

ОСОБЕННОСТИ РОТАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»,
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Композиционные материалы (КМ) состоят из разнородных и нерастворимых друг в друге компонентов (фаз), соединенных между собой физико-химическими связями. Они получают все большее распространение в современном машиностроении. Объясняется это тем, что по совокупности физико-механических свойств (прочность, жесткость, ударная вязкость, низкий удельный вес, высокая коррозионная стойкость и т.д.) они обеспечивают более высокие эксплуатационные характеристики изготавливаемых деталей машин по сравнению с традиционно используемыми конструкционными сталями и сплавами.

Среди КМ с неметаллической основой – матрицей наиболее широкое распространение нашли материалы с арматурой (наполнителем) в виде стеклянных волокон – стеклопластики. Чаще всего стеклопластики представляют собой композиты на полимерном связующем армированными тканями плоского или объемного переплетения. Они применяются при изготовлении силовых изделий в различных отраслях машиностроения: несущих деталей летательных аппаратов, кузовов и шасси автомобилей, автоцистерн, железнодорожных вагонов, корпусов лодок, судов и т.д. [1].

Особенности механической обработки КМ, в частности стеклопластиков, обусловлены, прежде всего, их физико-механическими и теплофизическими свойствами, а также структурными различиями в разных направлениях. Последнее определяет анизотропию свойств материала и гетерогенность структуры, состоящей из волокон и связки. В случае полимерной связки при резании КМ силы резания могут быть до 20 раз меньше, чем при обработке высокопрочных материалов. Однако наряду с отмеченным положительным фактором неоднородность строения КМ и различная твердость их составных частей затрудняет получение низкой шероховатости обработанной поверхности, на которой образуется слой раздробленных волокон, вызывающий интенсивное абразивное изнашивание режущего инструмента. По данным различных исследователей, при резании КМ износ твердосплавного инструмента достигает 0,7...1,5 мГ на 1 Г снимаемого материала, при этом стойкость инструмента на черновых операциях составляет 3...30 мин. Стойкость мало зависит от скорости резания, а главным образом – от длины пути резания [1].

Коэффициент теплопроводности стеклопластиков (0,38...0,4 Вт/(м·К)) в 90...100 раз меньше, чем у конструкционных сталей (45, 40Х и т.д.).

Поэтому распределение образующейся при резании теплоты существенно изменяется, в частности, доля теплоты, приходящейся на инструмент, доходит до 85...90%. Эта особенность баланса теплоты при резании очень важна, поскольку стеклопластики не допускают в зоне резания высокой температуры. Теплостойкость их не превышает 550...700°К. Превышение этого рубежа температур приводит к размягчению и интенсивной термодеструкции связующего [1]. В связи с этим при резании стеклопластиков рекомендуют применять твердые сплавы группы ВК и сверхтвердые материалы на основе синтетических алмазов или кубического нитрида бора. Средние значения режимов резания КМ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Режимы механической обработки композитов	Инструмент	
	Инструмент из ТС	Инструмент из СТМ
Глубина резания, мм	0,1...5	0,05...0,3
Подача, мм/об	0,03...0,5	0,02...0,1
Скорость резания, м/мин	20...300	300...800

Из композитов на полимерной основе для стеклопластиков характерны наиболее низкие скорости резания и стойкость режущего инструмента.

Анализ выполненных исследований и производственного использования ротационного резания [2, 3] показал, что ротационный инструмент особенно эффективен при резании труднообрабатываемых материалов. Это объясняется увеличением длины круглого режущего лезвия, участвующего в резании, и наличием его вращения вокруг своей оси: резец при вращении как бы «отсасывает» теплоту на себя, отдает ее в технологическую среду, существенно снижая температуру в зоне резания и соответственно повышая стойкость инструмента и производительность обработки.

Целью настоящей работы явилось изучение некоторых особенностей ротационного точения стеклопластиков. Исследования выполнены при наружной обработке заготовок на токарно-винторезном станке мод. 1К62. Ротационные резцы оснащались круглыми пластинами формы 12 ГОСТ 25403-82 с диаметром режущего лезвия от 27 до 46 мм из твердых сплавов ВК8, ВК6, Т15К6. Точение образцов диаметром 180...200 мм и длиной 250...450 мм производилось без охлаждения.

