

УДК 681

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ АРМИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Василевич Ю.В., Горелый К.А., Иванов С.Н., Неумержицкая Е.Ю.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Одним из важнейших факторов при изготовлении изделий из композиционного материала является знание механических свойств композита, находящегося в состоянии препрега, когда полимерное связующее не отвердело и находится в жидком состоянии. На этой стадии изготовления конструкционный материал обладает большой эластичностью, что дает возможность получить изделия заданной формы и конфигурации.

Поскольку препреги являются гетерогенными материалами, их свойства будут обуславливаться свойствами отдельных определяющих компонентов. Свойства препрегов при проведении испытаний должны соответствовать условиям их переработки, т.е. учитывать влияние окружающей среды, температуры, внешней нагрузки.

Существенным для препрегов является то, что один из компонентов – связующее, находится в жидком состоянии. Это позволяет препрегам быть эластичными. Определяющую роль при формировании изделий играют силы трения. Армирующий материал в виде нитей не связан тесно друг с другом в узлах переплетения, что объясняет возможность сдвига со смещением одной нити относительно другой. Такие деформации значительны, другими словами, конечны и, несмотря на это, во многих случаях не приводят к разрушению армирующего материала.

Соблюдение требований о моделировании реальных технологических режимов обязательно, так как это может породить несовпадение методик испытаний с заложенными в них требованиями. Для получения сопоставимых данных при таком подходе к исследованию свойств препрегов и их научного обобщения необходимо иметь соответствующие информационные данные и соблюдать определенные правила:

- полную характеристику испытываемого материала – тип материала (состав, соотношения компонентов, схемы укладки арматуры), режимы изготовления, формы и размеры исходной заготовки и т.п.;

- форму, размеры и способ изготовления образцов, условия кондиционирования образцов, способ закрепления, количество образцов для эксперимента;

- характеристику испытательной машины и измерительной аппаратуры, характеристику окружающей среды, температуру;

- режим нагружения – способ приложения

нагрузки, скорость нагружения;

- способ обработки экспериментальных данных и доверительные интервалы (ошибка, разброс).

Рассматриваемые препреги представляют собой слоистые композиты, армированные нитями под углом $\pm\varphi_0$, т.е. они имеют регулярную структуру и, следовательно, обладают четко выраженной анизотропией каждого слоя. На этом основании, если рассматривать задачи, которые приводят к деформациям, не выходящим за рамки слоев, такую систему можно рассматривать как плоскую. Это оправдывает применение в испытаниях образцов, изготовленных из тканого материала.

Для проведения испытаний необходимы: образец, изготовленный из испытываемого материала; механизмы (испытательные машины и оборудование), нагружающие образец и измеряющие величину прилагаемых нагрузок; приборы, которые измеряют деформации образца. Образец должен обладать такой формой, чтобы в его рабочей части во время испытаний осуществлялось требуемое напряженное состояние.

Особое внимание при проведении испытаний уделяется способу крепления образцов. Во-первых, способ крепления образцов должен быть таким, чтобы устранялась возможность их разрушения в самом зажимном устройстве. Во-вторых, оно должно быть достаточно надежным, чтобы не было смещений образца в месте закрепления. Размеры образцов должны быть такими, чтобы обеспечивались: то напряженное состояние, которое соответствует напряженному состоянию в изделии; точность отсчета деформации и можно было бы пренебречь влиянием краевого эффекта. Основной целью механических испытаний (прочностных и деформационных) материалов является опытное исследование свойств препрегов, которые являются определяющими при оценке прочности.

Исследуемые здесь препреги представляют собой слоистые композиты, армированные под углом $\pm\varphi_0$, т.е. не имеют регулярной структуры и, следовательно, обладают четко выраженной анизотропией каждого слоя. Такие препреги изготавливаются на основе тканей гладкого переплетения, либо с использованием мультиаксиальных тканей. Тканые материалы, являющиеся, в основном, двумерными структурами, проявляют хорошую стабильность свойств во вза-

имно-ортогональных направлениях основы и утка. Кроме того, тканые материалы характеризуются более сбалансированными свойствами в плоскости ткани. На этом основании, если рассматривать задачи, которые приводят к деформациям, не выходящим за рамки слоев, то такую систему можно рассматривать как плоскую. Это может служить оправданием применения в испытаниях плоских образцов, изготовленных из тканого материала.

