



ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ГОРНЫХ МАШИН



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральные государственные бюджетные образовательные учреждения
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Т.Ф. Горбачева»**

**ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
РАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
ГОРНЫХ МАШИН**

Монография

Издательство
Томского политехнического университета
2013

УДК 622.23.05
ББК 33.21
П80

Авторы

А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов,
П.В. Бурков, С.П. Буркова, П.Д. Крестовоздвиженский

Производство и эксплуатация разрушающего инструмента
П80 **горных машин:** монография / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев,
А.М. Цехин и др.; Юргинский технологический институт. - Томск:
Изд-во Томского политехнического университета, 2013. - 296 с.

ISBN 978-5-4387-0280-1

В монографии рассмотрены конструктивные особенности, материалы, технология изготовления и методики испытания разрушающего инструмента горных машин. Приведены результаты рентгенографических и кристаллохимических исследований влияния технологических процессов порошковой металлургии на структуру, фазовый состав и свойства твердосплавного материала. Рассмотрены механизмы взаимодействия инструмента с горной породой, закономерности его изнашивания и вопросы эксплуатации инструмента на угольных шахтах РФ.

Предназначена для специалистов в области горного дела, а также для широкого круга научных работников, аспирантов и студентов вузов горных специальностей.

УДК 622.23.05
ББК 33.21

Рецензенты

Доктор технических наук заведующий лабораторией
угольной геотехники ИУ СО РАН

В.В. Аксенов

Кандидат технических наук, доцент кафедры строительных
и дорожных машин ТГАСУ

Д.Ю. Орлов

Доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой металлорежущих станков и инструментов
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева

А.Н. Короткое

ISBN 978-5-4387-0280-1

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2013
© Авторы, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная горнодобывающая промышленность остро нуждается в высокопроизводительных, надежных и безотказных машинах, агрегатах и комплексах, характеризующихся большим сроком службы, простотой и легкостью управления, малой продолжительностью ремонта и быстротой восстановления рабочих функций.

Производительность горной машины обуславливается двумя основными параметрами – ее энерговооруженностью и удельными энергозатратами процесса разрушения породы (угля). За последние 30 лет энерговооруженность горных машин существенно возросла. Например, для очистных комбайнов, работающих на мощных и средней мощности пластах, она увеличилась в 15–20 раз. Решив техническую задачу с первым параметром, конструкторы вынуждены были обратить особое внимание на снижение энергозатрат процесса разрушения породы.

Это, естественно, вызвало необходимость разработки новых конструкций режущих инструментов, материалов для их изготовления, обоснования рациональных параметров резцов, позволяющих снизить удельные энергозатраты, повысить их прочность и стойкость. Например, параметр «вылет резца» для радиальных резцов изменялся вслед за ростом энерговооруженности очистных комбайнов вначале с 65 до 80 мм, а в последние годы уже с 80 до 100 мм.

Правильный выбор режущего инструмента, схемы его расстановки и крепления на исполнительном органе позволяет увеличить производительность горной машины, обеспечивает снижение расхода резцов, сокращает время на их замену. Новый режущий инструмент имеет более широкую область применения: резцы очистных комбайнов до $f=6$, резцы проходческих комбайнов и бурильных машин $f \leq 8$.

При проектировании режущего инструмента в последнее время учтен многолетний опыт эксплуатации этого вида инструмента на горных машинах.

Современные резцы имеют рациональные параметры, что обеспечивает значительное уменьшение удельных энергозатрат процесса разрушения породы (угля).

Материал монографии базируется на отечественных стандартах для горного режущего инструмента и твердосплавных материалов, содержит подробное описание современных конструкций режущего инструмента горных машин. Рассмотрены вопросы взаимодействия инструмента с разрушаемым массивом и модели механического разрушения породы, описывающие этот процесс. Приведены конструктивные, геометрические элементы и параметры современного режущего инструмента, поставляемого на горные предприятия РФ ведущими отечественными и зарубежными заводами, фирмами, концернами.

Рассмотрены механизм, формы износа инструмента, а также технические решения, позволяющие повысить его стойкость. На основе результатов рентгенографических и кристаллохимических исследований установлено влияние технологических процессов порошковой металлургии на структуру, фазовый состав и свойства твердосплавного материала.

