



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	6
1.1. Классификация композитов по составу матрицы	8
1.2. Классификация композитов с полимерной матрицей по форме наполнителя и его ориентации	26
2. СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ	42
2.1. Технология производства методом контактного формования	42
2.2. Метод формования напылением	46
2.3. Метод автоматизированной выкладки	49
2.4. Методы формования изделий с использованием эластичной диафрагмы	50
2.5. Формование реактопластов на матрице	53
2.6. Формование с помощью вспененного слоя	56
2.7. Термокомпрессионный метод формования	57
2.8. Формообразование с пропиткой материала наполнителя	58
2.9. Формование методом намотки	62
2.10. Непрерывные процессы производства изделий из ПКМ	77
2.11. Получение сотовых конструкций	82
2.12. Придание геометрии и структуры плетением	85
2.13. Инжектирование в форму (RTM-процесс)	87
3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	88
4. ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ	102
4.1. Фирма Fives	102
4.2. Фирма Ingersoll Machine Tools	116
4.3. Оборудование фирмы MТorres	123
4.4. Оборудование фирмы Mikrosam AD	137
4.5. Фирма Accudyne	166
4.6. НИИ ВИАУС ЮРГПУ(НПИ)	171
4.7. Фирма Cevotec	184
4.8. Фирма Electroimpact	190
4.9. Фирма Automated Dynamics	198
4.10. Фирма Coriolis Composites	206
5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЛЕТЕНИЯ ПРЕФОРМ ИЗ ПКМ	221
6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАМОТКИ ВОЛОКНА И ПРЕПРЕГА	240

7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПУЛТРУЗИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	273
8. УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИТОВ	287
8.1. Фирма Siemens PLM Software	288
8.2. Фирма CGTech	299
8.3. Фирма ESI	304
8.4. Корпорация Collier Research	308
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	312
АДРЕСА И ТЕЛЕФОНЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ	315

Этот отчет или любая его часть не может распространяться
без письменного разрешения ООО «РТБ-КОНСАЛТИНГ»,
либо тиражироваться любыми способами.

ВВЕДЕНИЕ

Современная наука о композитных материалах (КМ) обязана своему динамичному развитию в течение последних десятилетий, главным образом, применению композитов в ракетной технике и самолетостроении. Композитные материалы или композиты (от лат. *compositio* – составление) – это многокомпонентные материалы, в состав которых входят сильно отличающиеся по своим свойствам нерастворимые или малорастворимые один в другом компоненты, разделенные ярко выраженной границей. Композиты представляют собой гетерофазные системы, полученные из двух или более компонентов, с сохранением индивидуальности каждого отдельного компонента.

Композиты эффективно конкурируют с такими конструкционными материалами, как алюминий, титан, сталь. К отраслям, активно использующим КМ, относятся авиация, космонавтика, наземный транспорт, химическое машиностроение, медицина, спорт, туризм и образование. Композиты применяются для производства автомобилей, объектов железнодорожного транспорта, самолетов, ракет, судов, яхт, подводных лодок, емкостей для хранения различного рода жидкостей, трубопроводов, стволов артиллерийских орудий. Материалы, разработка которых первоначально осуществлялась по заказам военных ведомств, в первую очередь для летательных аппаратов, внедрены и во многих отраслях гражданской промышленности.

Целью создания КМ является объединение схожих или различных компонентов для получения материала с новыми заданными свойствами и характеристиками, отличными от свойств и характеристик исходных компонентов. При создании композитов, как правило, используют синергетический эффект, так как его функциональные свойства лучше, чем у отдельных компонентов. Композиты структурно состоят из матрицы и армирующих компонентов наполнителя. Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств. Матрица является формообразующим элементом конструкции и в значительной степени определяет как технологию изготовления, так и эксплуатационные свойства композита. Она может иметь полимерную, металлическую, углеродную, керамическую или другую основу. Армирующий наполнитель может быть в виде волокон, нитевидных кристаллов, тонкодисперсных частиц и в виде других элементов.

