

**Математическая модель для определения угла ориентации волокон
углеродного материала на оправке с прямоугольным поперечным сечением**

Самипур Саджад Алиасгар

Аспирант

Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева, Институт авиации, наземного транспорта и энергетики, Кафедра конструкции и проектирования летательных аппаратов, Казань, Россия

E-mail: samipour@mail.ru

Определен угол ориентации волокна углеродного материала на оправке с прямоугольным поперечным сечением для достижения наилучших механических характеристик при воздействии комбинированных нагрузок. Ключевые слова: композиционный материал, плетение, оправка с прямоугольным поперечным сечением, угол ориентации волокон, математическая и механическая модели. Композиционные материалы успешно применяются в аэрокосмической, морской, автомобильной, инфраструктурной и энергетической промышленности [1]. Сложные формы композитных структур обладают широким спектром применения [2]. Производство этих композиционных конструкций достигнуто с помощью таких эффективных и надежных методов как оплетка и намотка. Эти автоматизированные технологии производства хорошо подходят для создания высокопроизводительных сложных композитных структур [3]. Плетение используется во многих областях применения из-за структурной целостности, гибкости проектирования, устойчивости к повреждениям, способности ремонта и низкой стоимости производства [4]. Из-за своих разнообразных приложений и новых возможностей, плетение имеет будущее в области композитного производства [5]. С другой стороны, намотки обширно используются для производства осесимметричных структур [6]. Проектирование геометрии сложной формы оправки для достижения наилучшего сочетания формы детали и технологии производства нетривиальная задача. Были проведены несколько исследований [4-12] и разработка моделей для определения ориентации волокна, необходимых для плетеных композитных структур. Кроме того, автор дает оптимальные варианты ориентации волокон для некоторых из этих плетеных конструкций, чтобы удовлетворить различные требования грузоподъемности. Михаэли и Розенбаум [8] описали систему компьютерного управления для машины плетения, которая обеспечивает требуемую ориентацию волокон на симметричной оправке; Алгоритм управления не смог приспособить угол ориентации волокон с изменением диаметра оправки. Кесселом и Аккерманом [9] представлена быстрая и эффективная модель для прогнозирования угла ориентации волокна для сложных биаксиальных плетеных заготовок. Однако численные методы предсказания изменения угла по длине оправки в регионах с переменным поперечным сечением оправки не были точными. Чтобы эффективно использовать производственные возможности намотки, Мазумдар и Хоа [10-12] представили геометрии подходов для получения желаемого распределения волокон на цилиндрических и осесимметричных, а также сложной формы оправки. Обмотка на нецилиндрической оправке с изогнутыми сечениями не была рассмотрена в их работе. Карвалью и др. [6] разработали методологию численного анализа для проектирования частей намотки, которые включали в себя определение идеальных ориентацией волокон с использованием метода конечных элементов. Целью этого исследования было определить распределение углов ориентации волокон для достижения наилучших механических характеристик при воздействии комбинированных нагрузок. Заметим, что свойства смолы по всем осям одинаковые, Поэтому мы рассмотрим только угол ориентации волокон на оправке. Кроме этого, этот угол для достижения наилучших механических характеристик не зависит от коэффициента объема волокон. С этой целью были разработаны обобщенные

геометрии сложной формы оправки. Угол ориентации волокон на оправке с прямоугольным поперечным сечением был определен с учетом различных коэффициентов осевой нагрузки и внутреннего давления. В этой работе мы создали математическую и механическую модели для определения угла ориентации волокон на оправке с прямоугольным поперечным сечением для достижения наилучших механических характеристик при воздействии комбинированных нагрузок. Используя уравнения равновесия определили угол и коэффициент покрытия. С помощью этих моделей и с определенным коэффициентом покрытия и углом ориентации волокон, мы сможем определить остальные факторы, чтобы покрыть поверхность. Еще сможем сравнить эти факторы с механической моделью.

Список литературы 1. Gibson, F.R., 2010, “A review of recent research on mechanics of multifunctional composite materials and structures”, Composite Structures, 92, 2793-2810. 2. Farin, G., 1990, “Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design: A Practical Guide”, Academic Press Inc., Boston, MA. 3. Kamiya, R., Cheeseman, B.A., Chou, T.W., 2000, “Some recent advances in the fabrication and design of three-dimensional textile preforms: a review”, Composites Science and Technology, 60, 33-47. 4. Liao, T., Adanur, S., 2000, “3D Structural Simulation of Tubular Braided Fabrics for Net-Shape Composites”, Textile Research Journal, 70, 297-303. 5. Ayranci, C., Carey, J., 2008, “2-D braided composites: a review for stiffness critical applications”, Composite Structures, 85, 43-58. 6. Carvalho, J.D., Lossie, M., Vandepitte, D., Van Brussel, H., 1995, “Optimization of filament-wound parts based on non-geodesic winding”, Composites Manufacturing, 6, 79-84. 7. Brookstein D., 1988, “Structural applications of advanced braided composites”, Proc. SPE/APC'88, Los Angeles, CA, 415-424. 8. Michaeli, W., Rosenbaum, U., 1989, “Structural braiding of complex-shaped FRP parts: A new approach for higher productivity”, 34th International SAMPE Symposium, Covina, CA, 1834-1842. 9. Kessels, J.F.A., Akkerman, R., 2001, “Prediction of the yarn trajectories on complex braided preforms,” Composites A, 33, 1073-1081. 10. Mazumdar, S.K., Hoa, S.V., 1995, “Analytical model for low cost manufacturing of composites components by filament winding, Part1: direct kinematics”, Journal of Composite Materials, 29, 1515-1541. 11. Mazumder, S. K., Hoa, S.V., 1991,”On the kinematics of filament winding on non-axisymmetric cylindrical mandrels, Part 1: A generalized model”, Composites Manufacturing, 2, 23-30. 12. Mazumder, S. K., Hoa, S.V., 1992, “Filament winding on tapered axisymmetric and non-axisymmetric composite components”, 13th International SAMPE Conference, Covina, CA.