

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ АБРАЗИВСОДЕРЖАЩИХ СЛОЕВ
В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

С.Э. ЗАВИСТОВСКИЙ, А.С. КИРИЕНКО, В.Э. ЗАВИСТОВСКИЙ
*Полоцкий государственный университет имени Ефросинии Полоцкой,
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Авторами статьи представлены результаты теоретических исследований разработки математического аппарата получения ленточного шлифовального инструмента с управляемым ориентированием абразивных зерен в электростатическом поле, что позволяет повысить производительность отделочной обработки поверхностей деталей машин.

Для получения высоких показателей производительности отделочной обработки необходимо стабилизировать условия резания в контакте поверхности детали и зерна абразива. Рационально ориентированные зерна абразива обладают повышенной режущей способностью, поскольку резание материала происходит по изученным законам лезвийной обработки.

Процесс нанесения рабочего слоя инструмента под действием электростатического поля, схематично представленный на рисунке 1, описывается тремя последовательно протекающими стадиями: заряджение частицы, образование заряженного диполя с последующей его ориентацией в направлении действия электростатического поля; отрыв от поверхности электрода и полет заряженного диполя под действием электростатического поля; контакт и проникновение движущейся частицы в вязкую основу.

В соответствии с требованиями неравносности формы абразивных зерен принята физическая модель зерна абразива с соотношением сторон 4 к 1 в виде цилиндра с коническими концами и углом конусности 2γ . Для адекватного описания эффективного формирования рабочего слоя инструмента из зерен, ориентированных в электростатическом поле разработана математическая модель [1], включающая:

– зависимость, определяющую размеры зерен абразива от условий электростатического поля:

$$a \leq \frac{27\varepsilon_0\varepsilon}{4g\rho(\varepsilon + 2\varepsilon_0)} E^2 \quad (1)$$

где a – размер абразивного материала, м; E – напряженность электростатического поля, кВ/м; ρ – плотность абразивного материала, кг/м³, ε – относительная диэлектрическая проницаемость частицы; ε_0 – диэлектрическая постоянная, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ м}^{-3} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$; g – ускорение свободного падения, м/с²;

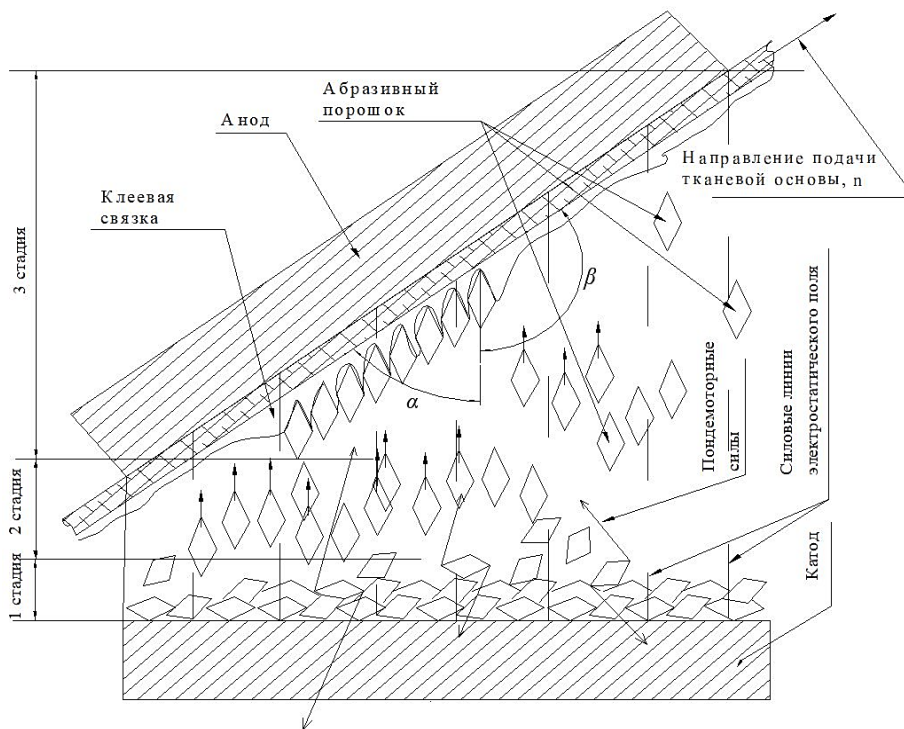


Рисунок 1 – Стадии процесса получения рабочего слоя ленточного шлифовального инструмента в электростатическом поле

