

УДК 629.78

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО БАЛЛОНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

© Переведенцев В.С., Чернякин С.А.

e-mail: PSPECE@yandex.ru

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

Композиционные материалы широко применяются в качестве конструкционных в аэрокосмической отрасли в силу их уникальных удельных прочностных и жесткостных характеристик. Применение в баллонах высокого давления таких материалов существенно может снизить массу конструкции. Задача проектирования в этом случае состоит в подборе оптимальных параметров углов намотки с учётом технологических особенностей.

В большинстве случаев баллоны высокого давления состоят из металлического лайнера и композитной оболочки, получаемой намоткой филаментов на поверхность лайнера. Последний предназначен в первую очередь в качестве формообразующей оправки и сосуда, предотвращающего попадание химически активных веществ на поверхность композиционного материала. Поэтому и процесс намотки и углы будут продиктованы в первую очередь поверхностью лайнера. В работе рассмотрению подлежит цилиндрический баллон объёмом 7 л, лайнер которого выполнен из нержавеющей стали.

Стоит заметить, что поскольку баллон воспринимает достаточно высокое значение внутреннего давления, то в определённый момент материал лайнера может испытывать существенные пластические деформации. В этом случае, при проектировании и расчётах на прочность следует учитывать реальное напряжённо-деформированное состояние конструкции. При этом в виду особенностей работы может потребоваться доработка или переработка самой геометрии конструкции. Поэтому в работе рассматриваются задачи как оптимизации и подбора углов укладки композитной оболочки, так и выработка рекомендаций по улучшению геометрии. Анализ прочности лайнера при этом выполняется исходя из величины эквивалентных напряжений по Мизесу, в то время как прочность композитной оболочки проверяется по критерию максимальных напряжений.

В качестве основных форм днищ для сосудов давления обычно применяют сферическую и изотензоидальную форму. При этом сферическая форма является более оптимальной с точки зрения распределения напряжений в металлических конструкциях, поскольку в данном случае меридиональные и окружные напряжения равны между собой. С другой стороны для сосудов с металлическим лайнером, полностью покрытым композиционным материалом изотензоидная форма будет наиболее предпочтительной в силу равенства напряжений в плоскости в двух главных направлениях.

Для создания композитной оболочки полностью покрывающую всю поверхность баллона могут быть использованы различные схемы намотки: геодезическая, полярная, радиальная, комбинированная и продольно-поперечную. Классическим видом намотки является геодезическая, при котором укладка на поверхность оправки производится по геодезическим линиям с некоторым расчётным углом укладки. Такая траектория намотки позволяет получать равнопрочные

конструкции. Кроме того, следует отметить, что в соответствии с [1], при геодезической намотке при движении от полюса к экватору баллона будет происходить непрерывное изменение толщины. При геодезической намотке будет непрерывно меняться и угол ориентации волокон. В свою очередь, для достижения необходимого угла укладки на экваторе баллона необходимо процесс намотки начинать с определённого радиуса на днище. Это приводит нас к тому факту, что сам процесс намотки для достижения заданной прочности композитной оболочки и полного покрытия материалом всей поверхности лайнера должен осуществляться по зонам. То есть должна выполняться так называемая зональная намотка.

Библиографический список

1. Schürmann, Helmut. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden. Berlin: Springer, 2007. 672 с.