

Властивості матеріалів

Матеріали володіють певним набором властивостей. Розрізняють фізичні, хімічні, механічні, технологічні та експлуатаційні властивості матеріалів, які зумовлюють їх застосування в тій чи іншій галузі промисловості.

До основних **фізичним** властивостям відносяться щільність, електро- і теплопровідність, намагніченість, температура плавлення, температурні коефіцієнти лінійного і об'ємного розширення та ін.

До **механічним** властивостям матеріалу відносяться міцність, пластичність, твердість, повзучість, ударна в'язкість, втома, зносостійкість.

Міцність - здатність твердого тіла пручатися деформації або руйнуванню під дією статичних або динамічних навантажень.

Твердість - здатність матеріалу чинити опір впровадженню в нього іншого, який не одержує залишкової деформації, тіла.

Пластичність - здатність матеріалу отримувати залишкове (залишається після видалення навантаження) зміна форми і розмірів без руйнування. Характеристикою пластичності є відносне подовження і звуження випробуваного зразка.

Ударна в'язкість - це міцність при динамічних навантаженнях, Дж / м²:

$$K_C = \frac{A}{F}$$

де A - робота, витрачена на руйнування зразка; F - площа зразка в місці надрізу.

Повзучість - властивість матеріалу повільно деформуватися під дією постійно розтягує навантаження, яка створює напругу нижче межі пружності даного матеріалу.

Втома матеріалу - властивість поступового накопичення пошкоджень в матеріалі під дією циклічних навантажень, що призводять до утворення тріщин і руйнування. Властивість матеріалів опиратися втоми називається **витривалість** опором втоми). Опір втоми характеризується межею витривалості.

Межа витривалості це найбільше напруження, яке матеріал може витримати без ознак руйнування після заданого числа навантажень знакозмінним вигином або іншим видом деформації при закріпленні випробуваного зразка одним кінцем.

Одним з показників опору втоми є **живучість** під якою розуміють довговічність деталі від моменту зародження перших макроскопічної тріщини втоми розміром 0,5-1,0 мм до остаточного руйнування.

Технологічні властивості характеризуються здатністю матеріалу здобувати задану форму під дією різних факторів (температури, тиску та ін.), Піддаватися механічній обробці, з'єднуватися різними методами (зварюванням, склеюванням) і т.д. Звідси впливає, що вони мають важливе значення при виборі способу виготовлення деталей, так як повинні забезпечити можливо меншу трудомісткість конструкцій.

До технологічних властивостей матеріалів відносяться ливарні властивості (рідкотекучість, усадка, схильність до ліквіації), зварюваність і оброблюваність ріжучим інструментом.

Рідкотекучість здатність розплавленого матеріалу заповнювати ливарну форму.

Усадка - зменшення лінійних розмірів (обсягу) залитого в форму матеріалу в процесі охолодження виливки.

Ліквіація - сегрегація, неоднорідність хімічного складу сплаву, що виникає при його кристалізації.

Здатність до спікання - міцність зчеплення частинок в результаті термічної обробки пресованих заготовок.

Здатність до пресування здатність порошку ущільнюватися під дією зовнішнього навантаження і забезпечувати високу міцність зчеплення частинок після пресування.

Зварюваність - здатність матеріалу давати міцне нероз'ємне з'єднання при нагріванні зварювальних кромки до температури плавлення або сказу і додатки певного тиску (ударів або стиснення).

Здатність деформуватися (ковкість) - здатність матеріалу приймати необхідну форму під дією зовнішнього навантаження без руйнування і при найменшому опорі.

Прогартуваність - здатність металу сприймати загартування на деяку глибину від поверхні.

Здатність піддаватися обробці - здатність матеріалу піддаватися обробці різанням. Критеріями оброблюваності є режими різання і якість поверхневого шару.

До експлуатаційних відносяться властивості матеріалу, що безпосередньо впливають на показники, що характеризують цільове призначення виробу.

Корозійна стійкість - опір матеріалу дії агресивних середовищ (кислотних, лужних і т.п.).

Холодостійкість - здатність матеріалу зберігати необхідні пластичні властивості при низьких робочих температурах.

