

Раздел 5. «Химия»

МРНТИ 61.59.01

Е.В. Ситдикова, А.И. Алмазов

Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан
(E-mail: a.almazov@tttu.edu.kz)

Композиционные материалы. Обзор

Полимерными композитами называют многокомпонентные материалы на основе разных видов пластмасс. Пластмассы служат в таких материалах матрицей, то есть средой, основным связующим компонентом, который скрепляет между собой остальные. Другие материалы в составе полимерного композита – это обычно разнообразные армирующие или декоративные составы, которые придают композиту определенные свойства.

Ключевые слова: композиционные материалы, полимеры, матрица, стеклопластики, углепластики, текстолиты наполнители.

Введение

При прочих равных полимерные композиционные материалы могут иметь более оптимальные физико-химические параметры и более низкую цену, чем традиционные составы. Их свойства можно регулировать на этапе создания композита: параметры зависят от наполнения, армирующих добавок и полимерных смол, которые использовались в процессе. В результате сейчас вариантов композитов множество – каждый для своих задач. Они прочные, долговечные, объединяют в себе достоинства пластмасс и других материалов, которые использовались в процессе создания. Сложно говорить о каких-то единых признаках: композиты могут различаться показателями тепло- и электропроводимости, жаро- и влагостойкости, прочности и плотности, жесткостью и другими параметрами. Но все же есть вещи, справедливые для большинства композитных материалов на основе полимеров.

Свойства полимерных композитов

Прочность. Благодаря использованию полимеров и особым химическим связям внутри веществ полимерные композиционные материалы довольно прочные по сравнению с традиционными пластмассами. Они могут не уступать прочностью натуральному камню, керамике или металлу. Это, конечно, справедливо только для определенных видов материалов, но, например, углепластики могут превышать по прочности металлы.

Низкий вес. При высокой прочности композиты имеют меньший вес, чем альтернативные материалы. Причина этого – опять же использование полимеров, которые, как правило, довольно легкие. Даже если наполнитель – тяжелое вещество, за счет смешивания с пластиком итоговая масса будет ниже.

Малое температурное расширение. Показатель температурного расширения – того, насколько активно материал расширяется под воздействием тепла, – различается для разных видов композитов. Но в среднем этот показатель ниже, чем у металлов, пластмасс и других составов. Это значит, что композитный материал способен лучше сохранять свойства при изменении температуры, а такая особенность важна при создании термостойких объектов.

Низкая теплопроводность. Композиты на основе полимеров плохо проводят тепло, а значит, имеют хорошие теплоизоляционные свойства. Благодаря этому тепло не «утекает» через материал и не разогревает всю массу композита, что важно в огромном количестве сфер – от быта до ракетостроения.

Варьируемая электропроводность. Полимерные композиты в зависимости от состава могут быть как диэлектриками, так и проводниками. Некоторые из них, например, текстолиты, используют в качестве основ для электронных схем и плат, другие применяются в электротехнике

Раздел 5. «Химия»

как проводящие материалы. Можно получить состав с тем уровнем электропроводности, который нужен для конкретной задачи.

Химико-биологическая стойкость. Высокая стойкость ко внешним воздействиям характерна для пластмасс и, соответственно, для составов на их основе. Такие материалы, как правило, хорошо выдерживают воздействие агрессивных сред, но уровень устойчивости конкретного композита зависит от его состава [1].

Как устроен полимерный композит

Композитный материал – по определению многокомпонентный, то есть состоит из двух и более веществ. В полимерном композите в качестве матрицы используется какая-либо пластмасса. Она может быть эластичной, жесткой или мягкой, относиться к классу реактопластов или термопластов – это частично определяет конечные свойства состава. К пластмассе примешиваются различные органические или неорганические добавки, или наполнители, которые изменяют ее свойства. В качестве таких добавок могут выступать металлы, стекло и песок, углеводороды и керамика, даже ткани или другие пластмассы – спектр полимерных композиционных материалов очень обширен. Наполнители могут составлять до 98 % объема общего состава, но при этом связующей матрицей по-прежнему остается пластмасса. Добавки распределяются по матрице и смешиваются с пластмассой, но не растворяются в ней: между веществами проходит четкая граница, которая называется межфазным слоем. Затем получившуюся смесь могут отверждать.

