


ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПОЗИТЫ

 «Инфра-Инженерия»

Ю. В. ХОЛОДНИКОВ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПОЗИТЫ

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2023

УДК 66.022
ББК 35.719
X73

Рецензенты:

доктор технических наук, зам. директора по науке
НИЦ «Курчатовский институт» ИРЕА *Макаренков Дмитрий Анатольевич*;
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»
Боярских Геннадий Алексеевич;
доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет промышленных технологий и дизайна»
Лысенко Александр Александрович

Холодников, Ю. В.

X73 Промышленные композиты : монография / Ю. В. Холодников. —
Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 340 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1448-7

Дано и обосновано понятие «промышленные композиты» как самостоятельное направление развития отрасли производства изделий из композиционных материалов с полимерной матрицей. Рассмотрены материалы для производства промышленных композитов, способы производства, области применения и особенности эксплуатации. Приведены результаты исследований и экспериментов по обозначенной теме. Большое внимание уделено вопросам контроля качества изделий, как на стадии производства, так и при эксплуатации в условиях воздействия агрессивной рабочей среды. Раскрыты разработанные на уровне изобретений способы производства, дано описание изделий производственно-технического назначения из специальных видов композитов, являющихся новыми видами промышленных изделий, соответствующих, а по ряду позиций, превосходящих мировой уровень качества продукции данного вида.

Для широкого круга специалистов производственного сектора экономики, заинтересованных в развитии производства изделий производственно-технического назначения из композиционных материалов для нужд различных отраслей промышленности.

УДК 66.022
ББК 35.719

Печатается в авторской редакции

ISBN 978-5-9729-1448-7

© Холодников Ю. В., 2023

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2023

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Введение | 6 |
| 1. Патентная активность и инновационное развитие. | 9 |
| 1.1. Оценка состояния российской отрасли композитостроения | 13 |
| 2. Классификация композитов | 20 |
| 3. Виды и области применения промышленных композитов | 26 |
| 4. Композиционные материалы (КМ) | 36 |
| 4.1. Связующее | 36 |
| 4.2. Армирующие материалы | 38 |
| 4.3. Наполнители | 40 |
| 4.4. Премиксы и препреги | 42 |
| 4.5. УФ-отверждаемые КМ | 44 |
| 4.6. «Умные» (интеллектуальные) КМ | 48 |
| 4.7. Критерии выбора материалов | 49 |
| 5. Технологии и способы изготовления изделий из КМ | 51 |
| 5.1. Основные технологии производства промышленных изделий из КМ | 51 |
| 5.1.1. Контактные способы | 53 |
| 5.1.2. Инжекция/инфузия связующего в закрытые формы | 60 |
| 5.1.3. Формование деталей из препрегов и премиксов | 68 |
| 5.1.4. Прессование | 75 |
| 5.1.5. Способы изготовления изделий протяжкой | 79 |
| 5.1.6. Намотка | 84 |
| 5.1.7. Магнито-импульсное формование | 88 |
| 5.1.8. Интегральные конструкции | 88 |
| 5.1.9. Способы объемного формования | 90 |
| 5.1.10. Изготовление изделий из полимербетона/искусственного камня | 93 |
| 5.1.11. Детали, изготавливаемые методами механической обработки | 98 |
| 5.1.12. Изготовление сборных конструкций из композитов | 104 |
| 5.1.13. Футеровка | 109 |
| 5.1.14. Литье | 114 |
| 5.1.15. Ремонтные технологии | 119 |
| 5.1.16. Прототипирование и аддитивные технологии | 126 |
| 6. Защита технологического оборудования и строительных конструкций специальными композитами | 132 |
| 6.1. Назначение и область применения футеровочных покрытий | 132 |
| 6.1.1. Общие положения и рекомендации | 135 |
| 6.1.2. Требования к стальным конструкциям | 137 |
| 6.1.3. Требования к бетонным сооружениям | 142 |
| 6.1.4. Требования безопасности при подготовке поверхностей для нанесения защитного покрытия | 143 |
| 6.1.5. Подготовка и испытание образцов | 144 |
| 6.1.6. Нанесение футеровочного покрытия методом ручного ламинирования | 146 |