Жароміцність - здатність матеріалу зберігати необхідні механічні властивості при високих робочих температурах.

Жаростійкість - здатність матеріалу чинити опір окисленню в газовому середовищі при високих температурах.

Зношуваність - властивість матеріалу змінювати розміри, форму, руйнувати поверхневий шар або змінювати стан його поверхні внаслідок залишкової деформації від постійно діючих навантажень при терті сполучених поверхонь.

Зносостійкість - здатність матеріалу чинити опір зношуванню, що оцінюється величиною зворотною швидкості зношування.

Твердість – це здатність матеріалу чинити опір проникненню в його поверхню стандартного тіла (індентора), що не деформується при випробуванні.

Широке застосування пояснюється тим, що не вимагається спеціальні зразки.

Це неруйнуючий метод контролю. Основний метод оцінки якості при термічній обробці виробу. Про твердість судять або по глибині проникнення індентора (метод Роквелла), або по величині відбитка від вдавлювання (методи Брінелля, Віккерса, мікротвердості).

У всіх випадках відбувається пластична деформація матеріалу. Чим більше опір матеріалу пластичній деформації, тим вище твердість.

Від твердості значною мірою залежить міцність деталі і стійкість поверхні її до спрацювання. На твердість випробовують усі відповідальні деталі. Для двигунів внутрішнього згоряння випробовують поршні, поршневі пальці, шатуни, шатунні болти, колінчасті вали, клапани та інші деталі.

На практиці найпоширенішими є такі методи визначення твердості металів: вдавлювання сталеві кульки (метод Брінелля); Вдавлювання алмазного конуса (метод Роквелла); Вдавлювання алмазної піраміди (метод Віккерса). Схеми випробувань представлені на рис. 1.

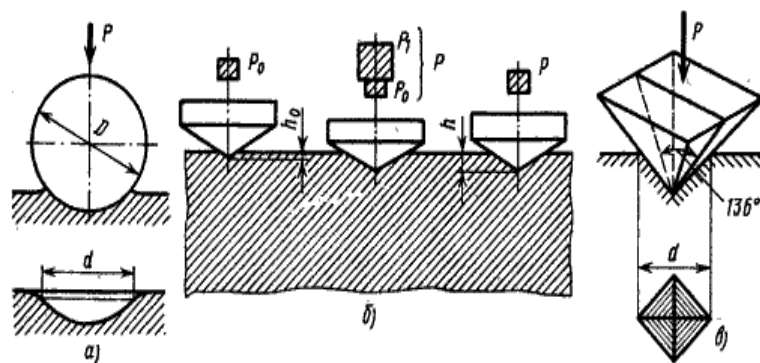


Рис. 1. Схеми визначення твердості: а – за Брінеллем; б – за Роквеллом; в – за Віккерсом

1. Твердість за Брінеллем (ГОСТ 9012)

Випробування проводять на твердомірі Брінелля (рис. 1 а)

Як індентор використовується сталева загартована кулька діаметром D 2,5; 5; 10 мм, залежно від товщини виробу.

Навантаження P , залежно від діаметра кульки і твердості, що вимірюється: для термічно обробленої сталі і чавуна – $P = 30D^2$, литої бронзи і латуні – $P = 10D^2$, алюмінія і інших дуже м'яких металів – $P = 2,5D^2$.

Тривалість витримки τ : для сталі і чавуна – 10 с, для латуні і бронзи – 30 с.

Отриманий відбиток вимірюється в двох напрямках за допомогою лупи Брінелля.

Для випробування твердості металів за цим методом застосовують прилад типу ТШ (твердомір кульковий). До нього додаються загартовані кульки з легованої сталі таких діаметрів: 2,5; 5; 10 мм (табл. 1).

Таблиця 1

Вибір діаметра кульки і навантажень залежно від товщини зразка

Товщина зразка, мм	Діаметр кульки, мм	Навантаження, Н		
		$30D^2$ для сталі й чавуну	$10D^2$ для латуні й бронзи	$2,5D^2$ для м'яких матеріалів
Понад 6	10	30 000	10 000	2500
Від 6 до 3	5	7500	2500	625
Менше ніж 2,5	2,5	1875	625	156

За методом Брінелля випробовують незагартовані вироби (твердість яких не перевищує 450 НВ), оскільки при випробуванні матеріалів з більшою твердістю сталеві кульки при вдавлюванні деформуватиметься і результати досліду будуть неправильними (неточними). Схему вдавлювання зображено на рис. .

