

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).

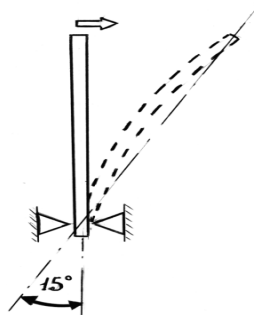


Рис. 1. Схема испытания металлокорда на изгибную жесткость по методу «Табер»

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

после окончания действия момента сгибания металлокорд не возвращается точно в исходное положение, сохраняя остаточную деформацию:

$$V = \frac{M - M1}{M} 100 \%, \quad (1)$$

где V – восстанавливаемость после изгиба, %; M – первоначальная жесткость; $M1$ – остаточная жесткость.

Обычно в корде общий момент сгибания представляется как сумма двух факторов:

- момент для уравнивания упругих реакций материала, который зависит только от типа конструкции металлокорда;
- момент, необходимый для преодоления сил трения, которые противодействуют движению отдельных проволок. Это зависит от поверхностных характеристик проволок и от их взаимного давления прижатия.

Помимо испытания на жесткость просто металлокорда проводят испытания и в обрезиненном состоянии. Этот вид испытания более подходит для оценки свойств композита металлокорда – резины. Проведение испытания показало, что при испытании на жесткость металлокорд в обрезиненном и необрезиненном состояниях ведет себя по-разному – резиновая смесь создает дополнительно препятствие подвижности проволок металлокорда, увеличивая изгибную жесткость.

Кроме этого существует способ определения жесткости металлокорда, в частности, на фирме «Бекарт», на петле (рис. 2). Этим методом определяется степень возвращения корда в исходное состояние после того, как он был подвергнут определенной изгибной деформации. Восстанавливаемость выражается в процентах возвращения энергии.

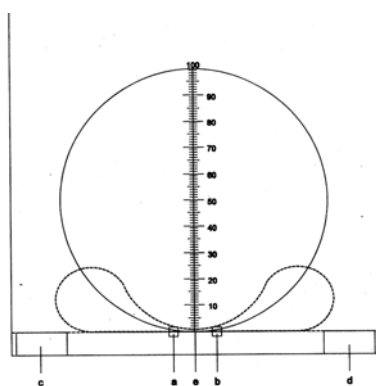


Рис. 2. Схема испытания металлокорда на эластичность

На жесткости сильно сказывается диаметр металлокорда как в обрезиненном, так и в необрезиненном состоянии. Предъявляя требования к конструкциям металлокорда в зависимости от показателя жесткости, можно говорить, что металлокорд, который закладывается в брекеры, должен обладать высокой восстанавливаемостью, а металлокорд, который будет закладываться в каркас, – высокой пластичностью. Наличие оплетки снижает пластичность.

Согласно теории, каждый повив представляется с позиции энергетического подхода как эквивалентная по упругим свойствам анизотропная цилиндрическая оболочка, а сама проволочная конструкция рассматривается как система вложенных

друг в друга цилиндрических оболочек, между которыми допускается проскальзывание с учетом сил трения. Из-за сложной структуры проволоочных конструкций возникают известные проблемы в оценках их деформаций, жесткостей, несущей способности и пр.

Прибор для определения жесткости «Taber V-5» (рис. 3) используется для оценки жесткости и эластичности слоистого пластика, картона, бумаги, легкого металлического листа, фольги или иных гибких материалов. Он дает возможность проводить не имеющие равных по своей стабильности исследования и производственные испытания путем стандартизации испытательного образца. Заранее определенные длина образца, угол отклонения и изменение нагрузки позволяют получить точные и воспроизводимые результаты испытаний.

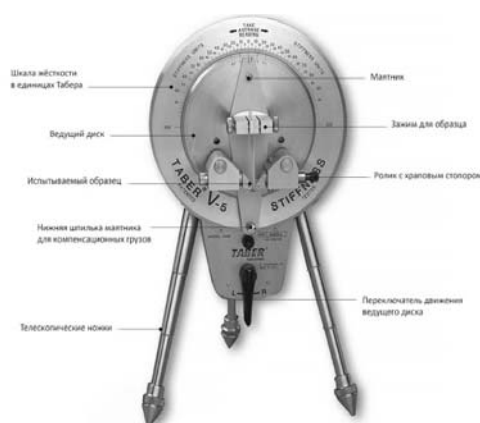


Рис. 3. Прибор для определения жесткости «Taber V-5»