Ротационное точение производилось по второй геометрической, обратной одноповоротной схеме резания (Рисунок 1). Центральный угол установки ω ротационного резца в вертикальной плоскости обеспечивался конструкцией резцедержателя. Составляющие силы резания измерялись с использованием универсального динамометра УДМ-600 конструкции ВНИИ в комплекте с тензоусилителем ТА-5 и осциллографом Н117. Величина износа рабочих поверхностей режущего лезвия измерялась с использованием инструментального микроскопа БМИ-1 с точностью 0,005 мм.

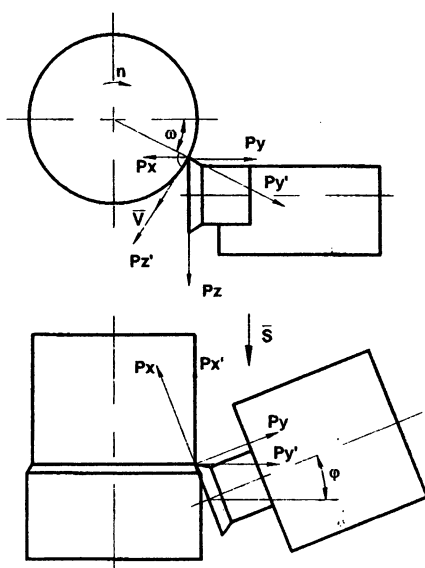


Рисунок 1 – Схема измерения составляющих силы резания при точении

Заточка режущих чашек производилась в специальном приспособлении универсально-заточного станка мод. 3Е642 при их принудительном вращении в подшипниках резцового узла, что позволило обеспечить радиальное и осевое биение лезвия инструмента после заточки в пределах 0,005...0,01 мм. Значения углов заточки $\gamma=30^\circ$, $\alpha=20^\circ$ выбраны на основании предварительных экспериментов и при исследовании износа инструмента не изменялись.

Величина параметра R_a шероховатости обработанной поверхности измерялась с использованием профилографа-профилометра модели 250. Обработка стеклопластика велась как вдоль, так и поперек волокон. Для этого обрабатывались образцы в виде намотанного рулоном КМ, или из габаритного рулона вырезался сектор и обтачивался.

Анализ шероховатости обработанной поверхности образцов из стеклопластика позволил сделать следующие выводы.

1. При ротационном точении независимо от направления течения (вдоль или поперек волокон) параметр шероховатости R_a стабильно находился в пределах 1,6...2,5 мкм. При точении стандартным призматическим резцом, рекомендованным для обработки стеклопластика, при тех же режимах обработки его значение составляло 6...10 мкм.

2. С увеличением диаметра режущего лезвия от 27 до 46 мм высота микронеровностей уменьшается на 15...20%.

3. С увеличением скорости резания V шероховатость обработанной поверхности улучшается в пределах вышеуказанного диапазона. Для обеспечения низкой шероховатости рекомендуется назначать скорость резания в пределах 150...180 м/мин.

4. Глубина резания в пределах 0,1...3 мм практически не влияет на шероховатость поверхности.

Превалирующий износ при точении стеклопластика характерен для задней поверхности инструмента. Это объясняется, прежде всего, более высокой скоростью трения задней поверхности по поверхности резания по сравнению со скоростью перемещения стружки относительно передней поверхности. Преимущественный вид износа ротационного инструмента при точении стеклопластика – абразивный. В первые минуты работы на задней поверхности появляются фаски износа в виде равномерной ленточки вдоль всего режущего лезвия. Постепенно ширина этой ленточки возрастает и, достигая величины 0,3 мм, стабилизируется. Замер угла фаски износа по задней поверхности показал, что его величина колеблется в пределах 33...35°, т.е. приближается к значению угла заточки, при котором величина кинематического угла близка к нулю. При длительном точении вследствие абразивного износа на рабочих поверхностях резца по фаскам износа появляются риски, которые вызывают появление вибраций и ухудшение качества обработанной поверхности.