Как правило, стоимость КМ очень высока, что связано со сложностью технологических процессов, высокой ценой используемых компонентов. Однако существует возможность экономии за счет уменьшения количества технологических разъемов, количества деталей, сокращения числа сборочных операций при производстве сложных конструкций. Трудоемкость производства изделий из КМ можно снизить в 1,5–2 раза по сравнению с металлическими аналогами.

Полимерные композитные материалы (ПКМ) первого поколения – это изотропные материалы, наполненные дисперсными частицами, имеющие более высокий, чем исходный полимер, уровень свойств. Совершенствование таких ПКМ связано с использованием на-

норазмерных наполнителей, благодаря которым композиции приобретают ценный комплекс эксплуатационных свойств даже при малом объеме наполнителя.

Материалы второго поколения – анизотропные гетерофазные композиции на основе непрерывных армирующих высокопрочных высокомодульных волокон и терморезистивных или термопластичных матриц. Интеллектуализация таких материалов – переход к ПКМ третьего поколения.

Третье поколение ПКМ предусматривает модификацию структуры материалов специальными компонентами, разработанными на основе достижений микро- и нанотехнологий, что превращает их в самостоятельно диагностирующиеся и адаптирующиеся к внешним воздействиям интеллектуальные ПКМ.

Для изготовления деталей из композитов потребовался целый класс специализированного оборудования: намоточные и выкладочные станки, станки для мехобработки, автоклавы и пр.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для того чтобы систематизировать композитные материалы (КМ) по различным признакам, грамотно реализовать процедуру их выбора для изготовления различных деталей, упорядочить терминологию в области материаловедения композитов, необходима обоснованная классификация этих материалов. Единой общепринятой классификации КМ нет. Это объясняется тем, что они представляют самый широкий класс материалов, объединяющий металлы, полимеры и керамику. Наиболее часто используется классификации, в основе которой лежит их деление по следующим признакам.

1. По сложности состава матрицы и наполнителя: одноматричные и полиматричные, моноармированные и полиармированные.

2. По характеру матрицы: 1) с полимерной матрицей (КПМ); 2) керамической матрицей (ККМ); 3) металлической матрицей (КММ); 4) углеродной матрицей (КУМ). Доля использования каждого КМ с матрицами различного типа иллюстрируется структурой мирового рынка этих материалов. Суммарный объем рынка КМ (рис. 1.1) оценивают в 60 млрд долл. США (2009 г.).

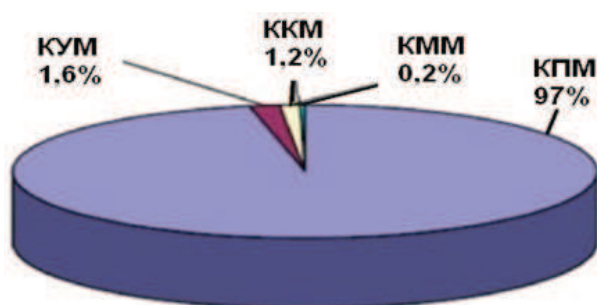


Рис. 1.1. Глобальный рынок КМ

3. По форме наполнителя: дисперсионно-упрочненные; волокнистые и слоистые (с нуль-мерными, одномерными и двумерными армирующими компонентами). Волокнистые композиты армированы волокнами или нитевидными кристаллами. Уже небольшое содержание наполнителя в композитах такого типа приводит к появлению качественно новых механических свойств материала. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и концентрации волокон. Кроме того, армирование волокнами придает материалу анизотропию свойств (различие свойств в разных направлениях), а за счет добавки волокон проводников можно придать материалу электропроводность вдоль заданной оси.

В слоистых композиционных материалах матрица и наполнитель расположены слоями, как, например, в особо прочном стекле, армированном несколькими слоями полимерных пленок. Микроструктура остальных классов КМ характеризуется тем, что матрицу наполняют частицами армирующего вещества, различающегося размерами частиц. В композитах, упрочненных частицами, их размер больше 1 мкм, а содержание составляет 20–25 % объемн., тогда как дисперсноупрочненные композиты включают в себя от 1 до 15 % объемн. частиц размером от 0,01 до 0,1 мкм. Размеры частиц, входящих в состав нанокompозитов – нового класса КМ – еще меньше и составляют 10...100 нм.

