

## КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ «УМНЫХ» МАТЕРИАЛОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЛИДОВ ФОРМУЛЫ-1

Т. Т. ФОЗИЛОВ

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация  
Филиал АО «ОДК» «НИИД», г. Москва, Российская Федерация*

З. Л. МАРЮШИНА

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Умными материалами называются химические соединения, различные по составу и агрегатному состоянию, но их объединяет проявление характеристик, значительно меняющихся под внешним воздействием: давление, температура, влажность, рН среды, магнитные поля и др. Основное применение они находят в военной, энергетической и медицинской отраслях. В частности, при создании одежды, например, кофт с датчиками измерения сердечного ритма, а также изделий из оптоволокна, позволяющего фиксировать разрыв ткани, или с нагревающими элементами для исследований Крайнего Севера [1].

Особо отмечается применение смарт-сплава никелида титана (NiTi) благодаря его эффекту температурной памяти формы ввиду однократных или многократных мартенситных превращений за счет сдвигового механизма в атомной решетке соединения. Этот сплав является интерметаллидом в чистом виде, а поскольку в среднем на 45 % состоит из титана, он инертен в среде человеческого организма. На данный момент ученые-медики всего мира имплантируют его в качестве замены разрушенным костным соединениям, например, костям грудной клетки или своду черепа. Его уникальная особенность позволяет при температуре ниже определенной точки претерпевать мартенситное превращение с образованием низкосимметричных фаз и возвращаться к изначальному состоянию при нагреве выше определенной точки. Также отмечается его высокая демпфирующая способность по отношению к вибрационным и акустическим колебаниям [2, 3].

В современных гонках всё больше внимания уделяется аэродинамическим характеристикам на высоких скоростях (>300 км/ч), где мощность двигателей уже не может быть увеличена за счет увеличения объема силовой установки и ограничена для большей экологичности. Однако баланс характеристик прижимающих сил и преодоления сопротивления потока позволяет «снимать» с каждого круга от 0,05 до 1 секунды, что и делает болиды быстрее. Применение подобного материала позволит этот баланс сместить в сторону большей аэродинамики и использовать ресурс силовых агрегатов в полной мере.

Ввиду вышеописанного применение данных материалов крайне целесообразно в качестве замены материалам элементов болида, которые претерпевают наибольшие нагрузки от рассеяния воздушного потока и наибольшее давление воздуха на больших скоростях для увеличения обтекаемости. Разумеется, не на всех трассах эффективно применение таких материалов, для этого нужны достаточно холодные условия (температура среды не выше 25–30 °С). Для получения наибольшего эффекта подходят такие трассы, как Монте-Карло, Спа-Франкоршамп, Лас Вегас или практически любая трасса во время дождя.

### Список литературы

1 Ильин, А. А. Сплавы с эффектом запоминания формы (обзор) / А. А. Ильин // Итоги науки и техники. Металловедение и термическая обработка. – М. : ВИНТИ, 1991. – Т. 25. – С. 3–59.

2 Исследование механизмов формоизменения при деформации и нагреве титановых сплавов с эффектом запоминания формы / А. А. Ильин [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1998. – № 4. – С. 12–16.

## О ДЕСУЛЬФУРАЦИИ И ДЕФОСФОРАЦИИ СВАРНОГО ШВА КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ РЗЭ ПРИ ОРБИТАЛЬНОЙ АРГОННО-ДУГОВОЙ СВАРКЕ

Т. Т. ФОЗИЛОВ

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация  
Филиал АО «ОДК» «НИИД», г. Москва, Российская Федерация*

З. Л. МАРЮШИНА

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Применение орбитальной аргонно-дуговой сварки способствует усовершенствованию процесса производства трубопроводов малого диаметра в авиационном двигателестроении ввиду того, что

минимизирует человеческий фактор за счет полной механизации процесса. Однако существует проблема усталостного разрушения сварного соединения [1, 2].

Причинами разрушения являются неоднородность химического состава, недостаточная шероховатость поверхности свариваемых кромок, осевое смещение в сварочной головке, каплеударная эрозия, межкристаллитная коррозия и др. При выведении решения перечисленные факторы учитывались как отдельно взятые, так и в совокупности.

Легирование церием или иттрием приводит к образованию интерметаллидных включений, а именно  $\text{CeFe}_5$  и  $\text{CeFe}_2$ , которые очень благотворно влияют на структуру и свойства в целом. Помимо этого, образуются и другие тугоплавкие соединения в виде оксидов и даже соединения с серой, которое разлагается, за счет чего и происходит десульфурация.

Но стоит отметить, что количество серы и кислорода нужно снижать до концентраций 0,015 % и меньше для наибольшего эффекта еще до введения РЗМ [3].

Существует огромное множество техник введения легирующих компонентов в материал, однако при сварке речь идет о присадочном материале. Для усиления сварного соединения необходим присадочный материал с большой долей содержания церия или иттрия, так как именно они оказывают наибольшее влияние в данном процессе. В итоге сварное соединение получается практически равнопрочным материалу основы, еще до термической обработки, которая необходима для введения изделия в эксплуатацию. Ввиду вышеизложенного, одно из рациональных решений массы вопросов по причинам разрушения трубопроводов, которые работают в агрессивных средах и экстремальных условиях – легирование сварного соединения, которое, очевидно, в данном случае является слабым звеном.

#### Список литературы

1 Effect of Thin Polymer Coatings on the Mechanical Properties of Steel Plates / A.V. Babaytsev [et al.] // Russian Metallurgy (Metally). – 2017. – Vol. 2017, no 13. – P. 1170–1175.

2 Применение пантографической конструкции, полученной методом SLM-печати, и исследование влияния постобработки с нанесением демпфирующих покрытий / А. А. Зайцев [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2023. – № 4. – С. 83–89.

3 Davies, I. G. Metals Technology / I. G. Davies, M. Randle, R. Widdouson. – 1974. – S. 241/48.

УДК 539.3

### РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕКРЕСТНО-АРМИРОВАННОГО АУКСЕТИЧНОГО КОМПОЗИТА

*Д. А. ЧЕРНОВС*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время в различных отраслях строительства и машиностроения широко используются волоконно-армированные композиты на полимерных матрицах. Изменяя направление армирования и комбинируя элементы с различной ориентацией волокон, можно в широких диапазонах варьировать значения механических характеристик данных анизотропных материалов. В частности, при определенных условиях коэффициента поперечной деформации (коэффициенты Пуассона) перекрестно-армированного слоистого эластомера принимают отрицательные значения [1]. Определению эквивалентных упругих характеристик армированных ауксетичных (с отрицательным коэффициентом Пуассона) материалов посвящен ряд научных публикаций [1, 2]. Описанная в данных работах расчетная методика основана на элементарной теории армирования [2]. При этом приемлемая точность расчетных оценок обеспечивается только для относительно малых (менее 20 %) значений объемной доли волокон. Кроме того, в известных публикациях не уделяется должного внимания прогнозу характеристик прочности исследуемых материалов.

В связи с вышесказанным целью настоящего исследования является совершенствование математической модели перекрестно-армированного ауксетичного композита, направленное на уточнение прогноза упругих характеристик, а также на получение расчетных оценок параметров прочности композита.

В перекрестно-армированном композите (рисунок 1) волокна переплетены так, что угол между двумя направлениями армирования составляет  $2\alpha$  [1]. Сам  $\alpha$  может изменяться от 0 до 90°. Объем-