

- ПРОЧНОСТЬ
- МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ
- РЕСУРС
- БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ
И МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА
КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ



НОВОСИБИРСК
"НАУКА"

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ
И МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА
КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ответственный редактор
академик *Ю.И. Шокин*



НОВОСИБИРСК
"НАУКА"
2002

УДК 539.3 : 624.04
ББК 34.2
Т66

А в т о р ы

В.В. Москвичев, Н.А. Махутов, А.П. Черняев, А.А. Букаемский, А.Е. Буров, И.А. Зырянов, А.Г. Козлов, И.И. Кокшаров, Г.Г. Крушенко, А.М. Лепихин, А.С. Мишин, Л.Ф. Москвичева, Е.Н. Федорова, А.Н. Цыплюк

Трещиностойкость и механические свойства конструкционных материалов технических систем / В.В. Москвичев, Н.А. Махутов, А.П. Черняев и др. — Новосибирск: Наука, 2002. — 334 с.

ISBN 5-02-031990-2.

Приведены экспериментальные результаты исследования характеристик трещиностойкости и механических свойств малоуглеродистых, низколегированных, мартенситно-старееющих сталей и их сварных соединений, алюминиевых сплавов и бороалюминиевого композита, биметаллических композиций при статическом и циклическом нагружениях. Рассмотрены технологии применения нанопорошков химических соединений, свойства и трещиностойкость конструкционной керамики на основе оксида алюминия.

Книга рассчитана на научных работников в области конструкционного материаловедения, механики деформирования и разрушения материалов, специалистов, занимающихся вопросами проектирования и расчетов технических систем различного назначения, аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

Табл. 30. Ил. 177. Библиогр.: 408 назв.

Р е ц е н з е н т ы

доктор технических наук **О.И. Слепцов**
доктор технических наук **П.Н. Сильченко**

Утверждено к печати Ученым советом
Института вычислительного моделирования СО РАН

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Сибирского отделения РАН*

Без объявления

ISBN 5-02-031990-2

- © В.В. Москвичев, Н.А. Махутов, А.П. Черняев и др., 2002
- © Российская академия наук, 2002
- © Оформление. "Наука". Сибирская издательская фирма РАН, 2002

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА	6
ОТ АВТОРОВ	7
Г Л А В А 1	
ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	11
1.1. Конструкционные материалы для сложных технических систем	11
1.2. Методы экспериментального определения характеристик трещиностойкости	15
Г Л А В А 2	
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ	24
2.1. Характеристика сталей и методика испытаний	24
2.2. Определение характеристик упругопластического разрушения	34
2.3. Влияние температуры, скорости нагружения и технологических факторов на характеристики трещиностойкости	57
2.4. Базовые характеристики циклической трещиностойкости сталей	66
2.5. Трещиностойкость малоуглеродистых сталей при динамическом распространении трещины	69
Г Л А В А 3	
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ И ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИЯХ	79
Г Л А В А 4	
СОПРОТИВЛЕНИЕ СЛОИСТОМУ РАСТРЕСКИВАНИЮ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА И СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	90
Г Л А В А 5	
ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ПЛАКИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ	107

5.1. Особенности применения биметаллических материалов в конструкциях и изделиях повышенного ресурса	107
5.2. Материалы и методика экспериментальных исследований	110
5.3. Сопротивление разрушению биметаллических композиций при однократном нагружении	127
5.4. Кинетика разрушения биметаллов при циклическом нагружении	136
5.4.1. Построение расчетных диаграмм усталостного разрушения биметаллов	136
5.4.2. Исследование скоростей развития трещин в плакированных сталях	140
5.4.3. Развитие усталостных трещин в биметаллических образцах со сварными швами	147
5.5. Оценка характеристик трещиностойкости биметалла в экстремальных условиях испытаний	153
ГЛАВА 6	
ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МАРТЕНСИТНО-СТАРЕЮЩИХ СТАЛЕЙ	
6.1. Общая характеристика	159
6.2. Старение и упрочнение	161
6.3. Исследование фазового состава, структуры и свойств мартенситно-старяющихся сталей типа 03X11N10M2T-ВД	163
6.3.1. Влияние термической и термоциклической обработки	163
6.3.2. Металлографические исследования структуры при различных режимах термической обработки	168
6.3.3. Дилатометрический анализ и стабилизация размеров	170
6.3.4. Влияние режимов термической обработки на физико-механические свойства	172
6.4. Оценка склонности к коррозионному разрушению под напряжением	176
ГЛАВА 7	
ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	
7.1. Механические свойства и методика испытаний алюминиевых сплавов	181
7.2. Методика определения характеристик трещиностойкости	187
7.3. Исследование процессов деформирования цилиндрических образцов с использованием деформационных и энергетических характеристик	193
7.4. Зависимость характеристик разрушения от размеров трещин и образцов	205
ГЛАВА 8	
СВОЙСТВА И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ БОРОАЛЮМИНИЕВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА	
8.1. Область применения и направления исследований	224
8.2. Структура и характеристики механических свойств	227

8.3. Критерий разрушения и определение коэффициентов интенсивности напряжений	235
8.4. Трещиностойкость при статическом и циклическом нагружениях	245
Г Л А В А 9	
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОПОРОШКОВ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ	254
9.1. Нанопорошки и нанотехнологии в технике	254
9.2. Разработка способа введения нанопорошков в металлические расплавы	259
9.3. Модифицирование нанопорошками алюминия и алюминиевых деформируемых сплавов при литье слитков полунепрерывным способом	264
9.3.1. Влияние вида модификатора на измельчение зерна и механические свойства	264
9.3.2. Модифицирование слитков, предназначенных для поковок	267
9.3.3. Фильтрация расплава при литье слитков из сплава АМг6	269
9.3.4. Модифицирование крупногабаритных слитков	270
9.3.5. Влияние агрегатного состояния шихты при модифицировании нанопорошками	274
9.3.6. Влияние алюминиевой основы модифицирующих прутков и вида НП	276
9.4. Модифицирование нанопорошками алюминиевых литейных сплавов	279
9.5. Применение нанопорошков для повышения качества чугунных отливок	281
9.6. Повышение износостойкости поверхности с помощью нанопорошков	283
9.7. Сварка электродами, содержащими нанопорошки	286
9.8. Огнеупорные краски и противопопригарные покрытия для литейных форм	287
Г Л А В А 10	
СВОЙСТВА И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИОННОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ	292
10.1. Свойства и технологические режимы получения керамики	292
10.2. Методы механических испытаний и исследования физико-механических свойств керамических материалов	295
10.3. Оценка структурной неоднородности керамики на основе построения гистограмм микротвердости	298
10.4. Получение и свойства керамики на основе наноразмерных порошков оксида алюминия взрывного синтеза	305
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	308