4. По схеме армирования (конструкционный принцип): 1) изотропные и 2) анизотропные. Изотропными называют материалы, которые имеют одинаковые свойства во всех направлениях. Свойства

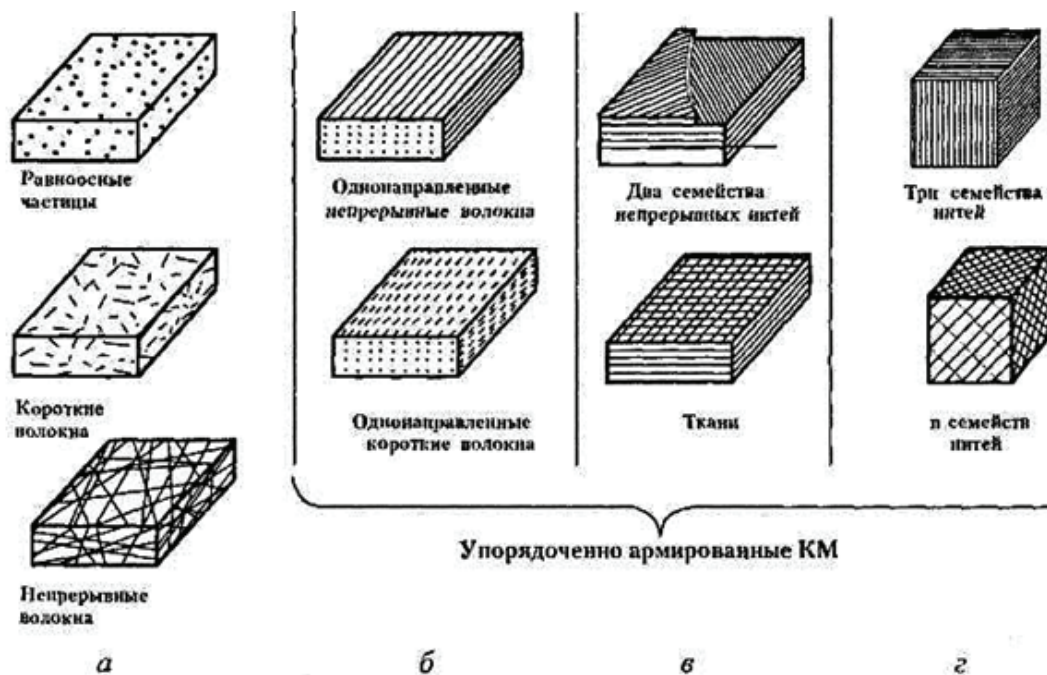


Рис. 1.2. Классификация КМ по конструкционному признаку:
 а) хаотично армированные; б)–г) одномерно и пространственно армированные

анизотропных материалов зависят от направления в исследуемом объекте. Композитные материалы с матричной структурой делятся на хаотичноармированные и упорядоченноармированные.

Хаотичноармированные КМ содержат армирующие элементы в виде дисперсных включений, дискретных или непрерывных волокон. Эти материалы являются изотропными или квазиизотропными. Термин «квазиизотропный» означает, что КМ является анизотропным в микрообъеме, но изотропным в объеме всего изделия.

Упорядоченно армированные КМ (рис. 1.2) подразделяются на однонаправленные, т.е. одноосно армированные, двухосноармированные (с плоскостным расположением арматуры) и трехосноармированные (с объемным расположением арматуры).

