

УДК 621.923

С.И. Рошупкин, аспирант*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**stas208@rambler.ru***ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА АЛМАЗНОГО СВЕРЛЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА СИЛЫ РЕЗАНИЯ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ**

В статье представлены результаты экспериментального исследования влияния технологических факторов процесса алмазного сверления на силы резания и шероховатость поверхности. Получены регрессионные зависимости, позволяющие определять величину нормальную составляющую силы резания и шероховатость поверхности.

Ключевые слова: алмазное сверление, неметаллические материалы, осевая сила резания, шероховатость поверхности, экспериментальное исследование.

В настоящее время наблюдается стремительный рост использования неметаллических материалов (стекло, керамика и др.) в качестве конструкционных. Это приводит к необходимости совершенствования методов обработки данных материалов, которая значительно усложнена из-за их особых физико-механических характеристик (высокая твёрдость и хрупкость).

Обработка отверстий в неметаллических материалах является очень трудоёмкой операцией. Существует достаточно много методов обработки отверстий в деталях из данных материалов. Среди них ультразвуковая обработка свободным абразивом, лазерная и электрохимическая обработка. Использование этих методов весьма ограничено из-за высокой стоимости и сложности оборудования, а также низкой производительности процесса. Наиболее эффективным методом является алмазное сверление кольцевыми свёрлами, который идентичен процессу торцового врезного шлифования, хотя и имеет некоторые особенности.

Несмотря на большое количество работ, посвящённых изучению процессов шлифования, процесс алмазного сверления всё ещё исследован недостаточно. Отдельные исследования [1, 2] освещают лишь некоторые черты процесса.

Целью данной работы было определение характера влияния технологических факторов на осевую силу резания, возникающую при алмажном сверлении хрупких неметаллических материалов, и на качество обработки. Кроме того, необходимо было получение конкретных экспериментальных данных для использования их в математическом моделировании процесса [3, 4].

Исследования проводились в лабораторных условиях Севастопольского национального технического университета и в производственных условиях севастопольского ювелирного завода «Санси-плюс» при непосредственном участии автора.

Обработка производилась кольцевыми свёрлами на гальванической связке с алмазами марки АС 15, зернистостью 125/100 для диаметра отверстий 20 мм и 160/125 для диаметра 38 мм производства Полтавского завода алмазного инструмента (рисунок 1).



Рисунок 1 – Алмазные свёрла

Исследование процесса проводили на настольном сверлильном станке, оснащённом механизмами автоматической подачи и бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя, обеспечивающим диапазон частот вращения до 5000 об/мин и подачу от 0,005 мм/об (рисунок 2). Для подачи СОЖ во внутреннюю полость сверла на станке монтировался специальный патрон.

В качестве заготовок использовались пластины из листового стекла марки М1 и керамики Al_2O_3 с габаритными размерами 80×80×5 мм (рисунок 3).

Режимы обработки назначались исходя из рекомендаций производителя инструмента.

Для измерения осевой силы резания использовался трёхкомпонентный тензометрический динамометр. Электрический сигнал от динамометра усиливался с помощью усилителя, затем преобразовывался в цифровой сигнал и передавался на компьютер.

Показатели шероховатости определяли с помощью профилометра-профилографа Talisurf 5M-120.

