



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

- Šablona:** Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
- Název:** Kontrola a měření strojních součástí a jejich polotovarů
- Téma:** **Kontrola tvrdosti – metody s vytvořením vtisku**
- Autor:** Ing. Smolek Jan
- Číslo:** VY_32_INOVACE_23-10
- Anotace:** Prezentace jako podpora k výkladu o zkouškách tvrdosti materiálu užívaných ve strojírenství.
Problematika je zmiňována (nejen) ve Strojních a technologických laboratořích středních průmyslových škol. DUM je určen především pro čtvrté ročníky všech oborů.
Materiál byl vytvořen říjnu 2012.

Úvod - Mohsova stupnice tvrdosti:

Číslo	Nerast	Číslo	Nerast
1	Mastek	6	Živec
2	Soľ kamenná	7	Kremeň
3	Vápenec	8	Topas
4	Kazivec	9	Korund
5	Apatit	10	Diamant



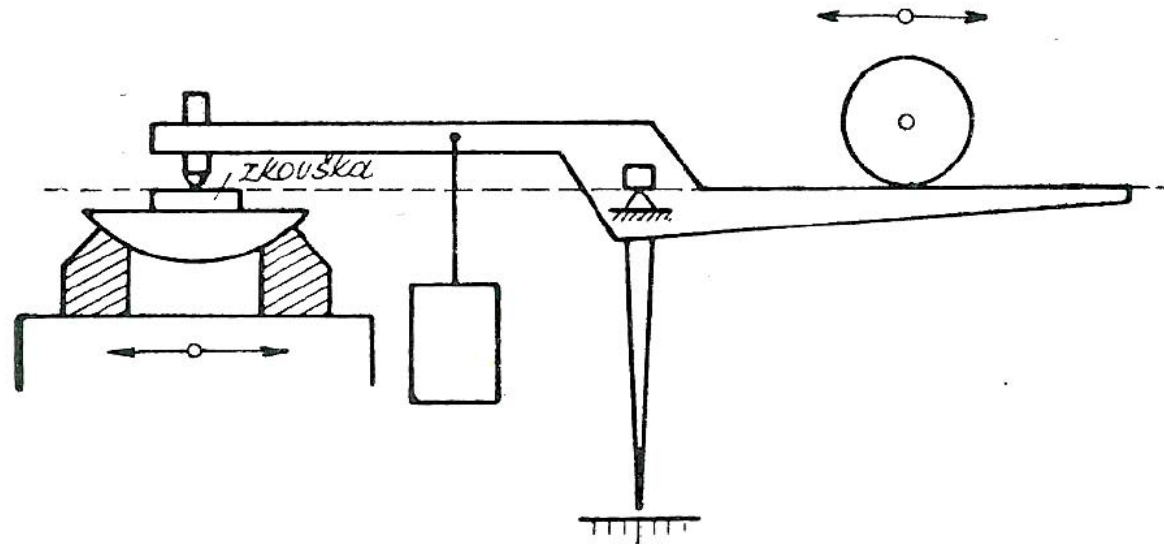
Carl Friedrich Christian Mohs
1773 – 1839

grafit 0,5
cín 1,5
olovo 1,5
hliník 2,0
zlato 2,5
striebro 2,5
antimón 3,5

čisté železo 4,5
platina 4,5
mäkká ocel 5,0
irídium 6,0
platinirídium 6,5
tvrdá ocel 8,5
spekané karbidy 9,8

... pro tech. praxi nedostatečné.

Historie - Stanovení tvrdosti vrypovou metodou: (Martensův přístroj, (Zeissův Diritest))



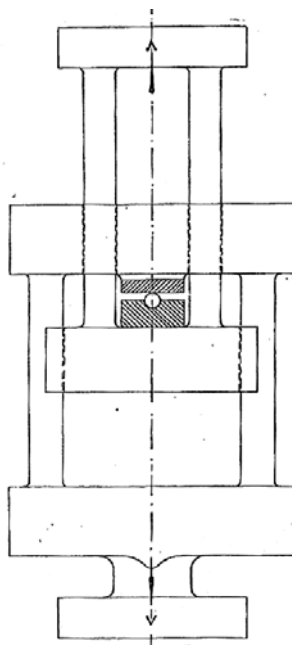
... neosvědčilo se.

zkoušeného předmětu. Nejznámější přístroje, jež pracují touto metodou, jsou: Martensův přístroj a Zeissův Diritest.

Schema Martensova přístroje je na obr. 325. Vrcholový úhel diamantového hranolu měří 90° . Při stanovení tvrdosti zjistíme v gramech zatížení diamantu, které způsobí vryp široký 0,01 mm. Můžeme postupovat i tak, že volíme jisté zatížení diamantu a změříme šířku vrypu jako charakteristiku tvrdosti zkoušeného předmětu.

