

### Список использованных источников

1. Diehl Roland (Editor). High-power diode lasers. Fundamentals, Technology, Applications (Topics in Applied Physics, 78) Springer. – 2000th edition (September 4, 2000) – 430 p.
2. Кравцов Н.В. Основные тенденции развития твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой. – Изд-во МГУ, Квантовая электроника. 2001. 31, № 8. – С. 661–677.
3. Гречин С.Г., Николаев П.П., Шарандин Е.А. Функциональные возможности квантронов твердотельных лазеров с поперечной накачкой. – Изд-во МГТУ им. Баумана, 2014. – 26 с.

УДК 621.924

## ОСОБЕННОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Папко М. А., Данилович В. С.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: mstools@bntu.by

**Summary.** In this study, grinding of alumina, zirconia and titanium dioxide coatings sprayed by air-plasma method was investigated theoretically and experimentally.

Шлифование керамических покрытий, полученных плазменным напылением, – довольно сложная задача по многим причинам. Во-первых, керамические покрытия, такие же твердые и хрупкие как и керамические материалы, полученные спеканием. Малые значения трещиностойкости, высокая микротвердость и низкий модуль упругости керамических покрытий оказывают значительное влияние на взаимодействие абразивного зерна шлифовального круга с заготовкой. Во-вторых, значительное различие в теплофизических свойствах между материалом подслоя и керамического покрытия, его низкая теплопроводность и коэффициент термического расширения, приводит к возникновению шлифовочных трещин на поверхности и в керамическом слое, что в конечном итоге провоцирует отслаивание покрытие от основы [1].

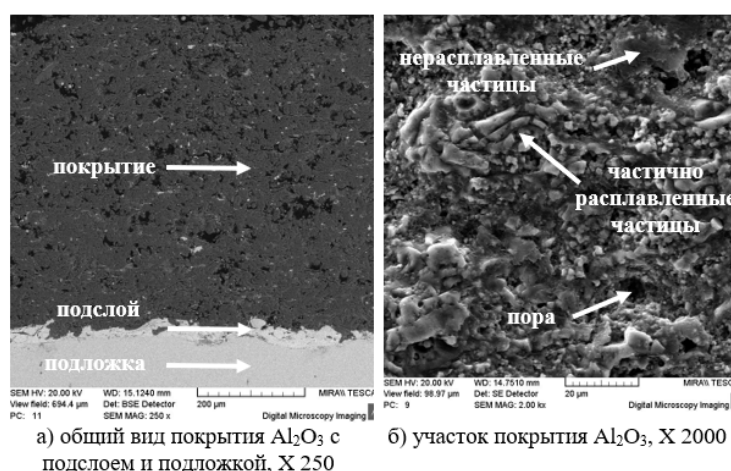


Рисунок 1 – Микроструктура плазменного керамического покрытия с основными видами дефектов

По сравнению с однородными материалами плазменные керамические покрытия характеризуются наличием слоистой структуры и различных дефектов в структуре, таких как поры, нерасплавленные или частично расплавленные элементы (рис. 1), а также более сложным уровнем напряженно-деформированного состояния, что при неправильно выбранных режимах механической обработки вызывает появление дефектов в виде трещин, сколов.

При внедрении абразивных зерен в покрытие именно поры являются концентраторами напряжений и оказывают существенное влияние на развитие микротрещин и отделение материала при шлифовании.

В данной работе проведено исследование процесса шлифования наиболее типичных представителей керамических покрытий: оксида алюминия, диоксида циркония и диоксида титана, напыленные воздушно-плазменным способом.

При шлифовании керамики одним из доминирующих параметров для удаления материала является критическая глубина резания, величина которой пропорциональна величине трещиностойкости материала. Из-за того, что дефекты покрытия неоднородны, неравномерны и их совместное влияние может привести к колебанию механических свойств и отклонению от свойств спеченных материалов, определены средние значения трещиностойкости для каждого вида напыленных покрытий, взятые по 10 измерениям (таблица 1).

Таблица 1 – Механические свойства покрытий

Покрытие	K <sub>1c</sub> (МПа м) <sup>-1/2</sup>	HV200	E(ГПа)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,719±0,2	983±42	137,3±6
YSZ	1,43±0,4	673±41	74,8±10
TiO <sub>2</sub>	1,806±0,2	7434±63	127,6±7

По зависимостям, приведенным в работе [2] рассчитана критическая глубина резания для исследуемых покрытий, которая равна для Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,0678 мкм, ZrO<sub>2</sub> – 0,795 мкм и TiO<sub>2</sub> – 0,1606 мкм. Полученные данные коррелируют со значением сил резания, которые имеют наименьшее значение для покрытий с меньшим значением расчетной критической глубины, а именно в данном случае для покрытия из оксида алюминия.

Труднообрабатываемость керамических покрытий несколько сдерживает их применение для повышения износостойкости узлов трения. В случае применения модифицированных композиционных покрытий на основе керамических оксидов, которые характеризуются разнородностью свойств структурных компонентов такого рода исследования с целью подбора оптимальных режимов и установления механизма разрушения материала под действием единичного абразивного зерна являются весьма актуальными.

#### Список использованных источников

1. Лебедев В. Г., Чумаченко Т. В. Компонентный состав напыленных керамических слоев и его влияние на трещиностойкость при шлифовании //Труды Одесского политехн. университета. – 2005. – №. 2. – С. 82–84.
2. Kar S. et al. Grinding of hard and brittle ceramic coatings: Force analysis //Journal of the European Ceramic Society. – 2020. – Т. 40. – №. 4. – С. 1453–1461.

УДК 621.9.02

### ЗЕНКОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЯ

Петухов Ю. Е., Домнин П. В., Капитонова А. А.  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

e-mail: u.petuhov@stankin.ru, domnin@rambler.ru,  
alina.capitonova@yandex.ru.

*Summary. The study focuses on the features of counterbores used for creating internal chamfers in energy engineering components such as collectors and tube sheets of heat exchangers. The designs of counterbores with replaceable carbide inserts, as well as reverse-feed counterbores, are described. The technical characteristics of the tools, material requirements for the cutting edge and tool holder, and the structural specifics of the insert mounting system are analyzed. It is highlighted that counterbores with cutting edges made of superhard materials provide high productivity, machining accuracy, and surface roughness comparable to grinding processes, enabling significant improvements in the processing of large-scale workpieces.*

Основным назначением зенковок является изготовление внутренних фасок на деталях и агрегатах энергомашиностроения, таких как коллекторы и трубные доски теплообменных аппаратов. Технические характеристики сборных зенковок определяются свойствами сверхтвердых материалов (СТМ), а также свойствами твердого сплава, используемого при изготовлении напайных зенковок. Инструменты с режущей частью из СТМ отличаются интенсивностью съема материала, присущей процессу зенкованию, в сочетании со скоростью резания и качеством обработки, присущими шлифованию.

Рассматриваемые зенковки оснащены сменными твердосплавными пластинами (рис. 1, а, 1, б). Стабильность показателей качества работы зенковок обеспечивается сочетанием физико-механических характеристик инструментального материала. К таким характеристикам относятся: высокая твердость и теплостойкость; хорошая теплопроводность; химическая инертность к соединениям железа с углеродом; способность режущей кромки к самозатачиванию; достаточная вязкость и прочность, обеспечивающие надежное применение данного материала при зенковании.

Пластина в зенковке базируется по наклонным боковым сторонам и опорной поверхности державки. В корпусе зенковки пластина закрепляется