

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	6
1.1. Основные понятия.....	6
1.2. Классификация композиционных материалов по геометрии и параметрам наполнителя	8
ГЛАВА 2. КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА. ВЯЖУЩИЕ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ	13
ГЛАВА 3. ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	15
3.1. Общие положения	15
3.2. Упругие и прочностные свойства волокнистых композитов	16
3.3. Материалы матрицы	17
3.4. Фибробетоны	18
3.5. Разновидности армирующих волокон.....	20
3.6. Сталефибробетоны.....	22
3.7. Бетоны, армированные неметаллическими волокнами.....	30
ГЛАВА 4. БЕТОНОПОЛИМЕРЫ.....	36
4.1. Основные понятия.....	36
4.2. Бетонполимеры.....	36
4.3. Полимербетоны	37
ГЛАВА 5. ДРЕВЕСНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ.....	40
5.1. Общие понятия	40
5.2. Влияние древесных наполнителей на структурообразование минеральных вяжущих	41
5.3. Фибролит.....	41
5.4. Арболит	46
5.5. Цементно-стружечные плиты	48
5.6. Гипсоволокнистые листы	54
5.7. Гипсостружечные плиты	57
5.8. Системы КНАУФ	58
5.9. Строительные композиты на основе магнезиальных вяжущих и древесных наполнителей.....	60
ГЛАВА 6. ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	63
6.1. Классификация древесно-полимерных композиционных материалов.....	63
6.2. Сырьевые материалы	63
6.3. Клееная фанера.....	64
6.4. Древесностружечные плиты	69
6.5. Древесноволокнистые плиты	72
ГЛАВА 7. ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	74
7.1. Общие понятия и положения	74
7.2. Композитная арматура.....	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	85

ВВЕДЕНИЕ

Композиционные материалы (композиты) позволяют эффективно использовать индивидуальные свойства своих компонентов. В последние годы значительно возросло количество исследований и разработок в этой области, что связано с возможностью получения материалов с новыми функциональными свойствами. Новый термин в материаловедении — «композиционный материал» — был предложен в середине прошлого века для определения, изучения и прогнозирования свойств конструкционных материалов. Данное понятие объединяет в себе многообразие видов материалов, состоящих из двух или нескольких разнородных компонентов. По этой причине большинство материалов, существующих в природе или созданных человеком, можно считать композиционными. Однако принципиальные различия в механизмах упрочнения, обусловленные химическим составом, физико-механическими свойствами, формой и размерами составляющих, не позволяют рассматривать все двух- и многокомпонентные системы с единых позиций и вызывают необходимость в определении современного толкования понятия «композиционные материалы» применительно к новым материалам.

История использования человеком композиционных материалов насчитывает много веков, а его представление о них заимствовано у природы. Особенно широкое распространение композиты получили в строительстве. Так, сравнение прочности двух стержней одинакового сечения, изготовленных из бамбука и древесины, показывает, что прочность и гибкость первого приблизительно в 2 раза больше. Такие исключительные свойства на протяжении длительного времени нашли применение при изготовлении шестов для прыжков, корабельных мачт и т.д.

Существует обширная группа материалов, сочетающих в себе необычные свойства разнородных материалов. Например, железобетон — искусственно созданный на рубеже XIX–XX веков материал — позволяет сооружать элементы пролетов мостов, балок, оболочек, воспринимающих значительные изгибающие нагрузки, конструкции которых из обычного бетона категорически невозможны ввиду недостаточной трещиностойкости при воздействии даже достаточно небольших изгибающих нагрузок.

Чаще всего композиционные материалы представляют собой металлические или неметаллические конструкционные материалы, в которых, как правило, присутствуют усиливающие компоненты. В качестве таких компонентов могут выступать нити, волокна или хлопья более прочного материала.

Применение дисперсного армирования в бетонах открывает широкие возможности для снижения материалоемкости, стоимости и трудоемкости конструкций по сравнению с традиционными бетонами, способствуя улучшению прочностных характеристик изгибаемых, сжатых, растянутых элементов конструкций, увеличивая трещиностойкость, ударную вязкость, износостойкость, термическое сопротивление и другие характеристики.

ГЛАВА 1. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1. Основные понятия

Композиционными материалами (КМ) называют искусственные многокомпонентные материалы, состоящие из матрицы и наполнителя. При этом между составляющими компонентами композита имеется четкая граница раздела фаз.

