



Keménységmérési módszerek és iránymutatás a berendezések kiválasztásához

Módszerek	Mikro-keménység (Mikro-Vickers)	Mikro felületi karakterisztikák	Vickers	Rockwell	Super-Rockwell	Brinell	Shore	Szivacs, gumi, és műanyag esetén	Hordozható Visszapat-tanás elvén működő
Anyag									
IC tok	●	●							
Keményfém, kerámia (vágószerszámok)		▲	●	●					
Acél (hőkezelt anyagok, nyersanyagok)	●	▲	●	●	●		●		●
Színesfémek	●	▲	●	●	●				●
Műanyagok		▲		●				●	
Köszőrűkő				●					
Öntvény						●			
Szivacs, gumi								●	
Alak									
Vékony lemez (borotva, fémfólia)	●	●	●		●				
Vékony film, galvanizált, festett felület (nitrid réteg)	●	●							
Kis alkatrészek, tűszerű alkatrészek (karóra, varrógéptű)	●	▲							
Nagy minta (szerkezet)						●	●		●
Fémes anyag-összetételek (edzett fázisú multi-öntvények)	●	●							
Műanyag lemez	▲	▲		●				●	
Szivacs, gumilap								●	
Alkalmazás									
Anyagok fizikai tulajdonságai	●	●	●	●	●	●	●	●	▲
Hőkezelési folyamat	●		●	●	●		▲		▲
Mély-cementálás	●		●						
Nemesítés	●		●		●				
Láng- vagy nagyfrekvenciás edzés	●		●	●					
Edzhetőségi vizsgálat			●	●					
Hegesztés maximum keménysége			●						
Hegesztési keménység			●	●					
Magas hőmérsékletű edzés (magas hőmérsékleti karakterisztikák, meleg-megmunkálás)			●						
Törési szívósság (kerámia)	●		●						

Jelek: ● Alkalmas ▲ Igen alkalmas

Keménységmérési módszerek

(1) Vickers

A Vickers keménység a legszélesebb körben alkalmazott vizsgálati eljárás. Széles körű alkalmazhatóságát a kis terhelés alkalmazásának köszönheti, ahol a terhelés kisebb mint **9.807N** (1kgf). Ahogy a lenti képlet is jól mutatja, a Vickers keménység meghatározható az F (N) terhelőerő és a kontaktfelület S (mm²) hányadosaként, amely a behatolótest lenyomatának d (mm, a két átló méretének átlaga) átlója alapján számolható (behatolótest egy $\theta=136^\circ$ lapszögű piramis). A k egy állandó ($1/g=1/9.80665$).

$$HV=k \frac{F}{S}=0.102 \frac{F}{S}=0.102 \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2}=0.1891 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F:N \\ d:mm \end{matrix}$$

A Vickers keménység számítási hibája az alábbi képlettel adott, ahol Δd_1 , Δd_2 , és 'a' jelenti a mikroszkóp mérési hibáját, a leolvásás hibáját, és a keletkezett élvonal hibáját. A $\Delta \theta$ egysége szög.

$$\frac{\Delta HV}{HV} \approx \frac{\Delta F}{F} - 2 \frac{\Delta d_1}{d} - 2 \frac{\Delta d_2}{d} - \frac{a^2}{d^2} 3.5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

(2) Knoop

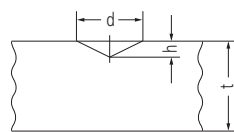
Ahogy a következő képlet is mutatja, a Knoop keménység a lenyomat vetített felületét A (mm²) veszi figyelembe, amely a hosszabb d (mm) átló alapján számolható. Itt a behatolótest egy rombusz keresztmetszetű gyémánt gúla (szemközi élszög $172^\circ 30'$ és 130°). A Knoop keménység Mikro-Vickers keménységmérő berendezésen is mérhető Knoop behatolótest alkalmazásával.

$$HK=k \frac{F}{A}=0.102 \frac{F}{A}=0.102 \frac{F}{cd^2}=1.451 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F:N \\ d:mm \\ c:\text{állandó} \end{matrix}$$

(3) Rockwell és Super-Rockwell

A Rockwell vagy Super-Rockwell keménység esetén minden esetben először előterhelést alkalmazunk, majd azt követi a főterhelés, amely után visszáll az előterhelés. A behatolótest egy gyémántkúp (csúcshög: 120° , csúcshög: 0.2mm) vagy gyémántgömb (acél vagy keményfém golyó). A keménység érték az előterhelés és a főterhelés közötti behatolási mélység különbsége h (μm) alapján számolható. Rockwell esetén az előterhelés 98.07N, Super-Rockwell esetén 29.42N. Az alkalmazott szimbólum megadja a behatolótest típusát, a terhelőerőt és a keménység képletét. A Japanese Industrial Standards (JIS) számos skálát ad meg a kapcsolódó keménységhez.