Приведены методики испытания горного режущего инструмента на прочность и перспективные технологические процессы его изготовления, позволяющие повысить его надежность. На основе общепринятых методик дана оценка удельного расхода режущего инструмента горных машин и условий его эксплуатации в конкретных горно-геологических условиях.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших направлений технического прогресса в горнодобывающих отраслях промышленности является комплексная механизация очистных и подготовительных работ. В настоящее время на угольных шахтах работают высокопроизводительные горные машины, комплексы нового технического уровня. Техника развивается, появляются новые материалы, новые конструктивные решения породоразрушающего инструмента, исполнительных органов горных машин. Этот прогресс должен находить своевременное отражение в печатных изданиях, которые должны периодически обновляться, переиздаваться.

Современные представления механики разрушения горных пород свидетельствуют о том, что главным действующим звеном на всех этапах развития горнодобывающей техники неизменно остается резец. Производительность очистного или проходческого комбайнов как в прежней, так и в современной высокомеханизированной шахте определяется процессом взаимодействия инструмента и разрушаемого массива.

Основная задача, которую ставили авторы книги при подготовке рукописи состояла в том, чтобы заполнить имеющийся информационный пробел, ознакомить специалистов предприятий, студентов и аспирантов вузов горного профиля с историческими аспектами развития, современным состоянием вопросов исследования, конструирования, производства и испытания разрушающего инструмента горных машин.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 3 |
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. НАЗНАЧЕНИЕ РАБОЧИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ | 5 |
| 2. УСЛОВИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРНОГО РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА | 6 |
| 3. МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД РАБОЧИМ ИНСТРУМЕНТОМ ГОРНЫХ МАШИН | 10 |
| 3.1. Моделирование методами разрывных смещений и фотоупругости | 10 |
| 3.2. Моделирование методом теории упругости | 17 |
| 4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА | 19 |
| 4.1. Определения, обозначения по конструкциям резцов | 19 |
| 4.2. Классификация, основные параметры и размеры резцов | 20 |
| 4.3. Элементы и параметры резцов | 21 |
| 4.4. Основные типы и конструктивные особенности резцов | 24 |
| 5. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНЫХ РЕЗЦОВ | 26 |
| 6. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ СТРУГОВЫХ СТАНОВОК | 30 |
| 7. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЗЦОВ | 36 |
| 7.1. История развития тангенциального инструмента | 36 |
| 7.2. Конструктивные особенности гидромеханических тангенциальных резцов, область их применения, параметры | 52 |
| 7.3. Формы и параметры головных частей тангенциальных поворотных резцов | 54 |
| 7.4. Формы и параметры твердосплавных вставок тангенциальных поворотных резцов | 57 |
| 8. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БУРОВЫХ РЕЗЦОВ | 65 |
| 8.1. Определения, обозначения по конструкции буровых резцов | 65 |
| 8.2. Твердосплавные вставки для армирования резцов вращательного бурения | 67 |
| 9. ИЗНОС РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА | 70 |
| 9.1. Терминология и критерии износа | 70 |
| 9.2. Механизм изнашивания режущих твердосплавных инструментов | 71 |

