

УДК 621.7:621.9:621.3:62-4:62-5:62-9

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕНТОЧНОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО
ИНСТРУМЕНТА МОДЕЛИРОВАНИЕМ РАБОЧИХ СЛОЕВ
В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

А.С. КИРИЕНКО, С.Э. ЗАВИСТОВСКИЙ
Полоцкий государственный университет, Беларусь

Статья посвящена результатам исследования процесса моделирования получения рабочих слоев ленточного шлифовального инструмента из ориентированных в электростатическом поле зерен абразива.

При моделировании эксплуатационных характеристик ленточного шлифовального инструмента необходимо выявить влияние формы геометрии и направленной ориентации абразивных зерен в рабочем слое на работоспособность инструмента и эффективность шлифования. По сравнению с другими инструментами форма и геометрия режущей части, которых определена и известна, геометрия и форма вершин зерен традиционного абразивного инструмента неопределенна. Известно, что при шлифовании инструментом с хаотически направленными зёрнами абразива на их режущую способность влияет форма микровыступов абразивного зерна, а именно радиус округления ρ и угол при вершине 2γ . Изменение угла при вершине существенно изменяет силы резания. Установлено, что при изменении угла при вершине элемента зерна, контактирующего с поверхностью обработки, с 60° до 120° сила резания увеличивается в 1,5...2 раза. Однако, попытки связать те или иные преимущества абразивного материала с различной формой и геометрией зерен методически имеют ряд недостатков, так как не учитывают взаимное расположение зерен в рабочем слое инструмента, характер и степень перекрытия траекторий зерен в процессе движения, условия взаимодействия материала абразивного зерна с обрабатываемым материалом и образовавшейся стружкой, т.е. кинематические и динамические условия процесса шлифования. 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 зёрнами эквивалентной формы, поддающимися матема-

тическому описанию. Такая операция связана с упрощением геометрических параметров и утратой некоторых физических свойств реальных зерен, однако позволяет определить влияние ориентированности абразивных зерен в рабочем слое на работоспособность инструмента и эффективность шлифования. В работах П.И. Яцирицына и А. Г. Зайцева, В. Н. Бакуля, А.В. Королева, М. Мацуи, Сато Седзаки при моделировании встречаются следующие допущения: 1) абразивные зерна приводят к форме шара одного радиуса r_0 ; 2) абразивные зерна заменяют цилиндром или эллипсоидом вращения с постоянным соотношением полуосей; 3) режущие вершины зерен заменяют эквивалентным конусом или пирамидой, имеющими угол при вершине, равный некоторой постоянной величине 2γ , т.е. не эквивалент зерна, а модель его режущей части. Рассмотрим взаимодействие абразивного зерна и обрабатываемой поверхности заготовки при шлифовании. При врезании абразивного зерна в металл в нем возникают зоны текучести [1]. Удельная мощность взаимодействия абразивного зерна и обрабатываемого металла при шлифовании определили из зависимости

$$N_{y\partial} = K_{\rho V} \cdot \sigma_B \cdot \sin \Delta\beta \cdot V \quad (1)$$

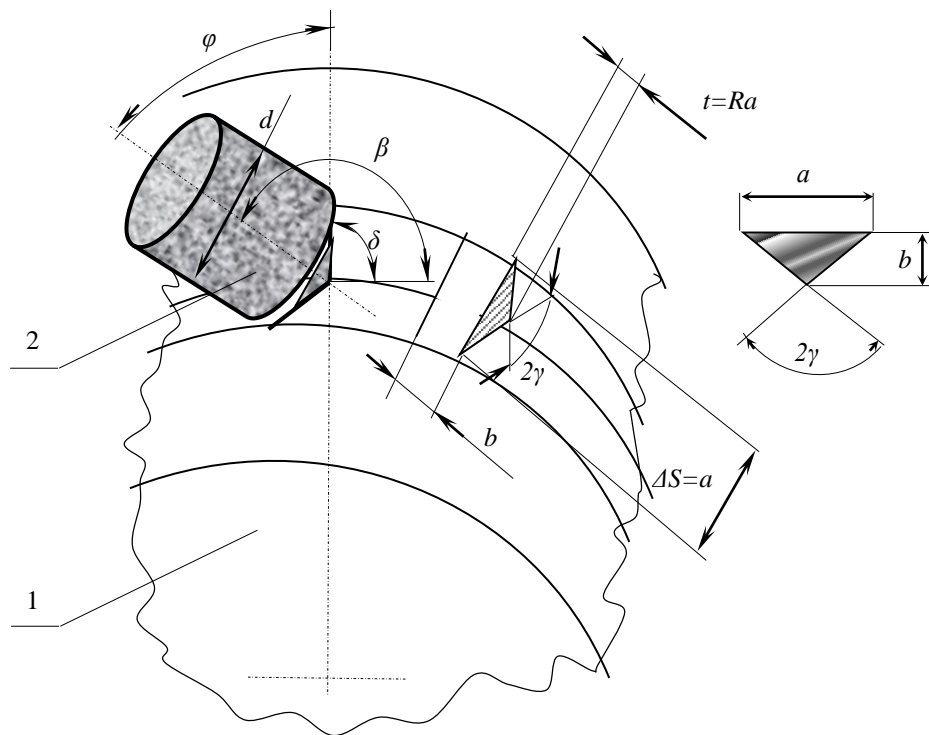
где: $K_{\rho V}$ – коэффициент, учитывающий рост давления в контакте «зерно – металл»;

σ_B – временное сопротивление разрушению обрабатываемого металла;

$\Delta\beta$ – угол наклона контакта абразивного зерна к поверхности заготовки;

V – скорость резания.

