

Измерване на твърдост на метали.

Измерването на твърдост по класическите методи се свежда до деформация на изследваната повърхност. Това става с тяло от много твърд материал. Измерва се или следата която се оставя или проникването в тествания обект. Известни са методите и съответните скали на Бринел, Рокуел, Викерс и др. които се отличават най-вече по формата на тялото с което се мери (сфера, призма ...) и се прилагат в зависимост от материала чиято твърдост се мери. По тези въпроси има достатъчно литература в световната мрежа:

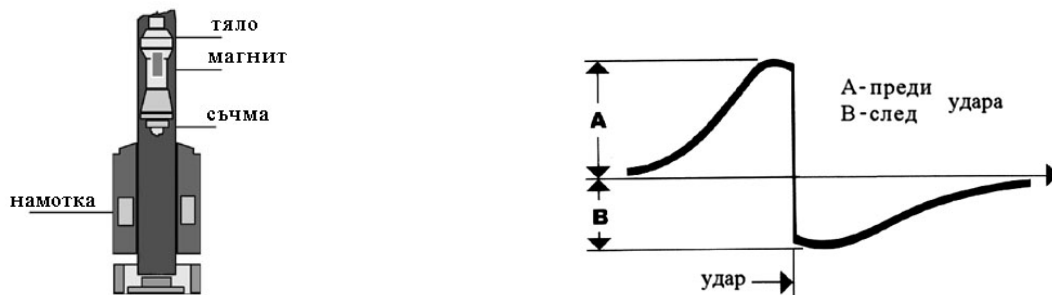
<http://www.microphotonics.com/sonohard.html>

<http://www.ndt.net/article/v06n09/frank/frank.htm>

http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/mw1_ge/kap_8/advanced/t8_4_2.html

Тема на тези бележки е друг метод на измерване (електронен) с който резултатите се получават много бързо докато “класическите” методи са бавни. Методът се състои в измерване на **отношението** между скоростта на падане и скоростта на отскачане от тестваната повърхност. Нарича се метод на рикошета (отскока) - **Rebound**. Отношението се умножава по коефициенти за да се получи твърдост по някоя от известните мерни скали (по Рокуел, Бринел ...).

Тук ще се разгледат особеностите на метода и изискванията към електронната част на уред предназначен за измерване на твърдост по този начин. Измервателната глава е цилиндър с размерите на писалка. Твърдостта се тества със съчма от волфрамов карбид (изключително твърд материал). Тя е закрепена от едната страна на тяло със специфична форма. “Писалката” се поставя перпендикулярно на измерваната повърхност и тялото (съчмата) се изстрелва към повърхността, удря се и отскача. Отношението на скоростта при отскачане към тази при падане носи информация за твърдостта – колкото е по-близо до 1 толкова материалът е по-твърд. Има изисквания към повърхността по отношение на грапавостта, чистотата и др. Скоростите на падане и отскачане се

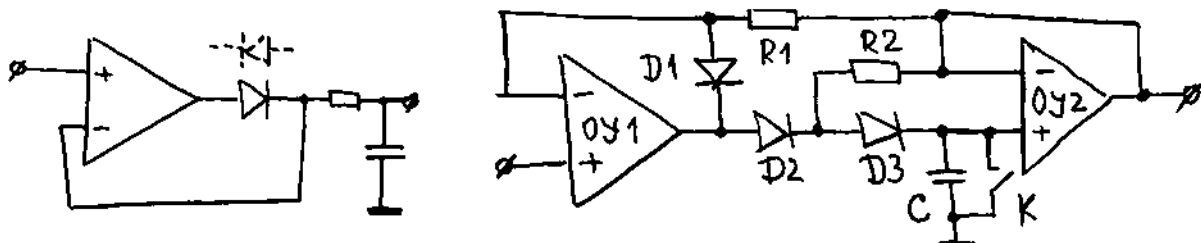


измерват чрез електромагнитна индукция – тялото със съчмата е постоянен магнит който минава през намотка намираща се в края на измервателната глава. Мястото на намотката се настройва за да се получи максимален сигнал. При измерването (удара) се получават два импулса с амплитуди които са пропорционални на скоростите на падане (А) и отскачане (В) защото индуцираното напрежение е функция на скоростта на промяната на магнитния поток ($d\Phi/dt$). Полученият сигнал е с достатъчна амплитудата и не е нужна голяма чувствителност. Проблем е времето в което се развива процеса – няколко ms. Има два подхода за изграждане на уредите работещи по този метод.

