

# ТОЧЕНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ РЕЗЦАМИ СО СМЕННЫМИ МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ

*Е.Б. БОНДАРЬ, канд. техн. наук, ст. преп.,  
А.М. МАРКОВ, профессор, доктор техн. наук,  
АлтГТУ им. И.И.Ползунова, г. Барнаул*

Установлены зависимости между основными технологическими параметрами процесса точения стеклопластика: режимами резания, типом многогранных неперетачиваемых пластин, силой резания, точностью формы обработанной поверхности и видом стружки.

Dependences between the basic technological parameters turning of fiberglass are established: modes of cutting, type of many-sided cutting plates, force of cutting, accuracy of the form of the surface and a kind of a chip.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** СТЕКЛОПЛАСТИКИ, ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА, МНОГОГРАННЫЕ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫЕ ПЛАСТИНЫ, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ.

Стеклопластики являются одной из многочисленных групп пластических масс. Многообразие типов наполнителей и связующих, видов ориентации волокон и методов изготовления позволяют создавать стеклопластики с разнообразными физико-механическими свойствами, обладающие различной степенью обрабатываемости. Существует класс деталей из стеклопластиков (корпуса геофизических приборов, высоковольтные электроизоляторы, телескопические шахтные стойки), к которым предъявляются повышенные требования по качеству поверхности, точности формы и размеров. Методы получения заготовок из этого материала не позволяют обеспечить данные требования. Поэтому в большинстве случаев необходима дальнейшая механическая обработка, наиболее распространенным видом которой является точение.

Обеспечение требований, предъявляемых к стеклопластикам по качеству поверхности, точности размеров и формы затруднено рядом проблем, решение которых рассматривалось в работах Степанова А.А. [1], Руднева А.В. [2], Королева А.А. [2], Штучного Б.П. [3] и др. Кроме того, следует выделить еще одну из особенностей обработки стеклопластиков. В процессе

точения стеклопластика может образовываться сливная стружка, которая наматывается на заготовку, что делает невозможной дальнейшую обработку, а также пылевидная стружка, состоящая из частиц стекла и связующего. Пылевидная стружка во взвешенном состоянии распространяется по производственному помещению, оказывая вредное воздействие на здоровье человека и загрязняя окружающую среду.

Несмотря на проведенные на данный момент исследования, нет четких рекомендаций по выбору оптимального типа сменных многогранных пластин (СМП) для точения стеклопластика, так как не установлены зависимости сил резания и точности обработки от типа пластин и режимов резания. Существующие рекомендации по выбору режимов обработки разрозненны и зачастую противоречивы; нет рекомендаций по управлению видом образующейся стружки с помощью геометрических параметров режущего инструмента, режимов резания и типов применяемых СМП.

Для установления необходимых зависимостей были проведены экспериментальные исследования по точению стеклопластика резцами с СМП. В качестве экспериментальных образцов для проведения исследований взя-

Физико-механические характеристики стеклопластика КППН

Прочность, МПа	Растяжение	В кольцевом направлении	600...1000
		В осевом направлении	200...350
	Сжатие	В кольцевом направлении	300...500
		В осевом направлении	150...300
Изгиб	В осевом направлении	500...700	
Модуль упругости, МПа	В кольцевом направлении		$30...50 \cdot 10^3$
	В осевом направлении		$20...35 \cdot 10^3$
Плотность, кг/м <sup>3</sup>			2000±100
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)			0.30...0.43
Коэффициент Пуассона			0.28...0.32

ты трубы из стеклопластика КППН длиной 1200 мм, диаметром 120 мм и толщиной стенки 10 мм. Стеклопластик КППН состоит из стеклонити ВМ и эпоксидного связующего ЭДИ или совмещенного эпоксифенолформальдегидного связующего ИФ-ЭД6 по ТУ 16-504-010-71. Его основные физико-механические характеристики приведены в табл. 1.

Для проведения экспериментальных исследований разработан автоматизированный стенд сбора и обработки технологической информации, включающий токарно-винторезный станок модели 1К62, резец тензометрический, тензостанцию УТ4-1; многофункциональную плату

ввода/вывода (АЦП) ЛА-70, компьютер; кругломер модели 290 завода «Калибр».

Обработка проводилась режущим инструментом с СМП различных типов из твердого сплава ВК8. Из литературных источников [1, 2, 3] установлено, что оптимальными геометрическими параметрами напайного инструмента для точения стеклопластика являются следующие:  $\alpha = 20^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\varphi_1 = 15-25^\circ$ . Исходя из этого были определены типы СМП (табл. 2), обеспечивающие необходимые значения геометрических параметров режущего инструмента при установке их на специально разработанную конструкцию тензометрического резца.

