



«Методы определения твёрдости и прочности материалов»

Лекция 3

Lec_3_metod_opr_tverd_3MC_LNA_08_09_2015

**Классификация методов
оценки твердости.**

**Профессор Мощенок В.И.
Доцент Лалазарова Н.А.**

Содержание



3.1. Классификация методов оценки твердости в зависимости от показателя степени при глубине внедрения индентора



3.2. Методы определения твёрдости базирующиеся на h^1



3.3. Методы определения твёрдости базирующиеся на h^2



3.4. Методы определения твёрдости базирующиеся на h^3



3.5. Твердость по Шору



3.6. Твёрдость по Барколу



Список литературы к лекции 3



Контрольные вопросы



Задания для самостоятельной работы

3.1. Классификация методов оценки твердости в зависимости от показателя степени при глубине внедрения индентора

Основные методы определения твердости материалов в зависимости от показателя степени при глубине внедрения индентора, условно можно разделить на 3 основные группы:

1) методы определения твердости, при расчете которой в формулах применяется h^1

$$H \approx f(h^1)$$

2) методы, в которых при расчете твердости в формулах используется h^2

$$H \approx f(h^2)$$

3) методы, в которых при расчете твердости используется h^3

$$H \approx f(h^3)$$

3.2. Методы определения твёрдости базирующиеся на h^1

В первую группу относят методы, позволяющие оценивать способность материала сопротивляться внедрению в него индентора.

Понятию «твёрдость» как способности материала сопротивляться внедрению более твёрдого тела – индентора,



в наибольшей степени соответствует метод определения твердости **по Шору**,

в котором регистрируется сила сопротивления внедрению индентора, протарированная в условных единицах обратно пропорционально глубине его внедрения .

Методы определения твёрдости базирующиеся на h^1

Описание методов определения твердости, базирующихся на h^1

Название метода	Описание метода
Диаграмма индентирования	Зависимость глубины внедрения индентора от нагрузки
Работа индентирования	Площадь под нагрузочной ветвью диаграммы индентирования
Твердость по Шору	Зависимость глубины внедрения индентора от максимальной нагрузки
Твердость по Роквеллу	Относительное изменение глубины внедрения индентора при предварительной и основной нагрузках в условных единицах
Ползучесть	Изменение глубины внедрения индентора под действием постоянной максимальной нагрузки в определенном интервале времени
Вязкоупругое восстановление отпечатка в процессе разгрузки	Изменение глубины внедрения индентора при разгрузке и выдержке в течение определенного времени

Метод Шора применим лишь для узкого диапазона материалов (резина, мягкие металлы и сплавы, пластмассы). В какой-то степени возможно оценить сопротивление материала внедрению индентора и по таким критериям, как: диаграмма индентирования; работа индентирования; ползучесть.