Прочностные, эксплуатационные и другие свойства композиционного материала зависят от соотношения трех основных параметров:

- прочности армирующих компонентов;
- свойств и жесткости матрицы;
- межфазового взаимодействия на границе между связующим и наполнителем.

Основными признаками композитов принято считаться следующие:

- композиционный материал должен быть создан человеком;
- композиционный материал (или композиция) образуется за счет объемного сочетания составляющих его компонентов.
- композит должен обладать свойствами, которыми не обладает ни один из составляющих его материалов;
- разнородные компоненты композита не должны химически взаимодействовать между собой;
- композиционный материал должен состоять не менее чем из двух разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними.

По структуре и расположению компонентов композиционные материалы могут быть каркасными, матричными, слоистыми и иметь комбинированную структуру.

Композиционные материалы также подразделяют по геометрии (форме) армирующего компонента, схеме его расположения в матрице и механизму упрочнения.

Условия, необходимые для создания композиционных материалов. При выборе материалов для изготовления композита необходимо, чтобы между компонентами присутствовала физико-химическая совместимость, которая сводится к следующему:

- при изготовлении и в условиях эксплуатации компоненты, входящие в состав композита, не должны образовывать химических соединений или твердых растворов, которые могут снизить прочность армирующих элементов;
- для выбранных компонентов следует обеспечить прочную связь между матрицей и наполнителем;
- различие между коэффициентами термического расширения компонентов не должно вызывать разрушения или растрескивание какого-либо из них в составе композита;
- отсутствие остаточных деформаций при асимметричном цикле нагружения, способствующих снижению прочности композита;
- полученный композиционный материал должен иметь лучшие показатели по удельной прочности и жесткости, чем монолитные материалы, используемые для создания самого композита в данных условиях;
- вновь созданный композит должен быть экономически более эффективным, чем существующие материалы.

Композиционные материалы различают:

- по материалу матрицы;
- армирующим компонентам;
- геометрии компонентов, их структуре и их расположению в композите;
- методам изготовления.

Наиболее широко применяется классификация композитов по материалу матрицы. На рис. 1.1 приведена классификация композитов по виду применяемого материала матрицы. В соответствии с этим композиционные материалы подразделяются на металлические и неметаллические. К *металлическим* относятся композиты на металлической матрице, к *неметаллическим* — цементные, керамические, полимерные, углеродистые материалы.

Композиты с матрицей смешанного типа носят название *полиматричных композиционных материалов* (рис. 1.2, а).

Композиционные материалы, состоящие из трех и более компонентов и содержащие в своем составе наполнители различной природы, называются *гибридными (полиармированными) композитами* (рис. 1.2, б).

В композиционных материалах существенная роль отводится матрице, которая выполняет следующие функции:

- обеспечивает монолитность композита;
- выполняет укрепляющую функцию;
- фиксирует взаимное расположение армирующих компонентов (волокон, дисперсных частиц) и форму изделия;
- выполняет функцию равномерного распределения действующих напряжений по всему объему материала на наполнитель, а также их перераспределение при разрушении части волокон.

В качестве матрицы и наполнителя применяются самые разнообразные по природе и происхождению материалы. Существуют композиты на основе металлов, керамики, стекол, цементного камня, углерода, полимеров и других материалов. Матрица (связующее) является пластичной, а наполнитель (армирующие компоненты) обладает высокой прочностью и жесткостью.



Рис. 1.1. Классификация композиционных материалов по материалу матрицы

Методы получения композиционных материалов. Основные требования, предъявляемые к любому методу изготовления композитов, состоят в максимальном сохранении исходной прочности армирующих компонентов, обеспечении необходимой ориентации в матрице и создании условий для прочного соединения исходных компонентов.

Для композитов на металлической матрице существует три основных метода синтеза компонентов, зависящих от исходного агрегатного состояния матрицы:

- твердофазный (прокатка, диффузионная сварка, горячее динамическое прессование, сварка взрывом и магнитно-импульсным способом);
- жидкофазный;
- осаждение;
- комбинированный.