Надлежащая эксплуатация прибора требует минимальных технических знаний, но ее необходимо соблюдать для получения стабильно точных данных. Система весов с маятником является точным и чувствительным методом измерения небольших увеличений нагрузки. Зажим с образцом закрепляется на маятнике, при этом нижняя сторона зажима располагается точно в центре вращения. Это обеспечивает постоянную длину испытуемого образца и угол отклонения для получения точных результатов с высокой точностью повторяемости. Оба зажима зажимного устройства регулируются с тем, чтобы можно было расположить испытательный образец строго в центре, независимо от его толщины. К нижнему концу образца прилагается сила при помощи валиков, прикрепленных к ведущему диску, расположенному непосредственно за маятником. Ведущий диск толкает валики к образцу и отклоняет его от вертикального положения. Маятник применяет возрастающий крутящий момент к образцу по мере его отклонения от вертикального положения. Прибор отображает моментную нагрузку, применяемую к испытательному образцу в единицах жесткости Taber ($\text{г} \cdot \text{см}$).

Показания точки испытания возникают, когда отметка маятника совпадает с соответствующей отметкой ведущего диска ($7,5^\circ$ или 15°), которая указывает на показания жесткости на круговой шкале. Итоговое показание зависит от диапазона, в котором проводится испытание. Диапазон зависит от положения валика и нагрузки маятника (которая регулируется при помощи дополнительных разновесов). Показание умножается на соответствующий показатель шкалы в зависимости от диапазона испытаний.

Диапазон 2 (0–10 ед. жесткости) диапазона испытания увеличивает значения на шкале в десять раз, так что гибкие материалы могут тестироваться ниже диапазона 3 (10–100 ед. жесткости). При использовании компенсационного равновесия и за счет изменения направления валиков (для уменьшения длины испытуемого образца) увеличивается чувствительность данного испытания. В диапазоне 2 образец отклоняется как влево, так и вправо, и фиксируется показание. Для получения окончательного значения затем вычисляется среднее значение показания и делится на 10.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: изгибная жесткость провода может заметно меняться по мере его деформации, поскольку проволоочные слои провода могут проскальзывать относительно друг друга, а отдельные проволоки – перемещаться внутри повивов. Следовательно, величины изгибной и крутильной жесткостей могут изменяться как вдоль оси провода, так и во времени.

Л и т е р а т у р а

1. Тестер упругости и жесткости материалов на изгиб. Taber 150. – URL: <https://www.qualicont.ru/products/taber/taber-150.html/>.
2. Губкин, С. И. Теория обработки металлов давлением : учебник / С. И. Губкин. – М. : Металлургиздат, 1947. – 532 с.

ИЗГИБНАЯ ЖЕСТКОСТЬ МЕТАЛЛОКОРДА ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ШИНЫ

Н. Н. Мельников

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Отражено современное состояние, перспективные направления исследования и изменения изгибной жесткости металлокорда.

Ключевые слова: металлокорд, изгибная жесткость, шины.

Использование металлокорда в качестве армирующего материала известно с 1937 г. (фирма «Мишлен»). В дальнейшем совершенствование конструкций металлокорда, его характеристик и технологии изготовления является улучшение экономических показателей непосредственно производства и конструкций металлокорда. Процесс появления новых конструкций металлокорда продолжается и сейчас. Все показатели физико-механических и адгезионных характеристик металлокорда произошли от оценочных испытаний текстильного корда и канатных изделий, в частности, авиационных канатов, и были направлены на увеличение ходимости шин. Поэтому определяющими факторами анализа качества металлокорда стали прочностные показатели и работоспособность при знакопеременной нагрузке. Дальнейшее развитие конструкций шин внесло добавочные характеристики для металлокорда с целью получения качественного обрешиненного полотна.

Корд в шине работает в весьма жестких условиях. Он подвергается разнообразным статическим и динамическим многократным деформациям растяжения, сжатия, изгиба, сдвига, кручения и т. д. [2]. Разнообразие условий работы корда вызывает необходимость изучения корда как конструкционного элемента шин. В настоящее время увеличение технического ресурса шин (ходимости) является одной из главных задач. Схема нагружения корда в резинокордном слое шины представлена на рис. 1.