

В заключение можно отметить, что спектральный анализ показал: при использовании разработанной конструкции оправки с предварительным внутренним напряжением сохраняется положение основных частотных составляющих вибрационного сигнала, при этом уменьшается их амплитуда и снижается выраженность резонансных пиков. Количественная оценка по среднеквадратичному значению сигнала показала, что наблюдается снижение уровня вибраций в 2,4–2,9 раз, в зависимости от условия обработки, при этом шероховатость обработанной поверхности уменьшается на 14–78 %. Полученные результаты подтверждают эффективность применения оправки новой составной конструкции с предварительным внутренним напряжением.

Литература

1. Васильев Л. С. Повышение жесткости и виброустойчивости при глубоком растачивании / Л. С. Васильев, И. П. Никифоров, Е. А. Евгеньева // Металлообработка. – 2022. – № 4 (130). – С. 12–22.

ПРОБЛЕМЫ РЕЦИКЛИНГА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

У. А. Дуб

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. Н. Бобрышева

Рассмотрены проблемы рециклинга композиционных материалов и предлагаются современные методы их решения. Отмечено, что основная цель работы – показать актуальность и масштабность проблемы.

Ключевые слова: рециклинг, композиционные материалы, композит, утилизация, пиролиз, гетерогенная структура.

Инженеры прошлого века стремились создать материал, который не боится времени: не ржавеет, не гниет и не теряет прочности десятилетиями. Композиты стали триумфом человеческой мысли, воплотив в себе идею «вечного изделия». Однако сегодня это совершенство обернулось технологической ловушкой. Человечество научилось создавать материалы, которые природа не может переработать за тысячи лет, и сами не научились разбирать их на составляющие. С каждым годом увеличивается производство и повышается число отходов композиционных изделий, тем самым засоряя планету. Проблема рециклинга композитов – это поиск способа помочь экосистеме, превратить путь изделия от завода до свалки в бесконечный цикл превращений. Недостаточно просто, например, растворить изделие, нужно придумать, куда «деть» полученную смесь, как ее правильно использовать, минимизировав материальные потери и ущерб окружающей среде.

В современном мире невозможно развитие промышленности без применения композиционных материалов. Они прочные, легкие и долговечные, что делает их незаменимыми в авиации, автомобилестроении и энергетике. Однако среди множества достоинств есть один огромный недостаток: композиты крайне сложно перерабатывать. С учетом значительного срока разложения в окружающей среде (около 200 лет), проблема поиска технологий утилизации отходов композиционных материалов является актуальной задачей.

Ученые долгое время «бьются» с пластиком, ищут подходящие методы его переработки и повторного использования, за каждую неправильно переработанную де-

таль люди несут большие материальные потери. В чем заключается основная сложность переработки композиционных материалов?

1. Прежде всего, главная сложность заключается в гетерогенности структуры. Композит – это «пирог» из связующего вещества, наполнителя, армирующих волокон и функциональных добавок.

2. Еще одна преграда для массового рециклинга сегодня – отсутствие экономической выгоды. Высокая стоимость: процессы термического и химического восстановления (например, сольволиз при сверхкритических условиях) требуют огромных энергозатрат и дорогостоящего оборудования.

3. Деградация свойств. Так, например, в процессе механической переработки волокна укорачиваются, что снижает их прочность. Это делает вторичное сырье непригодным для ответственного применения, переводя его в разряд наполнителей в лучшем случае для дорожного строительства («даунсайклинг»).

4. Немаловажным в этой теме остается экологический аспект. Переработка сопровождается выделением загрязняющих веществ.

На сегодняшний день огромная часть отслуживших композиционных изделий (например, лопасти ветрогенераторов или корпуса лодок) отправляется на свалки или сжигается. Лопастей ветряков могут достигать десятков метров в длину и не разлагаются столетиями. Захоронение таких отходов – это «мина замедленного действия» для экосистемы, а сжигание ведет к выбросу токсичных веществ. Из-за огромного количества неразлагаемых отходов, в первую очередь, страдают животные и растения, существует немало примеров исчезновения целых видов животных и нарушения естественного баланса растений.

