

## **О ПЕРСПЕКТИВАХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ УПРУГОЙ И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ**

© 2021 г. Лидия Александровна Трибушевская, Владимир Валерьянович Толмачев  
УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», 620075, Екатеринбург, улица  
Красноармейская 4, тел. +7 (343) 355-45-25, e-mail: form233@uniim.ru

Поле напряжений и механическая деформация - изменение размеров и формы физических тел, вызванное изменением взаимного положения частиц тела и перемещением друг относительно друга, тесно связаны.

Для определения внутренних напряжений и механических характеристик путем измерения деформаций используют, во-первых, методы испытаний материалов на прочность с применением рентгеновских методов, электрохимических исследований или на основе применения тензометров, экстензометров (контактные, оптические), во-вторых, экспериментальный анализ прочностных свойств элементов конструкций, основанных на применении метода делительных сеток, натурной тензометрии, применении волоконно-оптических датчиков, метода оптических покрытий и др.

Экспериментальный анализ прочностных свойств элементов конструкций позволяет определять значения внутренних напряжений, возникающих в деталях и конструкциях, изготовленных из различных материалов, позволяя с применением методов расчета прочностных характеристик оценивать надежность и долговечность работы деталей и узлов машин, конструкций и сооружений. Актуально в химическом машиностроении, атомной промышленности при создании новых образцов сосудов и аппаратов, в которых учитывается работа узлов и деталей за пределом упругости, т.к. при создании новых образцов изделий нередко необходимо измерить напряжение в местах, трудно поддающихся расчету, а в жестких условиях эксплуатации важно иметь надежные численные значения предела выносливости при циклическом нагружении, когда уровень деформации достигает 3 %, в том числе при применении изделий из сплавов с высоким значением предела текучести, а также специальных материалов, область упругого деформирования которых достигает нескольких процентов

Для средств измерений деформации, применяемых для экспериментального анализа прочностных свойств можно выделить основные требования: чувствительность измерителя деформации должна оставаться постоянной как в упругой, так и в пластической области; измеритель деформации должен иметь достаточно малые габариты во всех направлениях, так как в зоне концентратора наблюдается высокий градиент деформаций продольной и поперечной; инфраструктура должна позволять монтаж и измерения в труднодоступных местах.

В настоящее время в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений представлены более 30 типов первичных преобразователей деформации, применяемые для их поверки Установки с балками нагружаемые по схеме чистого изгиба имеют диапазон воспроизведения деформации не более  $5000 \text{ млн}^{-1}$ , так как передача единицы возможна только в зоне упругих деформаций. Таким образом передача единицы деформации средствам измерений – тензорезисторам, волоконно-оптическим датчикам в диапазоне измерений деформации свыше  $5000 \text{ млн}^{-1}$  является на сегодня - актуальной задачей. Одним из вариантов ее решения является использование средств сравнения (стандартных образцов категории ГСО). Стандартные образцы позволят воспроизводить деформацию и в пластической области, но использоваться могут только однократно. Такой подход предъявляет особые требования к характеристикам как партии, так и каждого образца не только в части геометрических параметров, но и механических свойств, для определения которых необходимо использовать неразрушающие методы. Один из рассматриваемых вариантов определения модуля упругости и его однородности в рабочей зоне образца – применение экстензометров полного поля. Они позволяют получить данные не только о деформации тела, но и имеющихся градиентах, что позволит анализировать не только свойства, обусловленные непосредственно самим образцом, но и оценить корректность нагружения при характеристике - наличия изгибающих и скручивающих моментов. Такие экстензометры не имеют достаточного метрологического обеспечения в нашей стране, но положения калибровки оптических систем для измерений деформации рассматриваются в проекте RTD с Европейской Комиссией по конкурентоспособному и устойчивому росту, в котором принимали участие одиннадцать партнеров из семи различных стран. Проект содержит основные положения калибровки оптических систем для измерений деформации на основе которых планируется создание стандартов, оптимизированных методик; физических и виртуальных эталонных материалов; и рекомендуемых схем прослеживаемости.

Создание средства сравнения в статусе ГСО позволит решать следующие задачи: передача единицы в области больших деформаций первичным преобразователям, таким как тензорезисторы, волоконно-оптические датчики деформации; калибровка машин испытательных в части определение изгиба и скручивания, возникающего при растяжении и сжатия в ходе испытаний на растяжение по методикам, аналогичным ASTM E1012-19; метрологическое обеспечение обратной задачи (дополненной реальности): по полю деформации восстановить поле механических напряжений в изделии, идентифицировать момент перехода напряжений в материале изделия из зоны упругости в зону текучести и предсказать вероятность разрушения изделия.