

В. А. Носенко
С. В. Носенко

Технология
шлифования
металлов

**В. А. НОСЕНКО
С. В. НОСЕНКО**

ТЕХНОЛОГИЯ ШЛИФОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Старый Оскол
ТНТ
2017

УДК 621.9
ББК 34.637.3
Н 841

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. Ф. Макаров*
доктор технических наук, профессор *Н. В. Носов*

Носенко В. А., Носенко С. В.

Н 841 **Технология шлифования металлов: монография**
В. А. Носенко, С. В. Носенко. — Старый Оскол : ТНТ, 2017.
616 с.

ISBN 978-5-94178-373-1

В монографии обобщены результаты многочисленных исследований процесса шлифования металлов и сплавов.

Приведены данные по абразивным материалам и инструментам. Даны рекомендации по выбору характеристики абразивных инструментов при шлифовании различных материалов, в том числе для инструментов из сверхтвёрдых материалов. Приведены результаты исследования геометрических параметров порошков из различных абразивных материалов и различных зернистостей. Рассмотрены вопросы физики процессов царапания металлов вершиной отдельного зерна и массового микропорезания. Показано влияние электронного строения атомов металлов на обрабатываемость шлифованием. Установлена периодическая зависимость показателей процесса от заряда атома элементов. Предложена физическая модель контактного взаимодействия абразивного и обрабатываемого материалов. Рассмотрено влияние СОТС на шлифование тугоплавких металлов. Изложены основные физические и математические модели обычного и глубинного шлифования, в том числе вероятностная модель процесса шлифования. Даны практические рекомендации по совершенствованию абразивного инструмента и повышению эффективности шлифования, в том числе глубинного. Приведена методика расчёта потребности в абразивном инструменте.

Монография предназначена для специалистов научных и инженерно-технических учреждений, промышленных предприятий, высших учебных заведений, научно-исследовательских организаций, работающих в области эксплуатации и производства абразивного инструмента, а также для студентов машиностроительных направлений.

Монография может быть полезна техническим работникам и аспирантам, специализирующимся в области обработки металлов резанием, студентам высших учебных заведений машиностроительных направлений.

УДК 621.9
ББК 34.637.3

ISBN 978-5-94178-373-1

© Носенко В. А., Носенко С. В., 2017
© Оформление. ООО «ТНТ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|------------|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ | 10 |
| 1.1. Классификация абразивных материалов | 10 |
| 1.2. Электрокорундовые абразивные материалы | 11 |
| 1.3. Абразивные материалы из карбида кремния и карбида бора | 26 |
| 1.4. Сверхтвёрдые абразивные материалы | 31 |
| 1.5. Области применения абразивных материалов | 33 |
| 2. АБРАЗИВНОЕ ЗЕРНО | 41 |
| 2.1. Зернистость и зерновой состав | 41 |
| 2.2. Зернистость искусственных и природных шлифовальных материалов | 43 |
| 2.3. Зернистость алмаза и эльбора | 59 |
| 2.4. Рекомендации по выбору зернистости | 68 |
| 2.5. Размеры зерна | 70 |
| 2.6. Размеры зёрен микрошлифпорошков карбида кремния зелёного | 74 |
| 2.7. Размеры зёрен шлифовальных порошков | 81 |
| 2.8. Коэффициенты формы зерна | 87 |
| 2.9. Радиусы округления и углы заострения зёрен | 91 |
| 2.10. Критерии и методы контроля качества абразивных материалов | 101 |
| 3. АБРАЗИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ | 116 |
| 3.1. Классификация абразивных инструментов | 117 |
| 3.2. Связка | 120 |
| 3.3. Структура | 144 |
| 3.4. Твёрдость | 153 |
| 3.5. Типы и размеры шлифовальных кругов | 160 |
| 3.6. Форма и размеры алмазных и эльборовых инструментов | 167 |
| 3.7. Головки шлифовальные | 176 |
| 3.8. Абразивные бруски и сегменты | 183 |
| 3.9. Классы неуравновешенности. Балансировка шлифовальных кругов | 192 |
| 3.10. Показатели качества абразивного инструмента | 200 |