Рассматривается задача об установлении неупругой составляющей сжатия ткани, которое осуществляется в ее плоскости. Отметим, что ввиду абсолютной гибкости нитей сжатие в обычном смысле в направлении нитей невозможно, так как оно приводит к потере устойчивости каркаса ткани. Существует и другой вид сжатия. Силы, осуществляющие такое сжатие, лежат в касательной плоскости к ткани и направлены поперек нитей. Такое сжатие может происходить, например, при изгибе цилиндрической оболочки в торовую, если эта оболочка находится в состоянии препрега, т.е. когда связующее еще не заполимеризовано, при проколе круглого отверстия [2]. В результате армирующий материал такой оболочки имеет возможность сдвигаться на конечное расстояние без разрыва. Другим примером является сжатие, которое происходит при параллельном сдвиге нитей одного семейства относительно второго.

Как отмечалось, при сжатии происходят геометрические изменения параметров сечения нитей до установления тех размеров, которые обеспечивают целостность ее формы независимо от величины приложенной внешней нагрузки. Одновременно происходит параллельный сдвиг нитей, уменьшая расстояние между ними. Второй этап сжатия характеризуется только упругими деформациями. В какой-то мере упругий этап сжатия семейства нитей похож на сжатие упругого твердого тела. На этом основании можно руководствоваться построением линейных зависимостей между деформациями и напряжениями

$$\Delta W = \gamma + \gamma_1 P, \quad (1)$$

где γ и γ_1 – некоторые постоянные, причем γ отвечает за неупругое сжатие, а γ_1 – за упругое; ΔW – деформация, мм; P – нагрузка, Н.

Геометрическая интерпретация сделанных предположений представлена на рисунке 1.

Здесь на участке ОА графика деформация ткани осуществляется за счет неупругих перемещений при изменении параметров сечения нитей. Препятствием к таким изменениям яв-

ляются

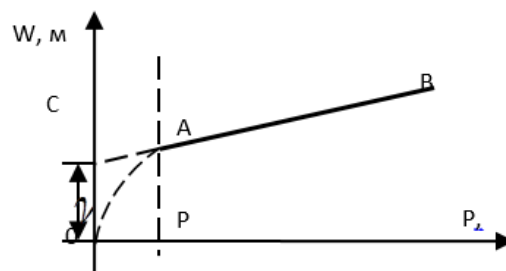


Рисунок 1 – Зависимость деформации ткани от нагрузки

силы трения. На участке АВ перемещения осуществляются только за счет упругой деформации нитей ткани при сжатии. Очевидно, уменьшение или увеличение сил трения никак не может сказаться на величине неупругих деформаций, так как неупругие деформации – чисто геометрическая величина, характеризующая степень уплотнения препрегов армирующим материалом. Уменьшение сил трения приводит к изменению участка неупругих деформаций в сторону уменьшения. Графически такое изменение приводит к сближению точек А и С. Таким образом, величина γ , показанная на рисунке представляет собой неупругую составляющую и не зависит от изменения внутренних сил трения для одной и той же ткани. На этом основании для отыскания неупругой составляющей было сделано предположение о линейной зависимости (1) между деформациями и напряжениями. Линейное представление, очевидно, допускает на начальной стадии нагружения значительную погрешность. Однако в дальнейшем, когда неупругие деформации преодолены, описание деформативности с использованием линейной зависимости становится приемлемым. Более того, эта погрешность не влияет на точность нахождения неупругой составляющей деформации сжатия препрегов.

1. Альперин В.И. Применение стеклопластиков в химической промышленности в СССР и за рубежом / В.И.Альперин [и др.] // Сопоставительные обзоры по отдельным производствам химической промышленности: сб.науч.тр. / НИИТЭХИМ. – Москва, 1968. – Вып. 3. – С.3.
2. Горелый К.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния в торовых оболочках, изготавливаемых из гетерогенных полимерных материалов: диссертация на соискание ученой степени кандидата техн.наук: 26.10.12 / К.А.Горелый. – Минск. – 2012. – 118 с.