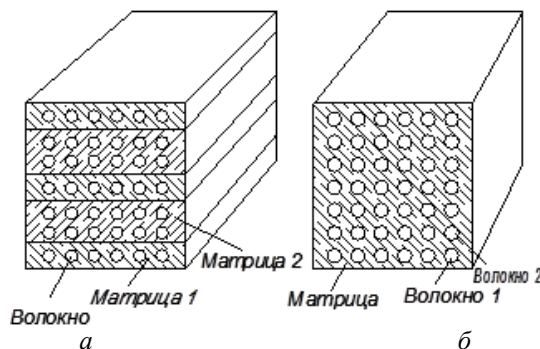


Рис. 1.2. Схемы армирования композитов:
а — полиматричный композит; б — гибридный (полиармированный) композит

В процессе проведения *твердофазного синтеза* в качестве матрицы используются листовые материалы или материалы в порошкообразном состоянии. При этом создание композита осуществляется в пресс-формах посредством совместного прессования порошкообразного связующего с равномерно распределенными в нем дискретными волокнами (металлическими, керамическими, нитевидными кристаллами).

Недостаток этого метода заключается в трудностях с приданием направления ориентации армирующих волокон. Так, например, для придания определенной ориентации армирующих компонентов в виде нитевидных кристаллов их предварительно покрывают металлом (никелизация), после чего смесь волокон с матрицей из алюминиевого сплава помещают в магнитное поле, в котором волокна располагаются по направлению силовых линий.

Достоинством метода являются высокие прочностные показатели получаемых изделий, минимальные допуски по размерам изделий, сокращение времени спекания, поскольку процессы прессования и спекания совмещаются. Недостатком метода является быстрый износ пресс-форм и невысокая производительность процесса.

Жидкофазные методы изготовления композитов являются высокопроизводительными, применяются при изготовлении изделий сложной формы с возможностью использования жгутовых и тканевых армирующих материалов, позволяют полностью автоматизировать технологический процесс производства. Методы предусматривают получение металлических композитов путем совмещения армирующих волокон с расплавленной матрицей. К ним относятся методы пропитки волокон жидкими матричными сплавами и метод направленной кристаллизации. Недостатками данных методов являются высокая температура получения, присутствие межфазных взаимодействий и тщательный выбор компонентов.

Метод осаждения позволяет получать многослойные композиции, обладающие высокой прочностью. При производстве металлических композитов методом осаждения — напыления матричный металл наносят на волокна из растворов солей или других химических соединений при помощи плазменного или вакуумного напыления.

Комбинированный метод получения композитов представляет собой сочетание двух и более указанных методов.

1.2. Классификация композиционных материалов по геометрии и параметрам наполнителя

В зависимости от **геометрии армирующих элементов наполнителя и их взаимного расположения** свойства композитов могут быть одинаковыми во всех направлениях — изотропными (дисперсно-упрочненные КМ) и различными — анизотропными (КМ, упрочненные непрерывными волокнами, ориентированными в определенных направлениях). *Изотропные композиты* обладают одинаковыми свойствами во всех направлениях. К ним относятся композиты с порошкообразными наполнителями. К числу изотропных условно можно отнести композиты с дискретными частицами. Свойства материалов с *анизотропными* свойствами зависят от направления расположения армирующего компонента, которые могут быть однонаправленными, слоистыми и трехмерно-направленными.

Характер расположения составляющих элементов, как в направлениях действующих нагрузок, так и по отношению друг к другу, т.е. их упорядоченность, оказывает большое влияние на свойства композита. Композиты, обладающие высокой прочностью, имеют, как правило, высокоупорядоченную структуру.

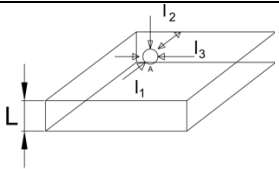
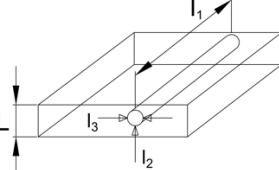
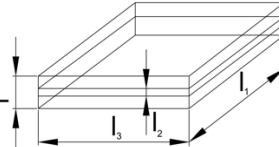
Композиты в зависимости от **геометрических размеров** наполнителя подразделяют (табл. 1.1):

- на нульмерные или дисперсно-упрочненные — упрочненные частицами с весьма соизмеримо малыми размерами в трех измерениях;
- одномерные — армированные волокнами, с малыми размерами в двух направлениях и значительно превосходящим размером в третьем измерении;
- двумерные — армированные наполнителем в виде слоев, листов, пластин или тканей с двумя размерами, соизмеримыми с размером композиционного материала и значительно превосходящими третий размер.

