

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра конструювання, технічної естетики і дизайну

Методичні рекомендації

для самостійної роботи студентів при виконанні лабораторної роботи

«Визначення твердості гум по Шору»

для бакалаврів
спеціальності 132 Матеріалознавство
освітньо-професійної програми
«Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів»
дисципліна «Еластомерні матеріали і термопласти»

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Федоскіна О.В. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів при виконанні лабораторної роботи «Визначення твердості гум по Шору» для бакалаврів спеціальності 132 Матеріалознавство освітньо-професійної програми «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» дисципліна «Еластомерні матеріали і термопласти» / О.В.Федоскіна; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. 12с.

Затверджено до видання редакційною радою НТУ «Дніпровська політехніка» за поданням кафедри КТЕД (протокол № 1 від 31.08.2021) за поданням методичної комісії спеціальності 132 «Матеріалознавство» (протокол № 1 від 06.10.2021).

Подано методичні рекомендації для самостійної роботи студентів при виконанні лабораторної роботи «Визначення твердості гум по Шору» для бакалаврів спеціальності 132 Матеріалознавство освітньо-професійної програми «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» дисципліна «Еластомерні матеріали і термопласти».

Зміст

Вступ	4
Випробування гум на твердість	4
Конструкція і принцип дії твердоміра	7
Порядок проведення роботи	9
Висновки	11
Література	12

ВСТУП

Теоретичні знання, що отримані на лекціях і при самостійній роботі, повинні бути розширені, деталізовані і закріплені за рахунок лабораторних занять. Тема лабораторного заняття відповідає робочій програмі дисципліни «Еластомерні матеріали і термопласти» і напрямку підготовки бакалаврів освітньо-професійної програми «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» спеціальності 132 «Матеріалознавство».

Визначення твердості - це просте, недороге і швидке випробування, яке використовується повсюдно в гумовій промисловості. Методичні рекомендації містять теоретичну частину, методику виконання роботи і розрахунків. Представлені методичні рекомендації створені з метою допомогти студентам у виробленні умінь проводити лабораторні дослідження, обирати необхідні методи проведення випробувань та обробляти отримані результати.

В результаті навчання студент повинен знати методики виконання робіт по визначенню твердості еластомерних матеріалів з використанням сучасного обладнання, що дозволить орієнтуватися в питаннях властивостей еластомерів в умовах виробництва.

ВИПРОБУВАННЯ ГУМ НА ТВЕРДІСТЬ

Твердість - одна з важливих фізичних і експлуатаційних характеристик - вказується в більшості стандартів і технічних умов на гумові вироби. Визначення твердості проводять при контролі якості гумових сумішей і вулканізаторів, оскільки цей показник залежить як від властивостей каучуку, так і від дотримання дозувань вулканизуючої групи, наповнювачів і пластифікаторів при змішуванні. Випробування ведуть на вулканізованих зразках, що отримані безпосередньо після виготовлення суміші (експресконтроль). За ступенем твердості гуми можна розділити на кілька груп:

- гуми малої твердості
- гуми середньої твердості
- гуми підвищеної твердості.

Введення в гумову суміш активних прискорювачів і збільшення їх дозувань підвищує ступінь вулканізації гум, а отже, і їх твердість. Наповнення гум активними наповнювачами також призводить до підвищення їх твердості до певного максимального значення. Пластифікатори знижують твердість гум. Режим вулканізації також істотно позначається на твердості гум. Для більшості синтетичних каучуків при збільшенні тривалості вулканізації твердість підвищується; твердість натурального каучуку зростає

до певного значення, а потім знижується. Визначення твердості широко застосовується завдяки простоті методів випробувань, доступності і значній чутливості приладів, а також швидкості визначень. У ряді випадків випробування можна проводити на готовому виробі, не вирізаючи з нього зразка.

Твердість гуми характеризується опором вдавненню в гуму металевої голки або кульки (індентора) під дією зусилля стиснутої пружини або під дією вантажу.

Твердість виражається безрозмірною величиною або як відношення прикладеного навантаження до площі контакту індентора зі зразком.