3.3. Методы определения твёрдости базирующиеся на h^2

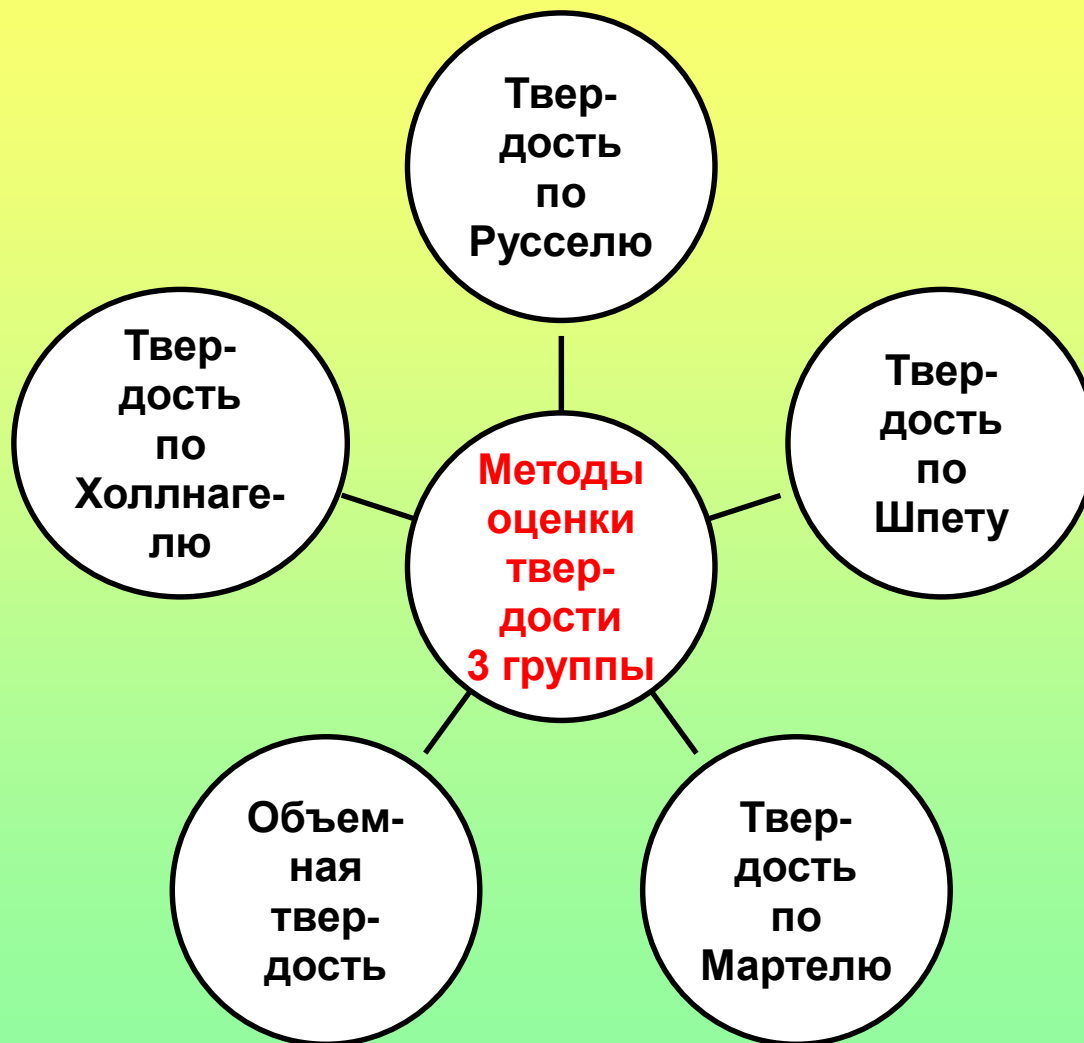


Описание методов определения твёрдости базирующиеся на h^2

Описание методов определения твердости, базирующихся на h^2 .

Название метода	Описание метода
Твердость по Бринеллю	Отношение нагрузки к площади поверхности сферического отпечатка
Твердость по Виккерсу	Отношение нагрузки к площади поверхности пирамидального отпечатка
Микротвердость по ГОСТ 9450–76	Отношение нагрузки, величиной до 2 Н, к площади поверхности пирамидального отпечатка
Твердость по Мейеру	Отношение нагрузки к площади проекции поверхности отпечатка
Твердость индентирования	Отношение максимальной нагрузки к площади проекции контакта индентора и материала
Среднее контактное давление	Отношение нагрузки к площади проекции контакта индентора и материала во всех точках нагрузочной ветви диаграммы индентирования
Твердость по Мартенсу	Отношение нагрузки к площади контакта индентора и материала в конкретных, оговоренных стандартом, точках нагрузочной ветви диаграммы индентирования
Поверхностная твердость	Отношение нагрузки к площади внедренной в материал части индентора во всех точках нагрузочной ветви диаграммы индентирования

