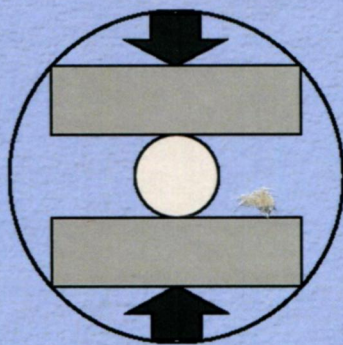


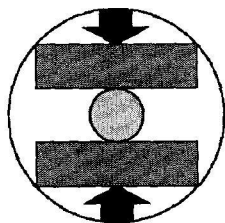
В.М. Матюнин

**ИНДЕНТИРОВАНИЕ
В ДИАГНОСТИКЕ
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ**



В.М. Матюнин

**ИНДЕНТИРОВАНИЕ
В ДИАГНОСТИКЕ
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ**



Второе издание, стереотипное

Москва
Издательский дом МЭИ
2023

УДК 621.7/9.002.3:658.56
ББК 34.43
М 353

Рецензент: доктор техн. наук, проф. НИУ «МГСУ» А.А. Гудков

Матюнин В.М.

М 353 Индентирование в диагностике механических свойств материалов / В.М. Матюнин. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский дом МЭИ, 2023. — 288 с.: ил.

ISBN 978-5-383-01668-8

Изложены научно-практические основы оперативной диагностики механических свойств конструкционных материалов по характеристикам твердости и другим параметрам индентирования. Предложены новые способы испытаний материалов индентированием с определением твердости и других механических свойств. Исследовано влияние размерного (масштабного) эффекта на твердость и прочность материалов и установлены условия физического, механического и геометрического подобий для пересчета твердости на прочность на заданном размерном уровне деформирования. Рассмотрены принципы действия и области применения современных переносных и портативных приборов отечественного и зарубежного производства для контроля твердости материалов непосредственно в изделиях.

Первое издание книги выпущено в 2015 году.

Предназначено для научных и инженерно-технических работников лабораторий диагностики и служб металлов предприятий металлургии, машиностроения, энергетики, транспорта, авиакосмоса, нефтегазохимии и других отраслей, а также для студентов и аспирантов соответствующего профиля.

Табл. 37. Ил. 128. Библиогр. 111 назв.

УДК 621.7/9.002.3:658.56
ББК 34.43

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Основные принятые обозначения	9
Глава 1. Проблема оперативной диагностики механических свойств конструкционных материалов	11
Глава 2. Основные методы испытаний материалов индентированием с определением твердости	19
2.1. Методы вдавливания	19
2.2. Методы царапания	29
2.3. Погрешности при определении твердости	30
2.4. Методика обеспечения заданной точности определения твердости	32
2.5. Взаимосвязь значений твердости, определяемых различными методами	33
Глава 3. Контактные напряжения при вдавливании сферического индентора	40
3.1. Упругий контакт	40
3.2. Критические нагрузки и параметры отпечатка при начальном упругопластическом контакте	44
3.3. Распределение интенсивности напряжений по поверхности и глубине отпечатка	48
3.4. Связь напряжений при растяжении и вдавливании в пластической области деформирования	54
Глава 4. Контактные деформации при вдавливании сферического индентора	58
4.1. Способы оценки средней контактной деформации на поверхности отпечатка	58
4.2. Распределение интенсивности деформаций по поверхности и глубине пластического отпечатка	59
4.3. Распределение плотности дислокаций по поверхности пластического отпечатка	66
4.4. Связь деформаций при растяжении и вдавливании в пластической области деформирования	68
Глава 5. Диаграммы вдавливания индентора	71
5.1. Диаграммы вдавливания индентора и их роль в развитии методов определения механических свойств материалов	71
5.2. Первичные диаграммы вдавливания в области пластической деформации	77
5.3. Первичные диаграммы вдавливания в областях упругой и упругопластической деформации	81
5.4. Диаграммы вдавливания в координатах напряжение—деформация	86
5.5. Общие признаки диаграмм вдавливания и растяжения	89

