

## СОДЕРЖАНИЕ

**А.Р. Банселл, А. Тионнэ, С. Камара, Д.Х. Аллен**

Накопление повреждений и оценка долговечности

углепластиковых сосудов высокого давления ..... 5

Сосуды давления используются с самого начала промышленной революции, накоплен огромный опыт их использования, часто – ценою человеческих жизней при взрывах. Традиционно сосуды давления изготавливаются из стали, и тот эмпирический опыт, который был накоплен в результате аварий, в настоящее время может быть понятным в терминах механики разрушения. Однако стальные сосуды тяжелы и не очень пригодны для хранения газов, используемых в качестве топлива транспортных средств. Но в настоящее время отсутствует методика оценки надёжности композитных сосудов давления, которая могла бы быть основой для оценки времени жизни такого изделия. Стандарты, основанные на понимании механизмов разрушения металлических сплавов, не подходят для данного случая, поскольку процессы разрушения композитов существенно отличаются от таковых в металлических сплавах. В настоящей статье исследуется эволюция структуры композитных сосудов под давлением в течение времени и предложены методы определения остаточной долговечности (с. 5–17; ил. 8).

**А. Седлак, Д. Бензержа, А. Хадди**

Конечно-элементный анализ расслоения в новом композите с тканевым армированием ..... 18

Цель работы состоит в том, чтобы построить модель расслоения, позволяющую рассчитывать межслоевое расслоение в новом гибридном композите, используемом в ортопедии. К обычному армированию матрицы на основе метилметакрилата стекловолокном добавлены перлоновая ткань и частицы, полученные дроблением косточек финика. Цикл шага человека использован для определения условий нагружения большеберцового протеза. Испытания на изгиб были согласованы с экспертами-ортопедами. Компьютерные эксперименты проводились по схеме 3ENF. При моделировании расслоения граница раздела между слоями наделена билинейным «размягчением». Модель повреждения основана на квадратичном критерии накопления повреждения, используется при этом стандартная программа в пакете ANSYS. Показано, что численные расчёты хорошо согласуются с экспериментом (с. 18–24; ил. 2).

**А.Е. Ушаков, Ю.Г. Кленин, Т.Г. Сорина, А.Х. Хайретдинов, А.А. Сафонов**

Мостовые конструкции из композитов ..... 25

Рассматриваются постановка и реализация работ, направленных на создание пешеходных мостов с использованием полимерных композитов. Представлены реализованные конструкторские решения различных вариантов композитных мостов, дана расчётная оценка эффективности применения углепластиков в мостостроении и приведены результаты исследований, приведших к повышению стойкости к горению композита за счёт модификации полимерной матрицы наночастицами меди (с. 25–37; ил. 11).

**В.В. Васильев, В.А. Барынин, А.Ф. Разин, С.А. Петроковский, В.И. Халиманович**

Анизогридные композитные сетчатые конструкции – разработка

и приложение к космической технике ..... 38

Статья представляет собой обзор российского опыта разработки и приложения в космической технике анизогридных (Anisogrid – анизотропная сетка) композитных сетчатых конструкций, изготавливаемых в Центральном научно-исследовательском институте специального машиностроения (ЦНИИСМ). Обсуждаются традиционные стрингерные, трёхслойные и сетчатые конструктивно-технологические концепции: анализ, проектирование, изготовление сетчатых конструкций, их весовая и экономическая эффективность. Статья иллюстрируется многочисленными примерами реальных сетчатых конструкций – переходных отсеков диаметром более 4 м, адаптеров полезной нагрузки, корпусов спутников и стержневых элементов космических аппаратов длиной до 10 м (с. 38–50; ил. 25).

**Международная конференция по композитным материалам ICCM-17.**

Эдинбург, 27–31 июля 2009 г. .... 51

(с. 51–62; ил. 4).

## CONTENS

### **A.R. Bunsell, A. Thionnet, S. Camara and D.H. Allen**

#### Damage accumulation and life prediction in carbon fibre composite pressure vessels ..... 5

Pressure vessels have been in use since the beginning of the industrial revolution and a large body of empirical knowledge has been accumulated over the years, often at the expense of human lives lost in explosions. Traditionally these pressure vessels have been made of steel and the experience which has been obtained through accidents is now largely understood in terms of metallurgical mechanisms determining crack propagation. However steel is heavy and such pressure vessels are unsuitable for the storage of gases used as a fuel for vehicles. At present, there are no proof testing techniques or in-service reliability assessments techniques which are mentioned in standards that are suitable or based on the failure processes known to control lifetimes of composite structures. The standards which are described are based on the behaviour of metals which fail by processes which do not occur in composites. This paper will demonstrate how such composites evolve with pressure and time and propose means to determine residual lifetimes of composite pressure vessels (p. 5–17; fig. 8).

### **A. Seddak, D. Benzerga, A. Haddi**

#### Finite element analysis of delamination in a new woven composite ..... 18

The objective of this work is to develop a delamination model that can be used to predict delamination growth in a new hybrid composite for orthopaedic use. The composite is obtained by incorporating a natural organic load (granulates of date cores) into a laminated woven composite makes it a hybrid. The matrix of the composite is based on methyl methacrylate, the reinforcement contains glass fiber and a perlon fabric, which plays an absorbing role. The walk cycle has been used to determine the working conditions of tibiae prosthesis. Hence, the bending tests were discussed with orthopedists and they approved it. A 3ENF tests were carried out on the composite to detect delamination phenomenon. In modeling, assumptions of a bi-linear softening behaviour of the interlaminar surface and a special interfacial bonding were made. A scalar damage was introduced and the degradation of the interface stiffness was found. A damage surface which combines stress-based and damage-mechanics-based failure criteria was set up to derive the damage evolution law. The damage model is implemented into a commercial finite element ANSYS program to simulate the delamination of mode II. Numerical results obtained for a (90, 45, 0) laminate occur to be in good agreement with experimental observations (p. 18–24; fig. 2).

### **A.E. Ushakov, U.G. Klenin, T.G. Sorina, A.H. Khairtdinov, A.A. Safonov**

#### Bridge structures made of composites ..... 25

Realization of the development aimed at designing of pedestrian bridges using fibre reinforced polymers is described. In the present article, design concepts for various composite bridges and an estimation of the efficiency of carbon fiber application in bridge engineering are shown. Also results of the research of the fire resistance increase of the composites by the modification of polymer matrix with copper nano-particles (p. 25–37; fig. 11).

### **V.V. Vasiliev, V.A. Barynin, A.F. Razin, S.A. Petrokovskii, V.I. Khalimanovich**

#### Anisogrid composite lattice structures – development and space applications ..... 38

The paper is an overview of Russian experience in development and space applications of Anisogrid composite lattice structures manufactured in the Central Research Institute of Special Machinery (CRISM). The paper contains comparison of traditional stringer-stiffened and sandwich structures with Anisogrid design concept, analysis, design and fabrication of lattice structures along with weight and cost evaluation. The paper is illustrated with numerous examples demonstrating development of full scale Anisogrid structures – interstage structures with diameter about 4 m, payload attach fittings (adapters), spacecraft bodies and structural elements with length up to 10 m (p. 38–50; fig. 25).

#### **International Conference on Composite Materials ICCM-17. Edinburgh, 27–31 July 2009 ..... 51**

(p. 51–62; fig. 4).