономеров. При контакте их с порошкообразным вяжущим веществом происходит взаимодействие. Не имеется пока достаточных оснований утверждать о химическом взаимодействии полимеров, в процессе отвердевания цементно-полимерных смесей, хотя и отмечались в исследованиях следы новых соединений, не встречавшихся без полимеров. Контакт носит более выраженный физико-химический характер через образование пленочных структур, формирование агрегатов из глобул полимера, заполняющих поры, капилляры и другие полости кристаллических сростков цементного камня. Полимер покрывает тонкими пленками отдельные кристаллы клинкера и новообразований. Микроструктура приобретает характер шарнирного сочленения контактируемых частиц. В случае применения водорастворимого мономера или олигомера одновременно протекает процесс дальнейшей полимеризации или поликонденсации с переходом полимера в водонерастворимое состояние с трехмерной сетчатой структурой. Если количество вводимых полимеров ограничивается 1 ... 3% по массе или меньше в пересчете на сухое вещество, то получаемое комбинированное вяжущее вещество называют цементно-полимерным.

Значительное количество вводимых мономеров или полимеров, например до 10% по массе и более, приводит к заметному увеличению прочности получаемого полимерцементного вяжущего вещества при испытаниях его на растяжение, изгиб и ударную нагрузку, а также к повышению его химической стойкости, адгезионной способности. Но отмечено, что присутствие полимеров и мономеров в комбинированном вяжущем веществе замедляет твердение последнего, может сопровождаться ростом усадочных явлений.

Более часто мономеры (например, метилметакрилат, стирол) и полимеры (например, эпоксидные смолы, полиэфиры) вводят в затвердевший плотный или пористый бетой путем их пропитки — свободной или под вакуумом.

# 9. Полимерные связующие материалы

Полимерами называют высокомолекулярные вещества, молекулы которых состоят из огромного количества структурных звеньев, взаимодействующих друг с другом посредством ковалентных связей с образованием макромолекул.

По составу основной цепи макромолекул полимеры разделяют на три группы:

1. Карбоцепные полимеры
2. Гетероцепные полимеры
3. Элементоорганические полимеры

Макромолекулы могут иметь линейное, разветвленное или сетчатое (трехмерное) строение, что определяет физико-механические и химические свойства полимеров.

Макромолекулы линейного строения вытянуты в виде цепей, в которых атомы мономера (низкомолекулярного соединения) связаны химическими связями, разветвленные макромолекулы характерны наличием мономерных звеньев, ответвленных от основной цепи полимера. Сетчатые (трехмерные) структуры макромолекул характеризуются тем, что образуются обычно «сшивкой» отдельных линейных или разветвленных Цепей полимера.

Полимеры с макромолекулами линейного или разветвленного строения плавятся при нагренании с изменением свойств и растворяются в соответствующем органическом растворителе, а при охлаждении они вновь затвердевают. Такие полимеры, способные многократно размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении, называют термопластичными (термопласты). Напротив, полимеры с макромолекулами трехмерного строения имеют повышенную устойчивость к термическим и механическим воздействиям, не растворяются в растворителях, а лишь набухают. Такие полимеры не могут обратимо размягчаться при повторном нагревании и носят название термореактивные полимеры (реактопласты).

Полимеры в твердом состоянии имеют обычно аморфную структуру. Однако существуют полимеры с кристаллической или аморфно-кристаллической структурой. Аморфные термопластичные полимеры в зависимости от соотношений сил межмолекулярного взаимодействия и теплового движения макромолекул могут быть в стеклообразном, высокоэластичном и вязкотекучем пластичном состояниях.

В зависимости от метода получения полимеров их можно разделить на полимеризационные, поликонденсационные и модифицированные природные полимеры. Полимеризационные полимеры получают в процессе полимеризации мономеров вследствие раскрытия кратных связей ненасыщенных углеводородов и соединения элементарных звеньев мономера в длинные цепи. Поскольку при реакции полимеризации атомы и их группировки не отщепляются, побочные продукты не образуются, а химический состав мономера и полимера одинаков.

Поликонденсационные полимеры получают в процессе реакции поликонденсации двух или нескольких низкомолекулярных веществ. При этой реакции наряду с основным продуктом поликонденсации образуются побочные соединения (вода, спирты и др.), а химический состав полимера отличается от химического состава исходных продуктов поликонденсации. Модифицированные полимеры получают из природных высокомолекулярных веществ (целлюлоза, казеин, каучуки) путем их химической модификации, для изменения их первоначальных свойств а заданном направлении. Эти полимеры не находят широкого применения в строительстве вследствие их недостаточной водо- и атмосферостойкости.

Две первые группы полимеров вследствие практически неограниченной сырьевой базы для их производства являются основным связующим для большинства полимерных материалов.

**Список литературы:**

Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. I, II. - М.: Транспорт, 1979. - 367 с.

Дорожный асфальтобетон/ Гезенцвей Л.Б., Горелышев Н.В., Богуславский А.М., Королёв И.В.. Под ред. Л.Б. Гезенцвея. - М.: Транспорт, 1985. - 350 с.

Колышев В.И., Силкин В.В., Маренич П.В. Асфальтобетонные и цементобетонные заводы дорожного строительства. - М., «Транспорт», 1976. - 224 с.

Королев И.В., Финашин В.Н., Феднер Л.А. Дорожно-строительные материалы. — М.: Транспорт, 1988. — 304 с.

Королев И. В. Пути экономии битума в дорожном строительстве. - М.: Транспорт, 1986. - 149 с.

Материалы и изделия для строительства дорог. Справочник/ Горелышев Н.В., Гурячков И.Л., Пинус Э.Р. и др. Под ред. Н. В. Горелышева. - М.: Транспорт, 1986. - 288 с.

Миронин Л.Б., Силкин В.В., Бубес В.Я. Производственные предприятия дорожного строительства. — М.: Транспорт, 1986. — 191 с.

Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника/ Под ред. Г.А. Федотова. М.: Транспорт, 1989. - 437 с.

Прокопец В.С., Лесовик В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией. — Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. — 264 с.

Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника/ Васильев А.П., Баловнев В.И., Корсунский М.Б. и др. Под ред. А.П. Васильева. - М.: Транспорт, 1989. - 287 с.

Технические решения научных институтов. - «Для всех, кому дороги ДОРОГИ», 2008, № 1, с. 35.

ГОСТ 12784-78. Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Методы испытаний.

ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

ГОСТ 16557-78. Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Технические условия.

ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.

ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия.

ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежёсткого типа. Министерство транспортного строительства СССР. - М.: Транспорт, 1985. - 157с.

ВСН 85-68. Технические указания по проектированию и сооружению пролетных строений автодорожных и городских мостов с железобетонной плитой проезжей части без оклеечной гидроизоляции. Минтрансстрой СССР (Взамен ВСН 85-63). — М., 1969.

ВСН 113-65. Технические указания по производству активированных минеральных порошков и применению их в асфальтовом бетоне.

СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги/Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.- 56 с.

СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика/Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1983.- 136 с.

СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. 10. Устройство асфальтобетонных покрытий и оснований.

Пособие к СНиП 3.06.03-85. Физико-химическая активация минеральных материалов. СоюздорНИИ, 1985.

СанПиН 2.2.3.1385-03. Гигиенические требования к предприятиям производства строительных материалов и конструкций.