3.4. Методы определения твёрдости базирующиеся на h^3



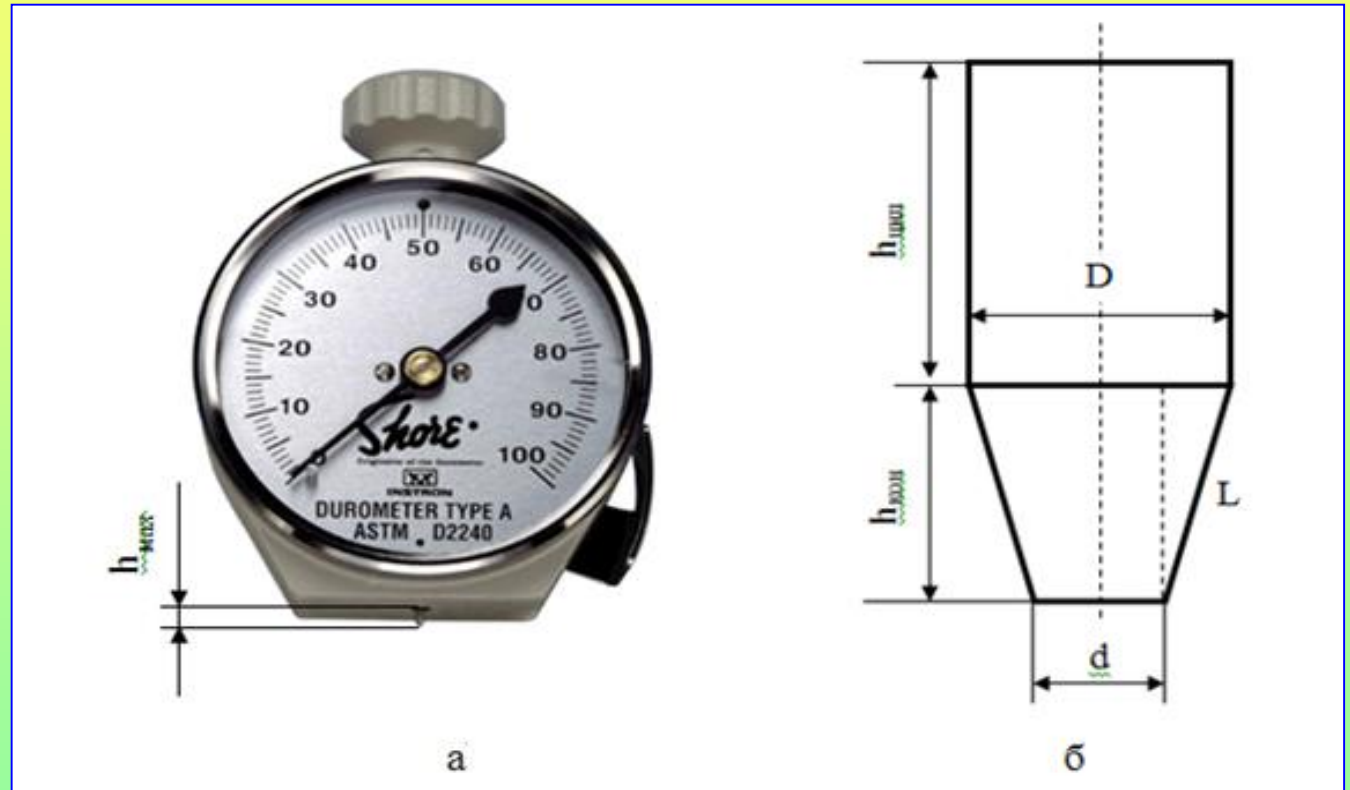
Описание методов определения твердости, базирующихся на h^3

Название метода	Описание метода
Твердость по Русселю, Холлнагелю	Отношение нагрузки к объему восстановленного отпечатка
Твердость по Шпету	Отношение нагрузки к произведению площади поверхности и глубины восстановленного отпечатка
Твердость по Мартелю	Отношение работы к объему восстановленного отпечатка
Объемная твердость	Отношение нагрузки к объему внедренной в материал части индентора во всех точках нагрузочной ветви диаграммы индентирования