Классификация композитов

По типу матрицы. Выше мы говорили, что полимерная матрица может состоять из реактопластов и термопластов. Первый тип – пластмассы, которые отверждаются под воздействием высоких температур и образуют прочный монолит с необратимой структурой. Это, например, эпоксидные смолы. Второй тип – полимеры, твердые при комнатной температуре, но способные плавиться под воздействием тепла. Это полиэтилен, полипропилен и множество других составов, которые активно используются в промышленности. Свойства матрицы частично определяют, как итоговый материал будет реагировать на температуры и какие физические свойства он проявит. Также от типа матрицы зависит, каким способом будет производиться литье материала и какое соотношение веществ использовать. В составах на основе реактопластов обычно больше наполнителя, до 95–98 %, тогда как в композитах на базе термопластов – до 50 %.

По типу наполнителя. Мы писали, что наполнителей может быть множество, и на самом деле полимерные композиты разделяют на несколько больших групп в зависимости от того, что за вещество используется в качестве добавки. Но об этом мы поговорим ниже. Более общая же классификация говорит, что композитный материал может быть армированным или дисперсно-наполненным. Армирующие добавки бывают листовыми и волокнистыми – это, соответственно, листы (иногда пленки) и волокна определенных материалов. Дисперсные добавки представлены порошкообразными массами. Размер частиц имеет значение: от него напрямую зависят свойства итогового материала. Например, композиты с наполнителями крайне маленького размера называются нанокомпозитами и могут изменять свойства даже при незначительных колебаниях в соотношении материалов.

Полимерные композиционные материалы могут быть гибридными: в таких составах используются несколько наполнителей, в том числе разных типов [2,3].

Виды полимерных композитов

По виду используемого наполнителя композиты можно разделить на несколько больших групп: мы писали об этом выше. Поговорим подробнее об этих группах: простым языком, чтобы обозначить основные свойства и способы применения.

Стеклопластики. Это довольно дешевые материалы с хорошими, удобными в применении свойствами, основанные на полимере и волокнах стекла. Стекловолокно служит наполнителем и может составлять до 80 % от состава. Получается материал, который одновременно обладает преимуществами стекла, такими как химическая инертность и прочность, но лишен его

Раздел 5. «Химия»

недостатков – излишней хрупкости и тяжести. Стеклопластики легкие, их сложнее разбить, они могут быть прозрачными. Сейчас их используют практически во всех отраслях промышленности: от строительства до создания бытовых приборов.

Углепластики. В качестве наполнителя в таких составах используются соединения углерода: от углеводов до целлюлозы. Углеродные добавки могут быть представлены в виде нитей, листов или волокон. Исходное вещество проходит через три этапа подготовки: окисление, карбонизацию и графитизацию, – в результате чего из него выпариваются все побочные соединения. В конечном составе – до 99,5 % углерода. Этот углерод смешивают с пластиком и получают прочное, жесткое вещество черного цвета, по ряду характеристик превосходящее металл. Углепластики способны выдерживать большие нагрузки, проводят электричество, но при своих уникальных показателях прочности остаются очень легкими – это делает их ценным компонентом для снижения веса конструкции. Углепластики могут использоваться в строительстве, судостроении, авиа- и машиностроении, а также при производстве бытовой и медицинской техники. Их основной минус – дороговизна, связанная со сложным процессом производства.

Углеграфиты (дважды углепластики). Это еще более сложный в производстве подвид углепластиков, где углерод используется в том числе в составе матрицы. Зато и результирующий композит оказывается крайне прочным и способен долгое время оставаться сохранным в очень агрессивных средах. Он выдерживает температуры до 3 000°. Это сложное и дорогостоящее соединение в основном применяется в авиастроении и космической промышленности.