– зависимость, определяющую оптимальную дистанцию перемещения абразива при его нанесении на тканевую основу от размеров зерна, скорости и условий электростатического поля:

$$L = \frac{\pi a^3 \rho}{2} \frac{V^2}{9\epsilon \Theta E^2 - 4\rho a g} \quad (2)$$

где $\Theta = \frac{3\epsilon}{\epsilon + 2\epsilon_0}$ - относительная качественная характеристика электростатического поля; L - оптимальное расстояние нанесения абразива на проклеенную основу, м; V - максимальная скорость абразивного зерна, м/с.

– зависимость, определяющую скорость проникновения абразива v_0 , м/с

в клеевую среду основы от размеров абразивного материала, действующих сил сопротивления при величине угла проникновения – γ :

$$v_0 = \sqrt{-\frac{2}{5} b H_{\max}^{5/2} F\left(-\frac{\alpha}{3\lambda}, \frac{5}{6}; \frac{11}{6}; -\lambda H_{\max}^3\right)} \quad (3)$$

при угле атаки $\alpha = const$, $\lambda = const$, $\lambda \neq 0$, комплексном параметре $b = -2 \frac{\beta v_0^{3/2}}{m}$, гипергеометрической функции F и максимальной глубине проникновения абразива в клеевую среду $H_{\max} = 2a$, м;

– зависимость, определяющую оптимальное расстояние перемещения абразива при его нанесении на тканевую основу от технологических параметров напряженности электростатического поля, марки и размера абразива, глубины и углов проникновения абразива, учитывая, что $V = v_0$:

$$L = \frac{\pi a^3 \rho b H_{\max}^{\frac{5}{2}} F\left(-\frac{\alpha}{3\lambda} \cdot \frac{5}{6}; \frac{11}{6}; -\lambda H_{\max}^3\right)}{5(9\varepsilon_0 E^2 - 4\rho a g)} \quad (4)$$

Математическая модель является основой для определения технологических параметров формирования рабочего слоя нанесением абразива в электростатическом поле.

При получении инструмента [2] важно обеспечить ориентированность абразивного зерна относительно эластичной основы на оптимальный угол. Различие в форме и геометрии ориентированных зерен не только не объясняет, а, наоборот, вуалирует приобретаемые в связи с их ориентированностью преимущества. Поэтому для анализа работы ориентированных зерен требуется заменить «неопределенные» зерна зернами эквивалентной формы, поддающимися математическому описанию.

Расположение зерен абразива под углом β к эластичной основе требует применения связок, исключающих возможность образования пор при отверждении. Благодаря наличию растягивающих напряжений в прилегающих к режущей кромке областях и периодическому разрушению кромок при резании ориентированным абразивом обеспечивается его самозатачивание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириенко, А.С. Оптимизация расположения зерен абразива при электростатическом нанесении рабочих слоев эластичного инструмента с управляемой режущей способностью / А. С. Кириенко, С. Э. Завистовский // Инновационные технологии в машиностроении [Электронный ресурс]: электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, Новополоцк, 21-22 апреля 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; под. Ред. чл.-корр., д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега; д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок. – Новополоцк: ПГУ, 2020. - С. 136-141.

2. Кириенко, А.С. Реализация технологии управления образованием ориентированных структур в гибких абразивных инструментах / А. С. Кириенко, С. Э. Завистовский, В. Э. Завистовский //Перспективные машиностроительные технологии (Advanced engineering technologies) АЕТ-2022 : сборник материалов международной научно-практической конференции «Перспективные машиностроительные технологии АЕТ-2022», Санкт-Петербург, 21-25 ноября. 2022 г. / Сан.-Петерб. политех. ун-т. Петра Великого; под. ред. член-корр., д-ра техн. наук А. А. Поповича; д-ра техн. наук Д.П. Гасюка. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022. - С. 116-122.