

Metallien ominaisuuksia

Metallien ominaisuuksiin vaikutetaan:

- seostamalla,
- kylmämuokkaamalla ja
- lämpökäsittelyllä

Tämä moniste selventää materiaalien ominaisuuksia ja käytettyjä käsitteitä.

Metallien ominaisuuksia

Metallit ovat normaaliolosuhteissa kiinteässä olomuodossa. Niiden yhteisiä ominaisuuksia ovat muun muassa lujuus, kovuus, sitkeys, kimmoisuus, muovattavuus, las-tuttavuus, metallinkiilto, lämmön- ja sähköjohtavuus ja lämpöpiteneminen.

Lujuus

Aine vastustaa ulkoisten voimien vaikutusta. Tätä ominaisuutta kutsutaan aineen lujuudeksi. Kun kappaletta venyttävää tai puristavaa voimaa suurennetaan, murtuu se lopulta. Aineiden kestävyys on tapana ilmaista niiden veto- tai puristuslujuuden avulla. Sillä tarkoitetaan suurinta jännitystä, jonka kappale kestää murtumatta. Veto- tai puristuslujuus (= murtolujuus) lasketaan yhtälöllä:

$$\text{Murtolujuus } s = \frac{\text{suurin voima, jonka kappale kestää}}{\text{kappaleen poikkipinnan ala}}$$

Sitkeys ja hauraus

Sitkeä taipuu, hauras särkyy. Rautalanka on sitkeää, liitu haurasta. Mutta tämäkään asia ei ole näin selvä. Rautalanka (teräs) on lämpimässä sitkeää, mutta muuttuu kovassa kylmyydessä hauraaksi. Tällä tiedolla on tärkeä merkitys silloin, kun valitaan aineita kovassa pakkasessa toimiviin rakenteisiin.

Kimmoisuus ja kimmottomuus

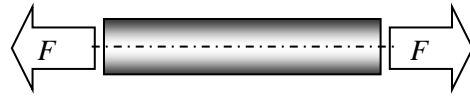
Kimmainen aine palautuu entiselleen, kimmottomaan jää muodonmuutos. Kumi on kimmoista, muovailuvaha kimmotonta. Teräksellä on sekä kimmainen että kimmoton alue.

Kuva kertoo teräksen käyttäytymisestä vedon alaisena. Aluksi se venyy, mutta palautuu sitten entiselleen, kun veto loppuu. Myötörajan (myötölujuuden) ylittäminen aiheuttaa kappaleeseen pysyvän muodonmuutoksen. Myötölujuus onkin tärkeä asia, kun tuotteita suunnitellaan.



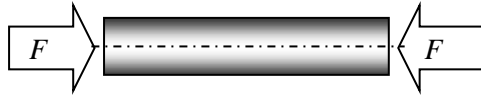
Tärkeitä käsitteitä:

- Kun akselia, jonka poikkipinta-ala on A , vedetään molemmista päistä voimalla F , se venyy



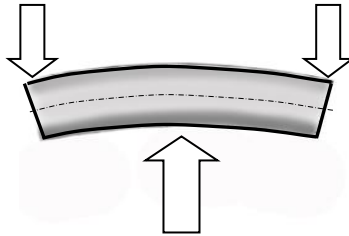
⇒ siihen muodostuu **vetojännitys** = $\frac{F}{A}$

- Kun akselia, jonka poikkipinta-ala on A , puristetaan kokoon molemmista päistä voimalla F , se lyhenee

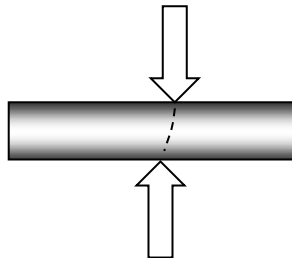


⇒ siihen muodostuu **puristusjännitys** = $\frac{F}{A}$

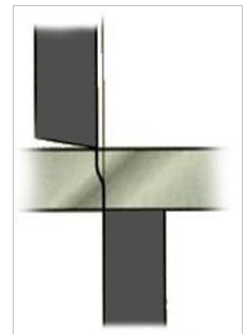
- Kun akselia taivutetaan, sen yläpinta venyy ja siihen muodostuu vetojännitys, alapinta lyhenee ja siinä on puristusjännitys.



