Секция 2. Перспективные технологии переработки ПКМ для изготовления конструкций на их основе

Section 2. Advanced Technologies of Polymer Composite Materials (PCM) Processing for the Manufacture of Structures on Their Basis

Фталонитрильные связующие в качестве источника углерода для углерод-углеродных композиционных материалов

Алешкевич В.В., Булгаков Б.А., Афанасьева Е.С., Авдеев В.В.
МГУ, г. Москва, Россия

Постоянно развивающаяся аэрокосмическая промышленность определила необходимость в прочных, легких и термостабильных материалах. Углеродно-углеродные композитные материалы (УУКМ) позволили удовлетворить этот спрос. Из УУКМ изготавливаются тормозные диски самолётов и абляционные щиты спускаемых аппаратов. УУКМ представляет собой углеродное волокно в виде ткани, ленты или рубленного волокна, заключённого в углеродную матрицу. Такая структура не только обладает высокими механическими характеристиками, но и сохраняет химическую и термическую стабильность при высоких температурах.

Наиболее распространенным методом получения УУКМ является карбонизация полимерных композиционных материалов (ПКМ). Самыми распространенными связующими для исходных ПКМ стали фенолформальдегидные смолы из-за их низкой стоимости и высокой технологичности. Однако низкие значения остатков коксового остатка приводят к образованию большого количества пустот в материале после карбонизации. Поэтому для получения материала с желаемыми свойствами необходимо проведение от пяти до восьми циклов пропитки и карбонизации. Таким образом, получение готового материала может занять от трех до шести месяцев. Фталонитрильные связующие позволяют решить эту проблему за счет более высоких значений коксового остатка. В дополнение к высокой технологичности это делает фталонитрильные связующие перспективным источником углерода для производства УУКМ.

В данной работе получение УУКМ из ПКМ с фталонитрильной матрицей проводилось в два цикла. Образцы сначала подвергали карбонизации при температуре 1000°C по следующему режиму нагрева: 20°C → 450°C, 2°C/мин; 450°C → 700°C, 0.1°C/мин; 700°C → 1000°C, 1°C/мин; выдержка при 1000°C, 1ч. Последующая графитация проводилась по следующему режиму: нагрев RT → 1800°C, 6°C/мин; выдержка при 1800°C, 1ч. Плотность готовых образцов после составила 1,73 г/см3, прочность при межслоевом сдвиге — 14,1 МПа, прочность при сжатии — 139,8 МПа, коэффициент трения — 0,32–0,34.

Работа выполнена в рамках государственного задания Химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Номер соглашения АААА-А21-121011590086-0

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

Phthalonitrile resins as a carbon source for carbon-carbon composites

Aleshkevich V.V., Bulgakov B.A., Afanasyeva E.S., Avdeev V.V.
MSU, Moscow, Russia

The developing aerospace industry has necessitated materials that are strong, lightweight and thermally stable. Carbon-carbon composite materials (C/Cs) satisfies this claim. Aircraft brake discs and ablation shields for descent vehicles are made of C/Cs. C/C is a carbon fiber in the form of a fiber, tape or chopped fiber, in a carbon matrix. This structure not only possesses high mechanical characteristics, but also maintains chemical and thermal stability at high temperatures.

The most common method for manufacturing C/Cs is the carbonization of carbon fiber reinforced polymers (CFRP). Phenol-formaldehyde resins have become the most common for initial CFRP due to their low cost and high processability. However, low char yield leads to a large number of voids in the material after carbonization. Therefore, to obtain a material with the desired properties, it is necessary to carry out 5-8 cycles of impregnation and carbonization. Thus, it can take up to six months to derive the final product. Phthalonitrile resins allow to solve this problem due to the higher char yield. In addition to high processability, this makes phthalonitrile resins a promising carbon source for C/Cs manufacturing.

In this work, the preparation of C/Cs from CFRP with a phthalonitrile matrix was carried out in two cycles. The samples were first carbonized at a temperature of 1000°C according to the following heating mode: 20°C → 450°C, 2°C / min; 450°C → 700°C, 0.1°C / min; 700°C → 1000°C, 1°C / min; hold at 1000°C, 1 h. Subsequent graphitization was carried out according to the following mode: heating RT → 1800°C, 6°C / min; hold at 1800°C, 1 h. The density of the samples after this was 1.73 g / cm3, the interlaminar shear strength — 14.1 MPa, the compressive strength — 139.8 MPa, and the friction coefficient — 0.32–0.34.

This work was carried out in the framework of the state assignment of the Department of Chemistry of the M. V. Lomonosov Moscow State University. Project No AAAA-A21-121011590086-0.

This research was performed according to the Development program of the Interdisciplinary Scientific and Educational School of Lomonosov Moscow State University «The future of the planet and global environmental change».

Получение композиционного материала, армированного частицами

Галкин Е.В., Галкин В.И., Палтиевич А.Р.
МАИ, г. Москва, Россия

В работе рассмотрена возможность использования критериальной системы для определения параметров технологического процесса изготовления композиционных материалов, армированных частицами методом многоцикловой прокатки.

В качестве композиционного материала применяется алюминий-медь, где алюминий – матричная составляющая, а медь – армирующий элемент. Заготовка состоит из трех слоев, внешние – матричные и внутренний – армирующий.

В работе применен критериальный подход.

Для процесса многоцикловой прокатки сформулированы три критерия:

1. Температурный критерий.

Процессы прокатки и межоперационного отжига должны проходить в условиях горячей пластической деформации для матричного материала и в условиях теплой или холодной деформации для армирующего материала.

2. Критерий формирования прочного соединения компонентов.

На первом проходе прокатки необходимо получить композицию с прочной связью между всеми слоями, при этом внутренний слой меди еще должен сохранить свою сплошность.

3. Критерий сохранения сплошности матричного компонента и разрушения армирующего компонента.

В ходе циклов прокатки требуется обеспечить сохранность сплошности матричного компонента и раздробить упрочняющий.

Для подтверждения результатов, полученных в критериальной системе, проведена прокатка, состоящая из 6 циклов. Проведенный микроструктурный анализ показал, что первоначальная слоистая структура заготовки сохраняла сплошность на протяжении трех циклов прокатки, при этом толщина медной прослойки от цикла к циклу существенно уменьшалась.

Процесс прокатки показал, что раздробление медных слоев начинается после четвертого цикла, по мере возрастания цикла прокатки средняя площадь сечения армирующих частиц снижается почти в 2 раза на каждом последующем.

После шестого цикла прокатки структура полученного материала представляет собой матрицу с равномерно распределенными армирующими частицами меди, при этом средняя площадь этих частиц составила порядка 714 мкм2.