

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Н.И. Мозговой, А.М. Марков

В настоящее время стеклопластик в конструкциях машин успешно заменяет черные и цветные металлы, поэтому является перспективным материалом в машиностроении. Он широко применяется для изготовления таких деталей, как лопасти вертолетов, корпуса ракет, магнитопрозрачные кожухи и корпуса геофизических приборов, топливные баки, высоковольтные электроизоляторы, трубы для нефтяных и газовых скважин, телескопические шахтные стойки, трубы для сетей питьевого водоснабжения и канализации, высокопрочные антенные мачты и т.д. В большинстве случаев из-за сложности получения качественных сопрягаемых поверхностей в технологический процесс вводятся операции механической обработки, в частности сверление.

Обработка отверстий является более сложным процессом по сравнению с обработкой наружных поверхностей вращения: во многих случаях жесткость инструмента лимитируется размерами (диаметр и глубина) отверстия и увеличить ее не представляется возможным; затруднен отвод стружки; поверхность обработки менее доступна для визуального контроля.

В зависимости от служебного назначения отверстия к нему предъявляются соответствующие технические требования. Например, параметры точности сопрягаемого отверстия диаметром 9 мм в корпусе геофизического прибора составляют: точность размера, в частности, допуск на диаметр $IT=22$ мкм; точность формы в продольном и поперечном сечениях (допуск круглости 20 мкм); допуск прямолинейности 12 мкм; точность взаимного расположения обрабатываемого отверстия относительно базового (допуск взаимного расположения базового 40 мкм); шероховатость поверхности (Ra 6,3 мкм).

Основные причины образования погрешностей при обработке отверстий в стеклопластике связаны с его структурой и физико-механическими свойствами. Наличие стеклянных волокон в составе материала объясняет интенсивный износ рабочих поверхностей инструмента, что приводит к возникновению погрешностей линейных размеров отверстия в продольном и поперечном сечениях. Кроме того, из-за значительных

упругих деформаций материала заготовки происходит усадка отверстия после вывода из него сверла. Это также приводит к возникновению погрешностей размера и формы. Интенсивный износ режущих кромок инструмента является причиной возрастания сил резания, что неизбежно сопровождается повышением температуры. О чем свидетельствуют появления цветов побежалости на режущих кромках. Вследствие этого происходит деструкция поверхностного слоя заготовки, образования микротрещин, прижогов, недопустимой шероховатости. Различные сочетания действий описанных выше факторов определяют то, что процесс формирования показателей качества отверстий имеет сложный, часто трудноуправляемый характер.

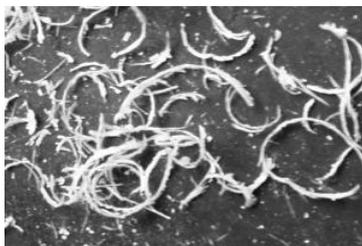
Необходимо отметить, что сверление стеклопластиков имеет некоторые особенности процесса стружкообразования. Как известно, при обработке хрупких материалов в зависимости от сочетания режимов резания, конструктивно-геометрических параметров инструмента, физико-механических свойств заготовки может образовываться стружка трех типов: сливная, сегментная, элементная. Однако при сверлении стеклопластика всегда присутствует определенное количество элементной (пылевидной) стружки, которая образуется как в сочетании сегментной и сливной, так и отдельно (рис. 1, а-в).

Пылевидная стружка представляет собой взвесь мелкой пыли в виде летучих бесцветных кристаллов, состоящих из частиц стекла и затвердевшего связующего, а также фенолосодержащего газа, имеющего характерный токсичный запах. Воздействие пылевидной стружки на оператора станка приводит к возникновению профессиональных заболеваний дыхательных путей, кожного покрова, вызывает снижение его работоспособности. В связи с этим при назначении режимов резания и выбора конструктивно-геометрических параметров инструмента технолог должен учитывать не только требования точности (размера, формы) и шероховатости, но и объем образуемой пылевидной стружки. В зависимости от интенсивности выбросов подбирается пылеотсос соответствующей мощности. Образование

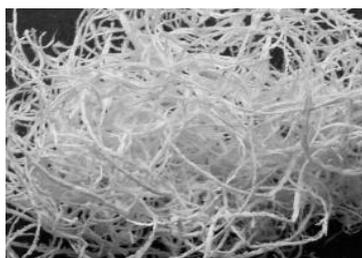
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

элементарной стружки приводит к быстрому залипанию стружечных канавок осевого инструмента, что приводит к выходу его из строя.

