

Н.С. ПЕНКИН, В.Г. КОПЧЕНКОВ, В.М. СЕРБИН, А.Н. ПЕНКИН

ГУММИРОВАННЫЕ ДЕТАЛИ МАШИН

Под редакцией **Н.С. Пенкина**

Издание 2-е, переработанное и дополненное



Москва
«Машиностроение»
2013

УДК 621.81.62.761

ББК 34.41 и 73

П25

Пенкин Н.С., Копченков В.Г., Сербин В.М., Пенкин А.Н.

П25

Гуммированные детали машин / под ред. д.т.н., проф. Н.С. Пенкина. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2013. — 245 с.: ил.

ISBN 978-5-94275-701-4

Освещены вопросы исследования, конструирования, производства, испытания и эффективности применения гуммированных деталей машин и оборудования в различных отраслях промышленности. С учетом основных критериев работоспособности разработана структурная классификация гуммированных деталей, а на основе полученного энергетического критерия — плотность поглощенной энергии при динамическом воздействии на резину абразивных частиц. Рассмотрены вопросы износостойкости эластомеров в различных абразивных средах (гидро- и газоабразивной, абразивной массе, абразивной прослойке, при кавитации и др.) и возможные механизмы изнашивания. Приведены конкретные рекомендации по проектированию наиболее распространенных гуммированных деталей. Предложенные рекомендации по применению энергетического критерия для оценки износостойкости эластомеров подтверждены экспериментально и длительной промышленной эксплуатацией. Показана высокая эффективность гуммированных деталей по сравнению с металлическими при работе в абразивных средах (в 3...10 раз выше по износостойкости).

Второе издание (1-е изд. 1977 г.) переработано и дополнено новыми материалами по работоспособности широкого круга гуммированных деталей с учетом новых данных исследований, большого опыта по конструированию и технологии изготовления и длительной эксплуатации оригинальных крупногабаритных со сложной конфигурацией и большой резиноемкостью деталей. Особое внимание удалено конструкционной износостойкости гуммированных деталей, повышению их работоспособности при сложном напряженном состоянии, т.е. тем вопросам, с которыми чаще встречаются специалисты на производстве.

Для инженерно-технических работников, конструкторов, технологов машиностроительных отраслей, а также для специалистов, занимающихся эксплуатацией и ремонтом машин с гуммированными деталями в различных отраслях, может быть использована преподавателями и студентами технических вузов и техникумов.

УДК 621.81.62.761

ББК 34.41 и 73

ISBN 978-5-94275-701-4

© Пенкин Н.С. и др., 2013

© ООО «Издательство Машиностроение», 2013

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Области применения и сроки службы гуммированных деталей машин	8
1.1. Горно-обогатительная промышленность	8
1.2. Оборудование гидроэнергетики и судовых устройств	18
1.3. Нефтяная и газовая промышленность	26
1.4. Оборудование лакокрасочной промышленности	29
1.5. Мелиоративное, дорожное и коммунальное машиностроение	34
1.6. Детали общего машиностроения	40
1.7. Классификация гуммированных деталей и основные критерии их работоспособности	44
Глава 2. Материалы, применяемые для гуммирования деталей	50
2.1. Каучуки и основные технологические и физико-механические свойства резин на их основе	50
2.1.1. Технологические свойства каучуков и резиновых смесей	50
2.1.2. Физико-механические свойства резин	51
2.1.3. Основные виды каучуков и резин, применяемых для гуммирования	54
2.2. Ингредиенты резиновых смесей	61
2.3. Клеи и растворители	64
Глава 3. Механика контактного взаимодействия и энергетический критерий оценки износостойкости резин в абразивных средах	67
3.1. Энергобаланс процесса динамического воздействия частиц с резиновой плоскостью	67
3.2. Механические потери и их влияние на износостойкость эластомеров	70
3.3. Энергетический критерий оценки износостойкости и механизмы изнашивания резин	74
3.4. Изнашивание эластомеров, учитывающее плотность поглощенной энергии	83
Глава 4. Износостойкость эластомеров в абразивных средах	89
4.1. Износостойкость и механизм изнашивания резин в гидроабразивной среде	89
4.1.1. Влияние толщины резинового слоя	92
4.1.2. Влияние скорости соударения	93

