

Р.Г. Петроченков

КОМПОЗИТЫ НА МИНЕРАЛЬНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

Том 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

*Допущено
Учебно-методическим объединением
вузов Российской Федерации по образованию
в области горного дела в качестве учебного пособия
для студентов вузов, обучающихся
по специальности «Открытые горные работы»
направления подготовки
«Горное дело»*

**Высшее
горное
образование**



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2005

УДК 622.02.2

ББК 33.1

П 30

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-124/6 от 27.09.2005)

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Рецензенты:

- проф., д-р техн. наук *М.И. Щадов* (президент Международного горного конгресса);
- проф., д-р техн. наук *Л.Н. Кашпар* (кафедра Горного дела Российского университета дружбы народов)

Петроченков Р.Г.

П 30 Композиты на минеральных заполнителях: Учебное пособие для вузов: В 2 т. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2005. — Т. 2. Проектирование составов строительных композитов. — 349 с.

ISBN 5-7418-0390-3 (в пер.)

Изложена сущность формирования прочностных свойств двух- и многокомпонентных естественных и искусственных строительных композитов на основе минеральных заполнителей из горных пород и отходов различных производств с применением неорганических, органических и других типов связующих. Впервые уделено внимание влиянию не только продольных, но и поперечных напряжений в составляющих на прочностные свойства композитов. Рассмотрено влияние внутренних напряжений на прочностные свойства композитов. Дана классификация искусственных строительных композитов по характеру разрушения их составляющих. Приведены исходная база данных свойств составляющих композитов, методики и примеры расчетов комплекса физических и прочностных свойств горных пород, тяжелых, легких бетонов, полимербетонов и других композитов.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело». Может быть полезна аспирантам, а также специалистам, занятым в строительной и горно-добывающей промышленности.

УДК 622.02.2

ББК 33.1

ISBN 5-7418-0390-3

© Р.Г. Петроченков, 2005

© Издательство МГТУ, 2005

© Дизайн книги.

Издательство МГТУ, 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 5

| | |
|---|----------|
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ КОМПОЗИТОВ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕОРИЯМ ПРОЧНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ | 5 |
| 5.1. К проблеме разработки принципиально новой теории прочности естественных и искусственных двух- и многокомпонентных компо- зитов | 7 |
| 5.2. Приближенная теория прочности двухкомпонентных компози- тов без учета поперечных напряжений в их составляющих | 15 |
| 5.3. Критерии разрушения составляющих двухкомпонентных композиов в сложных видах их напряженно-деформированного состояния с применением гипотезы о существовании упругого потенциала | 19 |
| 5.4. Прочностные свойства двухкомпонентных композиов в простых случаях их напряженного состояния | 23 |
| 5.4.1. Прочность композиов при одноосном сжатии | 23 |
| 5.4.2. Прочность композиов при одноосном растяжении | 29 |
| 5.4.3. Прочность композиов при сдвиге | 33 |
| 5.4.4. Концентрационные зависимости соотношений прочности при сжатии и растяжении композиов | 35 |
| 5.5. Критерии одновременности разрушения составляющих двухкомпонентного композиа и композиа в целом | 37 |
| 5.5.1. Случай одноосного сжатия | 38 |
| 5.5.2. Случай одноосного растяжения | 39 |
| 5.6. Концентрационные зависимости прочности при сжатии двухкомпонентных строительных композиов, выраженные через упругие технические характеристики составляющих композиов | 41 |
| 5.6.1. Точные выражения для прочности при сжатии композиов общего типа | 44 |
| 5.6.2. Приближенная оценка прочности при сжатии строительных композиов общего типа | 51 |
| 5.6.3. Влияние изменения объемного относительного содержания заполнителя на прочность композиов при сжатии | 53 |
| 5.6.4. Критерий равенства прочности при сжатии двухкомпонент- ного композиа прочности при сжатии одной из его составляющих | 55 |