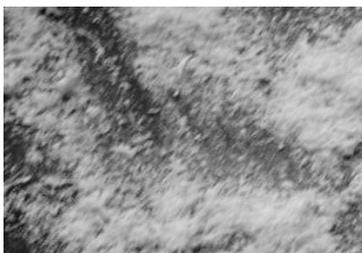
Вопросы проектирования операций механической обработки композиционных материалов рассматривались в трудах отечественных и зарубежных ученых Баранчикова В.И., Тарапанова А.С., Харламов Г.А., Кобаяши А., Bennett J, Bryan L. и других. Однако до сих пор отсутствуют зависимости, связывающие режимы резания, геометрические параметры инструмента с такими выходными показателями операции сверления как точностью размера и формой отверстия, его шероховатостью, видом и объемом стружки. Это приводит к тому, что проектирование технологического процесса производится на основе прошлого опыта, применением метода проб и ошибок. Трудоемкость технологической подготовки значительно увеличивается, что приводит к возрастанию затрат на изготовление продукции. В связи с этим исследование процесса формирования показателей качества отверстий в деталях из стеклопластика, являются актуальными.



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Виды стружки: а – сегментная; б – сливная; в – элементарная (пылевидная)

Установление зависимостей между выходными параметрами процесса сверления и режимами резания производилось по методике полнофакторного эксперимента.

Исследования проводились на базе вертикально-сверлильного станка 2А135. В качестве заготовок были выбраны сплошные детали из стеклопластика (ВМ-1) $\varnothing 100 \times 30$ мм. Толщина заготовки (30 мм) ограничивается возможностью работать стандартным осевым инструментом без применения специальных приспособлений, предотвращающих его увод.

Получение отверстий осуществлялось спиральными сверлами диаметром 9 мм и с длиной рабочей части 70 мм. Сверла имели следующие параметры: задний угол $\alpha=30^\circ$, передний угол $\gamma=15^\circ$, угол при вершине $2\varphi=120^\circ$. Контролируемые параметры процесса сверления приведены в таблице 1. Для контроля выходных параметров процесса сверления использовался комплект измерительной аппаратуры в составе профилографа-профилометра (модель 250 завода «Калибр»), инструментального микроскопа (БИМ-1). С целью контроля шероховатости профилограф-профилометр был соединен с компьютером через специальную многофункциональную плату ввода/вывода аналогового цифрового преобразователя ЛА-70.

Измерение линейного износа сверла производилось по разнице длины режущей кромки через равные промежутки времени.

Контроль вида стружки и состояния поверхности отверстия (прижоги, трещины и т.п.) осуществлялся как визуально, так и с помощью микроскопа. Появление разрыва волокон, прижогов и трещин на поверхности свидетельствует о том, что необходимо ограничить верхние границы режимов резания.

Предварительно был проведен поисковый эксперимент для выбора диапазона варьирования режимов резания. Нижние значения параметров ($S=0,15$ мм/об, $n=68$ об/мин) выбраны из условия обеспечения производительности обработки, верхние значения параметров ($n=530$ об/мин и $S=0,43$ мм/об) ограничены качеством обрабатываемой поверхности.

В результате проведения полнофакторного эксперимента получены зависимости износа режущего инструмента ($l_{изн}$), шероховатости поверхности (Ra) и отклонения от круглости ($\Delta_{круг}$).

$$\begin{aligned} l_{изн} &= 0,17 S^{0,29} V^{0,43}, \\ Ra &= 5,01 S^{0,03} V^{0,06}, \\ \Delta_{круг} &= 0,03 S^{0,34} V^{0,40}, \end{aligned}$$

где v – скорость вращения инструмента, м/мин.

Таблица 1 – Выходные параметры процесса сверления

№	Объект контроля	Контролируемые параметры		
		Наименование	Допустимые значения	Единицы измерения
1	Обработанное отверстие	1.1. Диаметр 9мм	22	мкм
		1.2. Отклонение от круглости	20	мкм
		1.3. Шероховатость Ra	6,3	мкм
		1.4. Состояние поверхностного слоя	Разрыв волокон	-
2	Сверло	2.1. Линейный износ	0,7	мм
		2.2. Наличие цветов побежалости	Да/нет	-
3	Стружка	3.1. Вид преобладающей стружки	3.1. Элементная (пылевидная) 3.2. Сегментная 3.3. Сливная	-
		3.2. Залипание стружечных канавок сверла	Да/нет	-



Рисунок 2 – Номограмма для определения вида стружки

Обработка экспериментальных данных позволила получить номограмму преобладающего вида стружки в зависимости от режимов резания (рис.2).