Твердість визначають:

1) при дії на індентор приладу певного навантаження протягом заданого часу;

2) при дії на індентор приладу змінного навантаження, що створюється zdeформованою пружиною;

3) при заданому зануренні індентора в зразок протягом заданого часу (практичного застосування не має).

При цьому відповідно вимірюється глибина занурення індентора (в мм), величина деформації пружини (в умовних одиницях шкали приладу) або навантаження, що викликає задане занурення індентора.

Результати випробування залежать від наступних факторів:

1) величина навантаження на зразок;

2) величина навантаження, при якій проводиться нульовий відлік, необхідний для забезпечення контакту індентора з зразком;

3) тривалість дії навантаження;

4) форма і розміри індентора приладу і ступінь його зношеності (чим менше індентор, тим менше позначається стан поверхні і товщина зразка; в цьому відношенні доцільно застосування конічних інденторів);

5) твердість матеріалу, на який укладається зразок при випробуванні (чим більше глибина занурення індентора, то більший вплив жорсткості поверхні);

6) сили тертя між поверхнями індентора і зразка, які залежать від складу гуми, матеріалу індентора і стану поверхонь;

7) співвідношення розмірів індентора і товщини зразка, що впливає на глибину занурення індентора;

8) форма зразка;

9) відстань від краю зразка до місця занурення індентора;

10) температура випробування. Твердість можна визначати при температурах від -60 до $+150^{\circ}\text{C}$ на твердомірах, які забезпечені

нагрівальною або охолоджувальною камерою. Тривалість прогріву або охолодження зразків до випробування, температурний режим випробування строго регламентуються. Твердість гум при низьких температурах може слугувати характеристикою їх морозостійкості.

Стандарт ASTM D1415 або ISO 48 описує метод, при якому сила прикладається до індентора з постійним навантаженням. У цьому випробуванні зазвичай використовується напівсферичний індентор. Такий метод називається Міжнародною твердістю в одиницях МГТР (Міжнародні градуси твердості гуми).

Стандарт ASTM D2240 і ISO 7619 описує метод вимірювання твердості на дюрометрі (зазвичай маленький кишеньковий прилад), при якому сила прикладається до індентора через пружину. У цьому методі використовується шкала Шор А, яка схожа, але не ідентична зі шкалою МГТР, і шкала Шор Д, яка використовується для випробування вулканізаторів з великою твердістю. У цих методах також використовуються і інші шкали. Загальноприйнятого переходу від значень за шкалою Шор А до значень шкали Шор Д не існує, а є тільки грубе наближення. Крім того, тип індентора по Шору (усічений конус) відрізняється по геометрії від індентора МГТР (напівсфера).

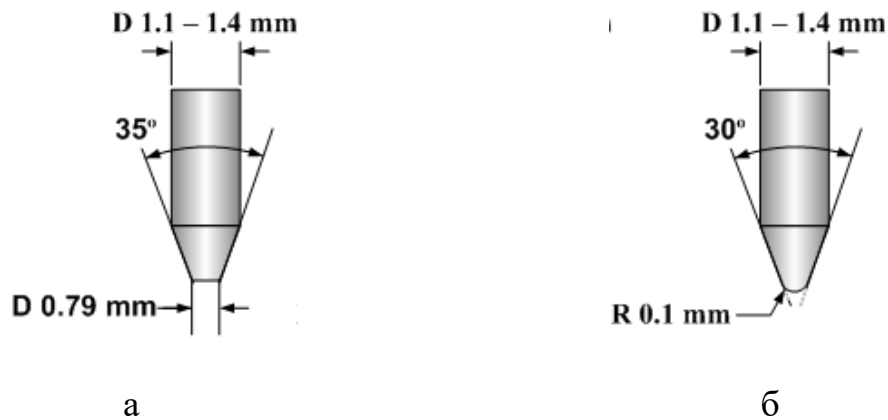


Рис. 1. Типи інденторів
а – Шор тип А, б – Шор тип Д

Для вимірювання дюрометром Шора застосовується кілька шкал, які використовуються для матеріалів з різними властивостями. Дві найбільш поширених шкали - тип А і тип Д. Шкала типу А призначена для більш м'яких матеріалів, в той час як Д для більш твердих. Крім цього стандарт ASTM D2240 передбачає в цілому 12 шкал вимірювань, що використовуються в залежності від цілей завдання; розрізняють типи А, В, С, D, DO, E, М, О, OO, OOO, OOO-S і R. Всі шкали діляться від 0 до 100

умовних одиниць, при цьому високі значення відповідають більш твердим матеріалам.