5. По назначению в конструкции изделия классификация КМ достаточно условна, поскольку часто композиты являются многофункциональными материалами. Тем

не менее среди множества КМ выделяют материалы общеконструкционного назначения (несущие конструкции судов, самолетов, автомобилей и др.), жаропрочные материалы (лопатки турбин самолетов, камеры сгорания), термостойкие материалы (изделия, работающие в условиях частых теплосмен), фрикционные материалы (тормозные колодки), антифрикционные материалы (подшипники скольжения), ударопрочные материалы (броня самолетов, танков), теплозащитные материалы, материалы со специальными свойствами (магнитными, электрическими) и др.

6. По функциональному назначению: износостойкие, жаропрочные, жаростойкие, с высокой удельной прочностью, стойкие к коррозии, стойкие к радиации, стойкие к эрозии, стойкие к термическому удару и термоциклическим нагрузкам, со специальными свойствами.

7. По методам получения (технологический принцип): материалы, полученные

2. СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ

Наибольшее практическое применение находят следующие способы производства изделий из армированных пластиков:

- контактное формование с ручной или автоматизированной укладкой (выкладкой) пропитанного смолой волокнистого мата или ткани на форму;
- напыление волокнисто-полимерной композиции на поверхность формы;
- эластичной диафрагмой под вакуумом и в автоклаве;
- намотка пропитанного смолой волокна на форму;
- пултрузия, или формование профильных изделий путем протяжки волокна через ванну с полимером и калибрующую фильеру;
- штамповка листовых формовочных материалов;
- прессование стеклонаполненной композиции и литье под давлением.

В зависимости от технологии формования значения свойств полимерных композитов могут отличаться в несколько раз. Выбор технологии зависит от конструкции изделия, условий его эксплуатации, объе-

ма изготовления и существующих производственных ресурсов.

Эффективность применения КМ во многом предопределяется технологией его производства. Одной из ключевых технологий, применяемых для массового изготовления масштабируемых композиционных изделий, является препреговая с последующим автоклавным формованием.

2.1. Технология производства методом контактного формования

Существуют различные методы получения КМ (рис. 2.1.1). Наиболее простым по аппаратурно-технологическому оформлению способом получения изделий из ПКМ является контактное формование в открытых формах, которое применяется для изготовления крупногабаритных малонагруженных деталей сложной конфигурации: коробчатых кожухов механизмов, баков, корпусов и других элементов лодок, катеров и пр. Кон-

Спирально-кольцевой метод непрерывной намотки оболочек вращения на станки с ЧПУ	Позволяет осуществить различные схемы укладки волокнистого армирующего материала
Метод радиально-перекрестной намотки на многоординатном станке	Позволяет изготавливать изделия сложной геометрической формы
Метод намотки цилиндрических конструкций стеклотканью, пропитанной связующим	Изготавливают изделия диаметром до 3000 мм и длиной до 9000 мм
Метод прямого горячего прессования на высокопроизводительных прессах усилием до 2,5 тыс. тонн	Изготавливают различные изделия специальной техники
Метод контактно-вакуумного формования	Изготовление изделий сложной конфигурации
Метод заливки пенокомпозиций в форму заливочной машиной высокого давления	Изготовление конструкционных пеноблоков

Рис. 2.1.1. Методы получения КМ

сложно. Их получают различными технологическими способами путем совмещения нанодисперсных наполнителей различной химической природы (углеродных, керамических, металлических) с термопластичными или терморезактивными связующими, выполняющими роль матриц в ПНКМ.

В настоящее время разработаны ПНКМ на основе полипропилена, алифатических и ароматических полиамидов, полиэфиримидов, полиимидов, полисульфонов, полистирола, поликарбоната, полиметилметакрилата, полиакрилонитрила, полиэтиленгликоля, полиуретанов, поливинилденфторида, полибутадиена, жидкокристаллических термотропных полиэфиров, эпоксидных связующих.

Для реализации всех преимуществ нанокompозитов необходимо изучение закономерностей поведения наносистем при изготовлении из них изделий. Перспективно использование нанотехнологий и нанокompозитов магнитного класса для защиты от электромагнитного излучения технических средств и биологических объектов. Наноматериалы позволяют, во-первых, расширить рабочий диапазон частот и, во-вторых, увеличить эффективность экранирования и поглощения электромагнитных волн.

