

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИРОВАНИЯ АЛМАЗНОГО ПОКРЫТИЯ ДЕТАЛЕЙ

Охлупин Д.Н.¹, Королев А.В.², Синева И.В.³

¹ООО ТехноТерм-Саратов»;

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.;

*³Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского;
г. Саратов*

Ключевые слова: полирование, алмаз, покрытие, технология, шероховатость поверхности, режим обработки.

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментального исследования процесса полирования тонкопленочного алмазного покрытия деталей металлической щеткой. Установлено влияние режима полирования на шероховатость получаемой поверхности. Показано, что процесс полирования алмазного покрытия осуществляется под действием двух факторов: механического скалывания вершин микронеровностей и химико-термического фактора, под действием которого осуществляется графитизация сколовшихся микровершин.

TECHNOLOGY OF POLISHING OF DIAMOND COATING PARTS

Okhlupin D.N.¹, Korolev A.V.², Sineva I.V.³

¹Tekhnotherm, OOO-Saratov»;

²Saratov state technical University named after Gagarin Yu.A.;

*³Saratov state University named after N.G. Chernyshevsky;
Saratov*

Keywords: polishing, diamond coating technology, surface roughness, processing mode.

Abstract. The article presents the results of experimental research of process of polishing of thin film diamond coating parts with a wire brush. The influence of the mode of polishing on the roughness of the resulting surfaces. It is shown that the process of polishing the diamond coating is under the influence of two factors: mechanical removal of the tops of the asperities and thermo-chemical factors under the influence which is carried out graphitization scolopsis microversion. The article presents the results of experimental research of process of polishing of thin film diamond coating parts with a wire brush. The influence of the mode of polishing on the roughness of the resulting surfaces. It is shown that the process of polishing the diamond coating is under the influence of two factors: the mechanical removal of the tops of the asperities and thermo-chemical factors under the influence which is carried out graphitization scolopsis microversion.

Полирование алмаза, как самого твердого материала, всегда представляло значительную трудность. Однако в последнее время в методах полирования алмаза и алмазных покрытий наметился существенный прогресс. Особый интерес представляют способы полирования инструментами, изготавливаемыми из переходных металлов, которые обеспечивает возникновение в зоне обработки термохимического процесса, позволяющего существенно повысить производительность процесса полирования [1-5] по сравнению с ранее применяемыми способами полирования алмаза алмазными пастами [6-8] или сухого полирования в неподвижной абразивной среде [9].

Но способ термохимического полирования использует только одно «слабое» свойство алмаза – способность растворяться в переходных металлах. Но у алмаза есть и другое «слабое» свойство, а именно хрупкость. На исследование эффективности способа полирования тонкопленочного алмазного покрытия, использующего оба этих «слабых» свойства алмаза, и направлено исследование предложенного авторами способа полирования тонкопленочного алмазного покрытия металлической щеткой.

Экспериментальные исследования осуществлялись на заточном станке ЗМ 642. Обрабатываемая заготовка с плоской обрабатываемой поверхностью, покрытой поликристаллическим алмазом толщиной 2-3 мкм, устанавливают на столе станка в машинных тисках. В качестве инструмента используют круговую металлическую щетку, которую закрепляют в шпинделе станка. Круговую металлическую щетку подают по нормали к обрабатываемой поверхности заготовки на глубину t и придают ей вращение с частотой n . Заготовке 1 вместе с приспособлением 2 сообщают подачу S вдоль плоскости обрабатываемой поверхности в сторону круговой металлической щетки 5. После первого рабочего хода осуществляют второй рабочий ход с подачей S , но в противоположном направлении.

В качестве основного контролируемого показателя в процессе экспериментальных исследований использовалась шероховатость поверхности. Шероховатость поверхности замерялась по параметру Ra портативным прибором Marsurf PS1. На каждой обработанной поверхности образца измерение производилось 3 раза, на основе которого определялось среднее значение. Для проведения экспериментальных исследований использовался полный факторный эксперимент 2^3 . Область определения варьируемых факторов при обработке на заточном станке приведена в таблице 1.

Табл. 1. Варьируемые факторы и области их определения

№ п/п	Наименование фактора, размерность	Обозначения факторов	Кодовые обозначения	Границы области определения	
				Нижний	Верхний
1	Частота вращения инструмента, мм	n	X_1	2240	4500
2	Поперечная подача, мм	t	X_2	0,5	1,0
3	Продольная подача, мм/мин	S	X_3	260	520

В качестве математической модели были приняты линейные зависимости показателя обработки от варьируемых факторов. Обработка результатов эксперимента осуществлялась по общепринятой методике [10]. Для проверки гипотезы однородности дисперсии использовался критерий Кохрена. Значимость коэффициентов регрессии определяли по t – критерию Стьюдента. Адекватности модели оценивали по критерию Фишера. Во всех этих случаях уровень значимости принимался равным 5%.