Т а б л и ц а 2

Типы режущих пластин и их геометрические параметры

Тип пластины	HNUM	HNUA	PNUM	PNUA
				
Геометрические параметры пластин при установке их на резец, град				
Задний угол $\alpha$	20	20	20	20
Передний угол $\gamma$	-5	-20	-5	-20
Угол в плане $\varphi$	45	45	45	45
Вспом. угол в плане $\varphi_1$	12	12	25	25

Математические зависимости силы  $P_z$  от режимов резания для различных типов сменных многогранных пластин

Вид зависимости	Тип пластины	Значение коэффициентов		
		$A$	$x$	$Y$
$P_z = A S^x t^Y, Н$	HNUM	253	0.64	0.97
	HNUA	276	0.68	1.04
	PNUM	239	0.66	1.02
	PNUA	277	0.76	1.05

В результате экспериментов был получен ряд моделей расчета отклонения от круглости в зависимости от режимов обработки. Так, для режущей пластины HNUM модель имеет следующий вид:

$$\Delta_{\text{круг}} = 25.5 V^{0.31} S^{0.46} t^{0.01}, \quad (1)$$

Анализ полученных моделей показывает, что основное влияние на отклонение от круглости оказывает подача, в меньшей степени скорость резания, и почти не оказывает влияния глубина резания. Однако даже при точении на высоких режимах значение  $\Delta_{\text{круг}}$  не превышает допуска. Поэтому отклонение от круглости не является определяющим фактором в выборе типа режущей пластины и режимов резания.

Кроме того, получены математические зависимости силы резания  $P_z$  от режимов резания

для каждого типа пластин (табл. 3). Анализ результатов экспериментов показывает, что на силу резания  $P_z$  влияние оказывают подача  $S$  и глубина резания  $t$ . Но поскольку глубина резания определяется припуском на обработку, управляемым параметром остается только подача  $S$ .

На рис. 1 приведен график зависимости силы резания  $P_z = f(S)$  для каждого типа пластин. Из графика видно, что для шестигранных пластин сила резания несколько выше, чем для пятигранных. Это объясняется большим значением угла при вершине резца у шестигранных пластин по сравнению с пятигранными, что ведет к увеличению ширины среза и, следовательно, к возрастанию силы резания. Также видно, что сила резания при точении пластинами HNUM и PNUM ниже, что объясняется лучшими условиями стружкообразования.

На шероховатость обработанной поверхности при точении стеклопластика оказывают влияние режимы резания и геометрические параметры инструмента [1, 2]. Пластины имеют различные геометрические параметры, следовательно, определяют различную шероховатость обрабатываемой поверхности.

Однако качество обработанной поверхности является не единственным фактором, который учитывается при выборе оптимального типа СМП для точения стеклопластика. Большое значение для обеспечения безопасности рабочих и безотказной работы оборудования имеет вид образующейся стружки при точении. В процессе резания стеклопластика может образовываться стружка трех видов:

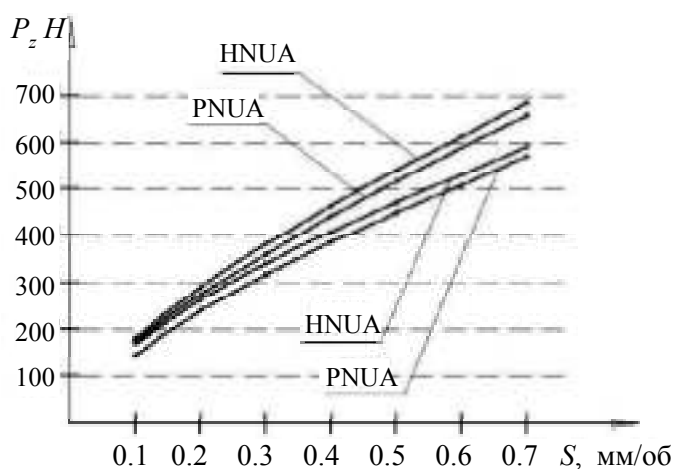


Рис. 1. Зависимость силы резания  $P_z = f(S)$  для каждого типа пластины

**Зависимость вида образующейся стружки от подачи и типа сменной многогранной пластины**

Вид стружки	Значение подачи S, мм/об						
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Сливная 7...20 см					HNUM PNUM	HNUM PNUM	HNUM PNUM
Элементная + сливная 5...7 см			PNUM	HNUM PNUM	HNUM	HNUM	HNUM
Элементная	HNUM PNUM  PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	PNUM HNUA PNUA	HNUA PNUA	HNUA PNUA	HNUA PNUA
Пылевидная	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA	HNUM PNUM HNUA PNUA

сливная, элементная и пылевидная. Установлено, что наибольшее влияние из режимных параметров на вид стружки оказывает подача, меньшее – скорость резания, и не установлено зависимости между видом стружки и глубиной резания.

На низких скоростях резания 20...40 м/мин и подачах 0.1...0.2 мм/об образуется элементная и пылевидная стружка, которая большим направленным потоком сходит под резец. При повышении скорости резания свыше 60...80 м/мин и подачах 0.3...0.7 мм/об происходит разбрасывание стружки в разные стороны из зоны резания, что является недопустимым, так как воздух наполняется мельчайшими частицами стекла и связующего.

