

УДК 534.143:534.22.094.1(075)

ББК 30.615я73

П79

Авторы:

*Д. А. Негров, В. Ю. Путинцев, А. Р. Путинцева, А. И. Глотов, Е. В. Князев*

Рецензенты:

*И. И. Малахов*, к.т.н., доц. каф. «Специальные технические дисциплины»,  
ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ»;

*С. Н. Несов*, к.ф-м.н., ст. науч. сотр., ФГБУН «Омский научный центр  
Сибирского отделения Российской академии наук»

**Проектирование ультразвуковой оснастки** : учеб. пособие /  
П79 Д. А. Негров, В. Ю. Путинцев, А. Р. Путинцева [и др.] ; Минобрнауки  
России, Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2022. – 168 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-3544-1

Рассмотрены различные виды ультразвуковых колебательных систем и их классификация. Описан механизм влияния ультразвука на свойства сталей и сплавов, а также полимерных композиционных материалов. Представлена методика проектирования и расчета волноводной системы.

Предназначено для студентов, магистрантов и аспирантов, обучающихся по специальностям, связанным с проектированием оборудования и разработкой специальных технологий создания новых материалов.

УДК 534.143: 534.22.094.1(075)

ББК 30.615я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-3544-1

© ОмГТУ, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ .....	7
1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....	7
1.2. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ.....	20
1.3. ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ .....	26
1.4. ВИДЫ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ .....	44
1.5. ТРЕБОВАНИЯ К КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ СИСТЕМАМ.....	56
1.6. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИНСТРУМЕНТА .....	64
2. УЛЬТРАЗВУК И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ .....	78
2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....	78
2.2. МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕССЫ ДЕГАЗАЦИИ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛОВ .....	79
2.3. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ .....	84
2.4. ЗОННАЯ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ С УЛЬТРАЗВУКОМ .....	89
2.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ ИЗ РАСПЛАВА .....	93
3. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ .....	98
3.1. ДИФфуЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ .....	98
3.2. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕССЫ ФАЗОВОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ .....	101
3.3. СТАРЕНИЕ И ОТПУСК С УЛЬТРАЗВУКОМ .....	104
3.4. ЗАКАЛКА СТАЛЕЙ С УЛЬТРАЗВУКОМ .....	108
3.5. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ С УЛЬТРАЗВУКОМ.....	109
4. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА.....	112
4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....	112
4.2. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКИ.....	115

5. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	117
5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	117
5.2. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА.....	119
5.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ .....	126
6. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	130
6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	130
6.2. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СКРЫТОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ГРАФИТОМ.....	131
6.3. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМ ВОЛОКНОМ .....	135
6.4. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА .....	138
6.5. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА .....	141
6.6. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА МЕТОДОМ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА.....	143
6.7. ИЗУЧЕНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ СТРУКТУРНО-МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	148
6.8. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....	154
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	158
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	160