| | |
|--|-----|
| 6.1.7. Футеровка листовым химстойким композитом..... | 150 |
| 6.1.8. Футеровка штучными композитами | 153 |
| 6.1.9. Футеровка специальным полимербетоном | 155 |
| 6.1.10. Трубы, футерованные полимербетоном | 160 |
| 6.2. Состав исполнительной документации | 164 |
| 7. Контроль качества изделий производственно-технического назначения, изготовленных из КМ | 165 |
| 7.1. Методы контроля | 165 |
| 7.1.1. Классификация методов контроля | 165 |
| 7.1.2. Визуальный и измерительный контроль | 168 |
| 7.1.3. Разрушающий инструментальный контроль | 169 |
| 7.1.4. Неразрушающий инструментальный контроль | 172 |
| 7.1.5. Статистический контроль | 174 |
| 7.2. Технологический контроль производства | 176 |
| 7.2.1. Контроль на стадии НИОКР | 176 |
| 7.2.2. Контроль на стадии производства..... | 180 |
| 7.2.2.1. Входной контроль материалов | 180 |
| 7.2.2.2. Контроль условий работ..... | 182 |
| 7.2.2.3. Контроль работы машин и механизмов..... | 184 |
| 7.2.2.4. Пооперационный контроль качества | 184 |
| 7.2.2.5. Приемочный контроль | 185 |
| 7.2.2.6. Контроль качества полимербетона | 188 |
| 7.3. Контроль при монтаже и сборке изделия | 189 |
| 7.4. Правила ввода в эксплуатацию..... | 191 |
| 7.5. Контроль эксплуатационных параметров | 191 |
| 7.6. Контроль текущего состояния изделия | 192 |
| 7.7. Контроль соблюдения режимов обслуживания и ремонта..... | 193 |
| 8. Правила эксплуатации, обслуживания и ремонта изделий из КМ | 194 |
| 8.1. Обслуживание защитных футеровочных покрытий | 194 |
| 8.2. Дефекты ламинирования и способы их устранения..... | 197 |
| 8.3. Дефекты в изделиях из искусственного камня/полимербетона..... | 202 |
| 8.4. Состав исполнительной документации | 207 |
| 9. Техника безопасности при производстве изделий из КМ | 208 |
| 9.1. Общие правила безопасности | 208 |
| 9.2. Оптимизация режимов проветривания рабочих зон | 210 |
| 9.3. Пожарная безопасность | 212 |
| 9.4. Охрана окружающей среды | 213 |
| 9.5. Аварийные ситуации | 213 |
| НИОКРовский задел ООО СКБ «Мысль» | |
| 10. Плитка специального назначения из полимерных композитов | 215 |
| 10.1. Виды плиток | 216 |
| 10.2. Способ укладки плитки | 219 |
| 10.3. Преимущества полимерной композитной плитки..... | 222 |

| | |
|---|-----|
| 11. Исследования свойств композитов на стойкость в разных средах | 224 |
| 11.1. Стойкость в кислотной среде | 224 |
| 11.2. Химстойкость в щелочной среде | 241 |
| 11.3. Абразивостойкость композитов | 248 |
| 11.4. Ударная прочность дисперсно-наполненных композитов | 253 |
| 11.5. Влияние кварцевого наполнителя на свойства дисперсно-наполненных композитов | 258 |
| 11.6. Исследование вязкости наполненной полимерной смолы | 264 |
| 12. Физическое моделирование интегрального способа изготовления изделий из полимерного композита | 270 |
| 13. Оборудование горнодобывающей промышленности из промышленных композитов | 277 |
| 13.1. Общие принципы определения характерных размеров изделий из композитов | 286 |
| 13.2. Определение напряжений и деформаций в простейших расчетных схемах | 290 |
| 13.3. Методы расчета компонентов горно-шахтного оборудования | 296 |
| 13.3.1. Корпусные изделия в виде оболочек | 296 |
| 13.3.2. Рабочие колеса осевых вентиляторов | 305 |
| 13.3.3. Резервуары для сжатого воздуха | 309 |
| 13.3.4. Трубопроводы | 311 |
| 13.3.5. Баки и бункеры | 314 |
| 13.3.6. Соединения деталей из композитов | 319 |
| 13.4. Математическое моделирование напряженного состояния рабочей лопатки осевого вентилятора | 324 |
| Список литературы | 331 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Варианты защитных футеровочных покрытий поверхностей железобетонных емкостных сооружений, эксплуатируемых в жидких агрессивных средах | 334 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Варианты защитных футеровочных покрытий стальных резервуаров для кислот, щелочей и жидких минеральных удобрений | 337 |