Новые композиты с металлической матрицей в Институте физики твердого тела РАН

New metal matrix composites in Institute of Solid State Physics of RAS

С. Т. Милейко, А. А. Колчин, С. Н. Галышев,
В. М. Прокопенко, М. Ю. Никонovich, Б. Мыктыбеков
Институт физики твёрдого тела РАН

S. T. Mileiko, A. A. Kolchin, S. N. Galyshev,
V. M. Prokopenko, M. Yu. Nikonovich, B. Miktibekov
Institute of Solid State Physics of RAS

поступила в редакцию 16.10.2020, принята к печати 26.10.2020

Абстракт

В течение последних пяти лет композитная команда Института физики твёрдого тела РАН работала и продолжает работать над новыми структурами композитов с металлической матрицей, имея в виду необходимость фундаментального задела для разработки нового класса материалов, которые неизбежно станут основой нового скачка в характеристиках многих транспортных и энергетических машин, подобно тому как примерно полвека назад армированные пластики обеспечили совершенствование многих образцов авиационной и ракетно-космической техники. В результате этих усилий были разработаны принципиально новые структуры двух семейств композитов.

Во-первых, разработана лабораторная технология получения композитов с титановой матрицей и углеволокном, вводимом в структуру композита через промежуточную матрицу с пониженной температурой плавления, что ограничивает химическое взаимодействие титана и углерода. Композиты характеризуются гибкой структурой, подстраиваемой под конкретные условия нагружения будущего элемента конструкции. Оптимизация структуры позволит получать композиты с прочностью при растяжении до 2000 МПа, модулем Юнга до 200 ГПа, с трещиностойкостью, характеризуемой критическим коэффициентом интенсивности напряжений в диапазоне 25–40 МПа·м^{1/2}. Плотность материала при этом — от 3.5 до 4.0 г/см³.

Во-вторых, принципиально новым результатом является показанная возможность создания композитов с оксидными волокнами и матрицами активно разрабатываемых в настоящее время молибденовых сплавов, отличающихся достаточно высокой жаростойкостью, но недостаточно высокими механическими характеристиками. Армирование такого типа матриц оксидными волокнами с использованием ранее разработанного метода внутренней кристаллизации даёт композиты с достаточно высокими характеристиками прочности, трещиностойкости, сопротивления ползучести при температуре 1300°C.

Abstract

During the last five years a composite team of Institute of Solid State Physics of RAS have been working on novel microstructures of metal matrix composites bearing in mind a necessity to obtain the basis for developing a new family of the materials, which will inevitably become a backbone of a new leap in characteristics of many machines like fibre reinforced plastics made possible perfecting aerospace technologies about a half of century ago. The team's efforts have yielded two new composite microstructures.

First, the laboratory fabrication technology of composites with titanium matrix and carbon fibres embedded into the main titanium matrix via an intermedium matrix with the melting point sufficiently low to limit the carbon/titanium chemical interaction. The composite microstructure can be changing to adjust to a particular loading condition of a future structural element. The microstructure optimization will allow obtaining composites with tensile strength up to 2000 MPa, Young's modulus up to 200 GPa and fracture toughness characterized by the value of critical stress intensity factor 25–40 MPa·m^{1/2}. The material density is to be 3.5 to 4.0 g/cm³.

Secondly, it was shown a possibility to make composites with oxide fibres and matrix of molybdenum alloy are now under active developing. Such alloys resist to oxidation sufficiently well but have relatively low mechanical properties. Reinforcing such alloys with oxide fibres by using the internal crystallization method developed earlier yields composites with sufficiently high mechanical properties (strength, fracture toughness, creep resistance at a temperature of 1300°C).