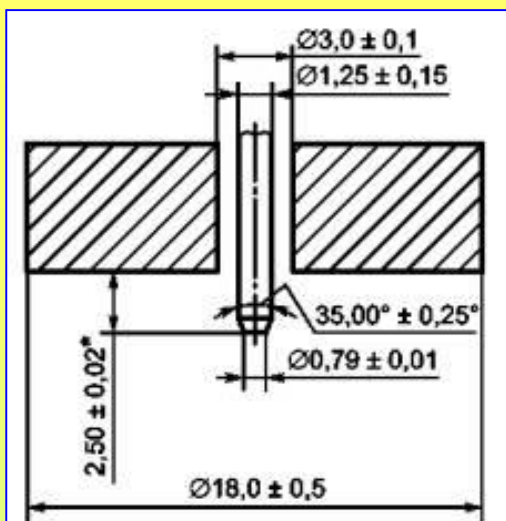
3.5. Твердость по Шору

Определение твердости в ее классическом понимании из всех известных до настоящего времени приборов обеспечивают твердомеры Шора и Баркола.

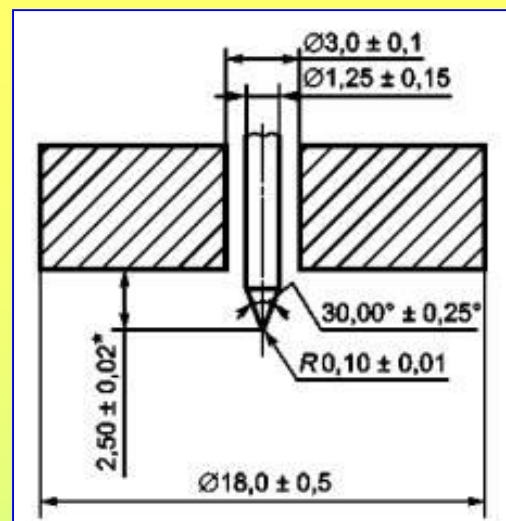
Внешний вид прибора и геометрия индентора для измерения твердости по методу Шора:



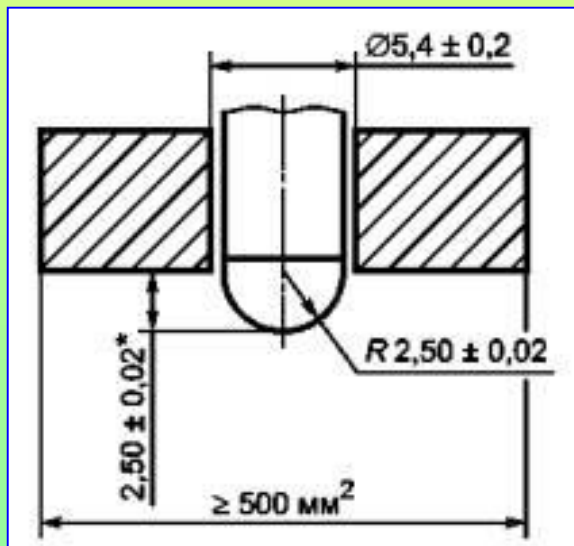
а – твердомер Шора (дюрометр); б – геометрические параметры индентора



Индентор для дюрометра типа А



Индентор для дюрометра типа D



Индентор для дюрометра типа A0

Твердость по Шору

Метод и шкала были предложены Альбертом Ф. Шором в 1920-х годах. Он же разработал соответствующий измерительный прибор, называемый дюрометром. Под твердостью по Шору понимается сила сопротивления материала вдавливанию наконечника определенной формы под действием силы давления пружины. Этот метод используется для измерения твердости таких материалов как: резины, пластмасса, эластомеры, каучуки и продуктов их вулканизации.

Твердость по Шору обозначается в виде числового значения шкалы, к которому приписывается буква, указывающая тип шкалы с явным указанием названия метода измерения твердости или прибора.

Например: **«Твердость по Шору 80А» «Твердость по Шору 50D».**

Чем больше число, тем выше твердость. Буква А определяет более мягкие значения, буква D - более твердые, причем области пересекаются.

Например, твердость полиуретанов указывается целыми числами от 0 до 100 с буквами А или D.