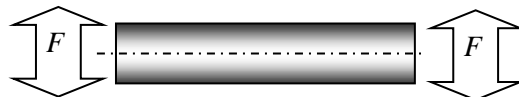
- Kun levyä, jonka poikkipinta-ala on A , leikataan voimalla F



⇒ siihen muodostuu **leikkausjännitys** = $\frac{F}{A}$



- Kun kappaleen rasitus vaihtelee ja akseli taipuu edestakaisin, kuormitus on dynaamista

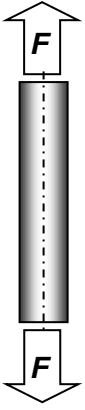


⇒ akselia rasittaa väsyttävä kuormitus

Aineenkoetus

Seuraavilla sivuilla esitellään tavallisemmat kokeet, joilla selvitetään metallin ominaisuuksia kuten vetolujuutta, iskusitkeyttä, väsymislujuutta ja kovuutta.

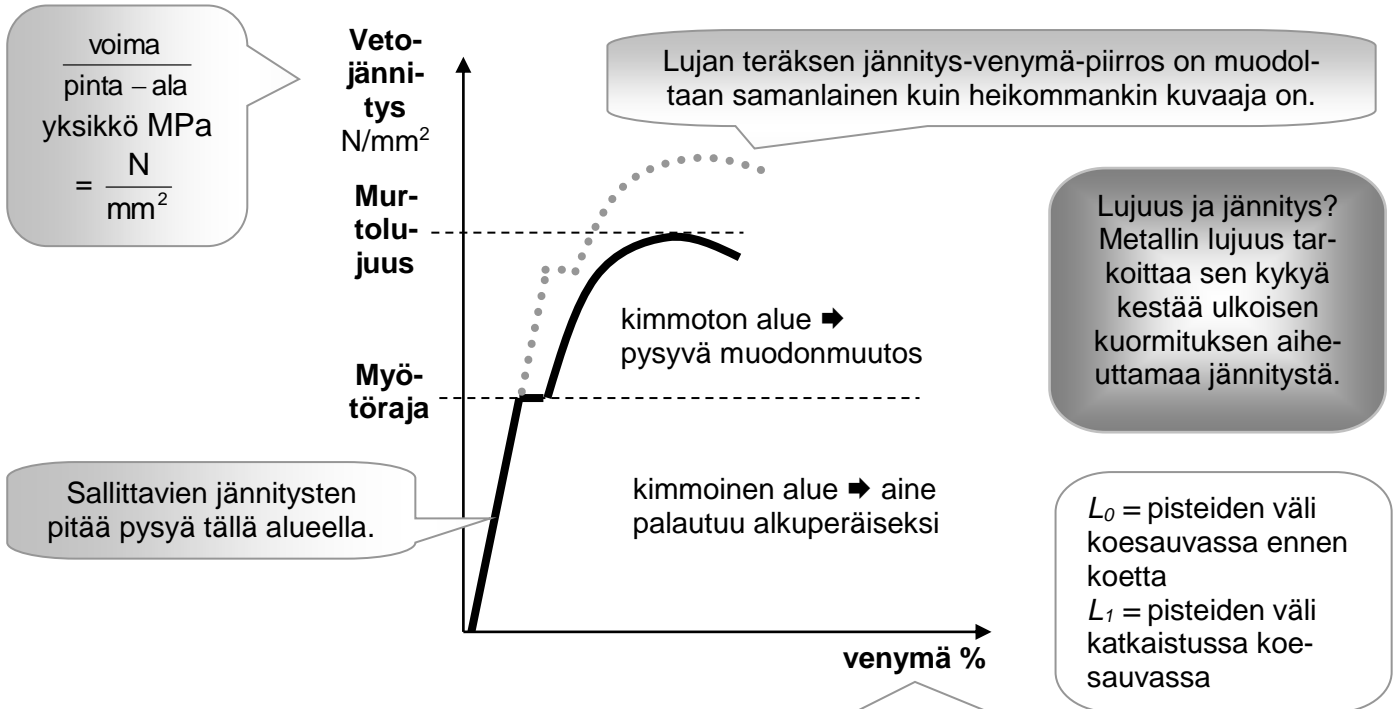
Vetokoe on yleisin metallien lujuutta ja sitkeyttä mittaava menetelmä. Siinä esim. hitsauskoelevystä tehdään koesauva, joka sitten vedetään poikki. Kokeesta saadaan