Применение наполнителей различной формы и природы способствует улучшению физических, технологических и эксплуатационных свойств композитов. Например, для увеличения прочности связи между волокнами на основе углерода или стекла в полимерное связующее вводятся частицы карбида кремния. Для повышения модуля упругости композиционных материалов с полимерной матрицей совместно вводятся волокна на основе стекла и бора.

Таблица 1.1

Классификация наполнителя по форме

Компонент	Геометрия компонента	Соотношение размеров
Нульмерный		$\frac{l_1}{L} \ll 1; \frac{l_2}{L} \ll 1; \frac{l_3}{L} \ll 1;$
Одномерный		$\frac{l_1}{L} \sim 1; \frac{l_2}{L} \ll 1; \frac{l_3}{L} \ll 1;$
Двумерный		$\frac{l_1}{L} \sim 1; \frac{l_2}{L} \ll 1; \frac{l_3}{L} \sim 1;$

Наполнители композитов могут выполнять различные функции. В зависимости от **назначения** наполнители подразделяют на *армирующие* (усиливающие механические свойства) и *технологические* (изменяющие фрикционные, электрические, теплофизические и другие свойства).

Варьируя объемное содержание составляющих компонентов можно получать композиционные материалы с заданными свойствами: высокой прочностью, жаростойкостью, высоким модулем упругости, абразивной стойкостью, а также необходимыми магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими показателями.

В зависимости от схемы армирования или расположения армирующих компонентов в матрице (рис. 1.3) различают следующие виды композитов.

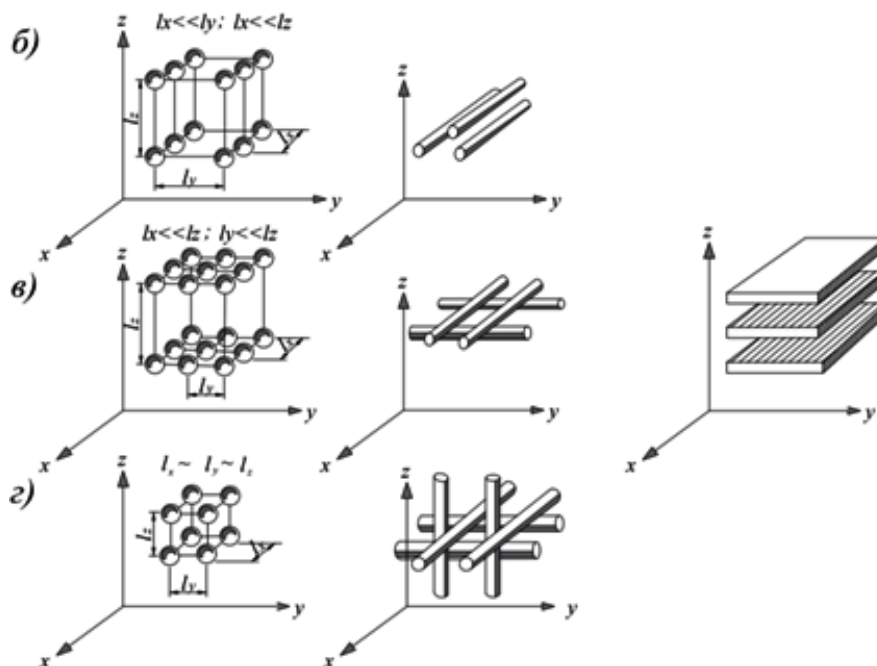


Рис. 1.3. Классификация композитов по схеме армирования:

a — одноосное армирование; *b* — двухосное армирование; *в* — трехосное армирование

Композиты с одноосным (линейным) расположением армирующих компонентов в матрице (рис. 1.3, *a*), представляющих собой нульмерные и одномерные наполнители в виде частиц, волокон, нитей, ориентированных цепочек нитевидных кристаллов. При этом расстояние между нульмерными наполнителями вдоль одного направления значительно меньше, чем по двум другим, т.е. $l_x \ll l_y; l_x \ll l_z$. Содержание нульмерных наполнителей в композитах по объему составляет 1–5 %. При одноосном армировании одномерные наполнители располагаются параллельно друг другу.