Органопластики. В производстве этого вида полимерных композитов используются органические вещества, которые могут составлять от 2 до 70 % от массы состава. Чаще это синтетическая органика, реже – природная. Как правило, они представлены нитями и волокнами, но также могут быть листами. Матрица может быть термопластичной либо термореактивной. Диапазон возможных материалов довольно широк, но в целом они отличаются более низкой плотностью, чем углепластики, легким весом и хорошей растяжимостью. Применяются они в машиностроении, авиа- и судостроении, а также в некоторых специализированных сферах. Так, органопластик кевлар используется для производства бронежилетов благодаря отличной способности выдерживать нагрузки на растяжение.

Боропластики. В качестве наполнителя таких композитов используются борные волокна, полимерная основа обычно представляет собой реактопласт. Иногда нити из бора переплетают со стекловолокном. Это крайне дорогостоящие материалы, так как борный наполнитель сложно получать, – нити дорого стоят. Однако благодаря их высокой твердости композитный материал оказывается прочным, устойчивым к механическим воздействиям на сжатие и существенно превосходящим многие другие композиты. Применяются боропластики обычно в авиастроении и космической отрасли: из них выполняют детали, которые подвергаются серьезным механическим нагрузкам. Стоит помнить, что у этого материала высокая стоимость, ему сложно придавать форму из-за твердости и хрупкости борных волокон, также он не слишком устойчив к воздействию высоких температур.

Текстолиты. Изначально текстолиты представляли собой композитные материалы на основе пластика и ткани, сейчас это куда более разнообразная группа составов. В основе по-прежнему лежит полимерная матрица, а в качестве наполнителя используется полотно из нитей: это могут быть хлопчатобумажные, углеродные, базальтовые или асбестовые, стеклянные волокна. Поэтому различаются и свойства, и сфера применения текстолитов: от покрытий для столешниц до печатных плат. Также из текстолитовых пластин могут изготавливать амортизирующие или изолирующие детали, узлы машин, работающие в агрессивных средах, и многое другое [4,5].

Дисперсно-наполненные полимеры. Выше мы рассказывали о дисперсно-наполненных композитных материалах – в них используются не волокна и нити, а порошки, причем очень разнообразные. У этих композитов своя классификация: их более 10 тысяч, различающихся свойствами и применением. В качестве наполнителя используют мел, песок, глину и тальк, керамику и стеклянные шарики, сажу, ореховую скорлупу и десятки других составов. В результате образуются пластичные составы, которые могут использоваться при создании строительных и отделочных материалов, сантехники, трубопроводов, а также в качестве наполнителя. Обычно это твердые составы, более прочные, чем классический пластик, в некоторых случаях – с хорошими декоративными свойствами. Их крайне широко используют: наполнители дешевы и просты в производстве, композитные материалы получаются прочными, с отличными характеристиками [6,7,8].

Раздел 5. «Химия»*Список литературы:*

1. Кербер М. Л., Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. — СПб.: Профессия, 2008. — 560 с.
2. Васильев В. В., Механика конструкций из композиционных материалов. — М.: Машиностроение, 1988. — 272 с.
3. Карпинос Д. М., Композиционные материалы. Справочник. — Киев, Наукова думка
СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования.
4. Техническое заключение по результатам лабораторных испытаний арматурных выпусков из стеклопластика, установленных в монолитный бетон, на действие продольных относительно оси выпуска усилий // Tekhnicheskoe zaklyuchenie po rezul'tatam laboratornyh ispytaniy armaturnyh vypuskov iz stekloplastika, ustanovlennyh v monolitnyy beton, na deystvie prodol'nyh odnositel'no osi vypuska usilii
5. Высокопрочные системы усиления ИТЕСВРАП/ИТЕСРЕСИН. Екатеринбург: ООО НИИ Высокопрочные системы усиления ИНТЕР/ТЭК, 2010. 69 с. // Vysokoprochnye sistemy usileniya ИТЕСВРАП/ИТЕСРЕСИН. Yekaterinburg: ООО НИИ Vysokoprochnye sistemy usileniya INTER/ТЕК, 2010. 69.
6. Коршунов, Я. Бурейская ГЭС: сверхпроектные работы/ Я. Коршунов // Газета «Вестник РусГидро». № 4 — 2014. С.8. // Korshunov, Ya. Bureyskaya GES: sverhproektnye raboty/Ya. Korshunov//Gazeta «Vestnik RusGidro» #4-2014. P.8
7. Усиление железобетонных конструкций (Пособие П 1-98 к СНиП 2.03.01-84*). Минск, 1998. // Usilenie zhelezobetonnyh konstrukciy (Posobie P 1-98 k SNiP 2.03.01-84*). Minsk, 1998.
8. Хозин В. Г., Пискунов А. А., Гиздатуллин А. Р., Кузлин А. Н. Сцепление полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном / Известия КГАСУ № 1(23) — 2013. С. 214—220

