

Thus, the propagation of solitary waves in a nonlinear elastic compound rod has been demonstrated. Depending on the velocity, waves are divided into classical and non-classical ones. The behavior of the oscillation amplitude for a classical and a non-classical soliton has also been studied.

References

1. Grinchenko V. T., Meleshko V. V. *Harmonic Vibrations and Waves in Elastic Bodies*. Naukova Dumka: Kiev. – 1981. – 284 с.
2. Artobolevsky I. I., Bobrovitsky U. I., Genkin M. D. *Introduction to the acoustical dynamics of machines*. M.: Nauka. – 1979. – 296 с.
3. Erofeyev V. I., Kazhaev V. V., Semerikova N. P. *Waves in Rods. Dispersion. Dissipation. Nonlinearity*. M.: Nauka, Fizmatlit. – 2002. – 208 с.

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШПАНГОУТОВ И ДРУГИХ ИЗДЕЛИЙ СИЛОВОГО НАБОРА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Василевич Ю. В., Сахоненко В. М., Горелый К. А.,
Малютин Е. В., Неумержицкая Е. Ю.

Белорусский национальный технический университет

Минск, пр. Независимости, 65

vasilevich@bsu.by

Одним из наиболее распространенных методов изготовления конструкций из композиционных материалов является метод намотки. В зависимости от применяемого оборудования и структуры армирования на сегодняшний день известны следующие технологии намотки: спирально-кольцевая; орбитальная (плоскостная); продольно-поперечная; совмещенная; зонная; косо-слойная продольно-поперечная (КППН).

За счет непрерывности намотки, управления параметрами натяжения и содержания связующего можно достичь высокой прочности и жесткости материала конструкции. На сегодняшний день достигнуты характеристики прочности армирующих волокон в микропластике $\sim 600 \text{ кг/мм}^2$, модуля упругости $\sim 16000 \text{ кг/мм}^2$ (Русар-С).

Метод намотки и программное обеспечение для станков с ЧПУ наиболее разработаны для изготовления оболочек вращения типа цилиндр, конус, сфера, овалоид и их комбинаций. Для траекторий намотки используются геодезические линии и траектории с отклонением от геодезических линий в пределах конуса трения.

В качестве элементов подкрепления тонкостенных оболочек, выполненных методом намотки, наиболее широкое применение нашли шпангоуты сплошного поперечного сечения, изготавливаемые послойной тканой или нитяной намоткой. Масса таких шпангоутов является весьма значительной, до 30% массы подкрепленной оболочки, а конструкция нерациональной. Поэтому весьма актуальна задача замены сплошных шпангоутов на более эффективные в весовом отношении - профильные (тавровые, коробчатые и др.).

Анализ научно-технической литературы и патентный поиск позволили

установить направления технологических решений по изготовлению конструкций рационального подкрепления оболочек. Конструкция опорного шпангоута содержит профильную оправку-каркас и оплетку из спиральных и кольцевых нитей. Оплетка деформируется внешним давлением и приобретает форму каркаса.

Изготовление данного шпангоута многостадийное:

- намотка, сборка и полимеризация оправки-каркаса;
- намотка, деформирование и полимеризации оплетки.

Для изготовления оплетки требуется торонамоточный станок.

Торовый опорный шпангоут образован чередующимися слоями спиральной и кольцевой намотки на оправке-каркасе соединенных между собой торцами полок или наружными поверхностями стенок. Формообразование конструкции опорного шпангоута начинается с намотки каркаса на прямоугольной оправке на торонамоточном оборудовании. На кольцевую вращающуюся оправку, приводимую в движение от электродвигателя, производят укладку спиральной или кольцевой армировки, сматываемой с бобины или шпулярника. Укладка спиральной арматуры производится двойной перекрестной намоткой посредством намоточной головки, приводимой в движении электродвигателем и передачей. Изготовленная таким образом заготовка поступает на термообработку. Затем заготовка разрезается на 2 Г-образных кольцевых швеллера, которые совмещают и склеивают по боковым или торцевым поверхностям, образуя оправку-каркас. На полученную оправку проводят намотку основной силовой части коробчатого шпангоута и проводят окончательную термообработку.

При раздельном изготовлении шпангоута и оболочки возникает задача их соединения. Наиболее распространенным является клеевое соединение, к положительным качествам которого относится:

- отсутствие характерных для механических соединений отверстий уменьшающих рабочее сечение соединяемых элементов;
- возможность получения гладкой внешней поверхности изделий и герметичных соединений;
- возможность создания относительно равномерного поля распределения напряжений за счет изменения жесткости клеевой прослойки или соединяемых элементов, особенно на его начальных участках. Недостатками клеевых соединений является низкая эффективность их применения для передачи больших сосредоточенных нагрузок, низкая прочность клея при сдвиге, резкое снижение прочностных характеристик при действии повышенных температур и агрессивных сред.

Проведенный обзор технических решений и технологий подкрепления кольцевыми ребрами жесткости композитных оболочек показал, что их развитие в части массового совершенства идет по пути создания профильных и полых шпангоутов, при этом применение типовых технологий намотки сдерживается рядом факторов:

- известные конструктивно-схемные и технологические решения предполагают, как правило, раздельное изготовление обечайки и шпангоутов и их последующее клеевое соединение, что не обеспечивает необходимой точности их формы и геометрических размеров, а также сдвиговой прочности соединения;
- известные технологические решения не позволяют создавать эффективные шпангоуты различных профилей;
- известные решения, как правило, не ориентированы на изготовление подкрепленных оболочек в рамках совмещенного технологического процесса (интегральные конструкции).

Преодолеть указанные недостатки во многом возможно, если ориентироваться на методы трансформации при изготовлении конструкций способом намотки. Суть способа изготовления шпангоута заключается в следующем [1, 2]. Нетканая лента, либо плоская лента диагонального плетения или лента типа «сплюснутый оплеточный рукав» наматывается на оправку с кольцевой канавкой или кольцевым выступом по форме наружного профиля меридианального сечения шпангоута.

Подводя итог обзору формования силового набора, можно отметить, что наиболее прогрессивной является технология, основанная на намотке и трансформации диагонально армированных структур: нетканой псевдоленты, ленты или рукавов диагонального плетения.

Литература

1. Грове К. С., Росато Д. В. *Намотка стеклотканью* – М.: Машиностроение, 1969. – 310 с.
2. Васильев В. В., Протасов В. Д., Болотин В. В. и др. *Композиционные материалы: справочник; под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского*. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ПЛАСТИНЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА

Громыко Ю. В.

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Кирова, 34, Кафедра «Строительная механика»
gromuv@mail.ru

Локальные нагрузки. Свободные колебания кольцевой трехслойной пластины исследованы в [1–2]. Здесь рассмотрены вынужденные колебания этой пластины при локальных нагрузках изгибающим моментом. Решение получено методом разложения в ряд по системе собственных ортонормированных функций. Для аналитической записи локальной нагрузки воспользуемся функцией Хевисайда нулевого порядка:

$$H_0(z) = \begin{cases} 1, & z \geq 0, \\ 0, & z < 0. \end{cases}$$