Композиты с двухосным (плоскостным) расположением армирующих компонентов (рис. 1.3, *б*) в виде нульмерных, одномерных и двумерных наполнителей, представляющих собой частицы, волокна, фольгу, маты. При этом, в случае армирования нульмерными и одномерными наполнителями, они располагаются параллельно друг другу со значительно меньшим расстоянием между собой в пределах плоскости, чем между самими плоскостями, т.е. $l_x \ll l_z; l_y \ll l_z$. Содержание нульмерных армирующих компонентов по объему может достигать 15–16 %. Одномерные наполнители располагаются параллельно в границах данной плоскости, но по отношению к другим плоскостям обычно под разными углами. Двумерные наполнители расположены параллельно друг другу.

Композиты с трехосным (объемным) армированием (рис. 1.3, *в*), которые характеризуется отсутствием какого-либо направления в распределении наполнителя. Для армирования используют нульмерные и одномерные наполнители. Располагаются нульмерные наполнители на одинаковом расстоянии от друга во всех трех измерениях в пределах одного порядка, т.е. $l_x \sim l_y \sim l_z$. При этом их содержание в матрице по объему может превышать 15 %. Одномерные наполнители располагаются в трех и более пересекающихся плоскостях.

На рис. 1.4 представлены возможные схемы армирования композитов.

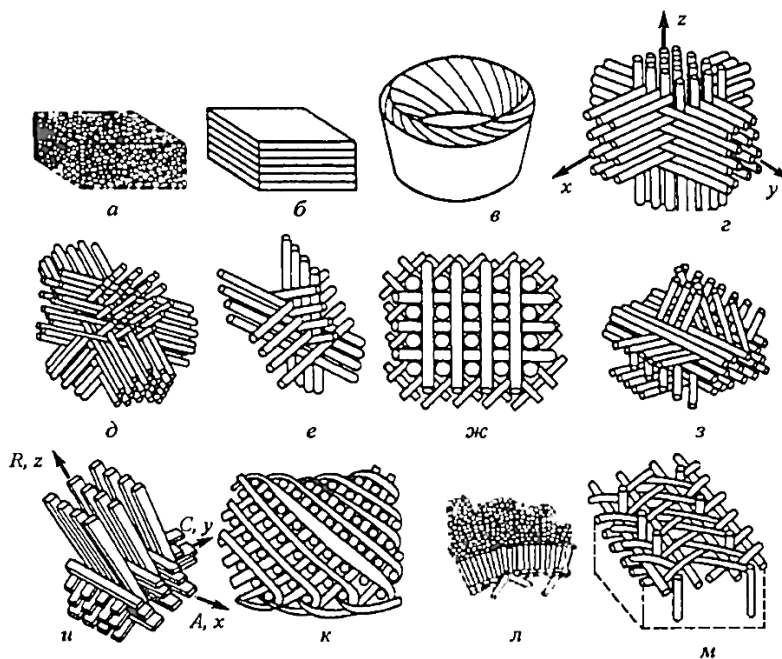


Рис. 1.4. Схемы армирования композитов:

a — хаотическая; *б* — слоистая; *в* — розеточная; *z—z* — ортогональное армирование; *u* — аксиально-радиально-окружная; *к* — аксиально-спиральная; *л* — радиально-спиральная; *м* — аксиально-радиально-спиральная

В зависимости от характера взаимодействия с материалом матрицы наполнители подразделяют на инертные и активные (упрочняющие). Механизм взаимодействия матрицы с наполнителем определяется химической природой этих материалов и состоянием поверхности наполнителя. Наибольший эффект усиления достигается при возникновении между наполнителем и материалом матрицы химических связей или значительного адгезионного

взаимодействия. Наполнители, способные к такому взаимодействию с матрицей, называются *активными*. *Инертными* являются наполнители, не способные к этому взаимодействию. Последние применяют для облегчения переработки или снижения стоимости изделий.

По виду армирующего компонента композиционные материалы разделяются:

- волокнистые — армированные дискретными или непрерывными волокнами, нитевидными кристаллами;
- армированные дисперсными частицами с неопределенной, кубической, шарообразной или чешуйчатой формой;
- слоистые, созданные путем прессования или прокатки разнородных материалов, армированные непрерывными и дискретными пластинами;
- нанокомпозиты, полученные путем введения в состав наночастиц размером 1–100 нм

Волокнистые композиты представляют собой материал, армированный волокнами.

Основой волокнистых наполнителей являются дискретные (короткие) или непрерывные элементарные волокна, которые могут использоваться самостоятельно или для производства других форм волокнистых материалов: нитей, ровингов, лент, тканей, холстов и т. п.

