

ТЕНЗОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТОНКИХ ОБРАЗЦОВ АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

The article is devoted to the problem of determination of cross deformation in case, when use thin samples with high anisotropic materials. Given critical analyze of usual methods determination of cross deformation with help of folia tensoresistors and other methods. Offered construction a special tensometer, which provide high sensitivity to cross deformation, without influence of axial deformation.

Использование любого материала в качестве конструкционного предполагает наличие данных о его прочностных и деформативных характеристиках.

Одной из характеристик жесткости материала является коэффициент Пуассона. Как известно, это отношение относительной поперечной деформации к относительной продольной.

Определение коэффициента Пуассона производится экспериментально. Для этого необходимо одновременно измерять продольную и поперечную деформации при растяжении или сжатии образца. Обычно измерения производятся или при помощи розетки из двух тензорезисторов, наклеенных на боковые поверхности плоского образца, имеющего форму двухсторонней лопатки, или посредством навесного экстензометра.

При использовании тензорезисторов один из датчиков, образующих розетку, ориентирован в направлении продольной оси образца и предназначен для измерения продольной деформации, другой расположен перпендикулярно первому и измеряет поперечную деформацию.

Использование данной методики измерения обладает рядом недостатков.

Во-первых, если исследуется тонкий анизотропный листовый материал и нужно определить коэффициент Пуассона для двух поперечных направлений, то наклеить розетку тензорезисторов на тонкую кромку образца практически невозможно.

Во-вторых, если материал обладает высокой степенью анизотропии, использование даже «беспетлевых» фольговых тензорезисторов приводит к значительным погрешностям. Это обусловлено тем, что при высокой степени анизотропии продольная и поперечная деформации могут отличаться друг от друга на порядок и более. Увеличенная даже в 3–4 раза ширина петель датчика не позволяет компенсировать такую разницу продольной и поперечной деформаций.

В-третьих, розетки тензорезисторов являются одноразовыми. Поэтому использование многоразовых экстензометров, монтируемых на образец, является экономически предпочтительным.

Применение экстензометров, которые устанавливаются на боковых поверхностях образца, также ограничено. Основной причиной является невозможность крепления экстензометра традиционной конструкции с базой равной 20 мм на образце, толщина которого составляет 4–5 мм.

В известной конструкции экстензометра [1] на базе механотронного преобразователя перемещений указанные недостатки устранены. Опыт эксплуатации прибора показал, что при испытании образцов из жестких материалов с малой ползучестью обеспечивается высокая точность измерений. Испытания образцов с другими свойствами, а также при нестационарном тепловом режиме выявили ряд недостатков прибора.

Во-первых, показания механотронного преобразователя зависят от его температуры [2], поскольку одна половина измерительного моста находится непосредственно в механотроне, а другая в корпусе электронного блока. Обеспечение постоянной температуры механотрона в миниатюрном экстензометре, установленном на образец, оказалось крайне затруднительной задачей.

Во-вторых, механотрон даже с минимальной теплоизоляцией обладает сравнительно большой массой, что также вносит заметную погрешность при испытаниях образцов, обладающих малой жесткостью. Она возникает как следствие дополнительной нагрузки, также деформирующей образец.

В-третьих, обнаружилась погрешность из-за перекоса прибора, вызванного ползучестью образца под точечными креплениями.

Конструкция модифицированного экстензометра, в значительной мере лишенного перечисленных недостатков, показана на рисунке.

Прибор представляет собой корпус 2, к которому посредством упругих шарниров прикреплены две пластины 3 и 11. Упругий шарнир выполнен в виде тонкой полоски, изготовленной из пружинной стали, прикрепленной одним концом к корпусу 2, а другим концом к пластине 3 или 11.

Корпус 2 устанавливается на образец 6 и крепится на нем путем завинчивания двух заостренных винтов 5.

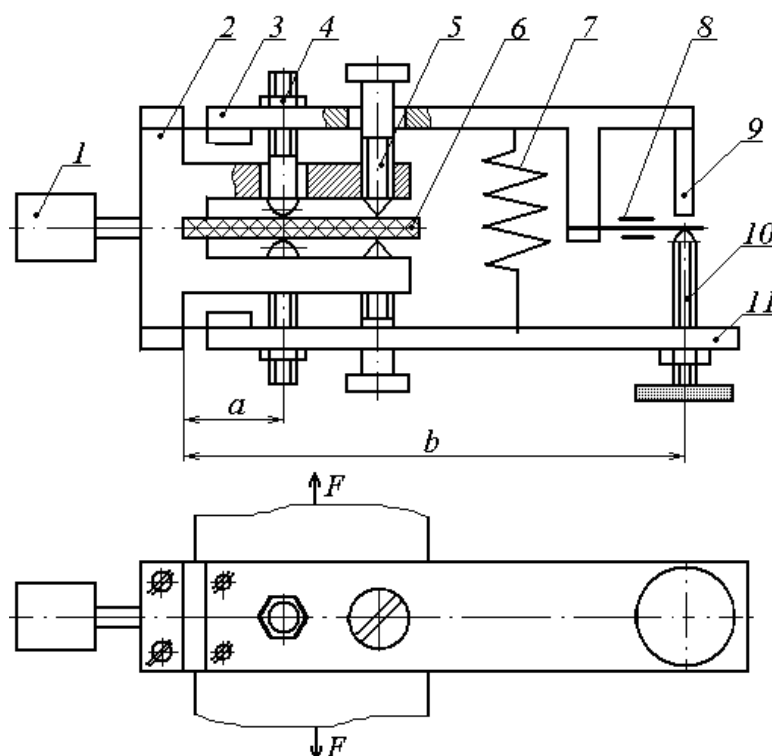


Рисунок. Тензометр для измерения поперечных деформаций тонких образцов анизотропных материалов

В отличие от базового варианта на корпусе 2 выполнен паз, в который входит кромка образца 6. За счет этого обеспечивается надежный контакт образца и корпуса по поверхности, что предотвращает сползание и самопроизвольное поворачивание прибора. Кроме того, упрощается позиционирование экстензометра на образце.