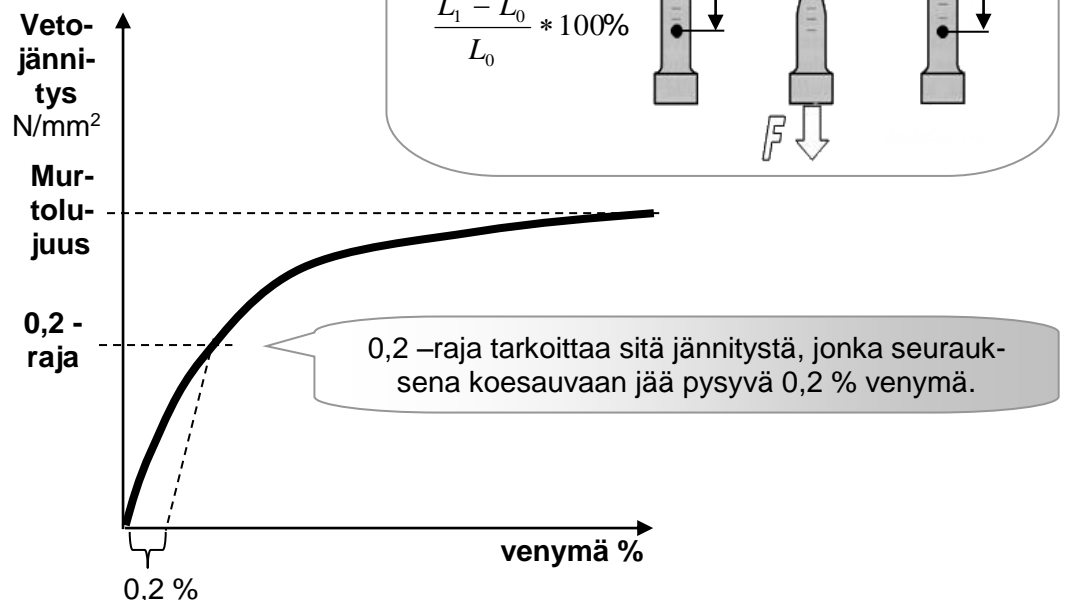
selville materiaalin kimmoisuus, myötö- ja vetomurtolujuus. Se tehdään vetokoneessa.

Vetokokeen tuloksena saadaan materiaalitekniikan tärkeä kuvaaja **jännitys-venymä-piirros**. Tällä sivulla on kaksi kuvaajaa. Ylimmäinen niistä on tyypillinen teräksille ja alempi esimerkiksi alumiinille ja kuparille.

Teräksen jännitys-venymä-piirroksesta voi nähdä seuraavia asioita. Vetovoiman ja jännityksen kasvaessa sauva venyy tasaisesti myötörajalle asti. Se on kimmoista siihen asti eli kun veto poistetaan, sauva palautuu täysin alkuperäisiin mittoihinsa. Myötörajan ylitys saa aikaan sauvaan pysyvän. Sauvan katkeaminen tapahtuu, kun ai-
neessa oleva jännitys on murtolujuuden suuruinen.

