

УДК 621.961.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ТОЧЕЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

© Шеметов В.Г., Вашуков Ю.А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: vladis147lav@yandex.ru

Проведенные экспериментальные исследования и испытания на выносливость, показали, что ресурс конструкций из композиционных материалов (КМ), в первую очередь, определяется ресурсом болтовых и заклепочных соединений. Одним из способов, позволяющих повысить несущую способность соединений КМ, является подкрепление стенок отверстий элементами (втулками, вкладышами) из однородного материала. Разработан способ постановки подкрепляющего элемента в отверстие листовой заготовки из КМ, заключающийся в осевом пластическом сжатии подкрепляющего элемента, в процессе осуществления которого его внутренний диаметр остается неизменным, а по внешнему диаметру осуществляется преимущественная радиальная раздача совместно с соответствующими участками листовой заготовки с образованием на границе отверстия переменного поля радиальных сжимающих напряжений.

Для экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния болтового соединения с подкреплением в пластине из КМ разработана конечно-элементная модель с использованием программного комплекса ANSYS. Адекватность разработанной конечно-элементной модели проверялась путем сравнения результатов КЭ-расчетов с известным аналитическим решением для тестового случая. Анализ результатов КЭ – расчетов и аналитического решения – показал хорошее согласование результатов.

Для исследования напряженно-деформированного состояния по контуру отверстия с подкреплением проводилось конечно-элементное моделирование на пластинке размером 240×240 мм. Толщина пластинки составляла 1,0 мм. При этом наружный диаметр втулки был равен 8,0 мм, внутренний диаметр 4,0 мм. Пластинка находилась под действием силы от болта, установленного в отверстие втулки, равной 500 Н. Материал пластинки имел следующие характеристики: $E_1=120000$ МПа, $E_2=8000$ МПа, $G_{12} = 4000$ МПа, $\nu_{12} = 0,3$, $\nu_{21} = 0,02$. Материал втулки и болта – сталь с характеристиками $E_1 = 210000$ МПа, $G_{12} = 79000$ МПа, $\nu_{12} = 0,3$.

Проведенные исследования показали, что разработанный способ постановки втулки значительно снижает напряженное состояние по периметру отверстия с подкреплением и увеличивает несущую способность силовой точки. Разработанная конечно-элементная модель и методика расчета позволяют с высокой точностью определять напряженное состояние по контуру силовой точки и в самой анизотропной пластине.

Библиографический список

1. Ендогур А.И., Кравцов В.А., Солошенко В.Н. Принципы рационального проектирования авиационных конструкций с применением композиционных материалов: труды МАИ. М., 2014.