Унаслідок вдавлювання на поверхні зразка утворюється заглибина — відбиток з діаметром D , мм.

Діаметр відбитка вимірюють бінокулярним мікроскопом МПБ-2 (рис.). Цей мікроскоп застосовують для вимірювання відбитків при випробуванні кульками діаметром 5 і 10 мм. Мікроскоп МПБ-2 вимірює відбиток з точністю до 0,05 мм (див. рис.), оптична система збільшує його в 24 рази. Для вимірювання відбитків, зроблених кулькою діаметром 2,5 мм, слід застосовувати мікроскоп з точністю вимірювання до 0,01 мм.

Твердість на приладі ТПП-2 визначають у такій послідовності: користуючись табл., вибрати відповідний режим випробування — діаметр D навантаження P Кульки і тривалість витримки T ; Встановити відповідно до навантаження тягарі на підвіску; закріпити кулькотримач з відповідним діаметром кульки; покласти зразок на предметний столик, підвести його до зіткнення з кулькою і ввімкнути прилад; після зняття зразка виміряти мікроскопом МПБ-2 (або лупою зі шкалою поділок десятих міліметра); розрахувати число твердості за Брінеллем як відношення прикладеного навантаження P до сферичної поверхні відбитка F :

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Стандартними умовами є $D = 10$ мм; $P = 3000$ кгс; $\tau = 10$ с. В цьому випадку твердість за Брінеллем позначається НВ 250.

Таблиця 2

Числа твердості за НВ

Діаметр відбитка, мм	Число твердості при навантаженні P , Н			Діаметр відбитка, мм	Число твердості при навантаженні P , Н		
	$30D^2$	$10D^2$	$2,5D^2$		$30D^2$	$10D^2$	$2,5D^2$
2,90	4440	—	—	3,30	3400	1140	384
2,95	4300	—	—	3,35	3320	1100	276
3,00	4150	—	346	3,40	3210	1070	267
3,05	4010	—	334	3,45	3110	1040	259
3,10	3880	1290	323	3,50	3020	1010	252
3,15	3750	1250	313	3,55	2930	977	245
3,20	3630	1210	303	3,60	2860	950	237
3,25	3520	1170	293	3,65	2770	923	231

Залежність між діаметром відбитка і числом твердості за Брінеллем (діаметри відбитка подано для кульки діаметром 10 мм) наведено в табл. 2.

Для визначення числа твердості HB при випробуванні кулькою діаметром 5 мм діаметр відбитка потрібно помножити на 2, а при випробуванні кулькою діаметром 2,5 мм — на 4, а потім знайти в таблиці 2 відповідну твердість.

2. Метод Роквелла ГОСТ 9013

Заснований на вдавлюванні в поверхню наконечника під певним навантаженням (рис. 1,б).

Індентор для м'яких матеріалів (до HB 230) – сталева кулька діаметром $\varnothing 1,6$ мм, для більш твердих матеріалів – конус алмазний.

Навантаження здійснюється в два етапи. Спочатку прикладається попереднє навантаження P_0 (10 кгс) для щільного зіткнення наконечника із зразком. Потім прикладається основне навантаження P_1 , протягом деякого часу діє загальне робоче навантаження P . Після зняття основного навантаження визначають значення твердості по глибині залишкового вдавлювання наконечника h під навантаженням P_0 .

Метод Роквелла. Цей метод застосовують для визначення твердості загартованих сталей та інших матеріалів, які мають високу твердість >450 HB.

