

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ КОРРЕКТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИЕ ОДНОНАПРАВЛЕННОГО ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА

Татусь Н.А., Полилов А.Н., Власов Д.Д., Ахмедшин Э.Х.

polilovan@mail.ru

1. К оценке напряжений, создаваемых захватами

Рассматриваются захваты (рис. 1) для испытаний на растяжение, зажимающие плоский образец постоянным поперечным усилием P_- , равномерно распределенным по захватной части образца, которая имеет длину a и ширину w_- .

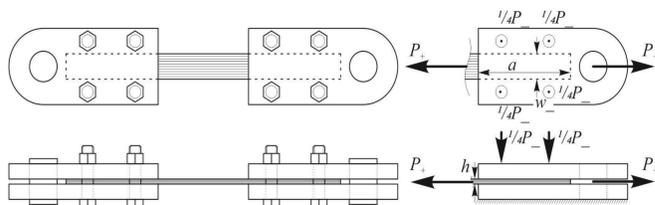


Рис. 1. Внешний вид, принципиальная расчетная схема при испытаниях плоских образцов в захватах с постоянным усилием

Оценка поперечных напряжений.

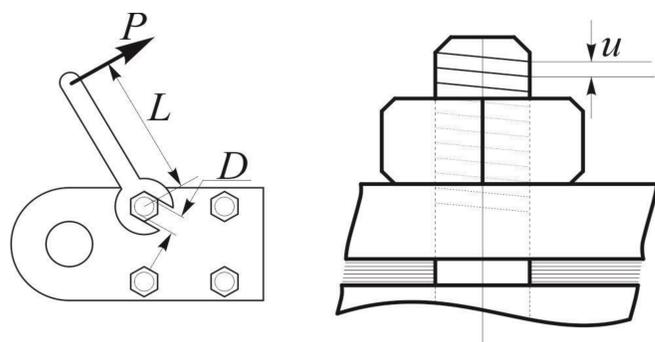


Рис. 2. Определение работы момента затяжки болта

$$A = 2\pi \cdot M$$

$$\frac{1}{4} P_- = \frac{A}{u} = \frac{2\pi \cdot M}{u} \approx$$

$$\approx 125000 \text{ H} = 12.5 \text{ m.}$$

При длине захватной части $a = 50$ мм и ширине $w_- = 20$ мм поперечное сжимающее напряжение оказывается порядка

$$\sigma_- = \frac{P_-}{aw_-} \cong 500 \text{ МПа.}$$

Это значение намного превышает прочность на сжатие поперек волокон, равную примерно 50-100 МПа, поэтому и существует опасность разрушения от поперечных усилий в виде «перекусывания» образца в захватах. Расширение и удлинение захватной части из этих соображений крайне важно и ограничивается только экономией материала и сложностью технологии изготовления расширяющихся галтелей.

2. Оценка продольных касательных напряжений на поверхности захватной части образца

При закреплении их практически нет, а при приложении растягивающих усилий касательные напряжения растут вплоть до возникновения проскальзывания, при котором реализуется явление типа сухого трения.

Для фиксированного поперечного усилия (момента затяжки болтов) определяют, при каком продольном усилии произойдет проскальзывание (вытаскивание образца из захватов). Разделив продольное усилие при начале проскальзывания на оцененную выше поперечную силу, определим условный коэффициент трения

$$k = \frac{P_+}{P_-}$$

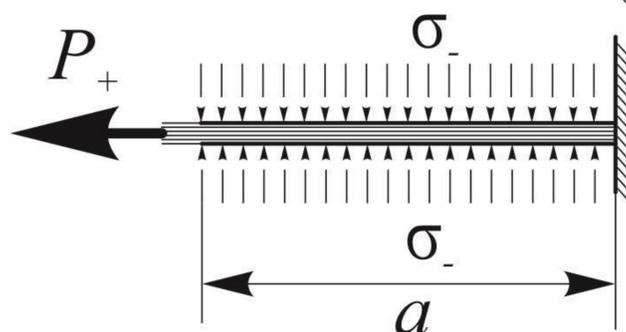
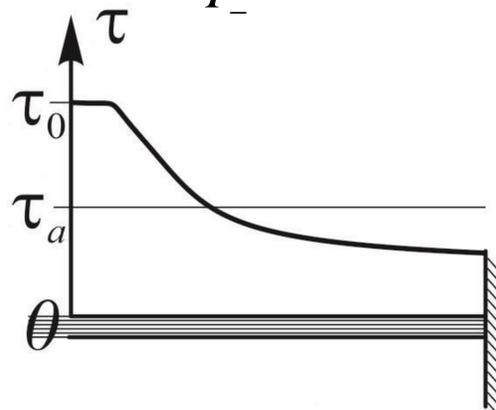


Рис. 3. Распределение касательных напряжений по поверхности образца в захватной части: реальное « τ_0 » и идеальное, равномерное « τ_a » - принимаемое в расчетах.

$$\tau_a = \frac{P_+}{aw_-} = \frac{kP_-}{aw_-} = \frac{\sigma_- h_+ w_+}{aw_-}$$

Допустимый момент затяжки необходимо оценивать опытным путём: сверху - по прочности образца или гайки и снизу - по исключению проскальзывания. Возможно, условия закрепления можно оптимизировать, не только выбирая момент затяжки, но и подбирая отношение моментов затяжки болтов в каждом ряду захвата.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 18-08-00372

3. Снижение концентрации напряжений у кромки захватов

Через эффективный коэффициент концентрации напряжений около захватов можно выразить возрастание эффективных напряжений

$$\sigma_{+e} = K_\sigma \tau_a \frac{aw_-}{h_+ w_+}$$

Снижая касательные напряжения при увеличении площади захватной части, мы снижаем и эффективное напряжение и повышаем реализацию прочности. Но сделать это можно лишь отойдя от прямолинейного армирования, исключив расщепления в галтели и изготовив образец класса «констэра» с криволинейным внешним контуром перехода от рабочей к захватной части, при уменьшении толщины и увеличении ширины с сохранением площади сечения (рис. 4).

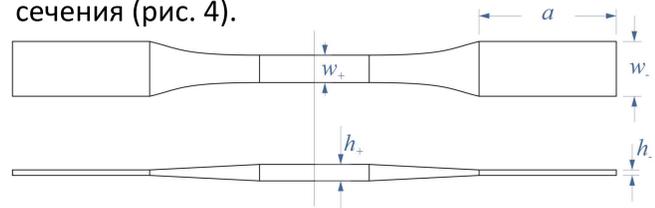


Рис. 4. Образец типа констэра, для правильного испытания на растяжение однонаправленных образцов

Заключение

Конечная цель, видимо, должна состоять в том, чтобы показать: изготовление биоподобных образцов класса констэра (с постоянной площадью поперечного сечения) с криволинейными траекториями укладки волокон может дать некоторый положительный эффект (2-5%?) в реализации прочности волокон, но эффект этот незначителен, он поглощается традиционными коэффициентами запаса, и поэтому в инженерных приложениях можно опираться на результаты испытаний стандартных образцов-полосок ограниченной толщины (до 4-5 мм).

Ясно, что такой образец (рис. 4) не может быть получен стандартной механической обработкой, поэтому в Институте машиноведения им. А.А.Благонравова РАН создана специальная установка для изготовления подобных образцов с помощью намотки жгутов волокон на профилированную оправку с приданием необходимой формы и последующим вакуумным формованием. В настоящее время ведется отработка технологии изготовления образцов типа констэра.