При создании волокнистых композитов применяются высокопрочные стеклянные, углеродные, борные и органические волокна, волокна растительного происхождения (льноволокно, древесные опилки), металлические проволоки, а также волокна и нитевидные кристаллы ряда карбидов, оксидов, нитридов и других соединений. разнообразные волокнистые материалы.

Введение волокон в состав композита, даже в небольших количествах, приводит к существенному улучшению механических характеристик материала. Значительное влияние на свойства композитов оказывает ориентация волокон, их размер и концентрация в объеме материала.

Предел прочности волокнистых композиционных материалов прямо пропорционален пределу прочности волокон и их объемному содержанию. Прочность композиций с прерывистыми волокнами определяется механическими свойствами и длиной волокон, прочностью связи между компонентами, а также способностью матрицы сопротивляться сдвигающим напряжениям.

Основное назначение матрицы в волокнистых композиционных материалах состоит в следующем:

- объединении волокон в единое целое;
- равномерном разобщении их между собой;
- предохранении волокон от воздействия внешней среды;
- перераспределении напряжений между волокнами.

Волокнистые композиционные материалы изготавливают двумя способами:

- 1) упрочняющая фаза в виде тончайших волокон образуется непосредственно при направленной кристаллизации эвтектических сплавов в случае применения металлической матрицы;
- 2) упрочняющие волокна сначала подготавливаются отдельно, а затем вводятся в матрицу.

Композиты с дисперсными наполнителями. В большинстве случаев дисперсные или порошковые наполнители рассматриваются как дешевые добавки или заполнители объема. Дисперсные наполнители отличаются формой частиц: сферические, пластинчатые, чешуйчатые, игольчатые и др.

Наполнители могут быть органического (порошки древесной муки, крахмала) и неорганического (тальк, мел, каолин, стекло) происхождения.

Для получения *полимерных КМ* обычно применяют твердые наполнители:

- тонкодисперсные с частицами зернистой формы (сажа, диоксид кремния, древесная мука, крахмал, мел, каолин и др.);
- пластинчатой формы (тальк, слюда, графит и др.);
- полые сферы из стекла шарообразной формы с функцией уменьшения веса композитов.

В композиционных материалах на полимерной матрице дисперсные наполнители (сажа, графит, порошки металлов, рубленые волокна, порошки металлов и ферриты) применяются для придания материалу специальных электрофизических свойств.

Еще одной группой дисперсных наполнителей, которые все чаще используются в настоящее время, являются полимеры в форме дисперсных частиц.

Композиционные материалы с применением дисперсных наполнителей на металлической матрице носят название *дисперсно-упрочненных*. В этом качестве применяются дисперсные частицы тугоплавких фаз: оксиды, борида, нитриды, карбиды, такие как Al_2O_3 , SiO_2 , BN, SiC.

Дисперсно-упрочненные композиты на металлических матрицах относятся к классу *порошковых композитов*, содержат частицы размером 0,01–0,1 мкм с расстоянием между ними 0,05–0,5 мкм. Объемное содержание наполнителя может достигать 1–15 % и зависит от схемы армирования. Дисперсно-упрочненные композиты представляют собой материал, состоящий из матрицы, воспринимающей основную нагрузку и являющейся основным несущим элементом, и дисперсного наполнителя, упрочняющего материал и оказывающего сопротивление движению дислокаций при нагружении, которое препятствует развитию пластической деформации. Прочность дисперсно-упрочненных композитов тем выше, чем больше сопротивление упрочняющих частиц, и зависит от дислокационной структуры, формируемой в процессе пластической деформации при изготовлении изделий.

Прочность дисперсно-упрочненных композиционных материалов зависит от объемного содержания наполнителя, равномерности его распределения, дисперсности наполнителя и расстояния между его частицами. Сопротивление сдвигу возрастает с уменьшением расстояния между частицами:

$$\sigma = Gb/l,$$

где G — модуль сдвига;

b — межатомное расстояние;

l — расстояние между частицами.

Дисперсно-упрочненным композитам присущи свойства изотропии. Этим они отличаются от волокнистых композитов. В металлургии дисперсно-упрочненные композиты получают механическим и химическим смешиванием порошков, поверхностным или внутренним окислением, механическим легированием.

Слоистые композиционные материалы представляют собой сочетание матрицы и наполнителя, расположенного слоями. Примерами таких материалов являются триплекс, фанера, клееные деревянные конструкции и слоистые пластики.

