

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

УДК 620.1783

Механическое устройство для деформирования полых цилиндрических образцов

В. Н. Белокуров

Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, Киев, Украина

fract@inmech.kiev.ua

Описано механическое устройство для нагружения давлением полых цилиндрических конструкций. Техническое решение основано на применении в механизме нагружения принципа кинематического увеличения нагрузки в области разрушения образца. Эта область в устройстве заполнена упругопластическим несжимаемым материалом. Устройство может быть использовано при разработке и расчете полых цилиндрических конструкций и оболочек.

Ключевые слова: механизм нагружения, несжимаемый материал, кинематическое увеличение, область разрушения, специальные втулки, сепаратор, упругая вставка, винт нагружения.

Введение. Устройства и способы деформации полых цилиндрических образцов и элементов конструкций относятся к средствам экспериментальной механики материалов при определении характеристик упругости и пластичности.

К механическим устройствам для нагружения полых цилиндрических образцов относятся устройства [1, 2], в которых рабочая среда, т.е. рабочий элемент, контактирующий непосредственно с поверхностью образца, представляет собой упругопластический несжимаемый материал, посредством которого осуществляется давление на внутреннюю поверхность образца.

Предлагаемая конструкция нагружающего устройства для полых цилиндрических образцов. В описываемом устройстве рабочим элементом также служит упругопластический несжимаемый материал, а нагрузка в зоне предполагаемого разрушения создается механическим путем без привлечения значительных внешних усилий.

Конструкция подобного устройства схематически изображена на рис. 1. В устройстве для создания давления на рабочий элемент в механизме нагружения применен принцип кинематического увеличения нагрузки, описанный в работах [3, 4]. Конструктивно в нем имеются детали, заимствованные из [4], однако оно предназначено не для обжатия, а для создания давления на рабочий элемент в зоне предполагаемого разрушения [5].

На опоре 1 устройства между щекой опоры и подвижной щекой 8 установлен диск-сепаратор 2, в котором прорезаны радиальные пазы, заполненные упругими изогнутыми вставками 3. На диске-сепараторе также расположены специальные втулки: тонкостенная разрезная 4 со ступенькой по центру, в которую упираются упругие изогнутые вставки; несущая 5, составленная из конических полуколец, которая воспринимает усилия от вставок через втулку 4 и передает их через тонкостенную разрезную втулку 6 рабочему элементу 7 и трубчатому образцу 9. Упорный

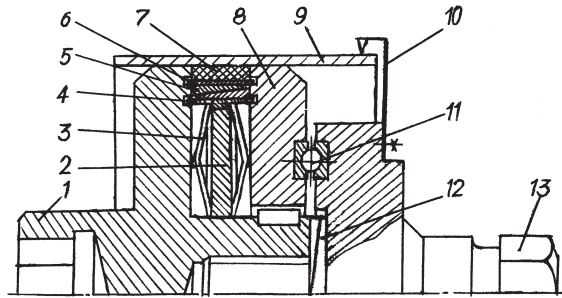


Рис. 1. Схема нагружающего устройства.

шарикоподшипник 11 облегчает вращение винта нагружения 13. Плоская пружина-демпфер 12 выбирает зазоры в резьбе винта нагружения.

На рис. 2 показаны деталь сепаратора, плоская упругая изогнутая вставка и втулки. Упругая вставка по ширине соответствует размерам паза диска-сепаратора и представляет собой вытянутый параллелепипед постоянной толщины, изогнутый посередине длинной стороны. Из-за специального назначения такая вставка изготавливается путем точения диска с расчетным углом выпуклости и последующей разрезкой на детали вставок либо методом горячего прессования такого же диска.

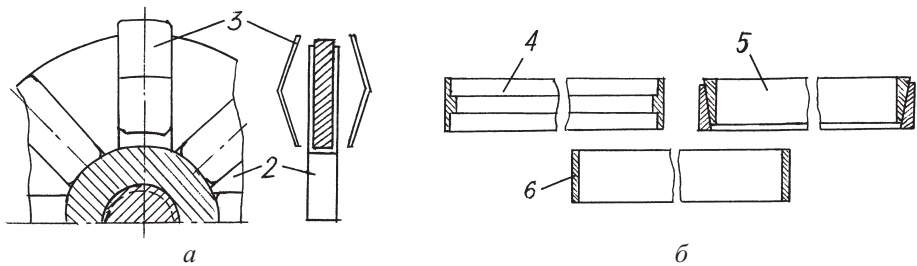


Рис. 2. Деталь сепаратора, плоская упругая изогнутая вставка (а) и втулки (б).

Втулки (рис. 2,б) в собранном виде вставляются одна в другую по скользящей посадке. Втулки 4, 6 равны по ширине, но отличаются конструктивно и имеют разные диаметры, несущая втулка 5 состоит из четырех конических полуколец, которые вставляются друг в друга, имеют одну ширину и в сборке располагаются между втулками 4 и 6, а по ширине соответствуют расчетному расстоянию между щеками и не препятствуют перемещению винта нагружения. Линейный размер тонкостенных втулок и их ширина заданы таким образом, чтобы имелся гарантированный зазор в кольцевых углублениях щек.