Следующее из перспективных направлений – это применение нанокompозитов и углепластиков с наномодификаторами в триботехнике.

При создании данного класса материалов в качестве наномодификаторов могут использоваться полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры фуллероидного типа со средним размером частиц 60...200 нм (астралены), ультрадисперсные фторопласты с размером частиц до 100 нм, а также высокодисперсные металлические порошки никеля, меди, баббита. Нанокompозиты триботехнического класса характеризуются высокой надежностью, размерной стабильностью, длительным сроком службы и экологической безопасностью при эксплуатации. Новые материалы найдут применение в подшип-

никах рулевых машин, рулевых, устройств судов и кораблей всех классов и назначений, в том числе скоростных пассажирских судов и катеров. В гидротурбиностроении, насосостроении и тяжелом машиностроении нанокompозиты будут использоваться: в подшипниках скольжения направляющих аппаратов гидротурбин, торцевых уплотнениях, щелевых уплотнениях вала, подшипниках и торцевых уплотнениях вала насосов поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях, насосах атомных ледоколов, подшипниках шагающих экскаваторов и другой дорожно-строительной технике. Уже имеется успешный опыт эксплуатации торцевых уплотнений из нанокompозитов для гидротурбин ГЭС «ТЭРИ» (Индия, Tata Energy Research Institute, TERI) и Эль-Кахон, Мексика El Cajon.

Разработка и внедрение нанотехнологий и нанокompозитов приведет к революционным преобразованиям в самых различных областях промышленности, в том числе судостроении, авиастроении, химии, энергетике, медицине, биологии, экологии.

В качестве наноразмерных наполнителей ПНКМ используют углеродные наноструктуры высшего порядка с переходными формами углерода: фуллерены, фуллериты (фуллерены в кристаллическом состоянии), астралены (фуллероидные многослойные углеродные наночастицы), одно- и многослойные нанотрубки, нановолокна, наносажи.

Фуллерены – это недавно открытая природная форма углерода, существующая наряду с уже хорошо известными – графитом, алмазом и карбидом. Фуллерены представляют собой полые внутри (пустота 20–26 % объема) кластеры, замкнутая поверхность которых образована правильными многогранниками из атомов углерода.

В молекулах фуллеренов атомы углерода расположены в вершинах правильных шести- и пятиугольников, из которых составлена поверхность сферы или эллипсоида. Самый симметричный и наиболее полно изученный представитель семейства

4. ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

4.1. Фирма Fives

Группа Fives имеет обширный опыт в предоставлении комплексных инжиниринговых услуг, начиная с проектирования, изготовления, монтажа, пуско-наладки и заканчивая технической поддержкой на протяжении всего срока службы оборудования. Группа Fives предлагает наиболее эффективные решения и выступает в качестве надежного партнера в самых сложных проектах. Она объединила активы в области производства оборудования для композитов таких известных фирм, как Cincinnati и Forest-Liné.

Станки для выкладки композитных волокон

Станки Cincinnati VIPER – универсальность, точность и скорость. Осуществляют выкладку и намотку волокон благодаря

новейшей автоматизированной системе управления и специальному программному обеспечению (ПО), что позволяет добиться максимальной производительности при обработке самых сложных композитных деталей (рис. 4.1.1).

Станки Cincinnati VIPER обеспечивают точность позиционирования волокон и возможность выкладки материала на выпуклых и вогнутых поверхностях. На этих высокопроизводительных станках применяются запатентованные механизмы, обеспечивающие высокую точность и значительное сокращение процента обрезков. Семь координатных осей позволяют работать как с плоскими деталями, так и с деталями исключительно сложной формы, такими как обтекатели, воздухозаборники, панели обшивки и цилиндрические отсеки фюзеляжа, шпангоуты, крылья, переходники к отсекам



Рис. 4.1.1. Станок Cincinnati VIPER выкладывает деталь фюзеляжа

Станки для выкладки композитных лент

Станки серии Cincinnati CHARGER™ предназначены для профильной и плоской выкладки композитных лент. Они поставляются в конфигурациях с подвижной траверсой, порталом или столом (рис. 4.1.7). Эти станки обеспечивают высокую скорость и точность выкладки, что позволяет ускорить процесс работы, сократить срок изготовления и снизить производственные затраты.