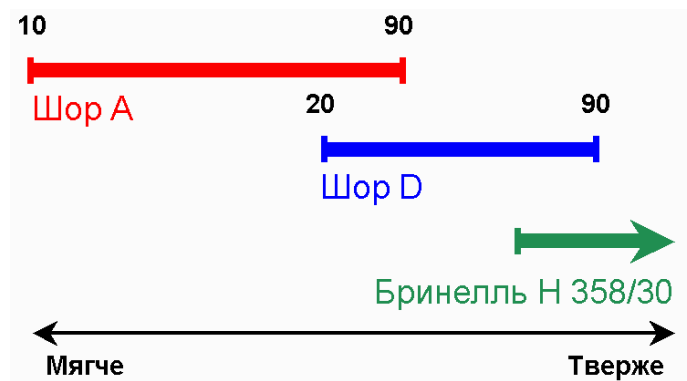


Рис. 2. Шкали твердості

Твердість по Шору є більш поширеним методом, оскільки дюрометр поміщається в руці, отже є транспортабельним і може бути використаний як в лабораторії, так і на заводі.

Випробування на твердість є частково грубими вимірами і можуть проводитися тільки при дуже обмежених деформаціях, що може не відповідати умовам експлуатації виробу. Крім того, дані, отримані в результаті цих випробувань, можуть мати великий розкид. Погана відтворюваність результатів обумовлена нерівномірністю товщини зразка, відмінностями в часі перебування индентора в зразку, тим, як прилад був встановлений і застосований, впливом країв зразка (коли випробування проводиться занадто близько до краю зразка), або, наприклад, розходженнями в геометрії зразка. Отже, ці випробування на твердість не слід вважати реальним виміром конструкторських або технічних властивостей. Але це швидкий і простий метод визначення значних відмінностей у властивостях гуми.

КОНСТРУКЦІЯ І ПРИНЦИП ДІЇ ТВЕРДОМІРА



Рис. 3. Твердомір по Шору (аналоговий) з комплектом мір твердості для перевірки і налаштування твердомірів

У практиці заводських і дослідницьких лабораторій найбільш широко застосовуються твердоміри типу Шора.