Устойчивое положение прибора на образце дополнительно обеспечивается и за счет смещения центра тяжести прибора к точкам крепления на образце. С этой целью используется противовес 1.

Контакт пластин 3 и 11 с поверхностью образца 6 обеспечивается двумя симметрично расположенными измерительными упорами 4. В отличие от базового варианта предлагается использовать набор упоров с различной формой наконечников и дополнительно набор подкладок для них.

В зависимости от жесткости образца рабочие поверхности упоров 4, контактирующие с образцом, могут иметь различную форму. Для весьма жестких материалов это коническая форма, для менее жестких – полусферическая. При очень малой жесткости образца возможна установка разгружающих подкладок с углублениями под рабочие поверхности упоров 4.

Усилие прижима упоров 4 к образцу 6 обеспечивается и регулируется пружиной 7.

Корпус 2, а также пластины 3 и 11 изготовлены из легкого алюминиевого сплава. В качестве преобразователя перемещения в данном приборе используется тензобалка 8. На ее бо-

ковые поверхности попарно наклеены четыре фольговых тензорезистора, соединенные в полностью активный мост Уитстона. За счет этого чувствительность преобразователя повышается в четыре раза по сравнению с использованием одиночного тензорезистора.

Благодаря тому, что все тензорезисторы, образующие мост, находятся в непосредственной близости друг от друга на одной и той же металлической пластине, их температурный режим оказывается одинаковым. За счет этого обеспечивается минимальная температурная погрешность при нестационарном тепловом режиме в процессе испытания образца.

Для ручной настройки баланса тензомоста используется микрометрический винт 10, снабженный контргайкой.

Упор 9 предназначен для предотвращения поломки тензобалки 8, при смыкании пластин 2 и 11 под действием пружины 7 в случае разрушения образца 6.

Перед использованием экстензометра необходимо произвести его калибровку.

Для этого из пластин 3 и 11 вывинчивают измерительные упоры. После этого прибор закрепляют на станине устройства микрометрической подачи. Крепление производится винтом, проходящим сквозь отверстие, освободившееся от упора 4 в пластине 3. В пластину 11 ввинчивают упор со стороны, противоположной первоначальной.

При помощи устройства микрометрической подачи задается несколько фиксирован-

ных перемещений упору, находящемуся в пластине 11. Это перемещение соответствует деформации образца, измеряемой экстензометром. При этом измеряется выходное напряжение на измерительной диагонали тензометрического моста.

По результатам измерений методом регрессионного анализа получают уравнение преобразования напряжения в перемещение.

Экстензометр работает следующим образом.

Перед первой установкой на образец экстензометр балансируют. Для этого прибор устанавливают на призму таким образом, чтобы ее грань совпадала с продольными осями упоров 4. Балансировка обеспечивается путем навинчивания противовеса 1 на резьбовую шпильку, установленную в корпус 2. После балансировки противовес 1 фиксируют при помощи контргайки.

Экстензометр устанавливают на образец 6 таким образом, чтобы его кромка вошла в паз корпуса 2. После этого завинчивают фиксирующие винты 5.

Для предотвращения перекоса тензометра при растяжении образца кабель питания тензобалки прикрепляют к нему при помощи резинового кольца.

Образец 6 устанавливают в испытательную машину и путем вращения микрометрического винта 10 добиваются приблизительного баланса тензомоста. После регулировки винт фиксируется контргайкой. Точный баланс моста при необходимости достигается при помощи дополнительного резистора, включенного последовательно с одним из рабочих тензорезисторов.

При деформировании образца 6 его поперечный размер, а значит, и расстояние между упорами 4 изменяется. Это приводит к повороту пластин 3 и 11 на некоторый угол друг относительно друга. Пластины поворачиваются относительно корпуса 2 на упругих шарнирах, что исключает начальные и рабочие люфты, повышая тем самым точность измерения.

При передаче измеряемого перемещения от упоров 4 к преобразователю – тензобалке 8, происходит его механическая мультипликация с коэффициентом $k = b / a$, где a – расстояние от оси поворота (упругого шарнира) до упора 4, b – расстояние от оси поворота до микрометрического винта 10. За счет этого по отношению к тензобалке чувствительность тензометра повышается в 3–4 раза.

Для измерения выходного напряжения тензомоста и записи результатов на персональный компьютер, использовали 16-разрядный аналого-цифровой преобразователь.

Испытания показали, что модифицированный вариант экстензометра имеет высокую чувствительность к измеряемым деформациям – около 0,5 мкм, низкую температурную погрешность – менее 0,005/град и высокую устойчивость на образце.

Литература

1. Дорожко, А. В. Тензометр для измерения поперечных деформаций / А. В. Дорожко // Заводская лаборатория. – 1984. – Т. 50, № 5. – С. 88–89.
2. Берлин, Г. С. / Механотронные преобразователи и их применение / Г. С. Берлин, С. А. Розентул. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.