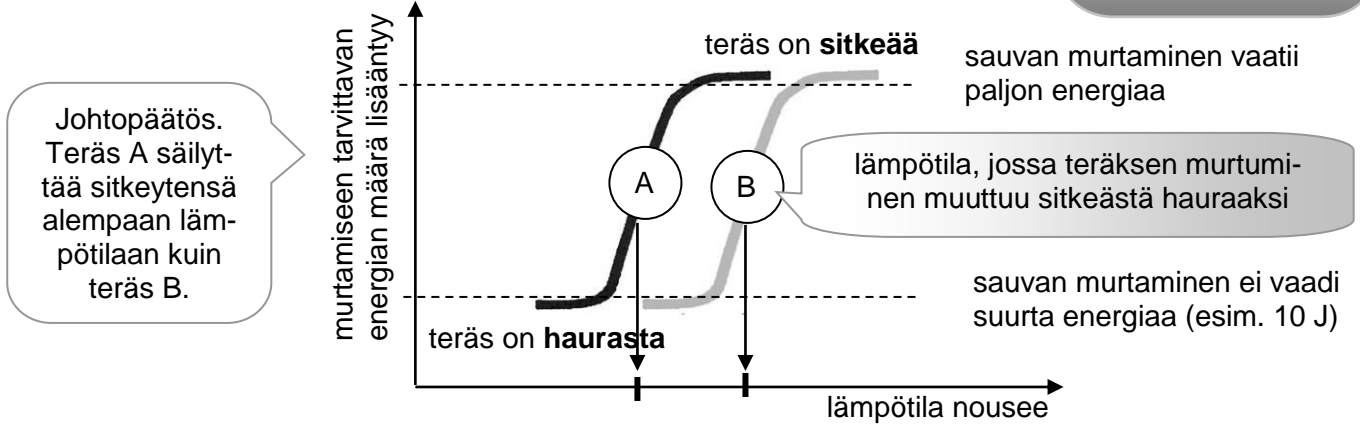


Monilla materiaaleilla ei ole kimmoista aluetta. Niillä käytetään myötörajan si-
jaan **0,2 -rajaa**. Esimerkiksi alumiinin
ja kuparin jännitys-venymä-piirros
näyttää alla kuvatun kaltaiselta.



