

Г. К. Мулдашева, И. В. Злобина, Н. В. Бекренев

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СВЕРЛЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ
ОТВЕРСТИЙ В КОНСТРУКЦИОННОМ УГЛЕПЛАСТИКЕ**

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

E-mail: nikolaj.bekrenev@yandex.ru

Статья посвящена описанию результатов исследования морфологии поверхности сквозных и глухих отверстий малого диаметра, полученных ультразвуковым сверлением в конструкционном углепластике. Установлено, что сообщение инструменту ультразвуковых колебаний малой амплитуды способствует формированию однородной морфологии поверхности отверстий без вырывов, отслоений и раковин. На боковой поверхности отверстий, обработанных с воздействием ультразвука, практически отсутствуют выдернутые и разориентированные армирующие волокна, что свидетельствует о повышении качественных показателей размерной обработки углепластиков.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, ультразвук, сверление, дефекты, морфология поверхности.

G. K. Muldasheva, I. V. Zlobina, N. V. Bekrenev

EFFECT OF ULTRASONIC DRILLING ON THE SURFACE QUALITY OF HOLES IN STRUCTURAL CARBON FIBER

Yuri Gagarin Saratov State Technical University

The article describes the results of a study of the surface morphology of small-diameter through and blind holes obtained by ultrasonic drilling in structural carbon fiber. It is established that the message to the instrument of ultrasonic vibrations of small amplitude contributes to the formation of a uniform morphology of the surface of the holes without breaks, delaminations and shells. On the side surface of the holes treated with ultrasound, there are practically no pulled out and disoriented reinforcing fibers, which indicates an increase in the quality indicators of the dimensional processing of carbon fiber plastics.

Keywords: polymer composite materials, ultrasound, drilling, defects, surface morphology.

Для современного этапа производства перспективных транспортных и энергетических систем характерно расширение применения полимерных композиционных материалов (ПКМ), армированных тканями на основе углеродных, стеклянных и арамидных волокон [1]. Помимо технологий синтеза компонентов и формования многослойных изделий в их производстве значительное место занимают так называемые операции постобработки: кромочная, образование крепежных отверстий [2] и стыковочных пазов и базовых точных поверхностей, выполняющиеся методами резания лезвийным и абразивным инструментом. Неоднородность структуры отвержденных формованных углепластиков, состоящих из относительно мягкой и вязкой матрицы и высокотвердых нитевидных армирующих структур приводит к усложнению механизмов резания, а также дефектам: шероховатости, волнистости, вырывам и сколам, ворсистости, трещинам и царапинам, отклонению формы и взаимного расположения поверхностей [3]. Для устранения указанных проблем механической обработки ПКМ используют различные методы. В частности – нанесение дополнительного покрытия на основе эпоксидных смол, применение технологических заполнителей, терморезание с глубоким охлаждением материала, обработка с предразрушением, вибрационное резание и др. [3; 4]. С учетом положительного отечественного и зарубежного опыта представляется целесообразным ультразвуком при сверлении ПКМ.

Изучали качество поверхности сквозных и глухих отверстий при сверлении углепластика с сообщением спиральному сверлу ультразвуковых колебаний. Обрабатывали образцы размерами 70x10x5 мм из углепластика производства ООО «Еврокомплект» г. Калуга. Использовали сверла со стандартной заточкой из стали Р6М5 Ø3,5 мм. Обработку осуществляли на токарно-винторезном станке ТВ-106, на пиноли задней бабки которого закрепляли пьезо-керамический электромеханический преобразователь не пьезокерамических элементах ЦТС-19 диаметром 30 мм. Рабочая частота преобразователя – 25,0 кГц, на вершине сверла обеспечивалась амплитуда колебаний 5-6 мкм. Обработку осуществляли при частоте вращения шпинделя 375 об/мин. Экспериментальный образец с целью исключения дополнительных повреждений поверхности при вскрытии отверстия выполняли из двух частей, собираемых в специальной оснастке. Сверление осуществляли с прохождением оси отверстия через плоскость стыка частей образца. После окончания процесса сверления нескольких отверстий образцы разделяли и изучали их кромки и поверхность при помощи цифрового оптического микроскопа Bresser LCD MICRO 5MP при увеличении x40. Внешний вид половины образца представлен на рис. 1. С целью минимизации влияния затупления инструмента сверление осуществляли с чередованием метода обработки: первое отверстие – без ультразвука, второе – с ультразвуком, третье – без ультразвука и т. д.



Рис. 1. Образец со сквозными и глухими отверстиями. Разъем по средней плоскости отверстий

Внешний вид кромок отверстий и морфология их поверхности, представлены на рис. 2. Анализ полученных результатов позволяет сделать

вывод о существенном качественном улучшении поверхности отверстий, полученных при сообщении сверлу ультразвуковых колебаний.

