

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.9

Д.И. Токарев, А.А. Дроздов, М.Н. Гуляев

D.I. Tokarev, A.A. Drozdov, M.N. Gulyaev

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ФТОРОПЛАСТОВЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ КОЛЕЦ ПРИ ТОЧЕНИИ

THE STUDY OF ROUGHNESS OF THE PTFE O-RINGS WHEN TURNING

Представлены результаты исследования влияния технологических условий обработки (глубина резания, скорость резания, подача) на формирование шероховатости поверхности фторопластовых уплотнительных колец при точении. Установлено, что наибольшее влияние на формирование шероховатости оказывает подача, влияние глубины и скорости резания незначительно.

Ключевые слова: точение пластиков, стойкость инструмента, алмазный резец, коксонаполненный фторопласт, качество детали, шероховатость.

The results of the study of the influence of processing conditions (depth of cut, cutting speed, feed) on the formation of the surface roughness of fluoropolymer o-rings at turning are presented. On the basis of experimental data, a mathematical model is obtained. The results are introduced into production.

Keywords: plastic turning, tool life, diamond cutter, coke-filled fluoropolymer, part quality, roughness.

В конструкциях современных изделий все чаще применяют композиционные материалы, которые обладают специфическим набором свойств, в связи с чем при производстве деталей из данных материалов возникает необходимость в дополнительных технологических исследованиях. К таким материалам относится пластик марки Ф-4К20, который является композицией на основе фторопласта Ф-4 с добавлением 20 % кокса. Наличие частичек кокса приводит к увеличению износостойкости композиции Ф-4К20 по сравнению с чистым Ф-4 в сотни раз. Однако при этом увеличивается и абразивный износ инструмента при обработке такого материала резанием.

Для увеличения стойкости инструмента в качестве материала режущей части был использован синтетический алмаз вместо твердого сплава, при этом было проведено исследование влияния технологических условий обра-

ботки на шероховатость поверхности, являющейся одним из основных параметров качества изделий.

Целью данной работы является исследование влияния технологических условий обработки (глубина резания, скорость резания, подача) на формирование шероховатости поверхности детали при точении пластика марки Ф-4К20 алмазным резцом CVD (химически осажденный алмаз).

Анализ имеющихся работ по механической обработке полимеров свидетельствует о том, что параметры геометрии режущих инструментов и технологических режимов резания изменяются в достаточно широких пределах в зависимости от природы, состава и структуры полимерных материалов. В то же время имеется достаточно ограниченное число работ, содержащих результаты технологических исследований полимерных композиционных материалов при их механической обработке. Объектом исследований в большинстве работ являются волокнистые углепластики, органопластики и стеклопластики [1–3], при этом число работ, связанных с технологическими исследованиями процессов резания композитных фторопластов, весьма ограничено.

В лабораторных и производственных условиях проведено экспериментальное исследование влияния технологических условий обработки (глубина резания, скорость резания, подача) на формирование шероховатости поверхности детали при точении пластика марки Ф-4К20 алмазным резцом CVD.

В результате планирования эксперимента были определены факторы и диапазоны их значений исходя из потребностей производства:

1) скорость резания: 50–550 м/мин (исходя из рабочего диапазона оборотов шпинделя станка и диаметра образцов);

2) подача: 0,05–0,2 мм/об. (исходя из общепринятых значений диапазона чистовой и получистовой подачи);

3) глубина резания: 0,5–2 мм (исходя из значений минимального и максимального припуска на заготовках).

Проведен полный факторный эксперимент типа 2^3 (табл. 1–3). В ходе опытов производилось точение фторопласта марки Ф-4К20 с помощью алмазного резца на различных режимах. Всего проведено по четыре проточки на каждой из восьми комбинаций режимов резания. После каждой проточки проводился замер шероховатости в четырех местах проточенной поверхности детали в осевом направлении (табл. 4).

Таблица 1

Значения факторов

№ п/п	Наименование	X	Граничные условия			Интервал ΔX
			$X^{\text{н}}$	$X^{\text{р}}$	$X^{\text{в}}$	
1	Скорость резания V , м/мин	X_1	50	300	550	250
2	Подача S , мм/об.	X_2	0,05	0,125	0,2	0,075
3	Глубина резания t , мм	X_3	0,5	1,25	2	0,75

Формулы для кодирования факторов:

$$x^H = \frac{X^H - X^{CP}}{\Delta X}; x^B = \frac{X^B - X^{CP}}{\Delta X}. \quad (1)$$

Таблица 2

Кодирование факторов

№ п/п	Наименование	X^H	X^{CP}	X^B
1	Скорость резания, м/мин	-1	0	+1
2	Подача, мм/об.	-1	0	+1
3	Глубина резания, мм	-1	0	+1

Таблица 3

Матрица планирования

№ п/п	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1

Таблица 4

Результаты экспериментов

Номер опыта	Шероховатость Ra, мкм (Y)				
	1-й опыт	2-й опыт	3-й опыт	4-й опыт	Среднее значение
1	3,58	3,71	4	4,15	3,86
2	3,53	3,75	4,2	4,78	4,065
3	2,23	2,28	2,51	2,62	2,41
4	2,55	2,58	2,63	2,72	2,62
5	4,6	4,61	4,77	4,85	4,707
6	2,8	2,93	3,27	3,9	3,225
7	2,79	2,85	3,11	3,32	3,018
8	2,75	2,8	2,9	3,3	2,938

В качестве искомой функции (Y) использовался параметр шероховатости поверхности образцов Ra, мкм.