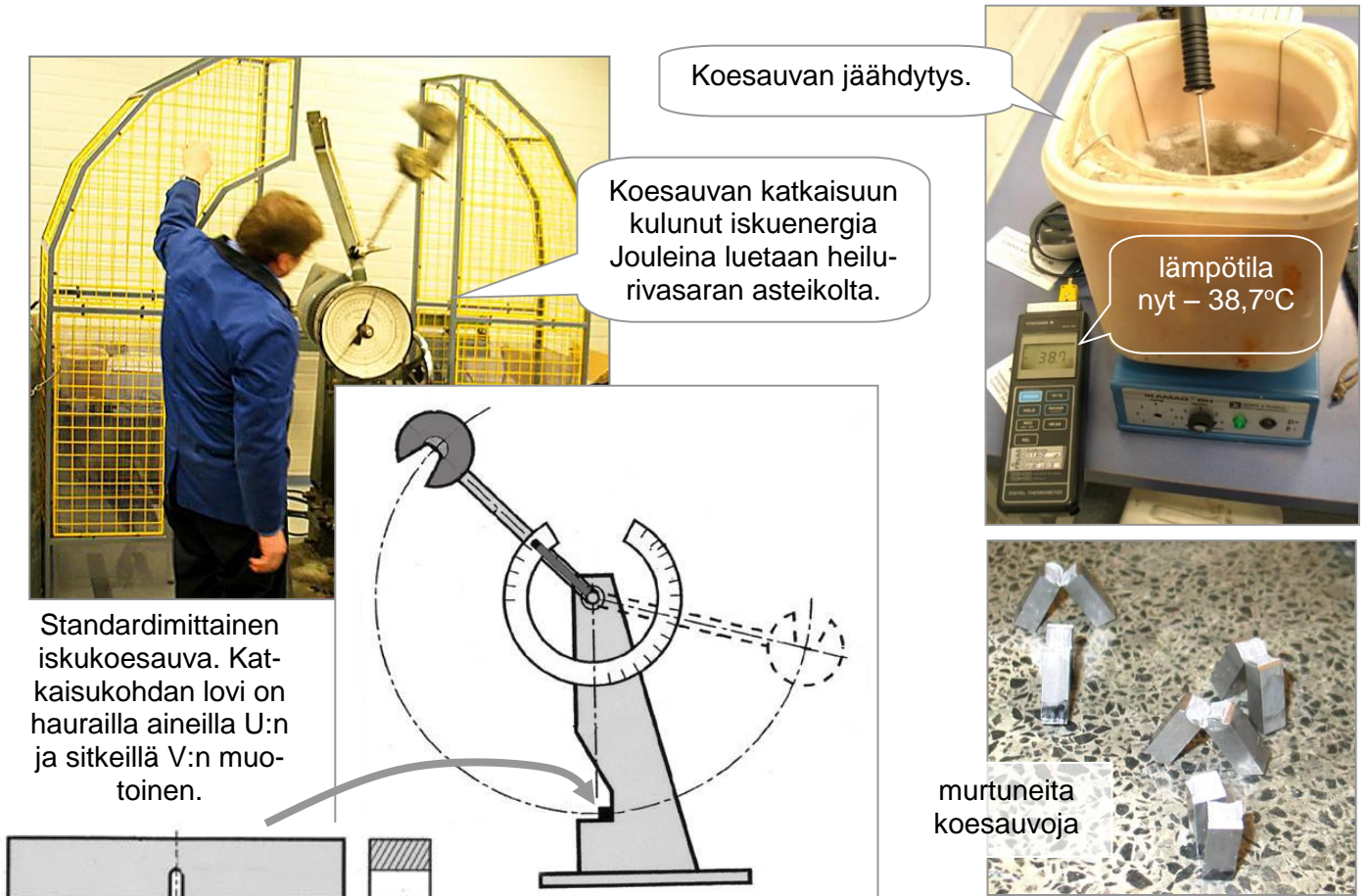
Iskusitkeyskokeella tutkitaan metallin sitkeyttä eri lämpötiloissa. Metallien iskusitkeysominaisuudet muuttuvat, kun lämpötila muuttuu. Alumiini säilyttää sitkeytensä alhaisissakin lämpötiloissa, mutta teräs muuttuu sitkeästä hauraaksi jo kohtalaisen pienissäkin pakkasissa. Oheinen kuva kertoo kahden teräksen katkaisemiseen tarvittavasta murtoenergiasta eri lämpötiloissa.

Iskusitkeydellä tarkoitetaan metallin kykyä vastustaa murtumista isku-
maisessa kuormituksessa.



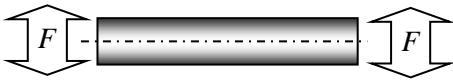
Iskusitkeyskokeella selvitetään missä lämpötilassa materiaali muuttuu sitkeästä hauraaksi.

Iskusitkeyskoetehdään heilurivasaralla. Koesauvat jäähdytetään kokeenmukaiseen lämpötilaan. Kiilamainen vasara iskee pudotessaan koesauvaan ja katkaisee sen. Vasaran asteikosta voidaan lukea sauvan katkaisuun kulunut iskuenergia.

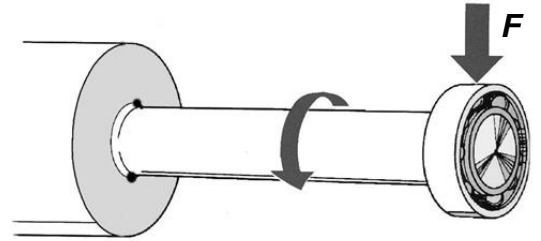


Väsymislujuus (väsytykskoe)

Kun metallirakenne joutuu vuorottelevaan veto- ja puristusjännitykseen, se voi murtua, vaikka vetojännitys jää alle vetomurtolujuuden. Aineen väsymislujuus on sen murtolujuutta pienempi.