Единият предполага използването на бързи високо-разрядни АЦП (12 разряда и време за преобразуване $< 10\mu s$) и контролер който търси максимумите в двата импулса и изчислява отношението.

Вторият подход е значително по-прост. За целта са необходими два върхови изправителя (детектора) за запомняне на амплитудите на импулсите и схема за измерване. Ако уредът е преносим е достатъчно да се използва интегрална схема на волтметър, например ICL7106. За входно напрежение се подава импулсът при отскачане, а за опорно – импулсът при падането на измервателното тяло. С промяна на коефициентите на входните делители показанието се получава съгласно някоя от стандартните скали за твърдост (по Рокуел, Бринел и т.н.). Ако е необходима статистика, документиране и др. вместо волтметър се използва прост микроконтролер с АЦП.

Вторият подход е много по-евтин, но изисква схеми на върхови детектори. Има достатъчно добри готови интегрални схеми дадени в допълнителната литература. Когато задачата е много ниска цена, може да се използва схемата показана по-долу. В сравнение с типична схема на върхов



детектор (вляво) в тази има допълнителни елементи които подобряват основните параметри – бързодействие и време на запазване на резултата.

При класическата схема, когато входният сигнал стане по-малък от този до който е зареден кондензатора, диодът се запушва и напрежението върху кондензатора е равно на максималното (по абсолютна стойност) във входния сигнал. Тогава операционният усилвател остава без обратна връзка и се насища – изходното му напрежение е близо до захранващото. Излизането от насищане на операционните усилватели е относително бавно. Това означава, че при следващ импулс ще е необходимо време на схемата да влезе в режим, т.е кратки импулси ще бъдат пропуснати. Друг проблем е разреждането на запомнящия кондензатор – следващото стъпало трябва да е с високо входно съпротивление. Изискванията към стойността на кондензатора са противоречиви – от една страна трябва да е малък за да запомня бързо, от друга да е голям за да помни дълго.

Схемата вдясно до голяма степен изпълнява изискванията. Първият операционен усилвател е с голямо бързодействие, малък дрейф и малко изходно съпротивление – бързо достига върховата стойност и зарежда кондензатора. За бързодействието помага диодът D1 който затваря обратната връзка когато входният сигнал започне да спада и операционният усилвател не се насища. При нарастване на сигнала обратната връзка е през D2, D3, изхода на OY2 и R2. Когато сигналът започне да спада диодите D2 и D3 се запушват и на изхода на схемата се получава максималната стойност на сигнала запомнена в кондензатора.

Разреждането на кондензатора определя колко дълго ще се помни върховата стойност. Кондензаторите които се ползват на практика нямат саморазряд – остава входният ток на операционния усилвател и обратният ток на диода D3. Задължително OY2 е с полеви транзистори на входа (MOS или FET) и е с много малък входен ток. Обратният ток на бързите (импулсни) диоди е значителен. В схемата той се намалява като между анода и катода на D3 се поддържа напрежение приблизително нула. Този подход изисква използване на два диода – D2 и D3.

Преди всяко измерване кондензаторът трябва да се разрежда. Ключът е или механичен или MOS транзистор (аналогова ИС – 4016, 4066, 405x ...) с малка утечка.

В допълнителната литература са дадени и други методи за измерване. Интересен е ултразвуковия - [hardnessfaq.pdf](#), [faq2](#).

Въпроси:

1. Какъв е принципът на работа на измервателя на твърдост по метода на рикошета?
2. Как от измерените скорости се определя твърдостта?
3. Формулирайте изискванията към електронния измерител на твърдост?
4. Какви са проблемите пред върховия детектор?
5. Как се намалява разреждането на запомнящия кондензатор?