Глава 6. Специальные характеристики твердости материалов, определяемые вдавливанием сферического индентора	92
6.1. Твердость на пределе упругости.....	92
6.2. Твердость на пределе текучести.....	97
6.3. Твердость на пределе прочности.....	100
6.4. Восстановленная и невосстановленная твердость по Бринеллю.....	103
6.5. Общие замечания о специальных характеристиках твердости и других параметрах материалов, определяемых вдавливанием сферического индентора.....	107
Глава 7. Испытания материалов царапаньем	109
7.1. Общие сведения о методах испытаний материалов царапаньем.....	109
7.2. Сопротивление царапанью при использовании инденторов различной формы.....	110
7.3. Способ испытаний материалов царапаньем с регистрацией диаграмм деформирования.....	112
7.4. Твердость и удельная энергия локального разрушения материала при царапаньи.....	115
7.5. Влияние различных факторов на вид диаграмм деформирования при царапаньи.....	117
Глава 8. Размерный эффект при индентировании материалов	123
8.1. Общие понятия о размерном эффекте, размерном факторе и размерных параметрах.....	123
8.2. Влияние размерного фактора на твердость материала, определяемую методом Виккерса.....	127
8.3. Влияние размерного фактора на твердость материала, определяемую методом Бринелля.....	132
8.4. Влияние размерного фактора на твердость материала, определяемую методом царапанья.....	134
8.5. Причины проявления размерного эффекта при индентировании материалов.....	136
Глава 9. Общие закономерности проявления размерного фактора при растяжении образцов и вдавливании индентора	141
9.1. Влияние размерного фактора на предел текучести, временное сопротивление и предельную равномерную деформацию при растяжении образцов.....	141
9.2. Влияние размерного фактора на твердость на пределе текучести, твердость на пределе прочности и показатель деформационного упрочнения при вдавливании сферического индентора.....	143
9.3. Классификация размерных уровней деформирования материалов индентированием.....	145
9.4. Индентирование и растяжение материалов на одном заданном размерном уровне.....	149
9.5. Теоретическая прочность и теоретическая твердость металлов.....	151
Глава 10. Методики оперативной диагностики комплекса механических свойств конструкционных материалов индентированием	156
10.1. Новая методика определения твердости материалов вдавливанием пирамиды на разных размерных уровнях.....	156

10.2. Определение модуля нормальной упругости	161
10.3. Определение механических свойств в области малой упругопластической деформации	164
10.4. Определение механических свойств в области развитой упругопластической деформации	169
10.5. Определение характеристик прочности и пластичности при разрушении материала.....	183
10.6. Оценка склонности материалов к хрупкому разрушению	188
Глава 11. Оперативная оценка механических свойств металла индентированием при охлаждении и нагреве.....	194
11.1. Методика испытаний металла растяжением и вдавливанием при охлаждении.....	194
11.2. Общие закономерности изменения механических характеристик металла при охлаждении	196
11.3. Оперативная оценка хладостойкости и критической температуры хрупкости	199
11.4. Методика экспресс-оценки характеристик твердости и других механических свойств металла при охлаждении	206
11.5. Оценка характеристик жаропрочности.....	207
Глава 12. Диагностика механических свойств металла локальных структурных зон концентрации напряжений в изделиях машиностроения	213
12.1. Структурные зоны концентрации напряжений.....	213
12.2. Коэффициенты, учитывающие влияние размерного фактора на показатели упрочнения и твердость материалов.....	214
12.3. Методика определения механических свойств металла локальных СЗКН и ее практическое опробование.....	217
12.4. Деформационное дислокационное упрочнение и критическое напряжение, вызывающее образование трещины в СЗКН.....	218
Глава 13. Технические средства и реализация методик оперативной диагностики механических свойств конструкционных материалов индентированием	221
13.1. Приборы для определения характеристик твердости и других механических свойств конструкционных материалов, разработанные в МЭИ.....	221
13.2. Переносные и портативные приборы-твердомеры отечественного и зарубежного производства	236
13.3. Примеры высокоэффективного применения индентирования в оперативной диагностике механических свойств конструкционных материалов.....	262
13.4. Некоторые практические рекомендации	269
Заключение.....	280
Список литературы.....	283

10.2. Определение модуля нормальной упругости.....	161
10.3. Определение механических свойств в области малой упругопластической деформации	164
10.4. Определение механических свойств в области развитой упругопластической деформации	169
10.5. Определение характеристик прочности и пластичности при разрушении материала.....	183
10.6. Оценка склонности материалов к хрупкому разрушению	188
Глава 11. Оперативная оценка механических свойств металла индентированием при охлаждении и нагреве.....	
11.1. Методика испытаний металла растяжением и вдавливанием при охлаждении.....	194
11.2. Общие закономерности изменения механических характеристик металла при охлаждении	196
11.3. Оперативная оценка хладостойкости и критической температуры хрупкости	199
11.4. Методика экспресс-оценки характеристик твердости и других механических свойств металла при охлаждении	206
11.5. Оценка характеристик жаропрочности.....	207
Глава 12. Диагностика механических свойств металла локальных структурных зон концентрации напряжений в изделиях машиностроения.....	
12.1. Структурные зоны концентрации напряжений.....	213
12.2. Коэффициенты, учитывающие влияние размерного фактора на показатели упрочнения и твердость материалов.....	214
12.3. Методика определения механических свойств металла локальных СЗКН и ее практическое опробование.....	217
12.4. Деформационное дислокационное упрочнение и критическое напряжение, вызывающее образование трещины в СЗКН.....	218
Глава 13. Технические средства и реализация методик оперативной диагностики механических свойств конструкционных материалов индентированием.....	
13.1. Приборы для определения характеристик твердости и других механических свойств конструкционных материалов, разработанные в МЭИ.....	221
13.2. Переносные и портативные приборы-твердомеры отечественного и зарубежного производства	236
13.3. Примеры высокоэффективного применения индентирования в оперативной диагностике механических свойств конструкционных материалов.....	262
13.4. Некоторые практические рекомендации	269
Заключение.....	280
Список литературы.....	283