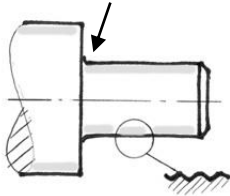


Väsymismurtuma poikkeaa tasaisen kuormituksen katkeamisesta siinä, ettei siinä ole muodonmuutosta. Metallin väsyminen lähtee liikkeelle esim. säröstä, joka vähitellen kasvaa ja lopulta kappale murtuu.

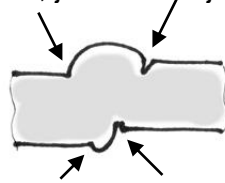


Väsymismurtumavaaraa lisäävät muun muassa:

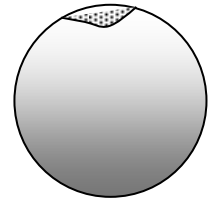
Akselin liian terävä nurkka (pieni säde) ja epätasainen pinta (huono pinnanlaatu)



Hitsauksen reunahaava ja hitsin liian jyrkkä liittyminen, juurivirheet jne.

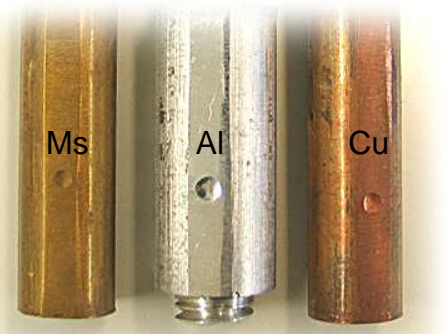


Väsymismurtuma:



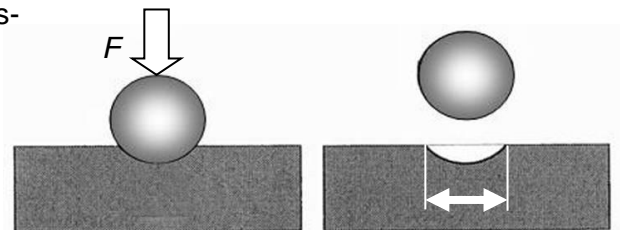
Kovuuskokeet

Kovuuskokeessa painetaan tutkittavan kappaleen pintaan koetyypistä riippuen kova kuula-, kartio tai pyramidipainin määrättyllä voimalla. Pintaan jäävän painuman perusteella määritetään tutkittavan aineen kovuus.

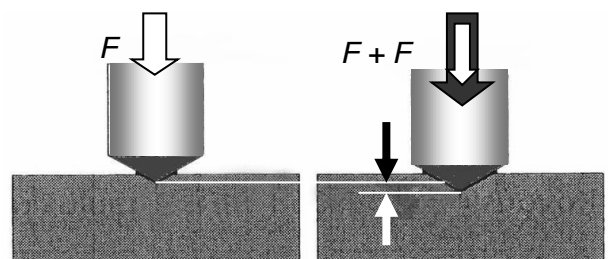


Alumiinin pintaan jäänyt kuoppa on suurin
 ➔ Al on pehmeintä

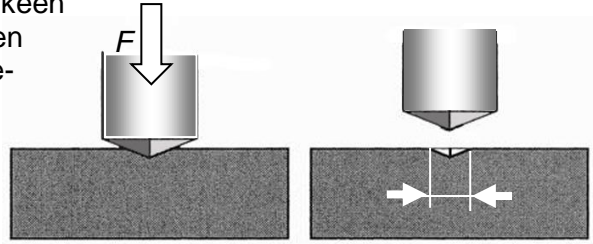
Brinell -kovuus (**HB**) mitataan painamalla kovametalli-, tai karkaistu teräspallo tietyllä voimalla tutkittavan metallin pintaan. Kuopan halkaisija mitataan ja muutetaan sitten taulukon avulla HB-kovuusluvuksi (esim. 380 HB).