Твердость по Шору



Твёрдость по Шору материала протектора автомобильной шины составляет от 50А до 70А в зависимости от её назначения.

ШКАЛЫ ТВЁРДОСТИ ШОРА



Твердомеры Шора

Портативный твердомер
UIT TH-200



Измерение твердости резины, эбонита и мягких пластиков по шкале Шора А.

Твердомер модели
Elcometer 3120



**Глубина
вдавливания**

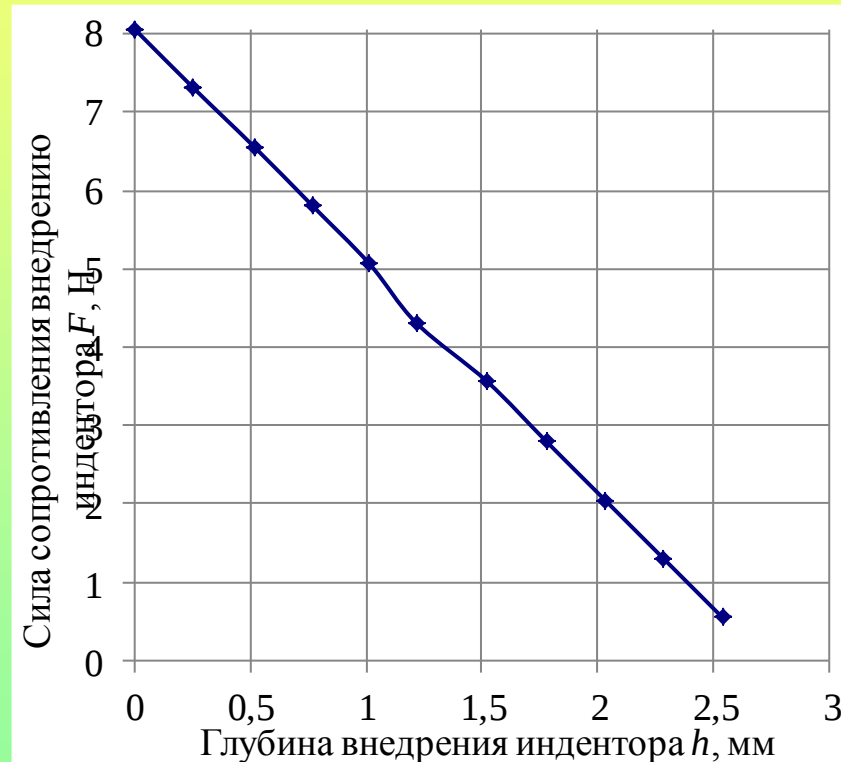


Измеряется глубина вдавливания в материал определенного индентора под действием силы в заданных условиях.
Усилие создаётся калиброванной пружиной

Твердость по Шору

Несмотря на то, что твердомер Шора предназначен для измерения резины и резинотехнических изделий, он наглядно и точно соответствует определению понятия «твердость» материалов, т.е. способности сопротивляться внедрению более твердого тела – индентора.

Если в таком приборе заменить шкалу с единицами твердости на шкалу с силой сопротивления внедрению индентора,



то с его помощью можно в ручном режиме регистрировать полную диаграмму внедрения индентора.

Тарировочная диаграмма индентирования по методу Шора

Твердость по Шору

Стандартом ISO 7619 предусмотрены следующие максимальные нагрузки: 78 г (шкала М – микро) - 4533 г (шкалы С, D, D₀) .

Многообразие применяемых форм инденторов и широкий диапазон максимальных нагрузок на них,



ТВР-А твердомер (дюрометр) Шора тип А с аналоговым индикатором

предусмотренных ISO 7619, делают прибор Шора одним из самых простых и дешевых способов определения твердости, который соответствует классическому определению этого свойства.

Однако метод оценки твердости по Шору не предназначен для металлов и сплавов вследствие малых абсолютных величин нагрузки. Ограничением также является измерение твердости всего в одной точке диаграммы индентирования при определенной нагрузке и глубине внедрения индентора, которые зависят от свойств материала.