В станках Cincinnati CHARGER™ применяются проверенные компоненты и запатентованные технологии, основанные на 30-летнем опыте группы Fives в области разработки автоматизированного оборудования для выкладки композитных лент.

Станок идеально подходит для изготовления широкого многослойного полотна из КМ различной толщины. Такое полотно затем разрезается на более мелкие части, которые формуруются прессованием или дифрагмой под давлением. Возможно запрограммировать интенсивность процесса выкладки и заказать вакуумный стол для выкладки/раскроя и ультразвуковое устройство резки многослойного композита.

Простая в настройке, эксплуатации и обслуживании новая головка для выкладки лент разработана для увеличения производительности станка (см. рис. 4.1.7). Она

позволяет выполнять более простую и быструю боковую загрузку кассет ленты шириной до 300 мм и диаметром до 650 мм, а также выкладку лент шириной 75, 150 или 300 мм с минимальным временем перенастройки.

Области применения станков для выкладки лент:

- обшивка крыла и панели фюзеляжа;
- рулевые поверхности: закрылки, элероны, рули высоты и направления;
- компоненты конструкции: стрингеры, лонжероны, нервюры и кронштейны;
- горизонтальные и вертикальные стабилизаторы;
- шпангоуты, обтекатели и панели спутниковых антенн.

Головка для выкладки лент может оснащаться встроенной системой ультразвуковой резки многослойных композитов с устройством управления глубиной резки, которое позволяет не переносить и повторно выравнивать КМ на другом станке для резки. Головка также может быть оснащена чернильно-струйным устройством для маркировки не высохшей композитной ленты (рис. 4.1.8).

Новая головка осуществляет профильную выкладку лент шириной 300 мм благодаря эластичному ролику или башмаку (см. рис. 4.1.7). Гибкая форма башмака

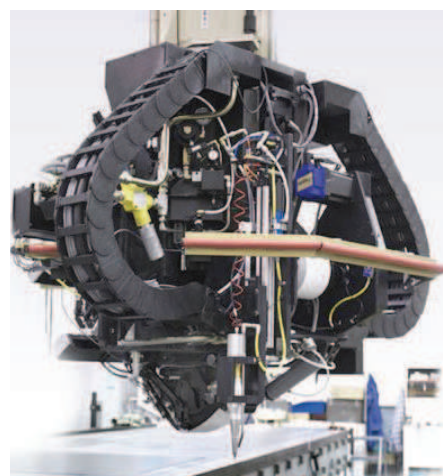


Рис. 4.1.7. Станок Cincinnati CHARGER™ и головка с резаком

8. УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИТОВ

Задачей конструирования изделия из КМ является правильный подбор композиции, обеспечивающий сочетание свойств, необходимых в конкретном эксплуатационном случае. При конструировании армированных ПКМ широко используется компьютерная обработка данных, для чего разработано большое количество разнообразных программных продуктов. Их использование позволяет повышать качество продукции, сокращать длительность разработки и организации производства конструкций, комплексно, качественно и быстро решать задачи их рационального проектирования. Учет неравномерности нагрузок позволяет проектировать конструкцию из армированного композита с дифференцированной толщиной, изменяемой в десятки раз.

Крупные фирмы, производящие оборудование для изготовления деталей из КМ, как правило, сами создают собственные пакеты ПО, учитывающие специфические особенности выпускаемого ими оборудования. Большинство фирм, рассмотренных выше, комплектуют свои станки своим программным продуктом, включающим и постпроцессоры для быстрой разработки технологических программ, и пакеты моделирования процессов выкладки и намотки, и удобный интерфейс HMI, учитывающий конструктивные особенности выпускаемых станков.