В результате регрессионного анализа были получены следующие результаты:

1. Дисперсии являются однородными (по критерию Кохрена).
2. Все коэффициенты полинома признаны значимыми по критерию Стьюдента, проверка адекватности уравнения регрессии не требуется.
3. Наибольшее влияние на формирование шероховатости оказывает подача, влияние глубины и скорости резания незначительно (рис. 1).

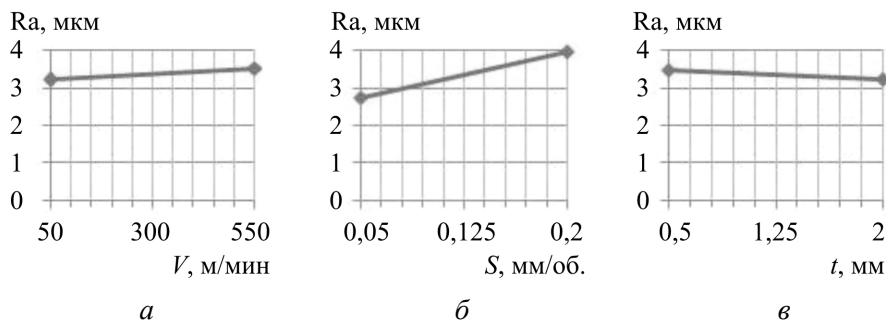


Рис. 1. Графики зависимости шероховатости:

- a* – от скорости резания (подача 0,125 мм/об; глубина резания 1,25 мм);
б – подачи (скорость резания 300 м/мин; глубина резания 1,25 мм);
в – глубины резания (скорость резания 300 м/мин; подача 0,125 мм/об.)

4. Уравнение регрессии в натуральных величинах:

$$Ra = 3,1234 - 0,000898V - 1,919S - 0,483t + 0,024943V \cdot S + 0,000239V \cdot t + 5,777S \cdot t - 0,01244444V \cdot S \cdot t. \quad (2)$$

В результате проведенных экспериментальных исследований разработана оптимальная технология точения детали «Кольцо» из пластика марки Ф-4К20 для ООО «Кедрон» (Пермь). Токарная обработка на станке с ЧПУ производится резцом из алмаза CVD, без СОЖ (рис. 2).

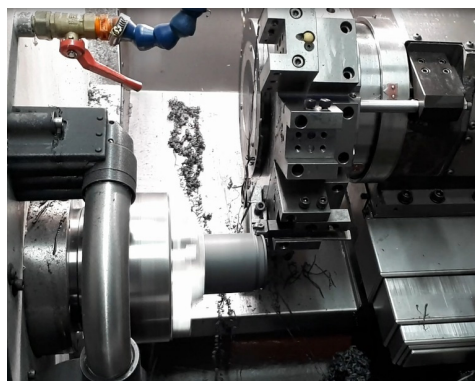


Рис. 2. Обработка детали из пластика марки Ф-4К20

Режимы резания: глубина резания $t = 0,5 \dots 1$ мм, подача $S = 0,1$ мм/об., число оборотов шпинделя $n = 2000$ об./мин. Стойкость инструмента T из алмаза CVD составляет 500 мин. Шероховатость обработанной поверхности Ra составляет 0,32 мкм, что соответствует требованиям к качеству изделия.

Выводы

Получена математическая модель зависимости шероховатости от технологических условий обработки (глубина резания, скорость резания, подача) при точении пластика марки Ф-4К20 алмазным резцом CVD. Установлено, что наибольшее влияние на формирование шероховатости оказывает подача, влияние глубины и скорости резания незначительно. Полученное уравнение позволяет подбирать оптимальные режимы резания, обеспечивающие требуемую шероховатость поверхности.

Список литературы

1. Зубарев Ю.М., Приемышев А.В., Заостровский А.С. Особенности лезвийной обработки резанием заготовок из полимерных композиционных материалов // Научные технологии в машиностроении. – 2018. – № 2. – С. 40–47.
2. Ravikanth P. Rajul, Karna Soma Shankar. Optimization of Various Process Parameters for CFRP Composite Materials Machining // Journal of Mechanical and Civil Engineering. – 2016. – Vol. 13, iss. 6 Ver. VI (Nov. – Dec. 2016). – P. 35–40.
3. Eneyew E.D., Ramulu M. Experimental study of surface quality and damage when drilling unidirectional CFRP composites // Journal of Materials Research and Technology. – 2014. – Vol. 3 (2014). – P. 354–362.

Получено 28.03.2018

Токарев Денис Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин», механико-технологический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: den.tokarev.201@yandex.ru.

Дроздов Андрей Александрович – старший преподаватель кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин», механико-технологический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: dron.perm@mail.ru.

Гуляев Максим Николаевич – магистрант, кафедра «Материалы, технологии и конструирование машин», механико-технологический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: gulyaev.maks@yandex.ru.