За методом Роквелла твердість визначають вдавлюванням твердосплав або наконечника з алмазним конусом із кутом при вершині 120° або зі сталеву кулькою діаметром 1,59 мм. Кулькою користуються при випробуванні м'яких сталей (до 220 HB) при навантаженні 981 Н (100 кгс). Зразок кладуть на стіл твердоміра і обертанням гайки з трьома ручками піднімають його до дотику з алмазним конусом або сталеву кулькою. Обертання гайки продовжують до утворення тиску на зразок 98 Н (10 кгс) — попереднє навантаження, що показує маленька стрілка на циферблаті індикатора (шкала твердості), тобто маленька стрілка має зупинитися навпроти точки (вертикально). При цьому велика стрілка має стати майже вертикально. Обертаючи барабан встановити «0» шкали навпроти кінця великої стрілки. Циферблат має дві шкали: червону «В» — для випробування кулькою і чорну «С» і «А» — для випробування відповідно твердосплавом і алмазним конусом. Шкалою «В» користуються при вимірюванні твердості м'яких металів з твердістю 60...230 HB (незагартовані сталі, кольорові метали та їхні сплави); шкалою «С» при вимірюванні 230...700 HB (загартованих сталей) і шкалою «А» — з твердістю понад 700 HB (після хіміко-термічної обробки і твердих сплавів).

Ввімкнути електродвигун, повернувши ручку тумблера вгору. Після цього вимкнути механізм навантаження плавним коротким натисканням на клавішу. Простежити за відхиленням великої стрілки, а після її зупинення прочитати число твердості на відповідній шкалі.

Позначення твердості записують так: 35 HRB — випробування кулькою; 42 HRC — випробування конусом із твердого сплаву; 84 HRA — випробування алмазним конусом.

Залежно від природи матеріалу використовують три шкали твердості (таблиця 3).

Таблиця 3

Шкали для визначення твердості за Роквеллом

Шкала	Обозначение	Индентор	Нагрузка, кг			Область применения
			P0	P1	P2	
A	HRA	Алмазный конус < 1200	10	50	60	Для особо твёрдых материалов
B	HRB	Стальной закаленный шарик $\varnothing 1/16''$	10	90	100	Для относительно мягких материалов
C	HRC	Алмазный конус < 1200	10	140	150	Для относительно твёрдых материалов

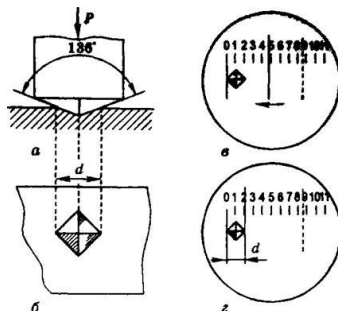
На твердість за Роквеллом випробовують шийки колінчастих валів, поршневі пальці, інструменти, тверді сплави (на різцях) та інші деталі.

3. Метод Віккерса

Твердість визначається за величиною відбитка (рис. 1 в).

Як індентор використовується алмазна чотирихгранна піраміда з кутом при вершині 136° .

Метод Віккерса застосовують для визначення твердості твердих металів і сплавів, а також надто малих деталей і тонких поверхневих шарів після цементації, азотування, ціанування тощо.



Метод Віккерса полягає в тому, що алмазний наконечник, який має форму правильної чотиригранної піраміди, вдавлюють у зразок (деталь) під дією навантаження F (P). Потім вимірюють діагональ відбитка d , який залишається після зняття навантаження. Навантаження F (P) може змінюватися від 9,8 (1) до 980 Н.

Твердість розраховується як відношення прикладеного навантаження P до площі поверхні відбитка F :

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{P}{d^2}$$

Навантаження P складає 5...100 кгс. Діагональ відбитка d вимірюється за допомогою мікроскопа, встановленого на приладі.

Число твердості за Віккерсом (HV) визначають за спеціальними таблицями, в яких наведено значення діагоналі d відбитка, визначене в міліметрах.

Перевага даного способу в тому, що можна виміряти твердість будь-яких матеріалів, тонкі вироби, поверхневі шари. Висока точність і чутливість методу.

Спосіб мікротвердості – для визначення твердості окремих структурних складових і фаз сплаву, дуже тонких поверхневих шарів (соті частки міліметра).

Аналогічний способу Віккерса. Індентор – піраміда малих розмірів, навантаження при вдавлюванні P складають 5...500 кгс

$$H_{200} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$