На основе обработки результатов эксперимента получены следующие регрессионные зависимости:

- для первого (черного) рабочего хода

$$Ra = 0,141 - 0,0000184 \cdot n - 0,05617 \cdot t + 0,000118 \cdot S; \quad (1)$$

- для второго (чистового) рабочего хода

$$Ra = 0,0634 - 0,00002 \cdot n - 0,0305 \cdot t + 0,000123 \cdot S, \quad (2)$$

где Ra - среднее арифметическое отклонение микропрофиля обработанной поверхности образца, мкм; n - частота вращения инструмента, мин^{-1} ; t - поперечная подача инструмента, мм; S - продольная подача стола, мм/мин.

На рисунке 1 представлены зависимости среднего арифметического отклонения микропрофиля Ra обработанной поверхности (далее - шероховатости поверхности), от частоты вращения инструмента, полученные при черновом рабочем ходе, а на рисунке 2 представлены аналогичные зависимости, полученные после чистового рабочего хода.

Как видно из рисунков 1 и 2, с возрастанием частоты вращения инструмента шероховатость поверхности уменьшается. Объясняется это тем, что частота вращения инструмента оказывает на шероховатость получаемой поверхности двойное влияние. С одной стороны, с возрастанием частоты вращения инструмента увеличивается сила удара щетинок металлической щетки о вершины микронеровностей. А так как поликристаллический алмаз, которым покрыта поверхность образца, является хрупким материалом, то с увеличением силы ударов происходит более интенсивное скалывание вершин микронеровностей. Это является одним из действующих факторов, обеспечивающих снижение шероховатости обрабатываемой поверхности.

Кроме того, с возрастанием частоты вращения инструмента повышается энергия трения щетинок металлической щетки с обрабатываемой поверхностью. Это приводит к повышению температуры в рабочей зоне. С повышением температуры возрастает интенсивность химико-термического процесса, происходящего на обрабатываемой поверхности, в результате которого происходит фазовый переход с образованием графита. Химико-термический процесс более интенсивно идет на вершинах микронеровностей, чем во впадинах, поэтому происходит уменьшение шероховатости поверхности при чистовом ходе инструмента.

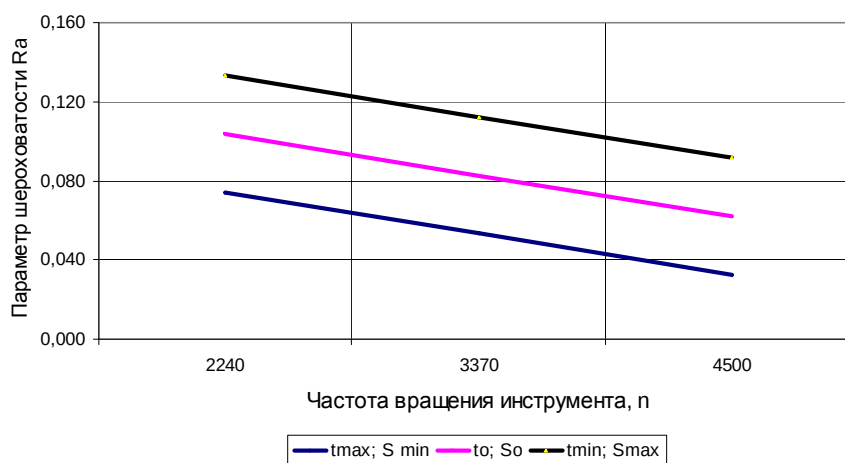


Рис. 1. Зависимость среднего арифметического отклонения микропрофиля Ra , мкм обработанной поверхности, от частоты вращения инструмента n , мин^{-1} после чернового прохода при различных сочетаниях поперечной подачи инструмента t , мм и продольной подачи S , мм/мин

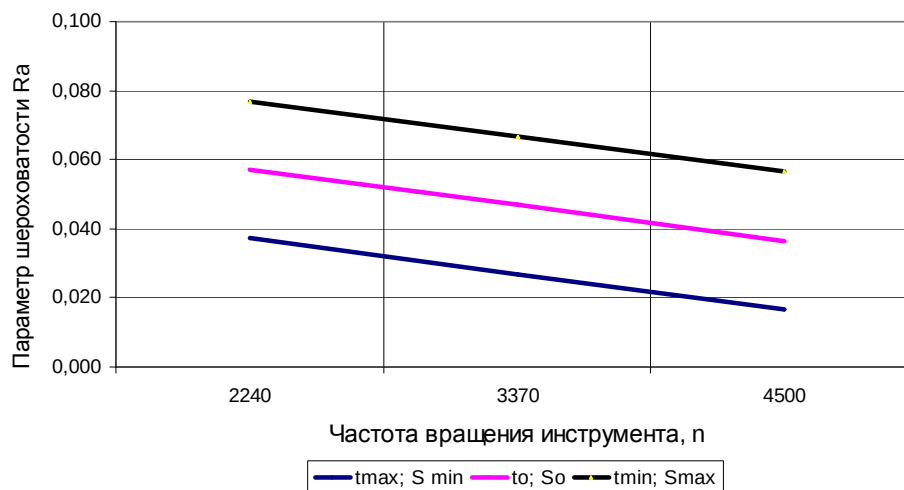


Рис. 2. Влияние частоты вращения инструмента n , мин^{-1} на шероховатость обработанной поверхности по параметру Ra , мкм после чистового прохода при различных сочетаниях поперечной подачи инструмента t , мм и продольной подачи S , мм/мин