Чтобы избежать экологической катастрофы, человечество должно осуществлять не только переработку композиционных изделий, но и правильно использовать их остатки. На сегодняшний день наука предлагает несколько путей решения проблемы:

– пиролиз: термическое разложение матрицы без доступа кислорода; позволяет восстановить углеродное волокно, но оно теряет часть прочности;

– сольволиз: химическое растворение смолы; метод эффективен, но требует использования дорогих и часто агрессивных реагентов;

– механический рециклинг: измельчение материала в крошку, которая затем используется как наполнитель для бетона или асфальта. Это «даунсайклинг» – снижение ценности материала.

5. Отсутствие стандартов: на 2025 г. в мире все еще не хватает единых протоколов сортировки и маркировки композитов, что затрудняет создание глобальных цепочек переработки.

Схема механического рециклинга дана на рис. 1.

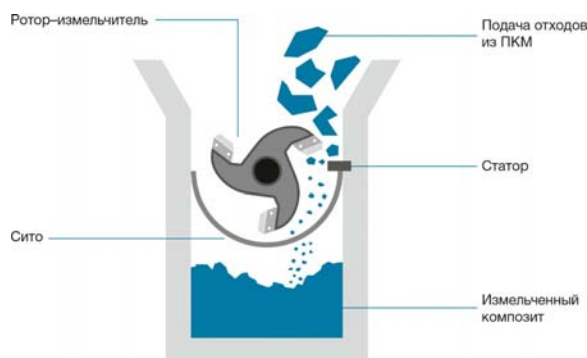


Рис. 1. Схема механического рециклинга

Таким образом, будущее рециклинга лежит в плоскости «проектирования для переработки». Инженеры работают над созданием биоразлагаемых смол и термопластичных композитов, которые можно перерабатывать многократно без потери качества. Проблема рециклинга композитов – это вызов для глобальной экономики замкнутого цикла. Без создания эффективной системы сбора и высокотехнологичных методов переработки экологический след от использования «материалов будущего» может перечеркнуть их технологические преимущества.

Литература

1. Переработка композитов: рециклинг и утилизация отходов ПКМ. – URL: <https://pererabotka-kompozitov-retsikling-pkm-utilizatsiya-i-vtorichnaya-pererabotka-kompozitnykh-otkhodov-p/>.
2. На пути к циркулярной экономике: химический рециклинг полимерных композиционных материалов // Электрон. б-ка БГТУ. – URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/31816>.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ МЕТАЛЛОКОРДА

Д. В. Пермяков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Отражено современное состояние, перспективные направления исследования методов определения изгибной жесткости металлокорда.

Ключевые слова: металлокорд, изгибная жесткость, шины.

Метод определения жесткости. При этом методе испытания образец корда зажимается в приборе для испытания на изгиб для определения жесткости и затем его изгибают при постоянной скорости. Для испытания на жесткость применяется прибор типа «Taber V-5» модели 150-B (рис. 1).

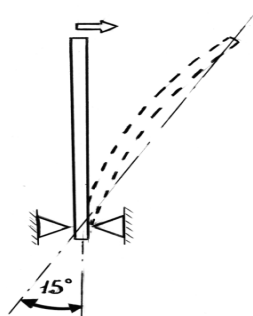


Рис. 1. Схема испытания металлокорда на изгибную жесткость по методу «Табер»

Образцы отбираются по 70 мм непосредственно с катушки. При этом нельзя нарушать структуру корда. Образец изгибается влево на 15° с постоянной скоростью. Вычисляется приложенный момент, затем образец изгибается в противоположную сторону. Жесткость образца определяется как среднее арифметическое измерение изгибающих моментов в двух противоположных направлениях. В большинстве случаев