



Ключевые слова:
полимерный, высокопрочный, композит, сверление, дефект, производительность

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СВЕРЛЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ ВЕРТОЛЕТНЫХ ВИНТОВ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СЛОИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Андрей МАСЛОВ, Алексей МАМОТЬКО

Предложен способ повышения производительности бездефектного сверления отверстий в деталях из ВСПК, основанный на заполнении наполнителями свободного пространства заготовок. В качестве наполнителей использовались бруски из алюминиевого сплава Д16Т и жесткий компаунд.

В конструкциях лопастей несущих и рулевых винтов вертолетов применяют высокопрочные слоистые полимерные композиты (ВСПК), армированные титаном. Комлевые части лопастей, предназначенные для крепления к ротору двигателя, изготавливают методом спиральной намотки стеклоугольной гибридной ткани, представляющей собой ленту, состоящую из чередующихся слоев углеродного жгута и стекложгута толщиной 0,01...0,15 мм. Слои пропитывают эпоксидным расплавленным связующим компонентом.



Рис. 1. Конструкция намотки: 1 – пакет усиления; 2 – свободное пространство

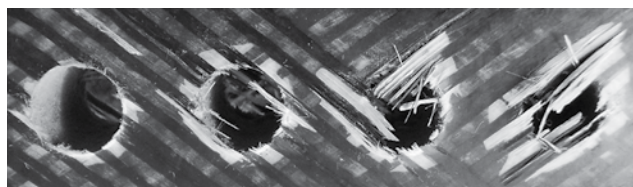


Рис. 2. Расслоения намотки из ткани на входе сверла

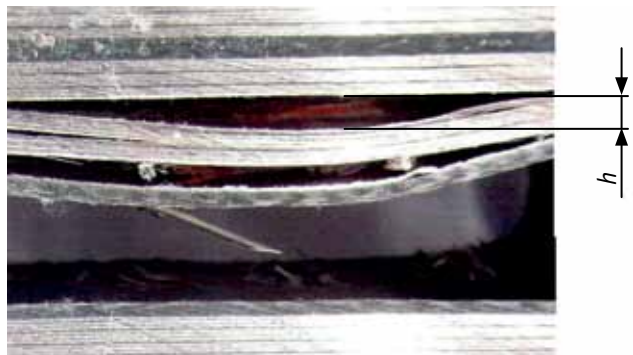


Рис. 3. Расслоение пакета усиления h

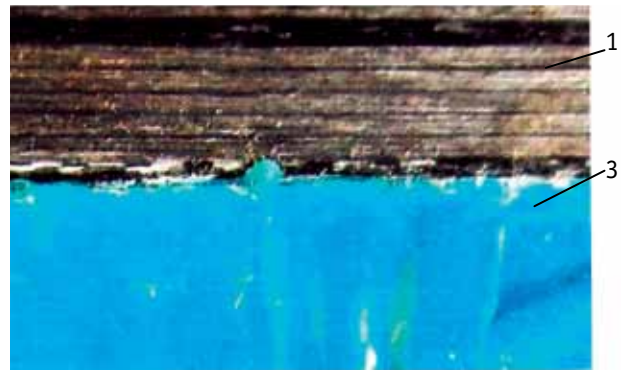
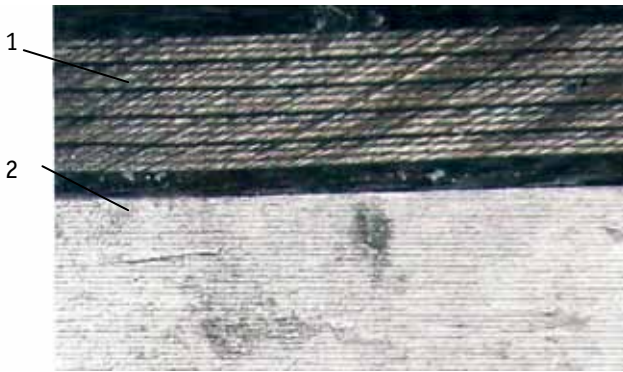


Рис. 4. Размещение наполнителей в свободном пространстве заготовки: 1 – пакет усиления; 2 – алюминиевый брусок; 3 – компаунд

Для повышения прочности комлевой части лопасти ее усиливают многослойными пакетами, состоящими из титановой фольги толщиной 0,1 мм и однонаправленного стекловолоконного препрега – композиционного материала-полуфабриката (рис. 1). Толщина такой намотки, имеющей D-образное сечение, составляет 50 мм, ширина свободного пространства – 20 мм.