Rockwell -kovuus mitataan painamalla mittauskärki kappaleeseen ensin esikuormituksella. Sen jälkeen mittari nollataan ja ympyränmuotoinen timanttikärki painetaan varsinaisella kuormalla tutkittavan metallin pintaan. Voimanlisäyksen aiheuttama lisäpainuma muutetaan lopuksi HRC-kovuusluvuksi (esim. 52 HRC).



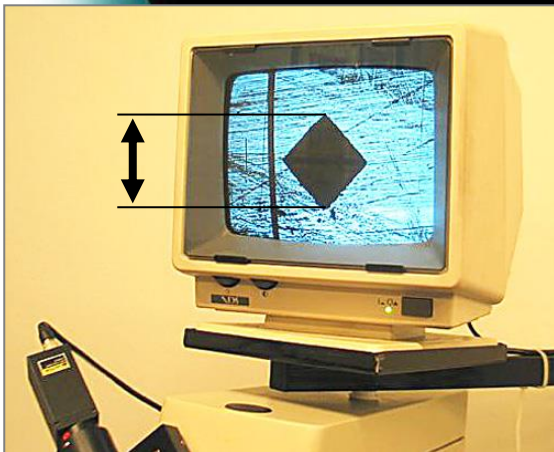
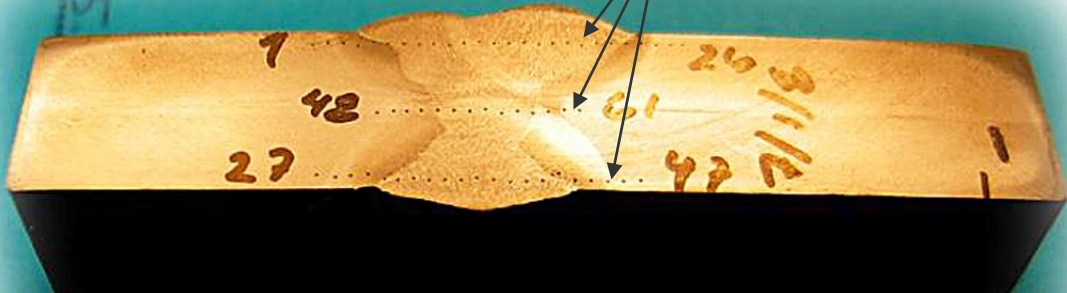
Vickers -kovuuskoe soveltuu kaikkien metalliaineiden kovuuksien mittaamiseen. Kovuus (**HV**) mitataan painamalla pyramidin muotoon hiottu timantti tutkittavan aineen pintaan. Kuormituksen poistamisen jälkeen mitataan aineen pintaan muodostuneen painuman lävistäjät, jotka sitten muutetaan HV-kovuusluvuksi (esim. 430 HV).



Hitsin kovuuksien mittaaminen

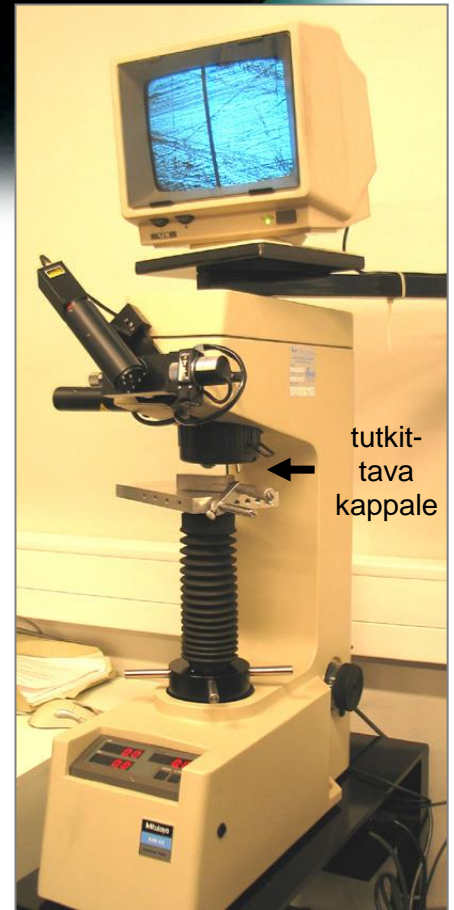
Mittauskappaleen (hieen) pinta on hiottu peilisileäksi.