Хотя оба процесса – механический, приводящий к скалыванию вершин микронеровностей, и химико-термический, приводящий к графитизации обрабатываемой поверхности, осуществляются одновременно, но вклад каждого из этих процессов в формирование микрорельефа обработанной поверхности различен на различных стадиях обработки. На наш взгляд, при первом (черновом) проходе механический фактор превалирует над химико-термическим. Поэтому на первом проходе интенсивно скалываются вершинки микрорельефа, что приводит к резкому снижению шероховатости исходной поверхности. При втором рабочем ходе щетинки инструмента скользят по гладкой поверхности, и поэтому влияние механического фактора снижается. Следовательно, снижение шероховатости поверхности на втором проходе осуществляется преимущественно за счет графитизации поверхности покрытия, которое на вершинах микронеровностей идет более активно, чем во впадинах.

Таким образом, процесс полирования тонкопленочного алмазного покрытия металлической щеткой обеспечивает возможность с высокой производительностью обеспечить низкое значение шероховатости поверхности покрытия небольшой толщины. Рекомендуемым режимом обработки является: частота вращения металлической щетки 3000-4000 об/мин, поперечная подача 0,5-1 мм/ход, продольная подача 300-400 мм/мин. Обработку следует осуществлять в 2 прохода – в прямом и обратном направлениях. Особенностью процесса полирования металлической щеткой является также то, что обработку деталей можно осуществлять в многоместном приспособлении напроход, что дополнительно повышает производительность процесса полирования.

Список литературы

1. Чепуров А.И., Сонин В.М., Чепуров А.А., Жимулев Е.И., Косолобов С.С., Соболев Н.В. Взаимодействие алмаза с ультрадисперсными частицами железа в среде водорода: микроморфология поверхности // Доклады Академии Наук. – 2012. – Т. 447. – № 3. – С. 322-325.

2. Чепуров А.А. Экспериментальное исследование кристаллизации и преобразования силикатных и оксидных минералов мантийных парагенезисов, ассоциирующих с алмазом. Автореф. дисс. ... канд. геолого-минералогических наук. Новосибирск, 2018.
3. Roy S., Balla V.K., Mallik A.K., Dandapat N., Ralchenko V.G., Bolshakov A.P., Ashkinazi E.E. A comprehensive study of mechanical and chemo-mechanical polishing of cvd diamond // Materials Today: Proceedings. 2018. P. 9846-9854.
4. Патент №2369473 РФ. Способ полирования поверхности поликристаллических алмазов / Ашкинази Е.Е., Ральченко В.Г., Конов В.И., Гершман И.С. – Опубл. 10.10.2009, Бюл. №28.
5. Патент №2483856 РФ. Способ полировки алмазных пластин / Бормашов В.С., Волков А.П., Буга С.Г., Нищук С.Г., Тарелкин С.А., Терентьев С.А. – Опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.
6. Chen Y., Liu W., Feng H., Zhang L. Failure mechanisms of cvd diamond wafers and thin films during polishing // Machining Science and Technology. 2015. Vol. 19. № 1. P. 152-173.
7. Filatov Y.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Vetrov A.G. Formation of flat surfaces of optoelectronic components in diamond polishing // Journal of Superhard Materials. 2017. Vol. 39. № 2. P. 129-133.
8. Епифанов В.И., Лесина А.Я., Зыков Л.В. Технология обработки алмазов в бриллианты. – М.: Высшая школа, 1987. – 334с.
9. Кирсанов С.В., Гончаренко И.М., Бабаев А.С. Влияние «сухого» полирования твердосплавных образцов на характеристики износостойкого покрытия // Справочник. Инженерный журнал. 2013. № 4. С. 12-15.
10. Спиридонов А.А. Планирование экспериментов при исследовании технологических процессов. – М: Машиностроение, 1981. – 184 с.

Сведения об авторах:

Охлупин Дмитрий Николаевич – «ТехноТерм-Саратов», г.Саратов;

Королев Альберт Викторович – д.т.н., профессор, СГТУ им. Гагарина Ю.А., г.Саратов;

Синев Илья Владимирович – к.ф.-м.н., доцент, СГУ им. Н.Г. Чернышевского, г.Саратов.