При обработке стеклопластика пластинами HNUM и PNUM на скоростях резания свыше 70 м/мин при подачах свыше 0.4 мм/об образуется сливная стружка большой длины, которая может наматываться на заготовку, делая невозможной дальнейшую обработку. В табл. 4 показана зависимость вида стружки от подачи и типа сменной многогранной пластины. Из рис. 2 видно, что пылевидная стружка может образовываться

при точении любой из пластин. На подачах 0.1...0.2 мм/об – это преимущественно пылевидная стружка, равномерным потоком сходящая по передней поверхности резца и не попадающая в воздух. При возрастании подачи содержание пылевидной стружки уменьшается, однако на таких режимах стружка разбрасывается и концентрация пыли в воздухе резко увеличивается.

Таким образом, управление видом получаемой стружки с помощью геометрических параметров режущего инструмента, режимов обработки, типов сменных многогранных пластин является гарантией соблюдения правил техники безопасности при работе на станках с ручным управлением и необходимым условием безопасной работы станков-автоматов. В результате исследования разработаны диаграммы областей устойчивого стружкодробления для различных типов сменных многогранных пластин (рис. 2,а) и диаграммы областей, исключающих попадание пыли в воздух (рис. 2,б). Выбор типов пластин и режимов обработки согласно данным диаграммам обеспечивает получение элементной или пылевидной стружки при точении стеклопластика.

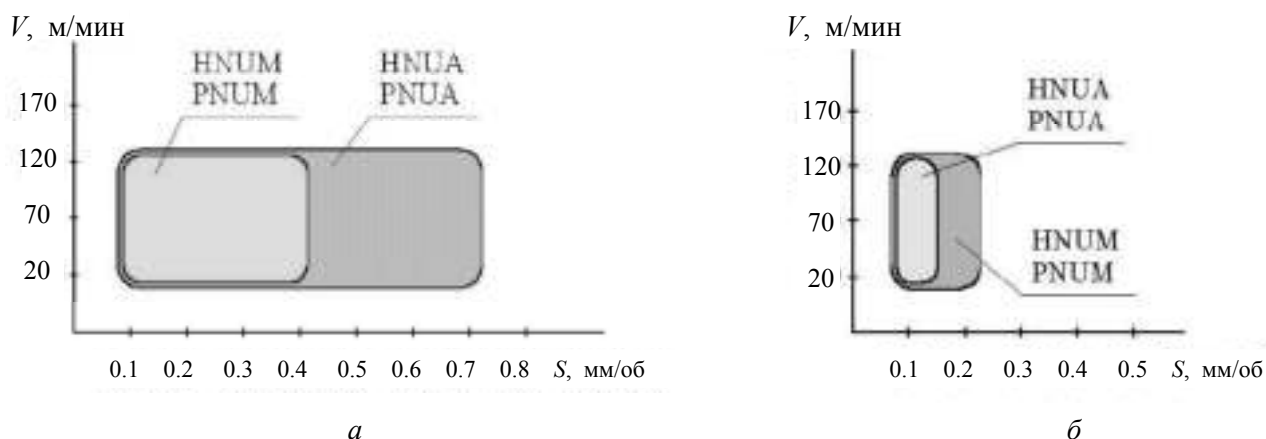


Рис. 2. Области стружкообразования при точении стеклопластика инструментом со сменными многогранными пластинами:

*a* – области стружкообразования, исключающие появление сливной стружки;

*б* – области стружкообразования, исключающие появление сливной стружки и попадание в воздух пылевидной и элементной стружки

Таким образом, при точении стеклопластика на станках, оборудованных вытяжной вентиляцией, основной задачей является исключение образования сливной стружки, что обеспечит бесперебойную работу оборудования и удобство его обслуживания. Из диаграммы на рис. 2, *a* видно, что данному условию удовлетворяют сменные многогранные пластины HNUA и PNUA на подачах от 0.1 до 0.7 мм/об. Пластины HNUM и PNUM могут использоваться только при подачах от 0.1 до 0.4 мм/об, так как при подачах свыше 0.4 мм/об образуется сливная стружка большой длины, которая может наматываться на заготовку и затруднять дальнейшую обработку.

При точении стеклопластика на станках, оборудованных вытяжной вентиляцией, важным требованием является исключение попадания стружки в воздух. Это требование выполняется при точении пластинами HNUM и PNUM на подачах от 0.1 до 0.2 мм/об, а для пластин HNUA и PNUA подача не должна превышать 0.1 мм/об (рис. 2, *б*). На таких режимах образуется пылевидная и элементная стружка, которая равномерным потоком сходит по передней поверхности резца, не загрязняя окружающее пространство и воздух.

Таким образом, в результате исследования установлены зависимости между основными технологическими параметрами процесса точения стеклопластика: зависимости сил резания, точности формы обработанной поверхности и вида стружки от режимов обработки и типов СМП. Данные зависимости могут быть положены в основу научно-обоснованной методики проектирования операций токарной обработки деталей из стеклопластиков резцами с СМП.

#### Список литературы

1. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 176 с., ил.
2. Руднев А.В., Королев А.А. Обработка резанием стеклопластиков. – М.: Машиностроение, 1969. – 118 с.
3. Штучный Б.П. Точение стеклопластиков // Пути повышения производительности режущего инструмента. – МДНТП, 1963. – С.103–109.