Но производителям станков часто не под силу разработка качественного программного продукта, тем более что они для управления своими многокоординатными станками обычно используют самые распространенные на рынке системы ЧПУ фирмы Siemens, которая предлагает в ком-

плект к системам управления мощные и качественные специализированные пакеты ПО для самых различных технологических задач, в том числе для производства деталей из композитов.

Композиционные проекты создаются на основе неструктурированной информации, включающей спецификации, стандарты, атрибуты и требования. Для производства одной детали из КМ используются десятки и тысячи уникальных объектов, включая наполнители, слои и вставки, которые должны точно отражать эту информацию в циклах проектирования и производства. Задачи, необходимые для описания и обмена этой информацией, трудоемки и сложны. Такие задачи часто не автоматизированы или не в полной мере поддерживаются коммерческими 3D CAD-системами, что повышает вероятность возникновения ошибок. Необходимо точно интерпретировать и применять спецификации и стандарты, а также проверять их соответствие требованиям, чтобы успешно сертифицировать и создавать композиционные изделия. Эти сложности, наряду с ростом рыночного спроса на инновационные композиционные изделия, которые меньше стоят и весят и быстрее создаются, предъявляют высокие требования к программным системам. Поэтому очень важно иметь специализированные инструменты, которые отражают уникальную терминологию композитов и процессы, используемые в этой отрасли для оперативной разработки изделий, соответствующих таким требованиям.

Современные программные продукты можно условно разделить на две группы:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отличительная особенность изготовления деталей из ПКМ состоит в том, что материал и изделие в большинстве случаев создаются одновременно. При этом изделию сразу придают заданные геометрические размеры и форму, что позволяет существенно снизить его стоимость и повысить конкурентоспособность по сравнению с изделиями из традиционных материалов, несмотря на то, что полимерные связующие и волокнистые наполнители имеют сравнительно высокую стоимость.

В мировой практике в зависимости от материала матрицы КМ подразделяются на полимерные, керамические, металлические, а также углерод-углеродные композиты. В настоящее время на международном и российском рынке наибольшее распространение получили ПКМ, которые, в свою очередь, делятся по типу используемого волокна: углепластики создаются на основе углеродных волокон, стеклопластики – стеклянных, органопластики – органических, базальтопластики – базальтовых волокон и т.п. Полимерные композиционные материалы также делятся на непрерывно армированные (в качестве наполнителя выступают текстильные материалы на основе непрерывных волокон: нити, жгуты, ленты, ткани, объемноплетеные формы), дискретно армированные (упрочненные дискретными – рубленными или штапельными волокнами), наполненные (упрочненные различного рода дисперсными частицами).

В современной технике наибольший интерес представляет класс непрерывно армированных ПКМ. Такие материалы, по праву относящиеся к классу конструкционных, способны обеспечить максимальную реализацию прочностных характеристик при создании изделий и конструкций нового поколения применительно к ответственным сооружениям и сложным техническим системам.

Традиционно в нашей стране инновации в области ПКМ создавались и создаются преимущественно в государственном секторе науки, в основном для оборонно-промышленного комплекса и сложных технических систем в авиационной, ракетно-космической, атомной промышленности и судостроении. Основной объем научно-исследовательских работ, направленных на разработку новых полимерных связующих, ПКМ, технологий их производства и переработки в конструкции, выполняют отраслевые материаловедческие научные центры и научные организации с государственным участием, такие как ФГУП «ВИАМ», ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», ФГУП «ГНИИХТЭОС», ОАО «Композит», ОАО «НИИПМ» и др. Около 80 % опытно-конструкторских работ, связанных с разработкой изделий на основе ПКМ, выполняется отраслевыми конструкторскими бюро, входящими в интегрированные структуры с государственным участием (ОАК, ОДК, «Вертолеты России» и др.).