При ударном взаимодействии абразивного зерна и заготовки, в поверхностном слое которой образуются зоны текучести, возникает неустойчивость и локализация пластической деформации. Из [1] известно, что засаливание абразивного зерна снижается по мере роста глубины внедрения абразивного зерна, что приводит к росту объема застойной зоны у передней поверхности, формированию ударной волны, приводящей к переводу металла в пластическое состояние. Соответственно, для повышения удельной мощности взаимодействия абразивных зерен и обрабатываемого металла при прочих равных условиях необходимо сориентировать абразивные зерна в рабочем слое инструмента. В связи с этим представим геометрию резания ориентированным абразивным зерном в соответствии с рисунком 1.



1 – обрабатываемая заготовка, 2 – абразивное зерно
 Рисунок 1. – Схема резания ориентированным абразивным зерном

При исследовании процесса шлифования поверхности заготовки одичным зерном абразива учтено, что величина глубины резания t и ширина срезаемого слоя b находятся в прямой зависимости от размеров и геометрии абразивного зерна. Режущую способность ленточного шлифовального инструмента с направленной ориентацией абразивных зерен в рабочем слое определили соотношением объема сошлифованного материала $V_{общ}$ с заготовки за единицу времени τ по формуле

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n a \cdot \sin \beta}{4\tau} \cdot n_i \cdot \pi D \cdot l \cdot n_{об} \quad (2)$$

Исходя из того, что при традиционной схеме хаотического расположения абразива в шлифовальных инструментах примерно 78% зерен являются не режущими, 12% – давящими и только 10% – режущими, можно предположить, что у инструмента с ориентированными зернами все зерна являются режущими [2]. Следовательно, можно допустить, что шлифовальный инструмент с ориентированными зернами абразива в рабочем слое имеет максималь-

ную режущую способность Q_{max} , а инструмент с хаотическим расположением зерен минимальную Q_{min} . В соответствии с проведенными расчетами выявлено, что при ориентировании зерен абразива в рабочем слое ленточного шлифовального инструмента его режущая способность может изменяться в диапазоне от $q_{min} = 0,5k/0,75k = 0,66k$ до $q_{max} = k/0,75k = 1,33k$ раз, поскольку $q_{nom} = 1,33k/0,66k = 2$ раза. В соответствии с выражением (2) определены расчетные значения режущей способности Q ленточного шлифовального инструмента при углах ориентированности β зерен абразива зернистостью a равной 0,10 мм, 0,16 мм и 0,20 мм (рисунок 2) [3].

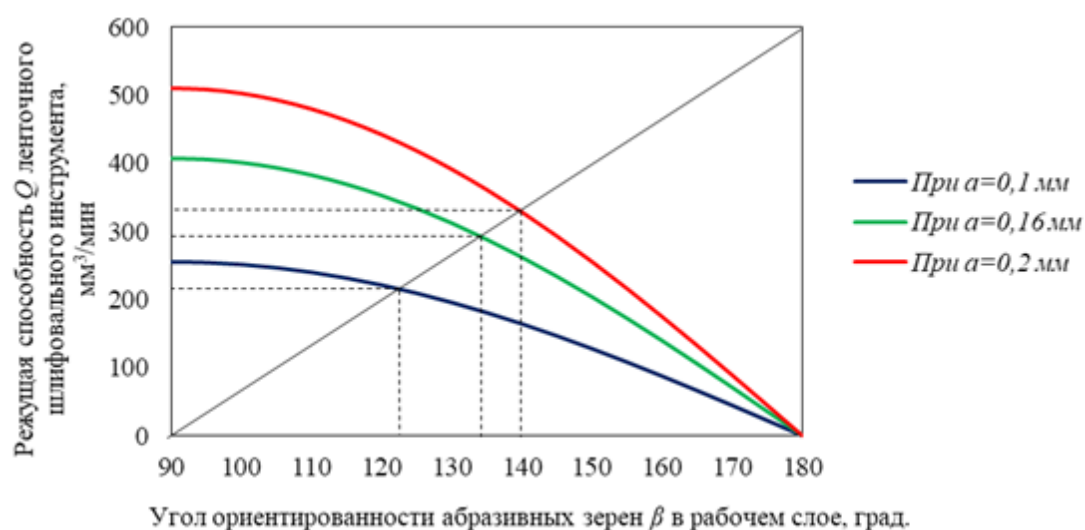


Рисунок 2. – Зависимость режущей способности Q ленточного шлифовального инструмента от угла ориентированности абразивных зерен β