4.1.3. Влияние эластичности резины	98
4.1.4. Влияние динамического модуля	99
4.1.5. Влияние консистенции пульпы	100
4.1.6. Влияние крупности абразивных частиц	101
4.1.7. Влияние угла атаки	102
4.2. Износстойкость резин при газоабразивном изнашивании	106
4.3. Особенности изнашивания резин в абразивной массе	110
4.4. Абразивное изнашивание эластомеров о монолит при наличии водной среды	113
4.4.1. Основные закономерности изнашивания	114
4.4.2. Влияние типа каучука на износстойкость эластомеров	119
4.5. Износстойкость резин в абразивной прослойке	123
4.6. Особенности изнашивания резин при кавитации	125
4.7. Особенности изнашивания резин в жидких абразивно-агрессивных средах	130
 Глава 5. Влияние внешних факторов на работоспособность гуммированных деталей	137
5.1. Особенности резины, как конструкционного материала, для гуммирования деталей	137
5.2. Силовое взаимодействие резиновой футеровки и загрузки в барабанных рудоразмольных мельницах	141
5.3. Влияние сложного напряженно-деформированного состояния на износстойкость резиновых лифтеров	145
5.3.1. Расчет резинового элемента лифтера на сжатие с изгибом	146
5.3.2. Расчет металлорезинового элемента лифтера на сжатие со сдвигом	150
5.4. Применение способов конструкционной износстойкости для повышения работоспособности гуммированных деталей	153
5.4.1. Самофутерование поверхности резиновых секторов футеровки спиральных классификаторов как элемент конструкционной износстойкости	154
5.4.2. Конструктивные методы обеспечения прочности и жесткости футеровочных элементов	162
5.5. Прочность крепления резины к металлоарматуре	164
5.5.1. Влияние способов подготовки металла и резиновой смеси на адгезию резины к металлу	166
5.5.2. Влияние способа формования гуммированных деталей на прочность и надежность крепления резины к металлу	167
5.5.3. Влияние температуры и агрессивности среды на прочность крепления эластомеров к металлу	168

Глава 6. Основы конструирования и технология изготовления гуммированных деталей машин	172
6.1. Общие положения и учет специфических свойств эластомеров при разработке конструкций гуммированных изделий	172
6.2. Импеллеры, статоры и делители потока флотационных машин	179
6.2.1. Импеллеры и статоры	179
6.2.2. Делители потока	184
6.3. Рабочие колеса и футеровки песковых насосов	186
6.3.1. Рабочие колеса насосов	186
6.3.2. Футеровка корпуса насоса	191
6.4. Футеровка рудоразмольных мельниц	194
6.5. Гуммированные спирали классификаторов	197
6.5.1. Резиновая футеровка спиральных классификаторов больших типоразмеров	198
6.5.2. Гуммированные рабочие органы спиральных классификаторов малых типоразмеров	201
6.6. Футеровки пересыпных устройств, кузовов карьерных самосвалов и думпкаров	204
6.7. Футеровки канатных блоков, барабанов и роликоопор ленточных конвейеров	209
6.7.1. Футерование приводных, концевых и обратных барабанов	209
6.7.2. Футерование опорных роликов	212
6.7.3. Футерованные канатные блоки и шкивы	215
6.8. Просеивающие поверхности грохотов и сортировок	219
6.9. Детали пульпопроводов и запорной арматуры	226
6.10. Подшипники гидротурбин, турбобуров и судовых устройств	233
6.11. Гуммированные рабочие детали бисерных мельниц	235
6.12. Общие требования к проектированию пресс-форм крупногабаритных гуммированных изделий	238
Список литературы	243

ВВЕДЕНИЕ

Повышение производительности оборудования, экономия материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов, обеспечение конкурентоспособности на мировом рынке продукции машиностроения зависят от эффективности, надежности и долговечности, безопасности и экологичности конкретных машин и механизмов.

Для большинства машин и механизмов надежность и долговечность тесно связаны с износостойкостью их трибосопряжений. Изнашивание сопряженных деталей приводит к изменению размеров, формы и состояния их рабочих поверхностей и, тем самым, вызывает постепенное снижение функциональных качеств и производительности машин, а также возрастание вероятности износовых отказов, снижение их сроков службы.

Так, например, общая потеря материала при эксплуатации технических средств, изготавливаемых из металлов, распределяется следующим образом: на так называемый моральный износ приходится 15 %, на поломки — 15 %, остальные 70 % приходятся на повреждение поверхности деталей, из которых 55 % — износ, 15 % — коррозия. В общем износе 25 % отводится адгезионному, 8 % усталостному, 2 % коррозионному и 20 % абразивному. Хотя, существует мнение, что к абразивному износу может быть отнесено более 50 % всех проблем, связанных с износом. Затраты, связанные с последствиями абразивного износа, достаточно высоки — в пределах от 1 до 4 % национального продукта в развитых странах.

Особенно велико значение износа для быстроизнашивающихся деталей, являющихся основными элементами машин по добыче и обогащению полезных ископаемых, оборудования мелиорации, дорожного и гидротехнического строительства. Эта группа машин, предназначенных для переработки абразивных материалов, наиболее интенсивно подвергается абразивному изнашиванию.

На практике долговечность быстроизнашиваемых деталей повышают различными методами: применением легированных сталей и специальных сплавов, корунда на бакелитовой связке, каменного литья. В последнее время большое внимание уделяется вопросам повышения износостойкости быстроизнашиваемых деталей машин, работающих в абразивных средах, путем гуммирования деталей специальными сортами резин, износостойкость которых удается повысить по сравнению со стальными деталями в 3...10 раз.