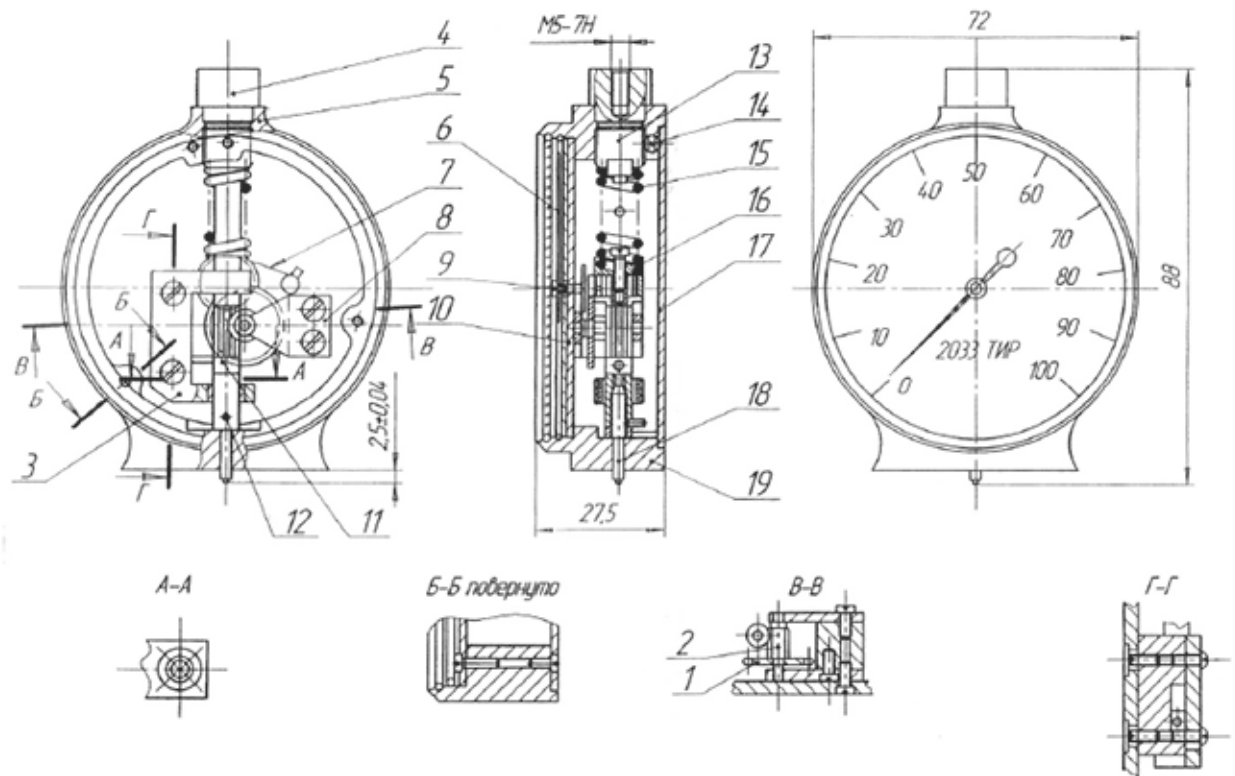


Рис.4. Конструктивна схема твердоміра

1 - колесо зубчасте; 2 - трібка; 3 - кронштейн; 4 - головка; 5 - корпус; 6 - стрілка; 7 - пружина спіральна; 8 - кронштейн; 9 - трібка центральна; 10 - плата; 11 - рейка; 12 - гвинт затискний; 13 - гвинт регулювальний; 14 - гвинт стопорний; 15 - пружина стиснення; 16 - опора; 17 - кришка; 18 - індентор; 19 - опорна поверхня

Прилад складається з корпусу 5 і механізму вимірювання сили та деформації; механізм монтують на платі 10 і кріплять до корпусу трьома гвинтами. Через нижній отвір в корпусі 5 проходить індентор 18, який вкручують в отвір для гвинта рейки 11 і закріплюють в даному положенні гвинтом 12. Рейка 11 переміщується в кулькових направляючих кронштейна 3. У верхній частині рейки закріплена опора 16, на її гвинтову частину наверхнена і спирається пружина стиснення 15. Верхній кінець пружини 15 спирається на торець гвинта 13. При переміщенні рейки 11 повертається трібка 2 з зубчастим колесом 1 і трібка 9 з насадженою на її кінець стрілкою 6. У корпус 5 вгвинчена головка 4, що служить для натискання на прилад при вимірюванні твердості і для приєднання приладу до настільного пристосування з постійним зусиллям притиску до зразка. При натисканні приладу на випробувану поверхню індентор 18 через рейку 11 і опору 16 передає зусилля опору матеріалу на пружину 15, деформуючи її.

Переміщення індентора передається через рейку 11 і зубчасту передачу на стрілку приладу, яка обертається на певний кут, виражений на шкалі одиницями твердості. При переміщенні індентора до рівня опорної поверхні приладу стрілка обертається на 280° , що відповідає 100 розподілам шкали приладу.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Мета роботи. Визначення твердості гуми по Шору А виробляється згідно ГОСТ 263-75 Резина. Метод визначення твердості по Шору А. Цей стандарт поширюється на гуму і гумові вироби та встановлює метод визначення їх твердості від 0 до 100 одиниць по Шору А. Метод полягає у вимірюванні опору гуми зануренню в неї індентора, що знаходиться під дією тарованої пружини.