Е.В. Ситдикова, А.И. Алмазов

Композициялық материалдар. Шолу

Полимерлі композиттер әртүрлі пластмасса түрлеріне негізделген көп компонентті материалдар деп аталады. Пластмассалар мұндай материалдарда матрица ретінде қызмет етеді, яғни қалғандарын біріктіретін негізгі байланыстырушы компонент. Полимерлі композиттің құрамындағы басқа материалдар, әдетте, композицияға белгілі бір қасиеттер беретін әр түрлі арматуралық немесе сәндік композициялар болып табылады.

Түйін сөздер: композициялық материалдар, полимерлер, матрица, Шыны талшықтар, көміртекті талшықтар, текстолиттер толтырғыштар.

E.V. Sitdikova, A.I. Almazov

Composite materials. Review

Polymer composites are called multicomponent materials based on different types of plastics. Plastics serve as a matrix in such materials, that is, a medium, the main binding component that binds the others together. Other materials in the polymer composite are usually a variety of reinforcing or decorative compounds that give the composite certain properties.

Keywords: composite materials, polymers, matrix, fiberglass, carbon fiber, textolith fillers.

Раздел 5. «Химия»

References

1. Kerber M. L., Polymer composite materials. Structure. Features. Technologies. — St. Petersburg: Profession, 2008. — 560 p.
2. Vasiliev V. V., Mechanics of structures made of composite materials. — M.: Mashinostroenie, 1988. — 272 p.
3. Karpinos D. M., Composite materials. Guide. — Kiev, Naukova dumka SP 164.1325800.2014 Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. Design rules.
4. Technical conclusion based on the results of laboratory tests of reinforced fiberglass outlets installed in monolithic concrete for the action of longitudinal forces relative to the axis of release // Tekhnicheskoe zaklyuchenie po rezul'tatam laboratornyh ispytaniy armaturnyh vypuskov iz stekloplastika, ustanovlennyh v monolitny beton, na deystvie prodol'nyh odnositel'no osi vypuska usiliy
5. High-strength ITECWRAP/ITECRESIN reinforcement systems. Yekaterinburg: OOO Research Institute of High-strength reinforcement systems INTER/TEK, 2010. 69 p. // Vysokoprochnye sistemy usileniya ITECW
6. Korshunov, Ya. Bureyskaya HPP: over-design works/ Ya. Korshunov // Newspaper "Bulletin of RusHydro". No. 4 — 2014. p.8. // Korshunov, Ya. Bureyskaya GES: sverhproektnye raboty/Ya. Korshunov//Gazeta "Vestnik RusGidro" #4-2014. P.8
7. Reinforcement of reinforced concrete structures (Manual N 1-98 to SNiP 2.03.01-84*). Minsk, 1998. // Usilenie zhelezobetonnyh konstrukciy (Posobie P 1-98 k SNiP 2.03.01-84*). Minsk, 1998.
8. Khozin V. G., Piskunov A. A., Gizdatullin A. R., Kuklin A. N. Coupling of polymer composite reinforcement with cement concrete / Izvestiya KGASU No. 1(23) — 2013. pp. 214-220