| | |
|--|------------|
| 4. ШЛИФОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ | 208 |
| 4.1. Образование шлифованной поверхности | 209 |
| 4.2. Элементы движений и режимы шлифования | 217 |
| 4.3. Разновидности абразивной обработки | 223 |
| 4.4. Круглое наружное шлифование | 237 |
| 4.5. Круглое внутреннее шлифование | 248 |
| 4.6. Плоское шлифование | 251 |
| 4.7. Основное время шлифования | 254 |
| 4.8. Профильное шлифование | 258 |
| 4.8.1. Шлифование зубчатых колёс | 260 |
| 4.8.2. Шлифование шлицевых поверхностей | 270 |
| 4.8.3. Шлифование резьбы | 272 |
| 4.8.4. Шлифование червяков | 279 |
| 5. ИЗНАШИВАНИЕ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА | 282 |
| 5.1. Виды изнашивания и режимы работы абразивного инструмента | 282 |
| 5.2. Стойкость абразивного инструмента | 290 |
| 5.3. Правка абразивного инструмента | 298 |
| 6. МОДЕЛИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА И ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ | 322 |
| 6.1. Статическая модель абразивного инструмента | 322 |
| 6.2. Физическая модель изнашивания абразивного инструмента | 327 |
| 6.3. Вероятностная модель изнашивания абразивного инструмента при шлифовании | 335 |
| 6.4. Схема плоского шлифования | 343 |
| 6.5. Вероятность контакта вершины зерна с обрабатываемым материалом | 348 |
| 6.6. Вероятности видов изнашивания | 365 |
| 6.7. Переходные вероятности износа истиранием и скалыванием ... | 371 |
| 6.8. Сила шлифования | 380 |
| 6.9. Количество вершин зёрен в поверхностном слое абразивного инструмента и шероховатость обработанной поверхности | 386 |
| 7. ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ШЛИФОВАНИЕМ | 391 |
| 7.1. Критерий интенсивности контактного взаимодействия при шлифовании | 392 |

| | |
|--|------------|
| 7.2. Тугоплавкие металлы и их электронное строение | 400 |
| 7.3. Обрабатываемость тугоплавких металлов | 409 |
| 7.4. Обрабатываемость сплавов <i>d</i> -переходных металлов | 422 |
| 7.5. Обрабатываемость сплавов на основе титана | 430 |
| 7.6. Влияние технологии шлифования на долговечность деталей | 445 |
| 7.7. Обрабатываемость сплавов системы титан-ниобий-алюминий | 450 |
| 8. СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ ... | 458 |
| 8.1. Классификация СОТС | 459 |
| 8.2. Функциональные свойства СОТС | 465 |
| 8.3. Способы подачи СОТС при шлифовании | 489 |
| 8.4. Повышение эффективности шлифования с использованием СОЖ | 499 |
| 8.5. Повышение эффективности шлифования с использованием твёрдых смазочных материалов | 509 |
| 9. ГЛУБИННОЕ ШЛИФОВАНИЕ | 519 |
| 9.1. Этапы глубинного шлифования | 520 |
| 9.2. Математические модели показателей надёжности глубинного шлифования | 531 |
| 9.3. Продольное сечение срезаемого слоя | 542 |
| 9.4. Встречное и попутное глубинное шлифование с периодической правкой круга | 553 |
| 9.5. Влияние постоянной правки на силы шлифования | 563 |
| 9.6. Результаты производственных испытаний | 566 |
| 10. МЕТОДИКА РАСЧЁТА НОРМ РАСХОДА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ | 574 |
| 10.1. Основные положения | 574 |
| 10.2. Операционный метод расчёта | 575 |
| 10.3. Маршрутный метод расчёта | 578 |
| 10.4. Последовательность проведения расчётов | 580 |
| 10.5. Пример расчёта потребности в абразивном инструменте операционным методом | 583 |
| 10.6. Пример расчёта потребности в абразивном инструменте маршрутным методом | 587 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 592 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 603 |