В полученных таким образом деталях из ВСПК выполняется обработка отверстий, необходимых для крепления лопастей. Характерными дефектами при сверлении отверстий в деталях из ВСПК являются расслоение наружной намотки из ткани

на входе и выходе сверла (рис. 2) и расслоение пакета усиления (рис. 3). Появление таких расслоений ведет к снижению конструкционной прочности лопастей из ВСПК.

Одним из путей повышения производительности бездефектного сверления отверстий в деталях из ВСПК является повышение жесткости слоев композита. Для этого свободное пространство заготовок (см. рис. 1) заполняли наполнителями: брусками из алюминиевого сплава Д16Т либо жестким компаундом, используемым при фрезеровании монолитных заготовок из жаропрочных сплавов (рис. 4).

Отверстия обрабатывали сверлом из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 10 мм на глубину 20 мм со скоростями $V = 15...60$ м/мин и подачами 0,2...1,6 мм/об.

Измеряли размеры расслоений h в пакете усиления (рис. 5) и в наружной намотке ВСПК (рис. 6). Величину расслоений Δ в наружной намотке определяли как разницу между номинальным диаметром обрабатываемого отверстия и максимальным диаметром окружности, в которую вписываются отслоившиеся куски ткани.

Для регистрации ВА-сигналов использовали оборудование, разработанное в МГТУ «СТАНКИН» [1–4]. Получали среднеквадратичные значения (СКЗ) амплитуд сигналов и диаграммы октавных спектров во временных отрезках, соответствующих для каждого конкретного режима сверления входу сверла, середине пакета усиления и выходу сверла.

Анализ спектров ВА-сигналов во время выхода сверла из пакета усиления показывает, что при сверлении без наполнителя резко возрастают амплитуды колебаний в частотных диапазонах, где присутствуют собственные частоты инструмента. При сверлении заготовок, свободное пространство которых было залито компаундом, амплитуды колебаний значительно ниже практически на всех частотах (рис. 7).

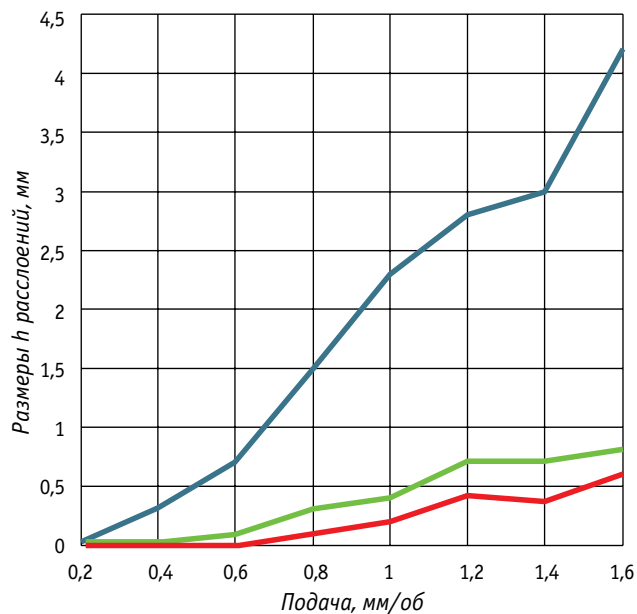


Рис. 5. Зависимость величины h расслоений в пакете усиления от подачи при постоянной скорости сверления $V = 30$ м/мин: 1 – без наполнителя; 2 – с компаундом; 3 – с брусками из алюминиевого сплава