Интенсивность износа передней поверхности инструмента значительно меньше. В первые минуты работы на ней появляются риски – следы от перемещения сходящей стружки, длина которых превышает ширину фаски, полученной при заточке. Примерно в период стабилизации величины фаски по задней поверхности, риски износа по передней поверхности становятся более рельефны. Ширина фаски достигает 0,2...0,25 мм, а угол фаски износа в среднем 8...12°. Проточины, возникая на задней поверхности, выходят на режущее лезвие и затем на переднюю поверхность. При времени наработки 1,5...2 часа на передней поверхности лезвия на расстоянии 2...3 мм от режущей кромки наблюдается появление отдельных лунок, а затем кольцевой лунки износа, которая к 3...3,5 часам наработки достигает ширины 3 мм и глубины 0,25...0,3 мм. Резание с малыми углами заточки приводит к частичному скалыванию режущих поверхностей.

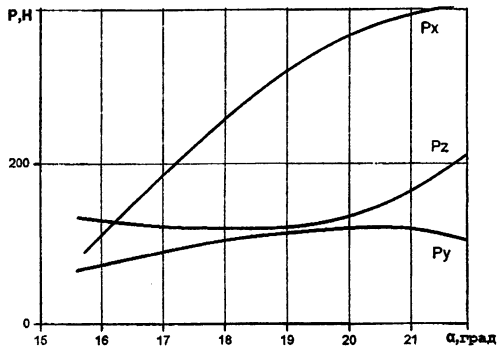
Как видно из рисунка 1, с помощью динамометра, который был развернут относительно оси обрабатываемого образца на угол φ , измерялись составляющие P_z , P_y и P_x , связанные с геометрической осью и вершиной резца. Переходя к общепринятой системе координат, расчет составляющих силы резания производят по следующим уравнениям:

$$\begin{cases} P'_x = P_x \cdot \cos \varphi + P_y \cdot \sin \varphi, \\ P'_y = P_y \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega - P_x \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega + P_z \cdot \sin \omega, \\ P'_z = P_x \cdot \sin \varphi \cdot \sin \omega - P_y \cdot \cos \varphi \cdot \sin \omega + P_z \cdot \cos \omega, \end{cases} \quad (1)$$

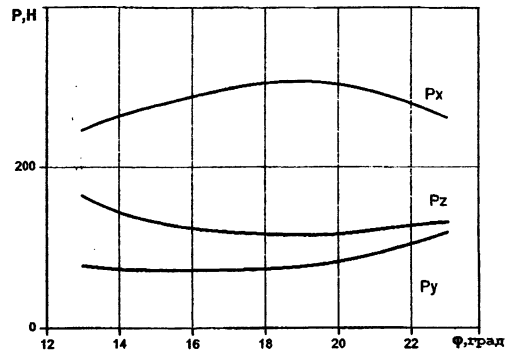
где P_x , P_y , P_z - составляющие силы резания в системе координат динамометра; P'_x , P'_y , P'_z - составляющие силы резания в общепринятой системе координат; φ - угол

поворота оси ротационного резца в горизонтальной плоскости; ω - центральный угол установки ротационного резца в вертикальной плоскости.

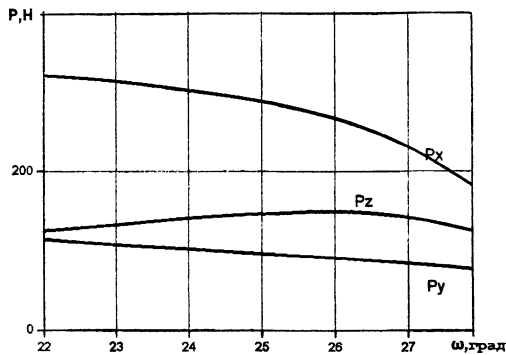
Некоторые результаты исследования динамики процесса представлены на рисунке 2.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Зависимости составляющих силы резания при точении ротационным резцом диаметром 46 мм из ВК6 стеклопластика от величины заднего угла заточки α (а), углов установки ϕ (б), ω (в)

