

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ТОНКИХ ЧЕРНЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ РУЛОННЫХ МЕТАЛЛОВ

В конструкциях авиационной техники наряду с дюралевыми и титановыми сплавами для повышения удельной прочности используют и высокопрочные стали, например ВКС, ВНС, СН. В частности, крепление лопасти вертолета к валу редуктора двигателя осуществляется с помощью торсиона, изготовленного из набора пластин высокопрочного рулонного материала толщиной 0,3 мм.

Рассмотрим особенности входного контроля качества тонколистовой рулонной стали, которые проводят для подтверждения соответствия физико-механических характеристик материала паспортным или справочным данным.

ГОСТ 11701-84 [1] не предусматривает определения модуля упругости и коэффициента Пуассона для материала толщиной до 3,0 мм.

Определение этих характеристик для листов толщиной от трех миллиметров и более предусмотрено ГОСТом 1497-84 [2].

Отличия определения механических свойств в разных ГОСТах обусловлено большой гибкостью тонких образцов, первоначальной погибью рулонных материалов (не подлежащие правке заготовки или образцы, деформирование их изгибом или местным перегибом [1]) и, как следствие, невозможность использования приклеиваемых тензорезисторов для определения продольных и поперечных деформаций при статических испытаниях образцов на растяжение.

Целью исследования является измерение продольных и поперечных деформаций навесными тензометрами (экстензометрами) и способ их крепления на тонких образцах с первоначальной погибью для определения физико-механических характеристик, в том числе модуля упругости и коэффициента Пуассона.

В Проблемной научно-исследовательской лаборатории «Прочность и надежность авиационных конструкций» разработана конструкция экстензометра и способ крепления, в котором предусмотрен пружинный механизм и неметаллическая прокладка, обеспечивающая надежное крепление и измерения деформаций на плоских тонких образцах.

Исследование проведено на модернизированной разрывной машине ZD 10/90 с использованием измерительной тензометрической системы СИИТ-3. Результаты измерений введены в память ПЭВМ и по специальным программам проведена их обработка в целях получения

значений упругих и механических характеристик. Программное обеспечение дает возможность кроме численных значений характеристик получать графики «сила - перемещение» и «напряжение-деформация».

На рис. 1 и 2 показаны образцы с установленными на них тензодатчиками и образец, установленный в испытательную машину.



Рисунок 1 – Тензодатчики для определения продольной и поперечной деформаций, установленные на образцах



Рисунок 2 – Образец с тензодатчиком, установленный в испытательную машину

На рис. 3 изображен типовой график «сила - перемещение» после приложения к образцу начальной нагрузки согласно ГОСТ 1497-84.

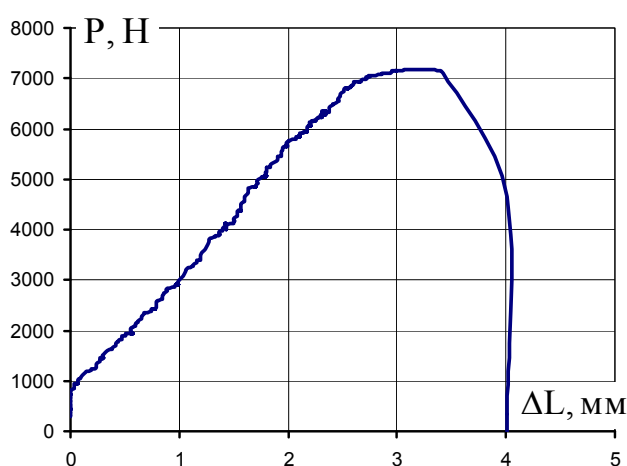
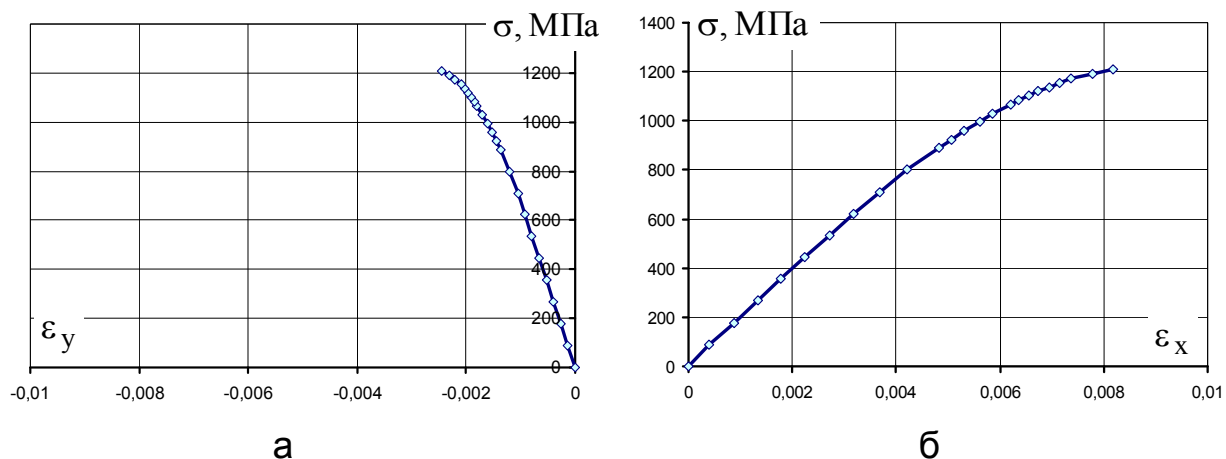