Нанокompозиты являются новым классом композиционных материалов, в составе которых присутствуют частицы нанометрового диапазона. Размеры частиц, входящих в состав, находятся в диапазоне от 1–100 нм.

ГЛАВА 2. КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА. ВЯЖУЩИЕ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ

Появление в 1980-х годах эффективных химических модификаторов, регулирующих свойства бетонных смесей, позволило существенно улучшить физико-механические свойства получаемых бетонных композитов. Использование таких добавок значительно повысило не только прочностные показатели бетонов до 100–120 МПа, но и способствовало развитию технологии бетонирования особо сложных конструкций, позволяющей применять обычные и высокопрочные бетоны.

Отличительной особенностью **вяжущих низкой водопотребности (ВНВ)** является повышенная дисперсность и низкая водопотребность. В составе присутствует органический модификатор, вводимый при совместном помолу клинкера или домолу промышленного цемента. Он участвует в синтезе цементного камня для повышения прочности, плотности гидратированного вяжущего.

Структура и свойства многокомпонентных вяжущих определяются выбором необходимых исходных материалов, а также их соотношением, дисперсностью и активностью. Так, необходимым условием создания ВНВ является обязательное присутствие в его составе органического модификатора, выполняющего роль интенсификатора помола. Целью совместного помола клинкера, органического компонента, вводимого в определенном количестве, и минеральных добавок в виде отходов производства (отходы горно-обогачительных комбинатов (ГОК), отсево дробления заполнителей из твердых горных пород, активных минеральных добавок естественного и искусственного происхождения), является не только получение вяжущего заданной дисперсности, но и в обеспечении физико-химического взаимодействия между активной поверхностью клинкерных частиц и органической добавки вплоть до полного связывания. В результате этого возникают и завершаются твердофазовые реакции между клинкерными полидисперсными минералами портландцемента (ПЦ) и пластификатором, образуются своеобразные специфические, достаточно надежно фиксированные органо-минеральные оболочки вокруг зерен цемента.

В технологии вяжущих материалов под механической активацией обычно подразумевается их домол в мельницах различных типов. При этом возникает эффект механохимической активации, связанной с состоянием поверхности частиц, в частности с деформацией кристаллической структуры поверхностного слоя, приводящей к снижению статического электрического поля и уменьшению теплоты смачивания поверхности. Цементный камень и бетон на основе активированного цемента отличаются меньшим содержанием крупных капиллярных пор и, как следствие, пониженной водопроницаемостью цементного камня и повышенной стойкостью к различным агрессивным воздействиям.

По мере повышения дисперсности процесс измельчения материала приобретает обратимый характер. Одновременно с диспергированием происходит агломерация частиц, обусловленная наличием свободных связей, возникающих при механическом воздействии на измельчаемый материал. Многочисленными исследованиями установлено, что при помолу цемента в шаровой мельнице до очень высоких величин удельной поверхности, наступает момент, после которого она больше не увеличивается, несмотря на продолжающийся расход энергии на помол. Этот процесс сопровождается уменьшением удельной поверхности.

Вводимый в больших количествах органический модификатор модифицирует значительную часть активной поверхности зерен цемента, ослабляет электростатические силы взаимного притяжения отдельных частиц, что предотвращает их агломерацию.

Органические модификаторы, вводимые при помолу, оказывают также значительное влияние на кинетику и характер реакции процессов гидратации. Отличительной особенностью цементного теста на основе ВНВ является существенное замедление процессов структурообразования и твердения в первые 4–6 ч с последующей интенсивной потерей тиксотропных свойств и преобладанием процессов кристаллизации. Установлено, что индукционный период структурообразования цементного теста на основе исходного портландцемента составляет 2–2,5 ч с момента приготовления в то время, как для ВНВ он занимает 3–5 ч.

В табл. 2.1 приведены результаты исследований процесса гидратации ВНВ методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) и кинетики набора прочности камня нормального твердения исходного портландцемента и ВНВ на его основе.

Таблица 2.1

Основные свойства вяжущих низкой водопотребности

Продолжительность твердения, сут	Предел прочности при сжатии, МПа		Степень гидратации алита, %		Содержание Ca(OH) ₂ , %	
	Исходный ПЦ с НГ = 26 %	ВНВ-100 с НГ теста 16,5 %	Исходный цементный камень	ВНВ-100	Исходный цементный камень	ВНВ-100
1	32,0	82,4	52,3	26,7	2,8	0,9
3	57,5	124,5	59,0	34,0	4,5	1,2
7	72,6	156,7	66,7	40,0	6,3	1,7
28	81,7	184,0	71,4	52,0	8,2	2,6
90	90,3	196,2	78,0	56,2	9,1	2,8
180	98,5	205,0	81,6	64,3	9,8	3,1

Примечание. НГ — нормальная плотность цементного теста.