В соответствии с данными расчетов, показанными на рисунке 2 для всех зернистостей абразивных зерен максимальное значение режущей способности Q_{max} достигается при угле ориентированности абразива относительно основы $\beta = 90^\circ$. Например, для абразивных зерен зернистости $a = 0,1$ мм режущая способность Q_{max} равна $255 \text{ мм}^3/\text{мин}$. Оптимальные значения углов ориентированности β для исследуемых зернистостей абразива установили в соответствии со статистическим методом графического определения оптимальных границ, проведя биссектрису на рисунке 2. В результате для зерен размером $a = 0,1$ мм оптимальное значение угла ориентированности $\beta = 123^\circ$ при котором режущая способность $Q = 214 \text{ мм}^3/\text{мин}$, что согласуется с алгебраическими расчетами. Для зерен размером $a = 0,16$ мм $\beta = 135^\circ$, а $Q = 288,98 \text{ мм}^3/\text{мин}$. Для зерен размером $a = 0,2$ мм $\beta = 140^\circ$, а $Q = 328,46 \text{ мм}^3/\text{мин}$ [4].

При целенаправленном ориентировании зерен абразива размером $a = 0,1$ мм под углом $\beta = 123^\circ$ режущая способность инструмента увеличится в $q = 214/165 = 1,3$ раза. При ориентировании зерен абразива размером $a = 0,16$ мм под углом $\beta = 135^\circ$ режущая способность инструмента увеличится в $q = 288,98/200 = 1,4$ раза, а при ориентировании зерен абразива размером $a = 0,2$ мм под углом $\beta = 140^\circ$ режущая способность инструмента увеличится в $q = 328,46214/216 = 1,5$ раза, что соответствует прогнозируемому [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бржозовский, Б. М. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на процесс стружкообразования при шлифовании металла / Б.М. Бржозовский, А.В. Славин // *Машиностроение и машиноведение*. – Саратов : Вестник СГТУ. – 2011. – № 4 (60). – Вып. 2. – С. 138–142
2. Кириенко, А. С. Аспекты формирования рельефа абразивосодержащих поверхностных слоев эластичных инструментов / А.С. Кириенко // *Инновационные технологии в машиностроении [Электронный ресурс] : электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию По-лоцкого гос. ун-та, Новополоцк, 19-20 апреля 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под. ред. чл.-корр., д-ра техн. наук, проф. В.К. Шелега; д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок. – Новополоцк, 2018. – С. 81–85.*
3. Кириенко, А. С. Получение ориентированного рельефа покрытий из абразивосодержащих дисперсных порошков / А.С. Кириенко, С.Э. Завистовский // *Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка : материалы 13-й Междунар. научно-техн. конф. (Минск, 16-18 мая 2018 г.) ; редкол.: А.Ф. Ильющенко (гл. ред) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 293–296.*
4. Кириенко, А. С. Влияние технологических параметров формирования рабочего слоя инструмента с ориентированными зёрнами на его эксплуатационные характеристики / А.С. Кириенко // *Порошковая металлургия: Респ. межвед. сб. науч. тр./ редкол.: А. Ф. Ильющенко [и др.]. - Минск: Беларус. навука, 2018. Вып. 41. – С.257-262.*
5. Кириенко, А. С. Инновационные решения в области изготовления эластичных шлифовальных инструментов / А.С. Кириенко, С.Э. Завистовский // *Новые технологии и материалы, автоматизация производства: материалы Междунар. научн.-техн. конф., Брест: Издательство БрГТУ, 2019. – С. 83–86*

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОАО «НПО «ЦЕНТР
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК
ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Инновационные технологии в машиностроении

Электронный сборник материалов международной
научно-технической конференции,
посвященной 50-летию машиностроительных специальностей
и 15-летию научно-технологического парка
Полоцкого государственного университета
(Новополоцк, 21-22 апреля 2020 г.)



ИннТехМаш

Под редакцией
чл.-корр. НАН Беларуси, д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега;
д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

УДК 621(082)

Редакционная коллегия:

Н. Н. Попок (председатель), В. П. Иванов (зам. председателя),
Р. С. Хмельницкий (отв. Секретарь), А.В. Дудан, В. А. Данилов, Е.В. Бритик

Инновационные технологии в машиностроении [Электронный ресурс] : электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию машиностроительных специальностей и 15-летию научно-технологического парка Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 21-22 апр. 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; под. ред. В. К. Шелега; Н. Н. Попок. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-691-7.

Отражены современное состояние и направления развития технологии и оборудования механической и физико-технической обработки; рассмотрены вопросы создания современных материалов, изготовления, восстановления и упрочнения деталей машин, автоматизации производства, эксплуатации и модернизации автомобилей и других машин.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей учреждений образования.

Прилагаются [титulyные листы презентаций докладов](#) участников конференции.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3141815008 от 28.03.2018.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59-95-53, e-mail: n.popok@psu.by

№ госрегистрации 3141815008**ISBN 978-985-531-691-7**

© Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Инновационный технологии в машиностроении» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Компьютерный дизайн *Е. А. Балабуревой*
Техническое редактирование и верстка *И. Н. Чапкевич*

Подписано к использованию 23.04.2020.
Объем издания: 10,9 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 264.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>