

В диссертационный совет 24.2.317.01 на базе ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет» по адресу: г. Кострома, ул. Дзержинского, д. 17/11

ОТЗЫВ

официального оппонента Медведева Александра Викторовича на диссертационную работу Панина Михаила Ивановича на тему: «Разработка технологических процессов создания армирующих структур полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов на базе мотальных паковок», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.16 «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

Актуальность работы.

Инновационное развитие промышленности страны особенно, в сфере обороноспособности, требует разработки новых видов конструкционных композиционных материалов, качественные параметры которых удовлетворяли бы современным высоким требованиям (по коэффициенту заполнения, прочности, массе, пористости и т.д.). Разработка технологий армирования композиционных материалов, формируемых на базе прецизионных 3D намоток, структура которых устойчивы к сдвигу и расслоению витков нитей, при эксплуатации конечных изделий в экстремальных условиях, является актуальной.

Кроме того, разработка технологий армирования и производства композитов специального назначения, формируемых на базе разверток намоток мотальных паковок на плоскость, и исследование их свойств, является актуальной задачей, которая, на современном этапе, ставится создателями новой техники. Именно к таким, эффективным технологическим процессам армирования композитов, следует отнести применение 3D намоток нитей в мотальные паковки различной структуры и формы.

Учитывая то, что темпы роста производства композиционных изделий в РФ составляют около 20% в год, опережая темпы развития данной отрасли даже за рубежом, считаю тематику исследований, реализованных в диссертационной работе Панина Михаила Ивановича актуальной.

Научная новизна работы заключается в разработке нового вида структур армирующих композиционные материалы текстильных наполнителей, в виде прецизионных 3D намоток. Особенность данных структур заключается в том, что они формируются одновременно из нескольких систем нитей, обеспечивающих их взаимную перевивку по трем координатным осям декартовой системы координат, что обеспечивает устойчивость структуры намотки к сдвигу и расслоению витков нитей при приложении к конечному изделию больших внешних нагрузок. Разработанные положения по формированию прецизионных структур 3D намоток, являются новыми положениями в теории наматывания, которые являются основой процессов армирования полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, формируемых на базе мотальных паковок специального назначения (сомкнутой, замкнутой и слоисто – каркасной структуры), а так же их разверток на плоскость.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендации, сформированных в диссертации, подтверждается достаточным для практики соответствием результатов теоретических и экспериментальных исследований, современными методами их решения,

применением известных положений фундаментальных наук в области создания композиционных материалов с использованием текстильных технологий.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке и создании новых способов армирования композиционных материалов текстильными нитями, на базе 3D намоток, новых конструкций мотального оборудования, расчета кинематических параметров мотального механизма. Получены новые образцы полимерных конструкционных материалов. Внедрены в производство технологии армирования композиционных материалов текстильными нитями, формируемых на базе мотальных паковок различных структур (в том числе 3D намоток) и их разверток на плоскость. Результаты работы внедрены на предприятиях ГК «РОСАТОМ», АО «НИИГрафит», ООО «НИЭК».

Автореферат и диссертация написаны профессиональным языком, стиль изложения доказательный с использованием научно-технической терминологии, обладает внутренним единством. Полученные результаты соответствуют поставленной цели и сформулированным задачам. В диссертационной работе отсутствует заимствованный материал без соответствующих ссылок на автора или источник заимствования. Автореферат отражает основные результаты и положения диссертации и соответствует ее содержанию.

Основные положения и результаты диссертационной работы изложены в 32 публикациях в том числе 12 в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, из них 6 статей в журналах, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus. Получено 8 патентов на изобретение и полезную модель.

Объем и структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы, семи приложений. Работа изложена на 307 страницах машинописного текста, включая 62 рисунка, 4 таблицы и 7 приложений на 40 страницах.

Во Введении автор ставит цели и задачи проводимых исследований, полно раскрывает актуальность и научную новизну работы, положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы проведён критический анализ литературы и современного уровня развития теории и процессов армирования композиционных материалов с использованием различных текстильных технологий. Автором справедливо отмечено, что композиционные материалы представляют собой многокомпонентные структуры, армируемые наполнителями, формируемыми с применением различных текстильных технологических процессов. Именно структура наполнителей, определяет свойства конечных изделий, чаще всего прочностные, поэтому все технологии имеют право на их развитие, а приоритетом их применения являются параметры конечных изделий композиционных материалов различного назначения, технологичность и себестоимость их производства.