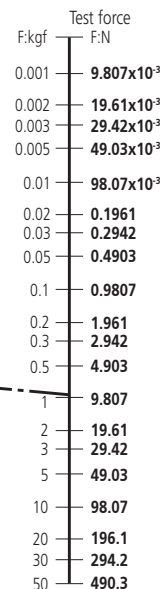
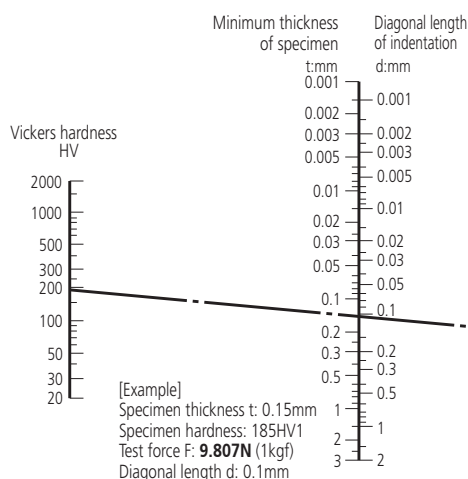
Vickers keménység és a minimum mintavastagság közötti kapcsolat



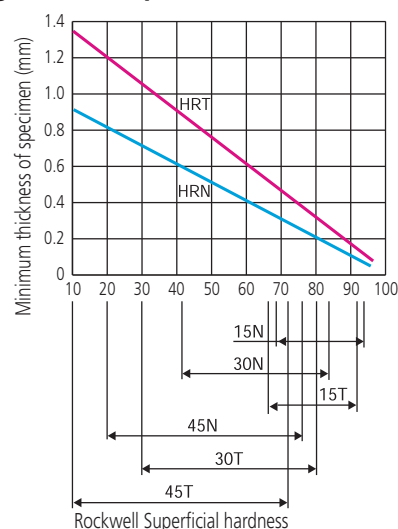
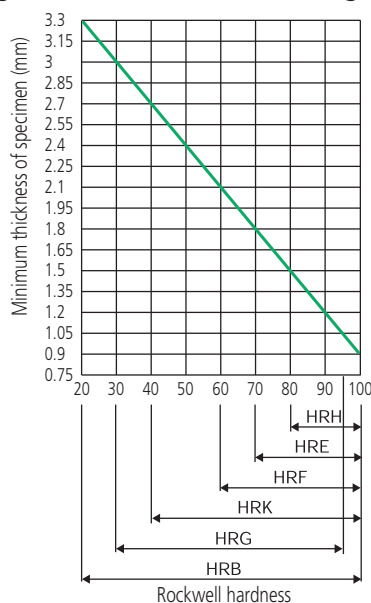
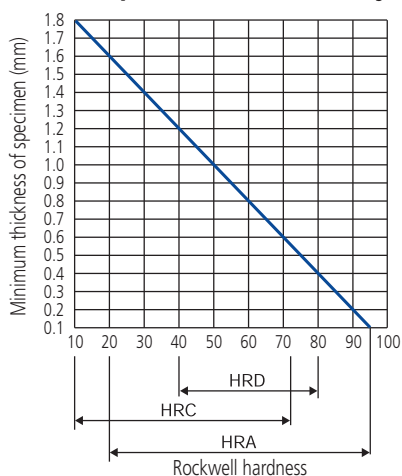
$$HV = 0.1891 \frac{F}{d^2}$$

$t > 1.5d$
 $h \approx d/7$

t: Thickness of specimen (mm)
 d: Diagonal length (mm)
 h: Depth of indentation (mm)



Rockwell/Super-Rockwell keménység és a minimum mintavastagság közötti kapcsolat



Rockwell keménység skála

Skála	Behatolótest	Erő (N)	Alkalmazás
A	Gyémánt	588.4	Keménység, vékony acéllemez Önkeményedő acél Acél (nagyobb mint 100HRB vagy kisebb mint 70HRC)
D		980.7	
C		1471	
F	Golyó, átmérő 1.5875mm	588.4	Csapágyanyagok, lágyított réz Sárgaréz Kemény alumíniumöntvény, berillium-réz, foszfor-bronz
B		980.7	
G		1471	
H	Golyó, átmérő 3.175mm	588.4	Csapágyanyagok, köszörűkő Csapágyanyagok
E		980.7	
K		1471	
L	Golyó, átmérő 6.35mm	588.4	Műanyag, vezetők
M		980.7	
P		1471	
R	Golyó, átmérő 12.7mm	588.4	Műanyag
S		980.7	
V		1471	

Super-Rockwell keménység skála

Skála	Behatolótest	Erő (N)	Alkalmazás
15N	Gyémánt	147.1	Vékony, karbid vagy nitrid keménységű acélon
30N		294.2	
45N		441.3	
15T	Golyó, átmérő 1.5875mm	147.1	Vékony lágyacél lemez, sárgaréz, bronz, stb.
30T		294.2	
45T		441.3	
15W	Golyó, átmérő 3.175mm	147.1	Műanyag, cink, csapágyöntvény
30W		294.2	
45W		441.3	
15X	Golyó, átmérő 6.35mm	147.1	Műanyag, cink, csapágyöntvény
30X		294.2	
45X		441.3	
15Y	Golyó, átmérő 12.7mm	147.1	Műanyag, cink, csapágyöntvény
30Y		294.2	
45Y		441.3	

Kalibráló hasábok: Terhelőerő Rockwell és Super Rockwell esetén

No.		Rockwell keménység			Super-Rockwell keménység		
Előterhelés	N	98,07			29,42		
	kgf	10			3		
Főterhelés	N	588,4	980,7	1471	147,1	294,2	441,3
	kgf	60	100	150	15	30	45
Gyémánt behatótest	A	D	C	15N	30N	45N	
Gömb (coll)	Ø 1/16"	F	B	G	15T	30T	45T
	Ø 1/8"	H	E	K	15W	30W	45W
	Ø 1/4"	L	M	P	15X	30X	45X
	Ø 1/2"	R	S	V	15Y	30Y	45Y