| | |
|---|------------|
| 9.2.1. Влияние формы передней грани радиальных резцов на износ | 76 |
| 9.2.2. Влияние пути резания на износ радиальных резцов | 77 |
| 9.2.3. Влияние структуры твердого сплава на износ радиальных резцов | 78 |
| 9.2.4. Влияние контактных температур на износ радиальных резцов | 79 |
| 9.2.5. Влияние скорости резания на износ радиальных резцов | 80 |
| 9.2.6. Виды поломок радиальных резцов | 80 |
| 9.3. Износ тангенциального режущего инструмента | 82 |
| 9.3.1. Формы износа тангенциальных поворотных резцов | 83 |
| 9.4. Износ буровых резцов | 86 |
| 10. КОНСТРУКЦИИ КРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ | 88 |
| 10.1. Способы крепления радиальных резцов | 88 |
| 10.2. Способы крепления тангенциальных резцов | 90 |
| 10.3. Анализ напряженного состояния крепежных устройств тангенциальных поворотных резцов | 93 |
| 11. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗЦОВ | 96 |
| 11.1. Материалы корпусов резцов | 96 |
| 11.2. Материалы для твердосплавных вставок резцов | 96 |
| 11.2.1. Вольфрамкобальтовые твердые сплавы | 96 |
| 11.2.2. Физические свойства твердых сплавов | 98 |
| 11.2.3. Механические свойства твердых сплавов | 99 |
| 11.2.5. Влияние размера карбидной составляющей WC на прочность твердосплавных вставок и пластин | 101 |
| 11.2.6. Алмазы и сверхтвердые материалы для армирования режущих инструментов | 104 |
| 11.2.7. Применение сверхтвердых материалов для изготовления радиальных и тангенциальных резцов | 105 |
| 11.2.8. Вставки буровых резцов из сверхтвердых материалов | 109 |
| 11.2.8.1. Режущие вставки синдит – твердый сплав | 109 |
| 11.2.8.2. Режущие вставки синдрил – твердый сплав | 110 |
| 11.2.8.3. Режущие вставки синдакс-3 – твердый сплав | 111 |
| 12. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА СТРУКТУРУ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА ТВЕРДОСПЛАВНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА | 113 |
| 12.1. Рентгенографические исследования внутризеренной структуры порошков твердосплавного производства и влияния на нее технологических параметров изготовления порошков | 113 |
| 12.1.1. Влияние состава и структуры исходных компонентов и условий восстановления и карбидизации на структуру вольфрама, карбида вольфрама и WC-фазы в сплавах | 113 |

| | |
|--|-----|
| 12.1.2. Некоторые вопросы кристаллохимии соединений вольфрама | 124 |
| 12.1.3. Влияние условий изготовления на структуру и свойства порошков кобальта | 128 |
| 12.2. Дефекты кристаллической решетки и пластическая деформация фазовых составляющих твердых сплавов | 130 |
| 12.2.1. Кристаллическая структура и особенности пластической деформации карбида вольфрама | 131 |
| 12.2.2. Особенности строения карбида титана и твердых растворов на его основе | 134 |
| 12.2.3. Структура кобальта и твердых растворов на его основе | 139 |
| 12.3. Рентгенографические исследования дефектов кристаллической структуры карбидов и кобальта, формирующихся при размоле | 142 |
| 12.3.1. Влияние размола на тонкую структуру карбида вольфрама | 143 |
| 12.3.2. Влияние размола на тонкую структуру карбидов переходных металлов | 148 |
| 12.3.3. Влияние размола на фазовый состав и особенности кристаллического строения кобальта | 154 |
| 12.4. Рентгенографические исследования структурных изменений фазовых составляющих твердых сплавов в процессе спекания | 155 |
| 12.4.1. Процессы возврата и рекристаллизации при нагреве в карбидных фазах твердых сплавов | 156 |
| 12.4.2. Структура и состав кобальтовой фазы в твердых сплавах, особенности фазовых переходов $\alpha \leftrightarrow \beta$ при нагреве и охлаждении | 162 |
| 12.4.3. Межфазовые микронапряжения в спеченных сплавах | 168 |
| 12.4.4. Особенности структуры поверхностных слоев спеченных твердых сплавов | 170 |
| 13. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗЦОВ | 175 |
| 13.1. Виды пазов при армировке | 175 |
| 13.2. Припой и флюсы | 177 |
| 13.3. Особенности технологии изготовления тангенциальных поворотных резцов | 178 |
| 13.4. Особенности технологии изготовления буровых резцов | 187 |
| 13.4.1. Припой для пайки бурового инструмента | 187 |
| 13.4.2. Флюсы для пайки буровых резцов | 189 |
| 13.4.3. Технологический процесс пайки буровых резцов | 191 |
| 13.4.4. Контроль качества паяного соединения | 197 |
| 13.4.5. Перспективы совершенствования технологии пайки буровых резцов | 198 |
| 13.4.6. Пайка пластин из твердого сплава | 198 |