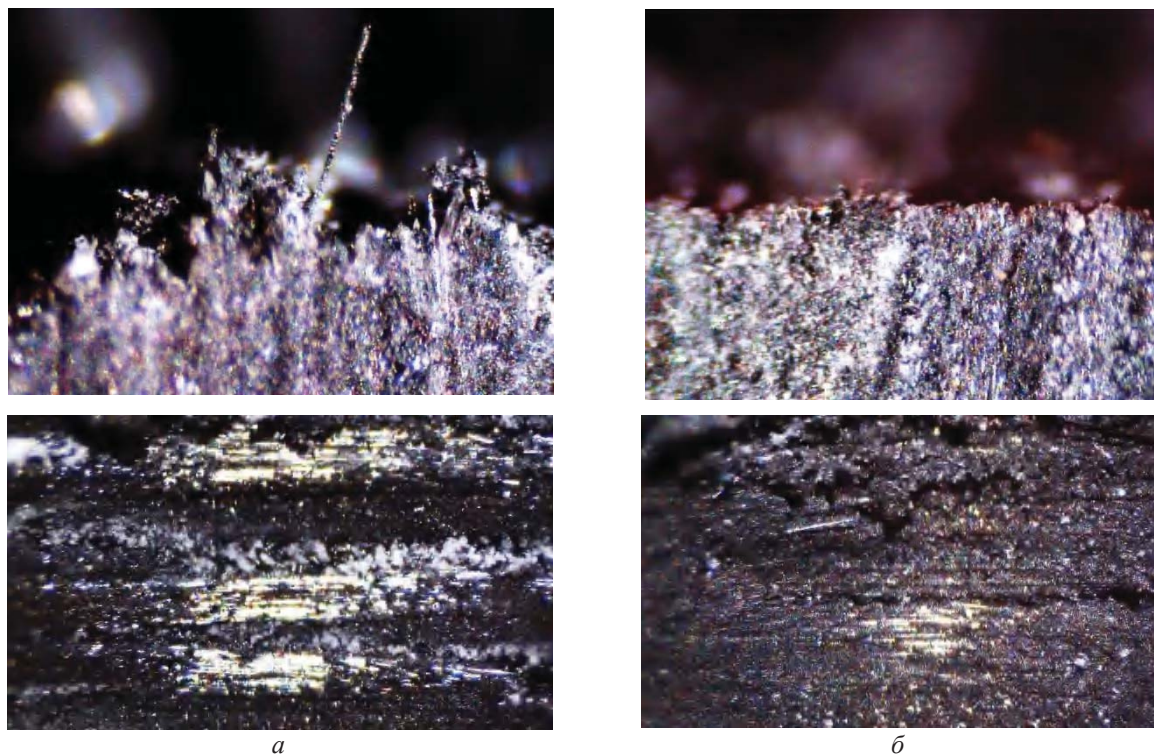


Рис. 2. Характерный вид продольных кромок и морфологии поверхности отверстий (x40), полученных обычным (а) и ультразвуковым (б) сверлением

Если на кромках отверстий в процессе обычного сверления образуются каверны в матрице и отдельные вырванные из основного материала армирующие волокна с образованием микрорельефа со средней высотой элементов до 40–60 мкм, то микрорельеф поверхности отверстий, обработанных с воздействием ультразвука, характеризуется однородностью, отсутствием каверн и выдернутых волокон. Средняя высота элементов профиля не превышает 5–6 мкм. Поверхность отверстия ровная с незначительными микротрещинами, в то время, как на поверхности отверстий при обычном сверлении вследствие вырыва отдельных волокон и их жгутов образуются кольцевые канавки, приводя к крайне неоднородному микрорельефу.

Полученный результат может быть объяснен облегчением разрушения именно более твердых и жестких волокон при воздействии ультразвука, что характерно для данного метода воздействия.

Таким образом, сообщение инструменту ультразвуковых колебаний может быть использовано для повышения качества обработки изделий из конструкционных углепластиков различного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуняев, Г. М. Полимерные композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов / Г. М. Гуняев, В. В. Кривонос, А. Ф. Румянцев [и др.] // Конверсия и машиностроение. – № 4, 2004. URL: [www: viam.ru/public](http://viam.ru/public).
2. Комаров, Г. В. Свойства ПКМ, влияющие на их способность соединяться / Г. В. Комаров // Полимерные материалы. – № 2–3, 2010. – С. 18–27.
3. Мешкас, А. Пути решения проблем механической обработки композиционных материалов на машиностроительном предприятии / А. Мешкас, В. Макаров, В. Ширинкин // Станкоинструмент. – № 3. – 2016. – С. 55–59.
4. Ярославцев, В. М. Высокоэффективные технологии обработки изделий из композиционных материалов / В. М. Ярославцев // Наука и образование. Электронное научно-техническое издание. – № 4. – 2012. – С. 1–22, 77–30569/361759, №04 апрель 2012 г. <http://technomag.edu.ru> 14.