| | |
|---|-----|
| 5.6.5. Критерий одновременности разрушения составляющих композита и композита в целом при одноосном сжатии | 56 |
| 5.7. Критерии разрушения включений в случае малого их объемного содержания | 59 |
| 5.8. Эмпирический учет влияния пористости на упругие и прочностные свойства твердых тел | 60 |
| 5.9. Влияние внутренних напряжений в составляющих композитов на их прочностные свойства | 62 |
| 5.9.1. Прочность при сжатии | 62 |
| 5.9.2. Прочность при растяжении | 65 |
| 5.9.3. Влияние на соотношение прочности при сжатии и растяжении композитов внутренних напряжений в их составляющих | 66 |
| 5.10. Критерий «трещиностойкости» связующей части двухкомпонентных композитов с учетом условий их изготовления и эксплуатации | 67 |
| 5.11. Методы оценки напряжений в многокомпонентных композитах, приводящих к разрушению их составляющих в композитах на основании использования гипотезы о существовании упругого потенциала | 69 |
| 5.11.1. Метод «включение — конгломерат» | 69 |
| 5.11.2. Оценка прочностных свойств многокомпонентных композитов на основе знания главных напряжений в их составляющих | 70 |
| 5.12. Сравнение концентрационных зависимостей прочностей при сжатии и растяжении двухкомпонентных композитов по различным моделям | 75 |
| 5.12.1. Прочность при сжатии композитов | 75 |
| 5.12.2. Прочность при растяжении композитов | 88 |
| 5.13. Метод установления уравнений прочности композитов по известным уравнениям прочности их составляющих | 92 |
| 5.13.1. Теория метода | 92 |
| 5.13.2. Экспериментальные исследования | 100 |
| 5.13.3. Случай одноосного растяжения | 105 |

Глава 6

ВЛИЯНИЕ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ИСКУССТВЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СВОЙСТВ СОСТАВЛЯЮЩИХ

| | |
|--|-----|
| 6.1. Классификации искусственных каменных композиционных материалов по физико-механическим свойствам составляющих и их специфическому поведению в композитах | 113 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| 6.1.1. Классификация композитов по различию механических свойств и характеру напряженно-деформированного состояния их составляющих | 114 |
| 6.1.2. Классификация композитов по влиянию внутренних напряжений в составляющих композитов на их прочностные свойства | 121 |
| 6.1.3. Классификация композитов по началу разрушения одной из их составляющих (связующей части композита или заполнителя) | 123 |
| 6.2. Прочностные свойства тяжелых бетонов | 126 |
| 6.2.1. Группирование крупных заполнителей по их влиянию на прочность тяжелых бетонов при сжатии | 128 |
| 6.2.2. Влияние водоцементного отношения на прочность при сжатии тяжелых бетонов | 130 |
| 6.2.3. Влияние водоцементного отношения, расходов мелких и крупных заполнителей на эффективность использования тяжелых бетонов в строительстве | 133 |
| 6.2.4. Прочность тяжелых бетонов при сжатии в случае приближенного равенства коэффициентов Пуассона растворного камня и заполнителя | 137 |
| 6.3. Прочностные свойства собственно легких бетонов | 137 |
| 6.3.1. Зависимость прочности при сжатии собственно легких бетонов от упругих и прочностных свойств пористых заполнителей | 140 |
| 6.3.2. Влияние свойств растворного камня собственно легких бетонов на их прочность при сжатии | 142 |
| 6.3.3. Приближенная зависимость прочности при сжатии легких бетонов в случае низких значений прочностных свойств заполнителей | 143 |
| 6.4. Прочностные свойства полимербетонов | 143 |

Глава 7

| | |
|--|------------|
| МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ | 149 |
|--|------------|

| | |
|---|-----|
| 7.1. Создание исходной базы данных для оценки свойств естественных и искусственных композитов | 151 |
| 7.2. Свойства основных порообразующих минералов | 155 |
| 7.2.1. Общие сведения | 155 |
| 7.2.2. Структурные характеристики и физические свойства основных минералов, элементов и самородных металлов | 156 |
| 7.3. Физико-механические свойства связующих частей искусственных каменных композиционных материалов различных типов | 183 |