Вторая глава работы является основополагающей, она посвящена разработке и исследованию структур 3D намоток мотальных паковок, используемых для армирования композиционных материалов, работающих в экстремальных условиях (больших внешних нагрузках и перепадах температур). В данном разделе рассмотрены различные виды структур намотки нитей мотальных паковок, которые отличаются друг от друга пористостью, удельной плотностью т.е. коэффициентом заполнения армирующих намоточных структур волокнистым материалом.

Автором справедливо отмечается, что все структуры намотки определяются углом сдвига витков, образующимся между витками различных пар слоев намотки.

Действительно, данный критерий, наряду с углом скрещивания витков, определяет взаимное расположение нитей в различных слоях намотки, и, для каждой структуры, он имеет вполне определенное значение. В зависимости от значения угла сдвига витков, все структуры намоток мотальных паковок подразделяются на: сомкнутые, замкнутые, спиралевидные и их производные. Такое многообразие структур открывает большие возможности для проектирования композиционных материалов с заданными свойствами (прочностью, пористостью, проницаемостью и степенью заполнения композита наполнителем).

Особое внимание следует уделить, разработанным Паниным Михаилом Ивановичем, структурам 3D намоток. Это совершенно новый подход к формированию армирующих структур композиционных материалов, формируемых с помощью намоток нитей на оправки.

В теорию наматывания автор вводит новое понятие и термин - «3D намотка» – это структура одновременной намотки нескольких систем нитей, интегрированных в одну мотальную паковку. Данная толстостенная текстильная структура обеспечивает перевивочные связи в объеме паковки между нитями всех систем «базовых» и «перевивочных» (используемых в её формировании), по трем направлениям координатных осей x , y , и z .

Особенностью процесса формирования многослойных структур 3D намоток является то, что нити «базовой» и «перевивочных» структур раскладываются одновременно на одной мотальной паковке, причем разными раскладчиками нитей, получающими движение от отдельных приводов.

Автором определены и теоретически обоснованы факторы, оказывающие решающее влияние на качественные показатели 3D структур намоток, а именно - условия их формирования на паковках (величину угла сдвига витков и требуемую величину передаточного отношения, создаваемого мотальными механизмами), а также возможность использования их в качестве наполнителей композиционных материалов из нитей различного сырьевого состава.

Определены условия формирования прецизионных структур 3D намоток из двух и более систем нитей различной линейной плотности, которые необходимо обеспечивать несколькими раскладчиками нитей, для создания определенного-суммарного угла сдвига между витками различных пар слоев намотки.

Проведенные автором исследования структур 3D намоток, позволили определить основные качественные показатели армируемых ими композиционных материалов, такие как: объемное заполнение структуры волокнистым материалом, причем нитями различных систем, а главное определить коэффициент связности намотки, который является «чистой» характеристикой прочностных свойств армирующей структуры, так как определяется с учетом числа перевивок («пересечек») витков намотки между нитями различных систем во всем объеме паковки. Как показывают проведенные исследования по данному показателю 3D намотки приближаются к многослойным тканым структурам, формируемым на базе главных переплетений нитей в ткани.

Теоретически доказано, что сомкнутые структуры 3D намоток нитей на оправки обладают максимально-возможной, (по сравнению со всеми иными структурами наполнителей композитов) удельной плотностью намотки, причем постоянной, как в осевом, так и в радиальном направлениях паковки, а, следовательно, и максимальным коэффициентом заполнения объема композиционных материалов волокнистым наполнителем, приближающихся к значению 0,785.

Третья глава диссертации посвящена исследованию факторов, оказывающих влияние на структуру наполнителей композиционных материалов, формируемых намоткой нитей.

Проведены теоретические расчеты, которыми определено влияния угла скрещивания витков, натяжения нити и степени прессования намотки на структуру армирующих оболочек, формируемых намоткой. При проведении исследований влияния угла скрещивания витков на структуру намотки паковок, УУКМ имеющих криволинейную поверхность, автор, используя выражение квадрата кривизны винтовой линии профессора Пискунова Н.С., делает обоснованные выводы о том, что:

- величина угла скрещивания витков β наибольшее влияние оказывает на структуры параллельных и замкнутых (не сомкнутых) намоток, когда вышележащие витки намотки нитей могут врезаться в толщу намотки и уплотнять ее;
- при крестовой намотке нити (жгута) на цилиндрическую паковку, давление вышележащих слоев намотки нитей на нижние и оправку будет ниже, чем при параллельной намотке.