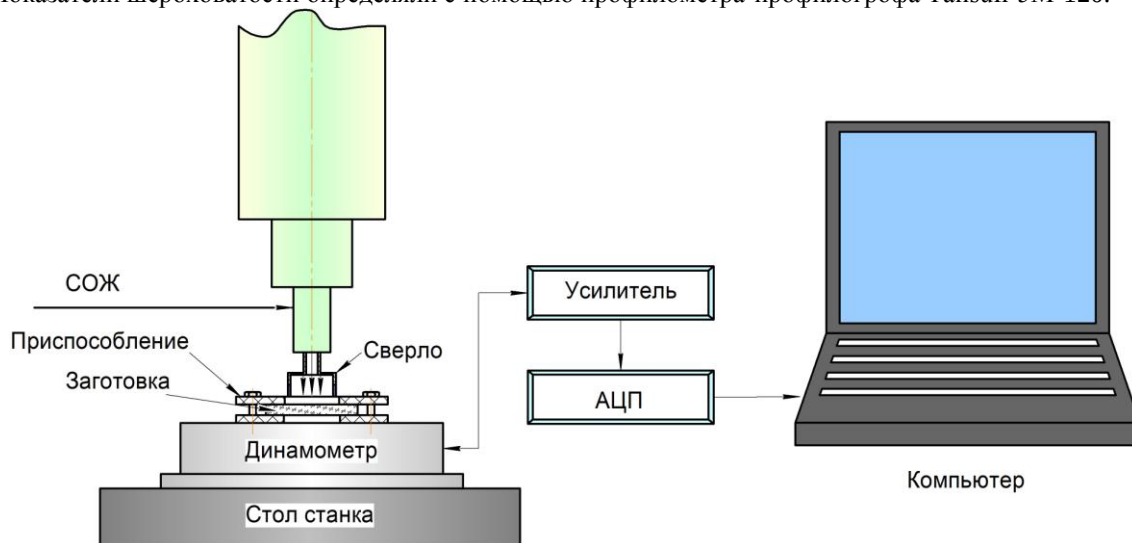


Рисунок 2 – Экспериментальная установка



Рисунок 3 – Деталь с просверленным отверстием

Для проведения исследований использовалась методика полнофакторного эксперимента типа 2^4 .

В качестве варьируемых факторов были выбраны: зернистость инструмента Z , подача S , микротвёрдость заготовки H_V и скорость резания V . В таблице 1 представлены верхний (+) и нижний (-) уровни варьируемых технологических факторов. В каждой точке плана эксперимент повторялся 3 раза в случайной последовательности с целью исключения систематической погрешности.

Таблица 1 – Интервалы варьирования факторов

Факторы	Z , мкм	V , м/с	S , мм/мин	H_V , ГПа
Нижний уровень	112 (125/100)	2	15	5 (стекло)
Верхний уровень	142 (160/125)	3	25	15 (керамика)

В таблице 2 представлена матрица планирования эксперимента, а также его результаты (осевая сила резания P_Y и шероховатость поверхности Ra) в виде среднего арифметического по результатам трёх дублирующих опытов. На рисунке 4 приведен график изменения осевой силы резания.

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты эксперимента

№	V	S	Z	H	P_Y , Н	Ra , мкм
1	+	+	+	+	450	0,66
2	+	+	+	-	212	1,18
3	+	+	-	+	469	0,6
4	+	+	-	-	207	1,07
5	+	-	+	+	364	0,64
6	+	-	+	-	163	1,07
7	+	-	-	+	381	0,57
8	+	-	-	-	175	0,97
9	-	-	+	+	364	0,69
10	-	-	+	-	163	1,18
11	-	-	-	+	381	0,62
12	-	-	-	-	175	1,10
13	-	+	+	+	450	0,75
14	-	+	+	-	212	1,29
15	-	+	-	+	469	0,65
16	-	+	-	-	207	1,18

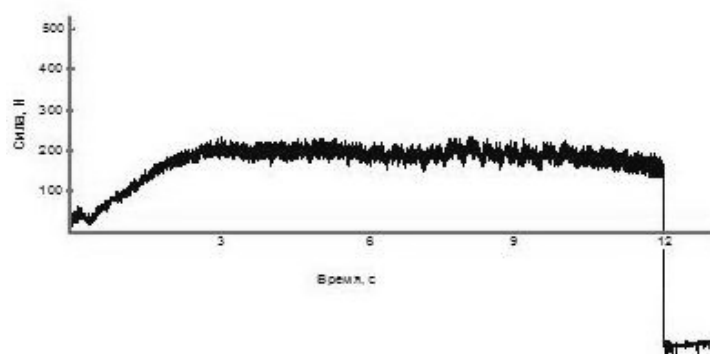


Рисунок 4 – График изменения осевой силы резания

Для математического описания зависимостей использовалась традиционная в машиностроении степенная зависимость вида:

$$\bar{y} = C_y x_1^{\beta_1} x_2^{\beta_2} x_3^{\beta_3} x_4^{\beta_4}, \quad (1)$$

где $\bar{y}$ – среднее значение контролируемого параметра; $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ – значения варьируемых параметров; $C_y, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ – эмпирические коэффициенты.