По результатам проведенных исследований были составлены базы данных. Они предназначены для выбора режущего инструмента в соответствии с заданной маркой материала заготовки. В зависимости от параметров точности программа предлагает назначить стадии обработки (черновая или чистовая) и выбрать удовлетворяющие всем введенным критериям соответствующие поправочные коэффициенты. База данных содержит информацию о назначенных операционных режимах резания, типе и геометрии режущего инструмента и способах крепления режущего инструмента, используемого при механической обработке заготовок из стеклопластиков.

Полученные математические модели и номограмма вида стружки могут быть исполь-

зованы в алгоритме проектирования операций сверления (рис.3).

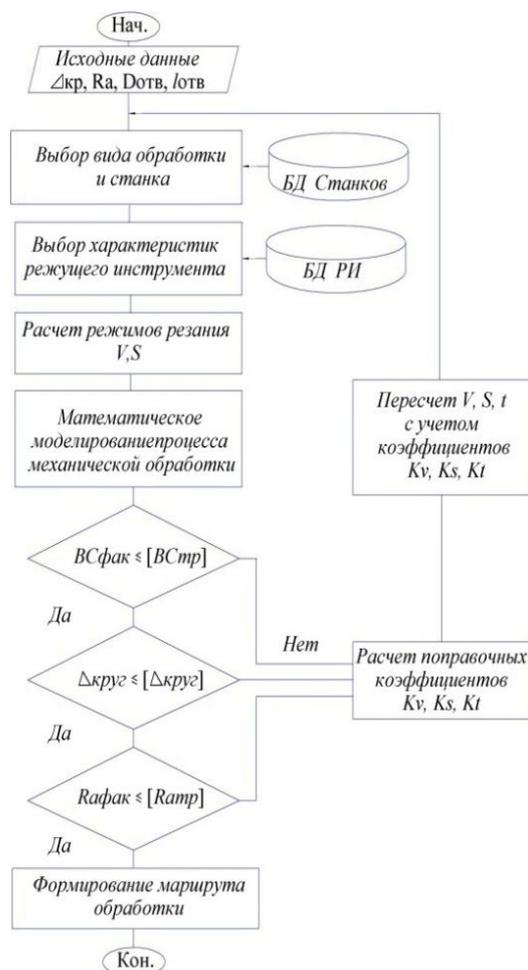


Рисунок 3 – Алгоритм проектирования операции сверления отверстий

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Алгоритм позволяет выбирать оборудование и назначать рациональные режимы обработки в зависимости от требуемых показателей качества обработанной поверхности, а также управлять процессом стружкообразования для снижения воздействия на человека и окружающую среду вредных производственных факторов.

Таблица 2

Марка материала заготовки	Марка материала режущей части инструмента	Поправочный коэффициент
Стеклопластик	T5K12	0,80
Углепластик	T5K10+ИП	0,70
...

Таблица 2 является основной и содержит три поля:

1. «Марка материала заготовки» - поле накопления и хранения информации об обрабатываемом материале;
2. «Марка материала режущей части инструмента» – поле накопления и хранения информации о марке материала режущей части инструмента;
3. «Поправочный коэффициент» - поле накопления и хранения информации о поправочном коэффициенте, зависящего от марки материала заготовки и материала режущей части инструмента.

Расчет поправочных коэффициентов K_v , K_s , K_t производится с помощью базы данных «Режимы резания при механической обработке заготовок из стеклопластика» (свидетельство об офиц. рег. базы данных №2007620118), которая представляет собой серию таблиц (например, таблица 2) и рекомендаций по назначению режимов резания при механической обработке заготовок из стеклопластика.

В практике данные материалы этой статьи могут быть использованы на машиностроительных предприятиях на этапе технологической подготовке производства деталей из композиционных материалов. Кроме того представленные результаты исследования могут быть полезны студентам ВУЗов при изучении дисциплин «Теория резания», «Технология машиностроения», «Обработка композиционных материалов».

ВЫВОДЫ

1. Разработанные математические модели позволяют назначить режимы резания, исходя из заданных параметров точности и качества поверхности отверстий в стеклопластике.
2. Полученные номограммы процесса стружкообразования позволяют подобрать режимы резания для создания безопасных производственных условий.
3. Предложенный алгоритм выбора характеристик инструмента и режимов резания можно использовать для проектирования операций сверления отверстий.