Результаты данных исследований рекомендуется использовать в практической деятельности, при армировании композиционных материалов намоткой нитей на паковки различной формы.

В четвёртой главе диссертации приводятся результаты исследования процессов армирования намоткой мотальных паковок, имеющих заданную кривизну поверхности. В результате проведенных исследований определена закономерность движения нитераскладчика вдоль образующей паковки, выполнение которой обеспечивает формирование заданной кривизны поверхности намотки на цилиндрических оправках. Разработан механизм раскладки нити, для формирования паковок заданной формы, обеспечивающий минимальный (1-2мм) свободный отрезок нити между глазком нитераскладчика и точкой входа нити в паковку в течение всего процесса наматывания мотальной паковки.

Пятая глава диссертации посвящена исследованию процессов армирования толстостенных композиционных материалов плоской формы с помощью разверток намоток мотальных паковок на плоскость.

Разработан способ армирования конструкций (заготовок) композиционных материалов, основанный на использовании развертки на плоскость намоток мотальных паковок различной структуры, толщины и формы. Разработан метод раскроя намоток в развертки требуемых геометрических форм заготовок композитов.

Шестая глава посвящена разработке технологий армирования полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) различного назначения:

- разработана технология производства 3D намоткой сомкнутой структуры заготовок углерод-углеродных тормозных дисков на модернизированных прецизионных мотальных машинах;

- разработана технология изготовления композиционных фильтров для очистки и обеззараживания воздуха, на базе структур 3D слоисто-каркасных

Данные структуры формируются, как правило, с использованием в одной паковке намоток нескольких систем нитей, и/или, различных структур намотки. Каждая из используемых структур, в конечном изделии композита, выполняет свою, свойственную только ей функцию, при этом, в каждой из структур имеется возможность использовать нити различной линейной плотности и различного сырьевого состава, обладающие специфичными свойствами.

Вместе с тем следует отметить, что по содержанию диссертационной работы имеются замечания и вопросы.

1. Некоторые утверждения требуют разъяснений.

С. 17. Современные композиционные материалы представляют собой многокомпонентные структуры, состоящие из **пластичной** основы (матрицы).

С. 32. Благодаря низкой объемной плотности, по сравнению с металлами, от 1,7 до 1,9 г/см³ углеродные нити используются для выработки легких тканей применяемых в качестве термостойких покрытий, наполнителей, **первичных и вторичных структур** самолетов, ракет и т.д

С. 127. Коэффициент жесткости (переплетения) 3D намотки определяет степень **жесткости** перевивочных связей между нитями, используемыми при формировании её структуры.

С. 160. Причем максимальное значение коэффициента заполнения $k_z=0,785$ обеспечивает сомкнутая структура намотки нитей, когда удельная плотность намотки нитей на цилиндрическую паковку равна:

$$\gamma = 1/c^2, \quad (4.25)$$

где c – объемная плотность нити и ее волокнистого состава, из которого она изготовлена.

Какая размерность удельной плотности?

С. 197. Методы построения разверток цилиндров, конусов, призм и других профильных тел, имеющих **ось вращения**, подробно описаны в технической литературе [81].

С. 221. К перспективным композиционным материалам относятся гибридные материалы, сформированные из более чем двух видов армирующих наполнителей или матриц разной природы с различными свойствами. Так, в композиционном материале «тайгермеш», выпускаемом в Великобритании, в качестве армирующего наполнителя, наряду со стеклянными волокнами, используют волокна карбида кремния, кевлара и углеродные волокна [95]. 95. Погосян А.К. Трение и износ наполненных полимерных материалов. Издательство «Наука», 1977.

2. Автор использует качественную оценку вместо количественной.

С. 18. Одним из главных критериев, определяющих качество и свойства композитов формируемых с использованием текстильных материалов, является процентное соотношение (доля вложения) текстильного армирующего компонента и связующих (эпоксидных и полиэфирных смол) в общем объеме композита. Это соотношение считается оптимальным, когда доля армирующего материала будет **небольшой**.

С. 20. Композитные материалы, с долевым содержанием арамидных, борных, стеклянных волокон, в объеме материала 50 – 70%, обладают **очень высокой** ударной прочностью и ударным модулем упругости.

С. 24. **Малое** содержание связующих элементов в общем объеме нетканых материалов делает их гибкими, воздухопроницаемыми, но главное **легкими**.

С. 33. **Гладкая** поверхность нитей и несовершенная структура намотки паковок (бобин, сновальных катушек, навоев).