1. Для випробування застосовують зразки у вигляді шайб або квадратних пластин товщиною $6 \pm 0,3$ мм. Товщина зразків повинна бути не менше 5 мм і число шарів однакової гуми не повинно перевищувати трьох. При цьому товщина верхнього шару повинна становити не менше 2 мм. Застосування зразків великої товщини необхідно, щоб виключити вплив твердої підкладки на значення показників. Використання зразків з нерівною поверхнею і з сторонніми включеннями не допускається.

2. Перед випробуванням зразки не обходимо кондиціонувати при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менше 1 год, при цьому вони повинні бути захищені від дії прямих сонячних променів. Температура випробування повинна дорівнювати $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$.

3. Виміряти товщину зразка, результат округлити до цілого числа і занести в протокол випробувань.



а



б

Рис. 5. Навантаження твердоміра

а - за допомогою спеціального пристосування; б – вручну

4. Твердомір встановлюють в спеціальне пристосування, що дозволяє створювати притискне зусилля від 10,0 до 12,5 Н, або на нього монтують центрований по осі індентора вантаж масою від 1,00 до 1,25 кг (рис. 5, а). Допускається твердомір навантажувати вручну (рис. 5, б).

5. Випробуваний зразок помістити на гладку горизонтальну поверхню. Поверхня опорного майданчика приладу повинна бути не менше 100 мм.

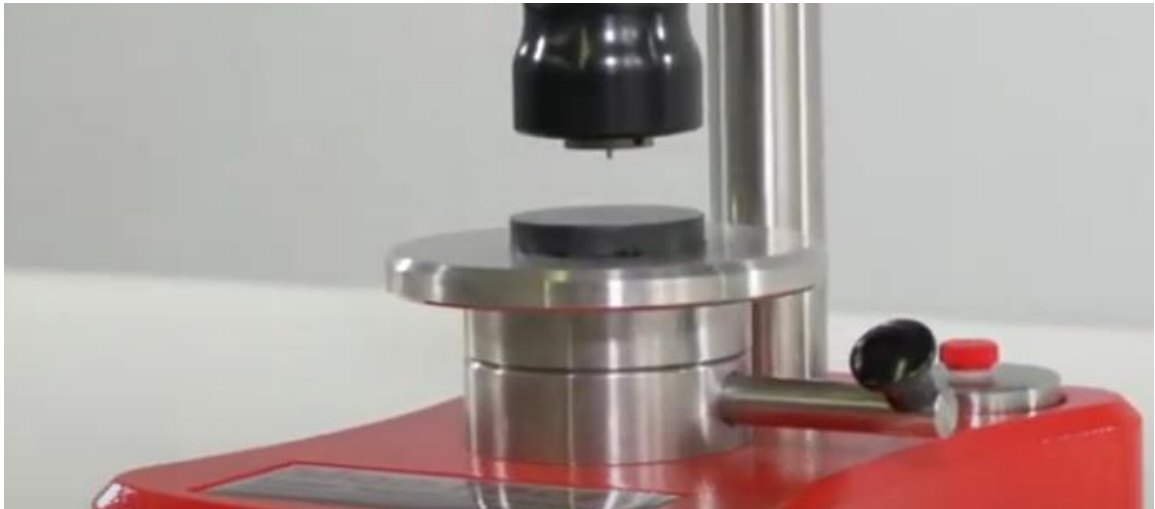
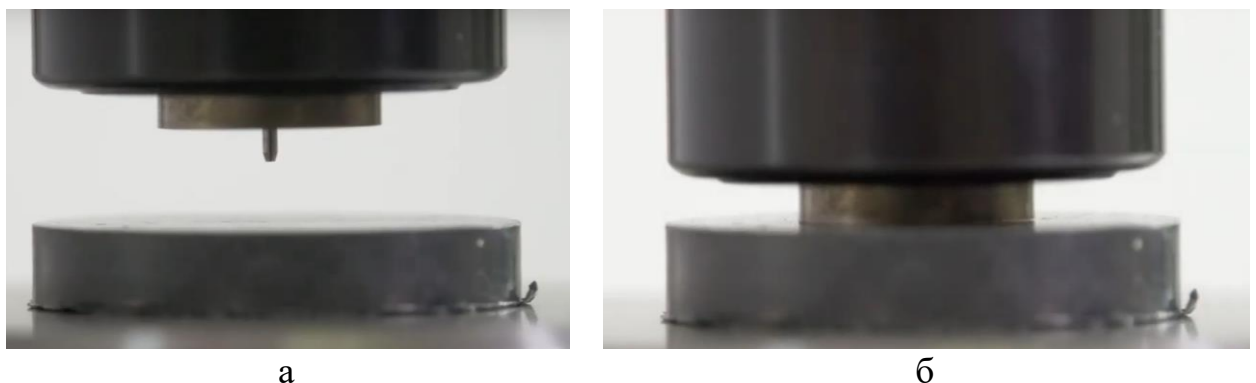


