

УДК 621.791.725

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР ГИБРИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

© Гараев Р.Р., Курынцев С.В.

treeteey@yandex.ru, kuryntsev16@mail.ru

*Казанский национальный исследовательский технический университет  
имени А.Н.Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация*

Необходимость использования лёгких конструкций в автомобильной и авиационной индустрии постоянно растёт. Использование многосоставных материалов может уменьшить вес изделия благодаря увеличению функциональной плотности, усталостных характеристик, жёсткости или прочности. Эти цели могут быть достигнуты использованием гибридных соединений металла с пластиком. Пластмассы могут быть использованы из-за лёгкого веса, высокой коррозионной стойкости и отличной деформируемости, им можно придать разную форму и увеличить жёсткость с помощью армирования. Металлы обычно используются для получения высокой прочности или определённых физических свойств, таких как высокая тепловая или электрическая проводимости. И всё же способ соединения играет решающую роль в применении таких материалов. Использование дополнительных материалов, таких как клеи, может повлиять на старение материала и время отверждения. Соединительные элементы, такие как заклепки и винты, являются концентраторами напряжений. Прямое соединение позволяет избежать этих недостатков и создать прочное взаимодействие между металлом и термопластиком. При прямом соединении термопластику нужно сообщить достаточную энергию, чтобы расплавить его. В расплавленном состоянии термопластик смачивает металл и проникает в его поверхность [1].

В работе [2] был предложен метод лазерной обработки, при которой луч лазера фокусируется на поверхности металла, и тепловая энергия проходит через металл к зоне соединения. Этот способ обработки позволяет применять в данной операции армированные волокном пластики и непрозрачные полимеры и уменьшает термическую нагрузку на полимерный компонент. Также возможна сварка, при которой луч лазера проходит через полимер на границу соединения. Недостатком данного способа является то, что полимер испытывает высокую термическую нагрузку и может быть использован только прозрачный полимер для данной длины волны излучения.

Перед соединением компонентов в металле необходимо создать бороздки лазером, в которые будет проникать расплавленный полимер. Так повышается сдвиговая прочность соединения.

Использование лазера хорошо тем, что можно менять форму и размеры луча в зависимости от требований опыта, можно управлять характером движения лазерного луча, его траекторией, интенсивностью.

Одним из факторов, влияющих на качество соединения, является скорость перемещения луча лазера. При малых скоростях происходит термическая деградация полимера, а при высоких скоростях не происходит достаточного оплавления полимера и соответственно смачивания поверхности металла [2].

При термическом разложении полимера его продукты в виде газа и/или паров могут привести к появлению пузырей, образующихся в зоне соединения и уменьшающих прочность соединения. Размер пузырьков значительно уменьшается от

крупных до небольших за счёт увеличения скорости перемещения лазера. При меньшей тепловой нагрузке на полимер уменьшается скорость разложения и соответственно размеры и количество пузырьков [1].

При низкой скорости соединения пузырьки расположены глубже в полимере относительно пограничного слоя между полимером и металлом из-за более высокой текучести пластика под действием приложенного тепла. При более высоких скоростях соединения глубина расположения уменьшается за счёт ограниченной текучести пластика [1].

Еще одним дефектом может являться область соединения, в которой не произошло смачивание металла полимером. Это случается из-за того, что к полимеру было подведено недостаточное количество теплоты, чтобы его расплавить. В таком месте будет находиться дефект соединения и прочность этой области соединения будет мала.

Для исследования дефектов, описанных выше, группой немецких ученых [1] был предложен метод исследования структуры соединений металл-полимер гибридов, основанный на оптической когерентной спектроскопии [1]. Данным методом могут быть исследованы дефекты в реальном времени непосредственно во время самой операции соединения.

### **Библиографический список**

1. R. Schmitt; G. Mallmann; P. Ackermann; J. Bergmann; M. Stambke; K. Schricker; 3D weld seam characterization based on optical coherence tomography for laser-based thermal joining of thermoplastics to metals. International Conference on Lasers in Manufacturing (LIM), 2015.
2. K. Schricker, M. Stambke, J. Bergmann Adjustment and Impact of the Thermoplastic Microstructure of the Melting Layer in Laser-based Joining of Polymers to Metals. International Conference on Lasers in Manufacturing (LIM), 2015.