С. 108. При этом раскладчики нити, обеспечивающие перемещение базовых и перевивочных нитей должны работать **строго синхронно**, т.е. значения передаточного отношения от паковки к каждому раскладчику нити должны быть одинаковыми и постоянными в течение всего процесса формирования структуры 3D замкнутой намотки.

3. Некоторые утверждения автора не подтверждены ссылками на соответствующие литературные источники.

С. 22. Особенности армирования и области применения волокнистых **полимерных** композиционных материалов изложены в работах [11,12]. 11. National Research Council Advanced Fibers for High-Temperature **Ceramic** Composites: Advanced Materials for the Twenty-First Century. Washington D.C.: Nat. Academy Press, 1998. P. 37-38.

С. 34. Однако, будучи помещенным в полимерную матрицу, трикотаж кардинальным образом меняет свои свойства – точки контакта между петлями уже не могут свободно смещаться, и удлинение возможно лишь за счет деформирования нитей, **растяжимость** которых в 10–100 раз ниже, чем у вязаной структуры в свободном состоянии.

С. 179. Из **практики** производства композитов известно, что при формировании прецизионных структур намотки мотальных паковок, с заданной кривизной поверхности, одной из основных проблем, является необходимость сохранения упорядоченного и равновесного расположения витков нити на поверхности формируемой паковки.

С. 181. Как показывают **практические** исследования, на искажение структуры намотки мотальной паковки влияет, не только величина «свободного отрезка нити», но и неравномерность натяжения нити, жесткость нити и т.д.

С. 181. Как показывает **практика**, применение мотального оборудования с ЧПУ, так же не всегда предусматривает решение вопроса о минимизации величины «свободного отрезка нити» в приводах раскладчиков нити.

С. 273. 8.3. Задать **скорость** перемещения активного захвата машины 2 мм/мин.

4. Автором допущен ряд ошибок при оформлении рисунков и в расчетах.

С. 136. Под действием сил натяжения t действующим на концы отрезка нити возникает нормальное давление данного витка dN , направленное **к оси паковки**.

На (рис. 3.1) dN направлено от оси.

С. 137. При расчете элементарного объема намотки использовано выражение

$$\Delta V = 2\pi H \rho \Delta \rho [\text{см}^3], \quad (3.5)$$

Отсюда площадь сектора кольца: $\Delta S = 2\pi \rho \Delta \rho$.

Для вычисления площади сектора кольца можно использовать следующие формулы:

Для угла в градусах: $S = \pi * (\alpha / 360^\circ) * (R^2 - r^2)$,

где R — внешний радиус кольца, r — внутренний радиус кольца, α — угол сектора кольца (в градусах), π (пи) — математическая константа, приближённое значение которой равно 3,14159.

Для угла в радианах: $S = (\alpha / 2) * (R^2 - r^2)$.

Для расчёта площади сектора кольца нужно знать внешний и внутренний радиусы кольца, а также угол сектора (в градусах или радианах).

Отмеченные выше замечания не снижают общей ценности выполненных исследований.

Заключение.

Диссертационная работа Панина Михаила Ивановича на тему: «Разработка технологических процессов создания армирующих структур полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, на базе мотальных паковок» по своему содержанию соответствует пунктам п. 1; 2; 4 паспорта специальности 2.6.16 «Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности», в части разработки технологий проектирования и производства новых конструкционных композиционных материалов и ИТЛП и п. 5 в части создания технологического оборудования для армирования композиционных конструкционных материалов и ИТЛП.

Представленная диссертационная работа Панина М.И. по объёму выполненных исследований, актуальности, научной новизне, практической и теоретической значимости результатов является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований изложены научно-обоснованные технические и технологические решения в области создания текстильных армирующих структур полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Таким образом диссертация соответствует критериям п.п 9-14 «Положения о

присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Панин Михаил Иванович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.16 «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

Официальный оппонент д.т.н., старший научный сотрудник лаборатории кремнеземных материалов АО «НПО Стеклопластик»



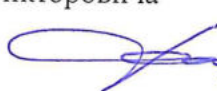
Медведев
Александр Викторович

24.04.2025 г.

141551, Московская обл.,
Солнечногорский р-н, п. Андреевка,
строение 3А

Тел. +7 (905) 788-67-35
E-mail: 24091955@mail.ru

Подпись Медведева Александра Викторовича
заверяю: начальник отдела кадров



Петрухненко Т.В.

24.04.2025