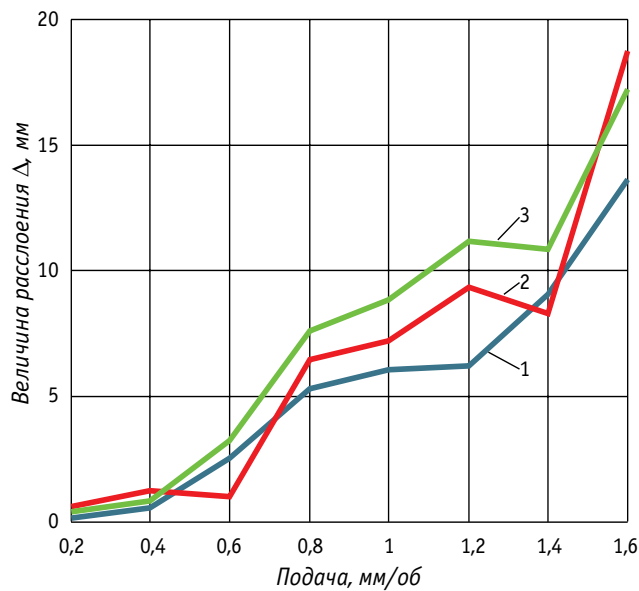


Рис. 6. Зависимости величины расслоения – на входе в отверстие от величины подачи сверла диаметром 10 мм для различных скоростей резания: 1 – без наполнителя; 2 – с компаундом; 3 – с брусками из алюминиевого сплава

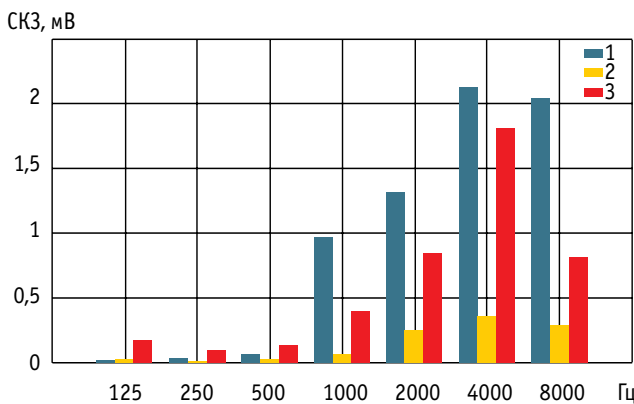


Рис. 7. Октавные спектры в конце обработки при сверлении детали из ВСПК: 1 – без наполнителя; 2 – с наполнителем из компаунда; 3 – с брусками из алюминиевого сплава

В целом процессу сверления заготовок со свободным пространством (без наполнителей) свойственны всплески вибраций с большой амплитудой при переходе из стеклоуглеволоконного слоя намотки в пакет усиления, а также – из пакета в слой намотки. Это связано с подвижностью слоев ВСПК во время сверления при отсутствии наполнителя. При заполнении свободного пространства плотно прилегающими наполнителями всплески вибраций

возникают реже, а их амплитуда существенно ниже.

ВЫВОДЫ

Наличие наполнителей, заполняющих полости заготовки с равномерным прилеганием к стенкам, стабилизирует процесс сверления деталей из ВСПК, снижает интенсивность и амплитуду вибраций. В интервале подач 0,2...0,6 мм/об значительно уменьшается вероятность возникновения низкочастотных вибраций и, соответственно, вероятность расслоений.

Предложенные для снижения уровня вибраций наполнители свободного пространства деталей из ВСПК дают положительный эффект в виде отсутствия расслоений и снижения уровня вибраций, что позволяет рекомендовать этот метод для сверления с подачами 0,6 мм/об, что в три раза больше подач, применяемых в настоящее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козочкин М.П., Маслов А.Р., Порватов А.Н. Информационно-измерительные и управляющие системы силовых и виброакустических параметров // Измерительная техника. 2015. № 8. С. 5–9.
2. Козочкин М.П., Маслов А.Р., Порватов А.Н. Управление процессом резания посредством интеграции подсистемы диагностирования в систему ЧПУ металлообрабатывающего станка // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2011. № 3. С. 110–111.
3. Козочкин М.П., Маслов А.Р., Порватов А.Н. Инновационный аппаратно-программный комплекс для диагностирования высокотехнологичных систем // Инновации. 2013. № 10. С. 128–131.
4. Пат. 113030 РФ, МПК G05B 13/02. Адаптивная система управления процессом резания на металлорежущем станке / Маслов А.Р., Козочкин М.П., Порватов А.Н.; заявитель и патентообладатель МГТУ «СТАНКИН» – № 2011131655/08; заявл. 28.07.2011; опубл. 27.01.2012, Бюл. № 6. 6 с.

МАСЛОВ Андрей Руффович –

доктор технических наук, профессор кафедры высокоэффективных технологий обработки ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

МАМОТЬКО Алексей Иванович –

аспирант кафедры высокоэффективных технологий обработки ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»