| | |
|--|-----|
| 7.4. Методика оценки комплекса физико-механических свойств горных пород по свойствам минеральных составляющих | 186 |
| 7.4.1. Оценка аддитивных свойств горных пород | 191 |
| 7.4.2. Оценка свойств пород типа обобщенной проводимости | 195 |
| 7.4.3. Оценка производных упругих характеристик пород от упругих свойств пород типа обобщенной проводимости (K и G) | 196 |
| 7.4.4. Оценка коэффициента температурного расширения породы ... | 197 |
| 7.4.5. Оценка критических параметров горных пород при их одноосном сжатии или растяжении | 198 |
| 7.5. Методика оценки комплекса физико-механических свойств двухкомпонентных искусственных композитов | 201 |
| 7.6. Методика и программное обеспечение оценки комплекса физико-механических свойств тяжелого бетона и камнебетона при различных водоцементных отношениях и содержании дополнительного песка | 210 |
| 7.6.1. Основные особенности изучения физических свойств многокомпонентных композитов с переменным составом | 210 |
| 7.6.2. Текстовый файл 76YPvlt программы 76YPv1 | 212 |
| 7.6.3. Результаты расчета физико-механических свойств композитов по различным программам и их анализ | 229 |
| 7.7. Приближенные методы оценки прочности при сжатии композитов | 239 |

Глава 8

| | |
|---|-----|
| ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ | 243 |
| 8.1. Основные задачи проектирования искусственных строительных композитов с заданными свойствами | 245 |
| 8.2. Основные факторы, обуславливающие физико-механические свойства строительных композитов | 248 |
| 8.3. Эмпирические методы установления зависимостей «состав — свойство» многокомпонентных строительных композитов | 252 |
| 8.3.1. Многомерный случай установления зависимостей в общем виде | 252 |
| 8.3.2. Трехмерный случай на примере оптимизации пустотности смеси заполнителей | 256 |
| 8.3.3. Установление зависимости свойств трехкомпонентных композиций или искусственных композитов интерполяционным методом | 262 |

| | |
|--|-----|
| 8.4. Установление зависимости прочности при сжатии вспененных пенопластов, наполненных пористыми минеральными заполнителями от свойств составляющих методом двухуровневых следов и узловых точек | 265 |
| 8.5. Экспериментальный метод оптимизация состава сухой шихты (смеси заполнителей) по объемной насыпной массе или пустотности | 270 |
| 8.6. Учет влияния удельной поверхности заполнителя на расход цемента | 277 |
| 8.7. Упрочнение связующей части композитов дисперсными частицами | 278 |
| 8.8. Пример проектирования наполненных пенопластов с оптимальными свойствами | 281 |
| 8.9. Пример установления зависимостей физико-механических свойств ячеистых бетонов от одновременного изменения пористости растворного камня и заполнителя | 287 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 299 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ К СПИСКУ ЛИТЕРАТУРЫ | 313 |
| ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ | 322 |
| УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ, ГОРНЫХ ПОРОД, ГОРНО-ПРОМЫШ- ЛЕННЫХ ОТХОДОВ, ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СВЯЗУЮЩИХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ | 334 |
| ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ | 340 |



ПЕТРОЧЕНКОВ

Ринальд Галактионович

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология, механизация и организация открытых горных работ» (ТО) Московского государственного горного университета (МГГУ).

В 1961 г. окончил Московский горный институт (МГИ) по специальности горный инженер-шахтостроитель. По распределению работал в проектной организации «Шахтспецстрой» (г. Москва) инженером, старшим инженером, руководителем группы. После

окончания аспирантуры МГИ и защиты в 1970 г. кандидатской диссертации занимал должность старшего научного сотрудника Проблемной лаборатории разрушения горных пород МГИ. В 1979—1981 гг. Р.Г. Петроченков — начальник отдела Ковровского карьероуправления (Владимирская область), где занимался проблемами комплексного использования сырья. С июня 1981 г. Р.Г. Петроченков работает в МГГУ на кафедре «Технология, механизация и организация открытых горных работ» старшим научным сотрудником Лаборатории стройматериалов, занимаясь в основном проблемами, связанными с производством новых композиционных материалов и изделий из них. С января 1992 г. по настоящее время доцент кафедры ТО Московского государственного горного университета.

Ринальд Галактионович — специалист не только в теории строительных композитов. Он многократно принимал участие в изготовлении опытных образцов, испытании опытных и опытно-промышленных их партий в основном на действующих карьерах. Под его руководством разработано и внедрено более 10 технологий производства новых видов строительных изделий.

Р.Г. Петроченков имеет более 225 печатных работ (из них 1 монография и 6 учебных пособий), 36 авторских свидетельств СССР и патентов РФ на изобретения в основном в сфере производства новых строительных изделий. Данные более 150 работ автора, в том числе часть из них с соавторами, нашли отражение в этом учебном пособии.