Несмотря на относительно низкий уровень степени гидратации ВНВ, прочность камня на его основе значительно выше, чем контрольного цементного камня, что объясняется типом новообразований и характером структуры.

Преимущества, которые устанавливает применение ВНВ в технологии тяжелого бетона по сравнению с традиционным портландцементом, в том числе высокопрочным:

- снижение водопотребности бетонных смесей на 30–50 %;
- повышение водоудерживающей способности бетонных смесей, их сохраняемости и стойкости к расслоению при транспортировке;
- значительное увеличение прочности бетона;
- повышение интенсивности твердения бетонов как в естественных условиях, так и при тепловлажностной обработке;
- повышение эксплуатационных свойств изделий и конструкций, в том числе плотности, морозостойкости и сульфатостойкости.

ГЛАВА 3. ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Общие положения

В последние годы исследования и инновации в разработках высокоэффективных и многофункциональных строительных материалов строительной отрасли достигли значительных объемов. Современные строительные материалы должны быть не только экологически безопасными, энергосберегающими с точки зрения защиты окружающей среды, но и обладать высокими прочностными показателями, повышенной долговечностью и износостойкостью. Наиболее полно этим требованиям соответствуют дисперсно-армированные волокнистые композиты, с равномерным, заданным или произвольно ориентированным во всем объеме матрицы волокном. К ним относятся фибробетоны, фиброкерамы, фибролаты и т.д.

Присутствие высокопрочных волокон в фибробетонах на основе минеральных вяжущих способствует повышению физико-механических показателей, снижению расхода сырьевых материалов при их производстве, экономии времени на изготовление, уменьшению толщины конструкций с сохранением заданных прочностных характеристик по сравнению с традиционными видами бетона и железобетона

При воздействии внешних нагрузок на фибробетон высокопрочные волокна воспринимают основные напряжения и обеспечивают жесткость и прочность композита. При этом необходимо обеспечить равномерное распределение волокна по всему объему пластичной матрицы, доля которого в объеме может достигать 75 % и более.

В соответствии с составом, происхождением и основными свойствами различают следующие виды волокон:

- высокомодульные (стальные, углеродные, стеклянные и др.) и низкомодульные (полипропиленовые, вязкие и др.);
- природные (асбестовые, базальтовые, шерстяные и др.) и искусственные (вязкие, полиамидные и др.);
- металлические (стальные) и неметаллические (синтетические, минеральные).

Армирующие волокна композитов должны удовлетворять комплексу эксплуатационных и технологических требований:

- модуль упругости больше, чем у матрицы композита;
- химическая стойкость в щелочной среде бетонов, обеспечивающая отсутствие разрушения;
- объем выпуска волокон должен соответствовать обеспечению объемов производства изделий из фибробетонов;
- минимальная стоимость.

Существует гипотеза, основанная на том, что в дисперсно-армированных бетонах при использовании волокнистых наполнителей матрица композита передает приложенную нагрузку за счет касательных сил равномерно распределенным в ней волокнам, действующим по поверхности раздела фаз. Основную долю напряжений будет воспринимать волокнистый наполнитель если его модуль упругости больше модуля упругости цементной матрицы. При этом общая прочность композита прямо пропорциональна объемному содержанию волокон.

Для армирования композиционных слоистых материалов применяются непрерывные волокна с отношением длины волокна к диаметру $l/d = \infty$ и дискретные короткие волокна с хаотичным расположением в матрице с отношением длины к диаметру $l/d = 10^1 - 10^3$.

В качестве армирующего компонента в волокнистых композитах могут применяться волокна органического происхождения, стеклянные, металлические, углеродные, борные, а также кристаллы ряда карбидов, оксидов, нитридов и других соединений в виде волокон и нитей. В свою очередь основой волокнистых наполнителей являются непрерывные или дискретные (прерывные) элементарные волокна, которые могут использоваться самостоятельно или для производства других форм волокнистых материалов: нитей, проволочек, жгутов, сеток, тканей, лент, холстов и т.п.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru