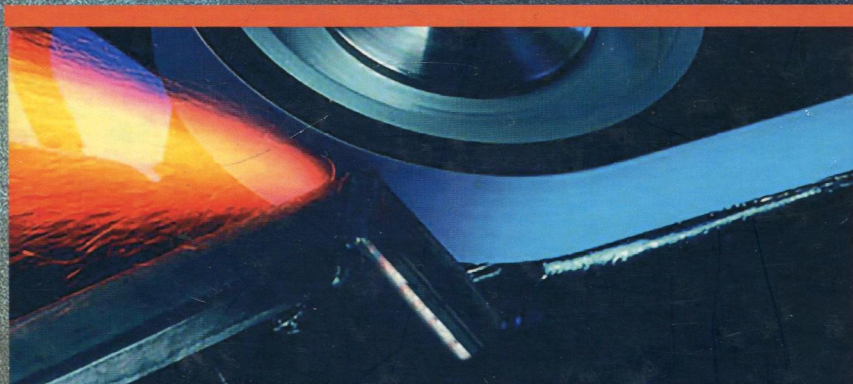


Ю. М. Зубарев  
А. В. Приемышев

# УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ С УЧЕТОМ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК



 ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Санкт-Петербург  
2016

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

---

*Ю. М. Зубарев А. В. Приемышев*

# УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ С УЧЕТОМ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК



Санкт-Петербург  
2016

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
«Машиностроение» Горного университета *В. В. Максаров*

Доктор технических наук, профессор кафедры «Инновационные  
технологии в машиностроении» Пермского НИПУ *В. Ф. Макаров*

*Зубарев Ю. М. Устойчивость процесса шлифования с учетом его динамических характеристик / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 388 с.*

Монография посвящена исследованию проблем повышения эффективности операций шлифования, в том числе высокоскоростного шлифования на основе рассмотрения комплексной динамики и кинематики процесса обработки. Авторами исследуются процессы микрорезания единичными абразивными зёрнами различных сталей и сплавов, особенности стружкообразования и геометрии срезаемого слоя материала, износа и стойкости абразивных материалов и шлифовальных кругов. В работе приводятся технологические характеристики и рекомендации по эффективному применению высоких скоростей резания при шлифовании сталей и сплавов. Результаты исследований, представленные в монографии, могут быть полезны студентам, магистрантам и аспирантам машиностроительных специальностей всех форм обучения при изучении соответствующих дисциплин.

Монография может использоваться при проведении занятий по программам дополнительного профессионального образования. Она также может быть полезна инженерно-техническим работникам машиностроительных предприятий, НИИ и КБ.

Печатается по решению

Совета по издательской деятельности Ученого совета

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

© Зубарев Ю. М., Приемышев А. В., 2016

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2016

ISBN 978-5-7422-5160-6

Оглавление	стр
Введение .....	3
Глава 1. Современные абразивные материалы и инструменты .....	7
1.1. Абразивные материалы и их свойства.....	7
1.2. Область применения кругов из различных материалов .....	15
1.3. Зернистость шлифовальных материалов.....	17
1.4. Связки шлифовальных кругов.....	24
1.4.1. Керамические связки.....	24
1.4.2. Органические связки.....	26
1.4.3. Металлические связки.....	27
1.4.4. Наполнители.....	28
1.5. Твёрдость круга.....	30
1.6. Структура круга.....	31
1.7. Крупнопористые круги.....	34
1.8. Классы точности и неуравновешенности кругов.....	35
1.8.1. Классы точности.....	35
1.8.2. Классы неуравновешенности.....	37
1.8.3. Проверка прочности кругов.....	37
1.9. Круги для высокоскоростного шлифования.....	39
1.10. Маркировка круга.....	40
1.11. Выбор характеристики шлифовального круга.....	42
Глава 2. Влияние скорости резания на выходные параметры процесса шлифования.....	54
2.1. Анализ возможностей увеличения производительности обработки и при высокоскоростном шлифровании.....	55
2.2. Влияние скорости круга на силу резания и качество шлифованной поверхности .....	63
2.3. Износ абразивных кругов при шлифовании и абразивных зёрен при микрорезании. Влияние скорости резания на износ.....	71
2.4. Теплофизика процесса шлифования.....	78
2.5. Колебательные процессы при шлифовании.....	91
2.5.1. Вынужденные колебания.....	91
2.5.2. Автоколебания.....	94
2.5.3. Акустическая эмиссия.....	99
Глава 3. Параметры, влияющие на эффективность процесса шлифования.....	101
3.1. Исследование износа и прочности зёрен при моделировании процесса шлифования микрорезанием единичными абразивными зёрнами.....	101
3.2. Исследование образования шлифовочных рисок.....	125
3.3. Расчёт толщин единичных срезов при шлифовании.....	135
3.4. Фактографические особенности поверхностей абразивных зёрен и материалов обрабатываемых заготовок при высокоскоростном	

микрорезании.....	149
3.5. Фактографические особенности поверхности износа абразивных зёрен при высокоскоростном микрорезании стали Р18.....	163
3.6. Морфологическое исследование стружки при шлифовании и микрорезании.....	172
3.7. Результаты исследования процесса резания шлифпорошками.....	178
3.8. Динамическая модель системы единичного абразивного зерна в круге.....	183
Глава 4. Теоретико-экспериментальные исследования процесса шлифования.....	188
4.1. Сила резания и условные напряжения при микрорезании.....	188
4.2. Температурное поле, возникающее в зоне резания при шлифовании.....	206
4.3. Поверхностные дефекты при шлифовании и методы их устранения.....	220
4.3.1. Прижоги.....	220
4.3.2. Трещины и микротрещины.....	224
4.4. Производительность обработки при шлифовании.....	229
Глава 5. Математические и динамические модели процесса шлифования.....	237
5.1. Моделирование и анализ устойчивости многоконтурных систем в процессе шлифования.....	238
5.2. Определение форм колебаний шпиндельного узла плоскошлифовального станка.....	248
5.3. Определение собственных частот колебаний шпинделя.....	262
5.4. Расчёт области устойчивости при плоском шлифовании.....	267
5.5. Определение области устойчивости при шлифовании с учётом динамических характеристик шпиндельных узлов.....	272
5.6. Комплексная математическая модель процесса плоского шлифования.....	277
5.7. Математическое описание процесса шлифования.....	294
Глава 6. Исследование эффективности процесса высокоскоростного шлифования.....	306
6.1. Сила резания, удельная работа и контактная температура при шлифовании.....	306
6.2. Износ и стойкость шлифовальных кругов.....	321
6.3. Качество шлифованных поверхностей.....	343
6.4. Разработка рациональных рабочих циклов на операциях плоского шлифования.....	357
Заключение.....	375
Список литературы.....	379