Рис.6. Розміщення випробуваного зразка

6. Твердомір встановити на зразок без поштовхів і ударів в перпендикулярному положенні так, щоб опорна поверхня майданчика стикалася зі зразком (спосіб установки виробів і зразків з них, місце вимірювання твердості та інші необхідні відомості повинні бути приведені в нормативно-технічній документації на гумові вироби та методи їх випробувань).



а

б

Рис.7. Проведення випробування

а - початковий момент

б - закінчення випробування

7. Показник твердості зафіксувати за шкалою приладу після закінчення 3 ± 1 з з моменту притиснення до зразка. При більш тривалому контактному тиску показання знімають після закінчення 15 ± 1 с, що відзначають в протоколі випробувань.

Зразок випробовувати не менше ніж в трьох точках, відстань між якими має бути не менше 5 мм, а відстань від будь-якої точки вимірювання до краю - не менше 13 мм.

Оформлення результатів випробування

За результат випробування приймають середнє арифметичне всіх вимірювань, округлене до 1,0. Допустиме відхилення кожного вимірювання від середнього арифметичного значення не повинно перевищувати ± 3 од.

Несумісними є результати, отримані при випробуванні:

- зразків, виготовлених різними способами;
- зразків різної товщини;
- зразків, що складаються з різного числа шарів;
- зразків і виробів при відліку показника через 3 і 15 с.

Результати випробувань оформити протоколом, в якому вказати:

- позначення гуми або гумового виробу;
- товщину зразка;
- спосіб виготовлення зразка;
- результат кожного вимірювання твердості в одиницях Шора А і її середнє арифметичне значення;
- дату випробування;
- позначення стандарту.

ВИСНОВКИ

Виконавши лабораторну роботу із визначення твердості еластомерних матеріалів, студент набуває знань, умінь та навичок:

- застосовувати основні технології виготовлення, оброблення та випробування матеріалів
- застосовувати сучасні методи і методики експерименту у лабораторних та виробничих умовах, уміння роботи із дослідницьким та випробувальним устаткуванням для вирішення завдань в галузі матеріалознавства

ЛІТЕРАТУРА

1. Тхір І. Г. Фізико-хімія полімерів. Навчальний посібник / Тхір І. Г., Гуменецький Т. В. - . Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. - 240 с.
2. Аскадский А.А. Химическое строение и физические свойства полимеров./ А.А. Аскадский, Ю.И. Матвеев - М., Химия, 1983. - 248с.
3. Ван Кревелен Д. Свойства и химическое строение полимеров. / Ван Кревелен Д. - М., Химия, 1976. - 416с.
4. Суберляк О. В. Теоретичні основи хімії та технології полімерів. Навчальний посібник / О. В. Суберляк, В. Й. Скорохода, Н. Б. Семенюк. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. - 340 с.
6. Липатов Ю. С. Теплофизические и реологические характеристики полимеров. Справочник / А.И. Иванченко, В. А. Пахаренко, В. П. Привалко и др. Под общ. ред. акад. Ю. С. Липатова. - Киев : Наук. думка, 1977. - 244 с.
7. Марк, Дж. Каучук и резина. Наука и технология / Дж. Марк. - М.: Интеллект, 2011. – 447 с.
8. ГОСТ 263-75 Резина. Метод визначення твердості по Шору А.