Анализ зависимостей показывает, что максимальные величины сил резания в исследуемом диапазоне режимов резания не превышают 400Н. Между величинами составляющих в широком диапазоне изменения параметров соблюдается неравенство $P_x > P_z > P_y$, т.е. радиальная нагрузка, воспринимаемая подшипниковым узлом ротационного резца, состоит из суммы составляющих P_x и P_z и представляет относительно большую величину, которая может превышать 600Н. Эта особенность требует применения при точении стеклопластиков подшипникового узла ротационного резца с повышенной радиальной жесткостью, например, с дуплексной схемой установки радиальных опор [2, 3]. Производственные испытания таких ротационных резцов подтвердили этот вывод, например, на операциях обточки бочки корпуса из намотанного модифицированного стеклопластика, проточки и подрезки торцов шпангоутов на них в условиях Белгородского завода по переработке пластмасс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчиков, В.И., Тарапанов, А.С., Харламов, Г.А. Обработка специальных материалов в машиностроении: Справочник. – М.: Машиностроение, 2002. 2. Ящерицын, П.И., Борисенко

А.В., Дривотин, И.Г., Лебедев, В.Я. Ротационное резание материалов. – Минск: Наука и техника, 1987. 3. Соусь, А.В., Сидоренко, В.А. Технологические возможности ротационного резания материалов. – Минск: РМИПК, 1990.

УДК 621.91.04

Попок Н.Н., Терентьев В.А., Сидикевич А.В., Хмельницкий Р.С.

АНАЛИЗ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЛОЧНО—МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

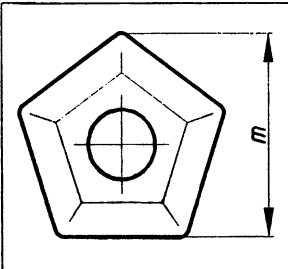
Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь

В машиностроении широко используются детали с открытыми плоскими поверхностями, к которым предъявляются высокие требования по точности и качеству. Одним из самых производительных способов обработки таких поверхностей является фрезерование торцовыми фрезами. От точности изготовления, сборки и настройки этих фрез напрямую зависит качество обработанной поверхности. Как известно [1], отклонение торцового расположения зубьев фрез влияет на качество обработанной поверхности, а отклонение в радиальном расположении — на их стойкость.

В конструкциях торцовых фрез известных зарубежных фирм, таких как Sandvik Coromant, Hertel и др. [2, 3], сменные многогранные неперетачиваемые пластины устанавливаются в закрытых пазах без возможности регулировки их торцового и радиального расположений. Поэтому сменные многогранные пластины и пазы под них должны быть выполнены с высоким качеством точности, чтобы торцовое и радиальное биение пластины было минимальным. Это приводит к увеличению трудоемкости и стоимости изготовления фрез. Для получения низкой шероховатости поверхности фирмой Sandvik Coromant разработаны конструкции фрез с зачистными пластинами, которые устанавливаются в закрытых пазах без возможности регулировки, а фирмой Hertel — с зачистным блоком, который имеет возможность регулировки в радиальном направлении относительно оси вращения инструмента.

Таблица 1

Предельные отклонения размеров по классам допуска на геометрический размер m для пятигранных пластин

	Класс допуска	Предельные отклонения на размер m , мм
	A	$\pm 0,005$
H	$\pm 0,013$	
G	$\pm 0,025$	
L	$\pm 0,025$	
M	от $\pm 0,08$ до $\pm 0,18$	
U	от $\pm 0,13$ до $\pm 0,38$	

Согласно ГОСТ 19042-80 режущие пластины изготавливаются по нескольким классам допусков. Каждому классу допуска на характерный геометрический размер пластины режущей соответствуют определенные предельные отклонения. Например, в таблице 1 приведены предельные отклонения размеров по некоторым классам допусков на геометрический размер m для пятигранных пластин, который является основным размером, влияющим как на торцовое, так и на радиальное их биения в инструменте.