Kovuuden mittauspisterivit



(kuvat on otettu SAMK:n aineen-koetuslaboratoriossa)

Kovuusmittauksen vaiheet: ¹⁾ mittaaja asettaa tutkittavan kappaleen alustalle timanttipyramidin alle, ²⁾ kone painaa mittauskärjen kappaleeseen määrättyllä voimalla, ³⁾ voima vapautetaan ja muodostuneen kuopan lävistäjät mitataan näytöltä, ⁴⁾ kone ilmoittaa kovuuden HV-asteissa (207 HV).



Metallin kovuudella ja lujuudella on riippuvuus toisistaan. Jos metalli on kovaa, on se myös lujaa. Seuraavan sivun taulukossa on vertailtu terästen kovuuksia ja niitä vastaavia murtolujuuksia.

Kovuusarvojen vertailutaulukko

R_m = murtolujuus, MPa
(megapascal) = N/mm^2

kovuus (HV -> HB -> HRC) -> murtolujuus

	HV	HB	HRC	R_m MPa	HV	HB	HRC	R_m MPa	
	80	76,0		255	360	342	36,6	1155	
	85	80,7		270	370	352	37,7	1190	
	90	85,5		285	380	361	38,8	1220	
	95	90,2		305	390	371	39,8	1255	
	100	95,0		320	400	380	40,8	1290	
	105	99,8		335	410	390	41,8	1320	Kulu- tus- teräs
	110	105		350	420	399	42,7	1350	
	115	109		370	430	409	43,6	1385	
	120	114		385	440	418	44,5	1420	
	125	119		400	450	428	45,3	1455	
	130	124		415	460	437	46,1	1485	
	135	128		430	470	447	46,9	1520	
	140	133		450	480	(456)	47,7	1555	
	145	138		465	490	(466)	48,4	1595	
	150	143		480	500	(475)	49,1	1630	
Tavallinen rakenne- teräslevy	155	147		495	510	(485)	49,8	1665	
	160	152		510	520	(494)	50,5	1700	
	165	156		530	530	(504)	51,1	1740	
	170	162		545	540	(513)	51,7	1775	
	175	166		560	550	(523)	52,3	1810	
	180	171		575	560	(532)	53,0	1845	
	185	176		595	570	(542)	53,6	1880	
	190	181		610	580	(551)	54,1	1920	
	195	185		625	590	(561)	54,7	1955	
	200	190		640	600	(570)	55,2	1995	
	205	195		660	610	(580)	55,7	2030	
	210	199		675	620	(589)	56,3	2070	
	215	204		690	630	(599)	56,8	2105	
	220	209		705	640	(608)	57,3	2145	
	225	214		720	650	(618)	57,8	2180	
	230	219		740	660		58,3		
	235	223		755	670		58,8		
	240	228	20,3	770	680		59,2		
	245	233	21,3	785	690		59,7		
	250	238	22,2	800	700		60,1		
	255	242	23,1	820	720		61,0		
	260	247	24,0	835	740		61,8		
	265	252	24,8	850	760		62,5		
	270	257	25,6	865	780		63,3		
	275	261	26,4	880	800		64,0		
	280	266	27,1	900	820		64,7		
	285	271	27,8	915	840		65,3		
	290	276	28,5	930	860		65,9		
	295	280	29,2	950	880		66,4		
	300	285	29,8	965	900		67,0		
Erikois- luja ra- kenne- teräs	310	295	31,0	995	920		67,5		Karkais- tuteräs
	320	304	32,2	1030	940		68,0		
	330	314	33,3	1060					
	340	323	34,4	1095					
	350	333	35,5	1125					

MPa = N/mm^2