Рисунок 3 – Типовой график «сила - перемещение»

На рис. 4 представлены типовые графики «напряжение - деформация», полученные при обработке показаний продольных и поперечных тензодатчиков.



а – «напряжение – поперечная деформация»
 б – «напряжение – продольная деформация»

Рисунок 4 – Типовые графики зависимости $\sigma - \epsilon$ для образцов

Были испытаны, обработаны результаты и проведен анализ полученных характеристик трех партий материала по пять образцов в каждой партии.

На рис. 5 показан характер разрушений образцов после испытаний.



Рисунок 5 – Образцы после испытаний

Из работы [3] известно, что при испытаниях на растяжение плоских полос, изготовленных из тонкого холоднокатаного листового металла, никогда не бывает разрушения по поверхности, перпендикулярной к направлению растяжения. Разрыв получается под наклоном $55^\circ - 60^\circ$ к оси образца. Следует предполагать, что исследуемый рулонный материал подвергали холодной прокатке при изготовлении.

В таблице для примера, приведены средние физико-механические характеристики образцов из одной партии материала.

Таблица – Средние физико-механические характеристики образцов из одной партии материала

Номер образца	Начальная площадь поперечного сечения образца F_0 , мм ²	Начальная расчетная длина L_0 , мм	Конечная расчетная длина L_k , мм	Наибольшая нагрузка P_{max} , Н	Нагрузка при пределе текучести P_m , $P_{0,2}$, Н	Временное сопротивление σ_s , МПа	Предел текучести σ_m , $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное равномерное удлинение δ_p , %	Относительное удлинение после разрыва δ , %	Модуль упругости E , МПа	Коэффициент Пуассона μ
1	5,654	80,0	80,92	7161,3	6538,4	1281,2	1193,4	0,775	1,053	$2,064 \cdot 10^5$	0,309
2	5,440	80,0	81,12	7210,4							
3	5,528	80,0	80,57	7063,2							
4	5,446	80,0	80,61	6935,7							
5	5,509	80,0	80,99	6965,1							

Выводы

В результате проведенных исследований отработана методика определения характеристик механических свойств тонких (менее 3 мм) высокопрочных металлов с помощью навесных экстензометров. Методика дополняет известные методы статических испытаний на растяжение тонких листов и лент (ГОСТ 11701-84), и позволяет определять модуль упругости и коэффициент Пуассона.

Список использованных источников

1. ГОСТ 11701-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 14 с.
2. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. – М.: Изд.-во стандартов, 1985. – 63 с.
3. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел / А. Надаи. – пер. с англ. / под ред. Г.С. Шапиро. – М.: ИЛ, 1954. – 647 с.

Поступила в редакцию 26.02.2015.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. П.А. Фомичев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.