После обработки данных была получена следующая зависимость для определения осевой силы резания:

$$P_Y = 66,0827 S^{0,4923} Z^{-0,3225} H_V^{0,7018}. \quad (2)$$

Для расчёта шероховатости поверхности была получена следующая зависимость:

$$R_a = 0,2494 V^{-0,2342} S^{0,1469} Z^{0,4330} H_V^{-0,5052}. \quad (3)$$

Анализ полученных расчётных формул однозначно показывает, что на силу резания оказывает влияние зернистость инструмента Z , подача S и микротвёрдость заготовки H_V , влияние же скорости резания незначительно, однако скорость резания оказывает влияние на шероховатость поверхности. С увеличением скорости резания происходит уменьшение шероховатости. Увеличение подачи приводит к увеличению осевой силы резания и шероховатости. С увеличением зернистости происходит уменьшение силы резания, однако увеличивается шероховатость. Материалы с высокой твёрдостью обрабатываются со значительно большими осевыми усилиями, чем более мягкие, хотя шероховатость поверхности снижается.

Проведенные эксперименты позволили определить влияние основных технологических факторов процесса алмазного сверления на величину осевой силы резания и шероховатость поверхности. Полученные данные будут использованы для определения неизвестных коэффициентов в разработанных аналитических моделях процесса [3, 4], на основе которых будет производиться расчёт высокопроизводительных циклов процесса алмазного сверления, что является задачей последующих исследований.

Библиографический список использованной литературы

1. The experimental research on small hole machining in glass using diamond abrasive core-tools / Yanming Quana [at al.] // Advanced Materials Research. — 2009. — Vol. 76-78. — P. 491–496.
2. Force Characteristics in Drilling of Engineering Ceramic with a Brazed Diamond Tool / Hui Huang [at al.] // Key Engineering Materials. — 2008. — Vol. 359-360. — P. 153–157.
3. Братан С.М. Моделирование формообразования отверстий при алмазном сверлении неметаллических материалов / С.М. Братан, С.И. Рощупкин // Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. ХНТУ. — Харків, 2008. — Вип. 2 (17). — С. 54–59.
4. Рощупкин С.И. Моделирование формообразования отверстий при алмазном сверлении неметаллических материалов // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем: сб. науч. тр. — Краматорск, 2010. — Вып. № 26. — С. 233–237.

Поступила в редакцию 24.09.2010 г.

Рощупкін С.І. Експериментальне дослідження впливу технологічних параметрів процесу алмазного свердління неметалічних матеріалів на сили різання і шорсткість поверхні

У статті представлені результати експериментального дослідження впливу технологічних факторів процесу алмазного свердління на сили різання і шорсткість поверхні. Отримано регресійні залежності, що дозволяють визначати величину нормальної складової сили різання і шорсткість поверхні.

Ключові слова: алмазне свердління, неметалічні матеріали, осьова сила різання, шорсткість поверхні, експериментальне дослідження.

Roschupkin S.I. Experimental research on the influence of technological parameters of the process of diamond drilling of non-metallic materials on cutting forces and surface roughness

The paper presents the results of experimental research on the influence of technological factors of the diamond drilling process of nonmetallic materials on cutting force and surface roughness. The regression relations by which a normal cutting force and surface roughness can be defined are obtained.

Keywords: diamond drilling, nonmetallic materials, thrust force, surface roughness, experimental study.