К наиболее перспективным рынкам ПКМ в нашей стране сегодня можно отнести строительную отрасль, нефтегазовую промышленность, железнодорожный и автомобильный транспорт, судостроение. На долю этих отраслей в мире приходится около 60 % объема производимых ПКМ, чему способствует, в частности, ужесточение экологичности

АДРЕСА И ТЕЛЕФОНЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Адреса фирм производителей
Fives Machining Systems, Inc
2200 Litton Lane, Hebron, KY 41048, USA
Tel.: +1 859 534 4600
E-mail: fivesmsi-sales@fivesgroup.com
www.fivesmsi.com

Fives Machining – Forest-Liné Capdenac facility
44, boulevard François Mitterrand,
12700 Capdenac, France
Tel.: +33 (0)5 65 63 80 27
www.fivesgroup.com

Представительство «Fives» в России и СНГ
ул. Трубная, д. 25, стр. 3, г. Москва, РФ, 127051
Tel.: + 7 495 745 56 47
E-mail: fivesrussia@fivesgroup.com
www.fivesgroup.com

Ingersoll Machine Tools, Inc.
707 Fulton Avenue, Rockford (IL) – 61103, USA
Tel.: +1 815/987 6000
Fax: +1 815/9876 725
E-mail: info@ingersoll.com
www.ingersoll.com

Innse-Berardi Ru
Tverskaja ul., 20/1, Moscow, 125009, Russia

MTORRES DISEÑOS INDUSTRIALES SAU
Ctra. Pamplona – Huesca, Km. 9
31119 Torres de Elorz (Navarra), Spain
Tel.: +34 948 317 811
Fax: +34 948 317 952
E-mail: info@mtorres.com
(Edificio FIDAMC) Levi-Montalcini, 29
28906 – Getafe
Madrid (España)
Tel.: +34 968 878 400
Fax: +34 91 683 74 74
E-mail: info@mtorres.com

Mikrosam A.D.
Krusevski pat b.b., 7500 Prilep, R. Macedonia
Tel.: +389 (0)48 400 100
Fax: +389 (0)48 411 886
E-mail: sales@mikrosam.com
www.mikrosam.com
Composite Solutions
Софийская ул., 8, к. 1, лит. Б, пом. 23Н, 192236,
Санкт-Петербург, Россия

Tel.: +7 (800) 500 76 93
Тел./факс: +7 (812) 363 43 77
E-mail: info@compositesolutions.ru
www.compositesolutions.ru

Accudyne Systems, Inc.
210 Executive Drive, Suite 5, Newark, DE 19702
Tel.: (302) 369-5390
Fax: (302) 368-8498
www.accudyne.com

ЮРГПУ(НПИ) имени М.И. Платова
ул. Просвещения, 132, г. Новочеркасск,
Ростовская обл., Россия, 346428
E-mail: unridnpi@gmail.com
Тел.: 8(8635)25-52-20, 8(8635)255-171, 260-25
E-mail: bodimus@mail.ru
www.vius.npi-tu.ru

Cevotec GmbH
Willy-Messerschmitt-Str. 1, 82024 Taufkirchen bei
München, Germany
Tel.: +49 89 2314 165-0
Fax: +49 89 2314 165-99
E-mail: info@cevotec.com
www.cevotec.com

Electroimpact, Inc.
4413 Chennault Beach Rd, Mukilteo, WA 98275
Tel.: (425) 348-8090
Fax: (425) 348-0716
E-mail: PeterZ@electroimpact.com
www.electroimpact.com

Automated Dynamics, Inc.
2 Commerce Park Drive, Niskayuna, NY 12309, USA
Tel.: +1 (518) 377-6471
Fax: +1 (518) 377-5628
www.automateddynamics.com

Coriolis Composites Technologies S.A.S.
Rue Condorcet – Z.A. du Mourillon,
F-56530 Quéven, France
Tel.: +33 2 97 59 94 98
Fax: +33 2 97 59 90 24
E-mail: contact@coriolis-composites.com
www.coriolis-composites.com
INTESO JSC «INNOVATION TECHNOLOGIES
AND SOLUTIONS»
5 office, 13a, Yaroslavskaya Str,