В предлагаемой конструкции устройства упругие изогнутые вставки в диске-сепараторе от действия винта нагружения деформируются. При этом происходит упругое перемещение частей вставки в одну и другую стороны, что подобно перемещениям звеньев рычажного механизма, обеспечивающего увеличение нагрузки [3], т.е. если угол между наклонными частями вставки и плоскостью ее скольжения в сепараторе будет находиться в пределах 3° , коэффициент кинематического увеличения нагрузки может достигать десятикратного значения. Очевидно, что усилие винта нагружения раскладывается на составляющие по наклонным частям вставки и трансформируется в давление на втулки, которые уплотняются. Рабочий элемент выполнен из эластичного несжимаемого материала. Таким материалом может служить обычная резина средней твердости [6] с коэффициентом Пуассона, равным 0,5.

Устройство работает следующим образом. Трубчатый образец 9 (рис. 1) с наружным диаметром примерно 100 мм и больше отрезается от заготовки под габаритный размер нагружающего устройства. Для удобства работы образец можно закрепить в каком-либо настольном зажимном приспособлении, например тисках. Вдоль поверхности образца в месте ожидаемого разрушения производится надрез, и устройство устанавливается в образце так, чтобы надрез находился в зоне контакта с рабочим элементом. Винт нагружения 13 (рис. 1) свободно проворачивается до упора, что фиксируется деталями контроля нагружения 10. Затем производится силовое перемещение винта нагружения до появления сквозной трещины. Таким образом тарируется ход винта нагружения для данного образца. Как видно из рис. 1, опора и винт нагружения имеют шестигранные окончания: в опоре – отверстие, в винте – шестигранная головка, что позволяет осуществлять нагружение образца в соответствии с задачами исследования с помощью простейших инструментов и незначительных усилий со стороны.

Пример использования предложенной конструкции. Для исследуемого образца предположим, что винт нагружения изготовлен из стали 40X ($\sigma_b = 1000$ МПа), имеет основную резьбу М20×1,5 и подвержен действию крутящего момента до 30 Н·м. Тогда вдоль оси винта будет действовать сила $Q = \frac{M_{кр}}{R \operatorname{tg} \alpha}$ (α – угол подъема

винтовой линии резьбы винта; R – радиус резьбы), которая составит 55 кН с учетом трения (сталь по стали) $f_{тр} = 0,44$. При таком усилии в винте возникают напряжения, равные 180 МПа, не превышающие допустимые для стали 40X. При этом винт передает усилие на 16 упругих элементов, находящихся в сепараторе, причем восемь расположены со стороны подвижной щеки и восемь – у щеки опоры устройства. Таким образом, на один упругий элемент воздействует сила, которая в 16 раз меньше и равна 3,5 кН. Устанавливаем угол между наклонными частями упругой вставки и плоскостью ее скольжения в сепараторе в пределах 3°. Определяем коэффициент увеличения нагрузки. В этом случае одна упругая вставка будет давить на втулки с силой 33 кН. Тогда суммарное усилие от 16 вставок, распределенное по площади предполагаемого разрушения, будет соответствовать давлению 40...50 МПа.

Полезные цилиндрические конструкции, нагруженные внутренним давлением, характеризуются окружным напряжением, которое рассчитывается по известной зависимости $\sigma_k = \frac{P(D-2h)}{2h}$, где P – давление; D – наружный диаметр образца; h – толщина стенки цилиндрической конструкции. Для образца в описываемом приспособлении окружные напряжения составят 1000 МПа, и определяющей величиной в этой зависимости является давление, которое создается осевым перемещением винта нагружения, т.е. изменяя давление, можно контролировать рост трещины и доводить образец до разрушения, но при статическом нагружении.

Заключение. Таким образом, описанное техническое решение основано на принципе кинематического увеличения нагрузки и может быть использовано при определении характеристик прочности, пластичности и трещиностойкости материалов. В устройстве рабочим элементом служит упругопластический материал.

Резюме

Описано механічний пристрій для навантажування тиском порожнистих циліндричних конструкцій. Технічне рішення базується на застосуванні в механізмі навантажування принципу кінематичного збільшення навантаження в області руйнування зразка. Ця область у пристрої заповнена пружно-пластичним нестисливим матеріалом. Пристрій може використовуватися для розробки і розрахунку порожнистих циліндричних конструкцій та оболонок.

1. *А.с. 1603225 СССР*. Способ испытания трубчатых образцов / А. И. Савинков, Н. П. Качалов, Э. А. Абрамян, И. В. Орехов. – Оpubл. 30.10.90.
2. *Пат. 40746 А Україна*. Пристрій для деформування порожнистого циліндричного зразка / Є. Є. Курчаков. – Чинний з 15.08.2001.
3. *Машины и приборы для программных испытаний на усталость* / Под. ред. М. Э. Гарфа. – Киев: Наук. думка, 1970. – 148 с.
4. *Пат. 51024 Україна*. Захват для кріплення циліндричних зразків з металу при випробуваннях на втому / В. М. Белокуров. – Чинний з 25.06.2010.
5. *Пат. 71219 Україна*. Механічний пристрій для навантаження порожнистих циліндричних зразків / В. М. Белокуров. – Чинний з 10.07.2012.
6. *Справочник машиностроителя* / Под ред. Э. А. Сателя. – Т. 6. – М.: Машиностроение, 1964. – 484 с.

Поступила 11. 06. 2012