| | |
|---|------------|
| 14. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЗЦОВ | 202 |
| 14.1. Напряженно-деформированное состояние конуса нагруженного поперечной силой | 203 |
| 14.2. Определение напряженно-деформированного состояния тангенциального поворотного резца с применением метода конечных элементов | 218 |
| 14.3. Определение напряженного состояния твердосплавных вставок тангенциальных поворотных резцов различных форм | 221 |
| 15. ОСНОВЫ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ И РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНОГО РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА | 225 |
| 15.1. Правила приемки | 225 |
| 15.2. Цели приемочных испытаний | 226 |
| 15.3. Виды приемочных испытаний | 227 |
| 15.4. Объект испытаний | 227 |
| 15.5. Условия и объем испытаний | 229 |
| 15.6. Организация и порядок проведения приемочных испытаний | 230 |
| 15.7. Методы контроля при испытаниях | 234 |
| 15.7.1. Контролируемые показатели | 234 |
| 15.7.2. Испытание резцов на усталость | 235 |
| 15.8. Определение прочности соединения резцедержателей с корпусом исполнительного органа | 238 |
| 16. СПОСОБЫ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ГОРНЫХ МАШИН | 240 |
| 16.1. Мероприятия и средства по борьбе с пылью | 240 |
| 16.2. Опыт эксплуатации средств пылеподавления на горных машинах | 241 |
| 16.2.1. Средства пылеподавления буровой установки | 242 |
| 16.2.2. Средства пылеподавления очистных комбайнов | 242 |
| 16.2.3. Средства пылеподавления проходческих комбайнов | 243 |
| 17. РЕЗУЛЬТАТЫ ШАХТНЫХ ИСПЫТАНИЙ НОВЫХ ВИДОВ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ ПОВОРОТНЫХ РЕЗЦОВ | 248 |
| 17.1. Горно-геологические условия шахтных испытаний тангенциальных поворотных резцов | 248 |
| 17.2. Методика промышленных испытаний тангенциальных поворотных резцов производства ООО «Горный инструмент» | 250 |
| 17.3. Анализ результатов испытаний тангенциальных поворотных резцов на угледобывающих предприятиях Кузбасса | 252 |

| | |
|--|-----|
| 17.4. Анализ результатов промышленных испытаний тангенциальных поворотных резцов на шахтах ОАО «Воркутауголь» | 258 |
| 17.5. Анализ результатов промышленных испытаний тангенциальных поворотных резцов типа РШ на горных предприятиях Кузбасса, шахте Хакасская и ш/у Садкинское | 265 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 267 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 268 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1 | 278 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2 | 286 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 3 | 288 |

Научное издание

ХОРЕШОК Алексей Алексеевич
МАМЕТЬЕВ Леонид Евгеньевич
ЦЕХИН Александр Михайлович
БОРИСОВ Андрей Юрьевич
БУРКОВ Петр Владимирович
БУРКОВА Светлана Петровна
КРЕСТОВОЗДВИЖЕНСКИЙ Павел Дмитриевич

**ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
РАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
ГОРНЫХ МАШИН**

Монография

Издано в авторской редакции

Научный редактор *доктор технических наук,
профессор Л. Е. Маметьев*

Компьютерная верстка *А.М. Цехин, А.Ю. Борисов*
Дизайн обложки *А.Ю. Борисов*

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета

Подписано к печати 01.10.13. Формат 60×84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 34,55. Уч.-изд. л. 31,24.
Заказ 568-13. Тираж 100 экз.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru

**Хорешок
Алексей Алексеевич**



Доктор технических наук, профессор, директор Горного института Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, профессор кафедры горно-шахтного оборудования Юргинского технологического института, заведующий лабораторией средств механизации отработки угольных пластов Института угля СО РАН.

**Борисов
Андрей Юрьевич**



Старший преподаватель кафедры горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева.

**Бурков
Петр Владимирович**



Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры транспорта и хранения нефти и газа Института природных ресурсов Томского политехнического университета, профессор кафедры сварочного производства Юргинского технологического института, профессор Томского государственного архитектурно-строительного университета.

**Маметьев
Леонид Евгеньевич**



Доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева.

**Цехин
Александр Михайлович**



Кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева.

**Крестовоздвиженский
Павел Дмитриевич**



Кандидат технических наук, начальник конструкторско-технологического отдела ООО «Горный инструмент».

**Буркова
Светлана Петровна**



Кандидат технических наук, доцент Томского политехнического университета, начальник отдела гуманитарно-экономического образования ИДО ТПУ.

**ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
РАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
ГОРНЫХ МАШИН**

ISBN 978-5-4387-0280-1



9 785438 702801

ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