Твёрдость по Шору

Максимальный вылет индентора от базовой поверхности и, соответственно, максимальная глубина внедрения индентора в исследуемый материал может быть равна (для твердомера Шора) 2,54 мм согласно ISO 7619, шкала А.

Зафиксировав число единиц твердости по шкале прибора, можно по тарировочным кривым определить и глубину внедрения индентора и силу сопротивления его внедрению.



В зависимости от типа применяемой шкалы изготавливаются твердомеры с различной жесткостью пружины, передающей усилие на индентор.

Аналоговый твердомер Шора, установленный на штативе

Твердость по Шору А (твёрдомер с подставкой HZ-2512D)



Твердость по Барколу

Внешний вид прибора для измерения твердости по методу Баркола:

а – конструкция твердомера ХНАДУ (Баркол)



а



б

б – твердомер согласно ASTM D2583

3.6. Твёрдость по Барколу

Твердомер Баркола аналогичен по принципу действия твердомеру Шора, но позволяет измерять твердость не только резины и кожи, но и **более твердых материалов, таких как алюминий и алюминиевые сплавы, мягкие металлы, пластик.**

Твердомером Баркола можно измерять твердость материалов в диапазоне, аналогичном твердости по Бринеллю



– от 25 до 150 единиц, определяемых шариком Ø 10 мм при нагрузке 500 кгс.

Твердомер Elcometer 3101

Но по-прежнему остается **ограничение, связанное с измерением твердости всего в одной точке диаграммы индентирования при определенной нагрузке и глубине внедрения индентора, которые также зависят от свойств материала.**

Твёрдость по Барколу

Суть метода определения твердости мягких материалов по Барколу заключается в определении глубины вдавливания стальной иглы (индентор: усеченный конус с углом при вершине 26° и диаметром плоскости $0,157\text{ мм}$. Максимальный ход измерения: $0,76\text{ мм}$.) в исследуемую поверхность под действием пружины и сравнение ее с твердостью стандартной плиты.

Твердомер оснащен аналоговым глубиномером по которому можно сразу определить твердость по Барколу и при желании возможно перевести в твердость по Бринеллю, Роквеллу или Виккерсу.



Толщина испытываемых образцов материалов от 1 мм , расстояние от края образца до индентора не менее 3 мм .

Минимальная масса ТПБа (до $0,5\text{ кг}$), **габариты** (умещается в руке) и **мобильность** (в процессе испытания задействована одна рука, не требует источников питания) позволяют применять твердомер непосредственно на производственных линиях и в цехах.

Твёрдость по Барколу

Образец помещается под заостренный наконечник - индентор измерителя твердости Барокла и к образцу прикладывается равномерное давление до тех пор пока индикация шкалы не будет достигнута максимума, индентор проникает на определенную глубину в исследуемый материал, а стрелка установится на значении, которое соответствует твердости материала (от 0 до 100).



Каждому делению на шкале соответствует глубина проникновения 0,00762 сантиметра (0,003 дюйма). Глубина проникания преобразовывается в абсолютные значения по шкале индикатора.

Список литературы к лекции 3

1) Мощенок В.И. Новые методы определения твердости материалов : монография / В.И. Мощенок. – 2-е изд. доп. и перераб. – Х. : ХНАДУ, 2013. – 324 с.

2) ISO 14577-1:2002. Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters — Part 1: Test method



Контрольные вопросы

1. На какие группы делятся методы определения твёрдости в зависимости от показателя степени при глубине внедрения индентора?

2. В чём сущность метода определения твёрдости по Шору?

3. В чём сущность методов определения твёрдости по Барколу?

Задания для самостоятельной работы

- 1. Изучить применение метода Шора в автомобильной промышленности.**
- 2. Изучить существующие принципы классификаций твёрдости.**



Кафедра технології металлов и матеріалознавства

Лалазарова Наталія Алексеевна

E-mail: lalaz1991@mail.ru

г. Харків, ул. Петровського, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М

Tel.(8-057)707-37-92

