Научные тезисы

УДК 621.792.4-053:620.178.746.22:539.67

МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ СЛОИСТОЙ АРХИТЕКТУРЫ: ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

Светлана Валерьевна Кутенева[1], Павел Дмитриевич Недзвецкий[2], Павел Владимирович Космачев[3], Татьяна Сергеевна Черкасова[4]

[1,2,4] Институт машиноведения УрО РАН, Екатеринбург, Россия

[3] Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

[1] *esv@imach.uran.ru*

Аннотация. Изучены структура и свойства слоистых металлополимерных композитов на основе сталей 09Г2С, IF-steel и алюминиевого сплава АМг3 с полимерными прослойками. Получение композитов осуществлялось методом горячего прессования и холодного склеивания с применением адгезивов соответствующего температурного отверждения. Изучены ударная вязкость композитов при комнатных и пониженных температурах, демпфирующие свойства и сопротивление усталостному разрушению.

Ключевые слова: композиционный материал, полимерная матрица, базальтовое волокно, резина, адгезионная прочность, ударная вязкость

Благодарности: научный руководитель — д-р техн. наук Сергей Викторович Гладковский

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 20-79-00084.

Scientific theses

METAL-POLYMER COMPOSITES WITH LAYERED ARCHITECTURE: FABRICATION, STRUCTURE AND PROPERTIES

Svetlana V. Kuteneva[1], Pavel D. Nedzveckiy[2], Pavel V. Kosmachev[3], Tatiana S. Cherkasova[4]

[1, 2, 4] Institute of Mechanical Engineering of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[3] Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia
[1] *esv@imach.uran.ru*

Abstract. The microstructure and properties of layered metal-polymer composites based on IF-steel and Fe–2Mn–1Si steel and Al–Mg3 alloy with polymer interlayers have been studied. The composites were obtained by hot pressing and cold bonding using adhesives of appropriate temperature curing. The impact strength at room and low temperatures, damping properties and resistance to fatigue fracture of composites have been investigated.

Keywords: composites, polymer matrix, basalt fiber, rubber, adhesive bond strength, impact strength

Acknowledgments: scientific supervisor — Doctor of Technical Sciences Sergey Viktorovich Gladkovsky

Funding: the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation, project No. 20-79-00084.

Современные композиционные материалы на полимерной основе, благодаря высоким механическим, вязкоупругим характеристикам и низкой удельной плотности, являются перспективными материалами для изделий автомобильной и авиационной промышленности. Однако такие композиты обладают недостаточной жесткостью и низким сопротивлением хрупкому и усталостному разрушению, которые необходимы для деталей ответственного назначения. Сочетание свойств полимерных и металлических материалов в одном материале, а также использование принципа слоистости при конструировании композитов, выражающегося в послойной укладке разнородных материалов и формировании ламинарной микроструктуры в металлических и слоистой структурах в полимерных слоях, позволяет получить высокие ударные характеристики металлополимерного композита в сравнении с ее исходными составляющими. При этом композиционный материал обладает демпфирующей способностью к гашению циклических колебаний за счет высоких вязкоупругих свойств ее полимерной составляющей. Такие композиты могут применяться в качестве элементов амортизаторов высокоскоростного железнодорожного транспорта.

Разработаны способы получения пятислойных металлополимерных композитов методами холодного и горячего (горячее прессование) со-

единения с применением адгезивов холодного и горячего отверждения [1]. В качестве металлических слоев использовались пластины сверхнизкоуглеродистой (006/IF) и низкоуглеродистой (09Г2С) сталей, алюминиевого сплава (АМг3) толщиной 2 мм в исходном горячекатаном состоянии с выраженной текстурой прокатки, а в качестве полимерных слоев — полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), армированный базальтовым волокном, и тепломорозостойкая резина толщиной 2 мм. Особенностью получения металлорезиновых композитов методом горячего прессования являлось применение резины в исходном невулканизированном состоянии. Полимеризация резины и формирование адгезионного соединения выполнялись в процессе прессования в условиях повышенной температуры и приложенного давления. Изготовление полимерных слоев на основе ПЭЭК, упрочненного шестью слоями однонаправленного базальтового волокна (40 об.%), предварительно выполнялось методом горячего прессования [2]. Были получены пятислойные металлополимерные композиты с различной комбинацией металлических слоев в конструкциях типа «сталь — резина», «алюминиевый сплав — резина» и «сталь — резина — алюминиевый сплав», а также композиты типа «сталь — ПЭЭК/базальт», «алюминиевый сплав — ПЭЭК/базальт» и «сталь — ПЭЭК/базальт — алюминиевый сплав».

Для оценки прочности соединения «металл — резина» и «металл — ПЭЭК/базальт» были проведены испытания на отрыв и сдвиг. Характер разрушения испытанных образцов был изучен с применением растровой электронной микроскопии. Выявлено, что разрушение образцов протекает по смешанному адгезионно-когезионному типу с превалирующим вкладом адгезионного механизма. Сопротивление композитов хрупкому разрушению было оценено по результатам динамических испытаний на ударный изгиб при температурах +20 °С и –60 °С. Установлено, что самые высокие значения ударной вязкости *KCV* демонстрируют композиты на основе стали 09Г2С. При этом на всех композитах наблюдается эффект повышения значений *KCV* с понижением температуры испытания. Демпфирующие свойства композитов при комнатной и пониженной температуре были изучены с применением метода динамического механического анализа. Композиты с прослойками резины обладают более высокими показателями демпфирующих свойств, чем композиты с прослойками ПЭЭК/базальт. Сопротивление усталостному разрушению компози-

тов было оценено путем проведения циклических испытаний по схеме знакопостоянного трехточечного изгиба при количестве циклов $N = 100\,000$. Композиты выдерживают заданное количество циклов нагружения без полного разрушения.

Список источников

1. Сопротивление хрупкому разрушению и демпфирующие свойства слоистых металлополимерных композитов / Кутенева С. В. [и др.] // Письма о материалах. 2021. Т. 11 (3). С. 279–284.

2. Deformation Behavior and Fracture Patterns of Laminated PEEK- and PI-Based Composites with Various Carbon-Fiber Reinforcement / Kosmachev P. V. [и др.] // Polymers. 2021. V. 13, № 14. P. 2268.

References

1. Brittle fracture resistance and damping properties of layered metal-polymer composites / Kuteneva S. V. [et al.] // Letters on Materials. 2021. V. 11 (3). P. 279–284.

2. Deformation Behavior and Fracture Patterns of Laminated PEEK- and PI-Based Composites with Various Carbon-Fiber Reinforcement / Kosmachev P. V. [et al.] // Polymers. 2021. V. 13, № 14. P. 2268.