Brinell HB:

(cca od r.1900)

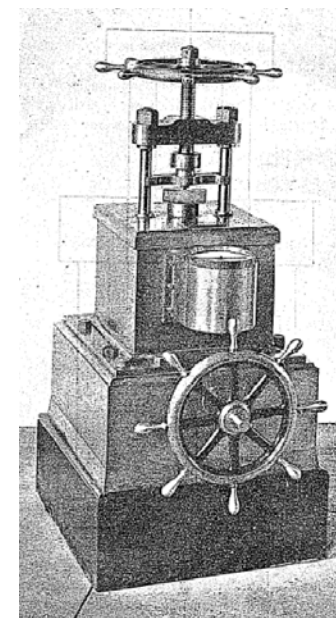


Johan August Brinell
1849 – 1925 Švédsko

J. A. Brinell



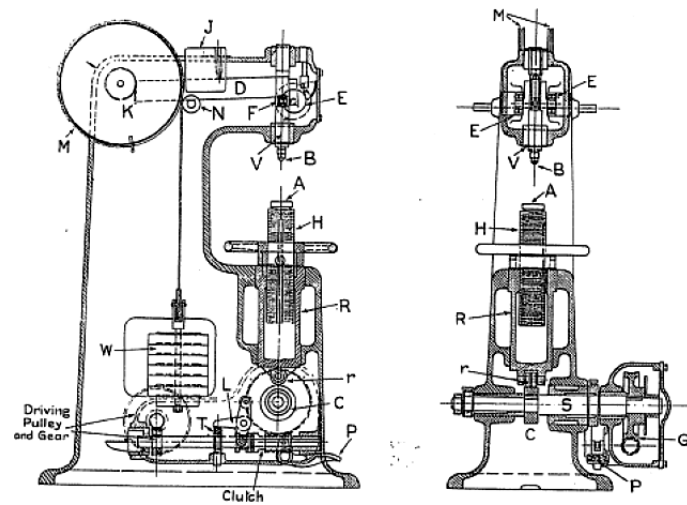
Průměr kuličky D [mm/]	Zatížení F [N] pro poměr $K = 0,102 F/D^2$				
	30	10	5	2,5	1,25
10	29 420	9 800	4 900	2 450	1 225
5	7 335	2 450	1 225	613	306,6
2,5	1 840	613	306,5	153,2	76,6
1,25	459	153	76,3	38,2	18,6
1	294	98	49	24,5	12,25
Rozsah hodnot tvrdosti	67 - 450	22 - 315	11 - 158	6 - 78	3 - 39
Vhodnost použití pro materiály	Slitiny železa, vysoko- pevné materiály	Slitiny neželezných kovů			
		Cu, Ni	Al, Mg, Zn	ložisk. mater.	Pb, Sn



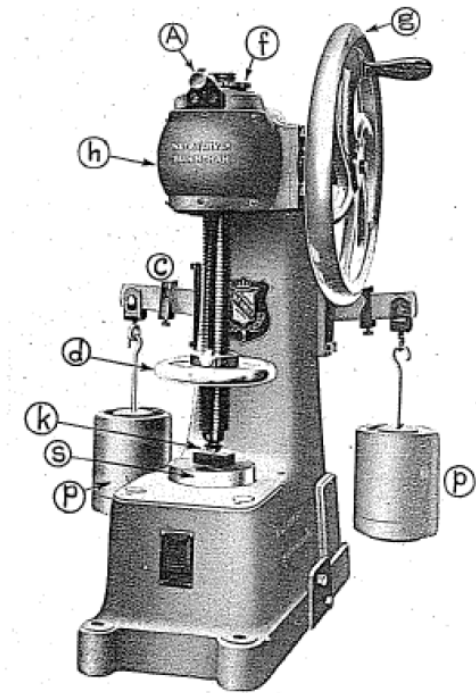


Swedish company Alpha AB

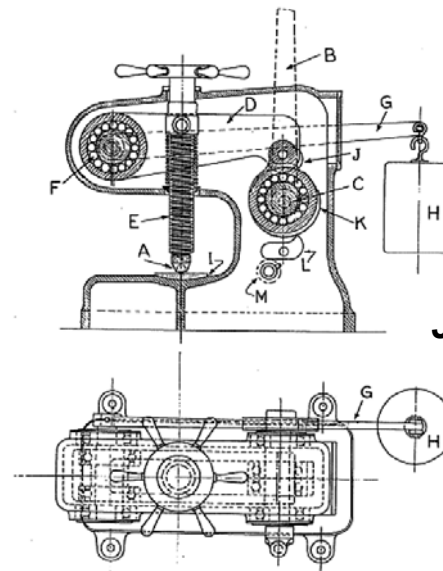
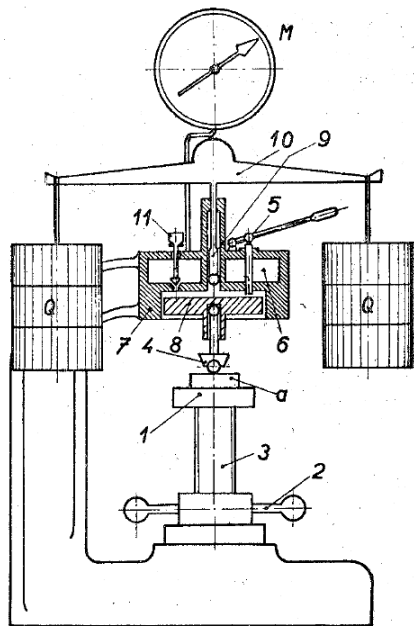
Brinell HB:



Herbert



Avery

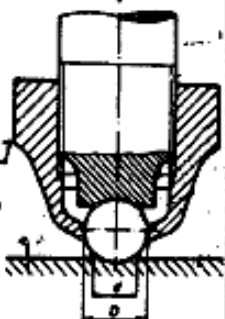


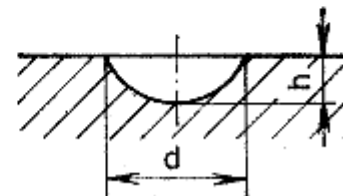
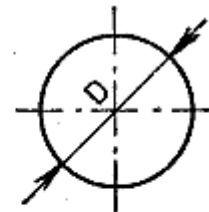
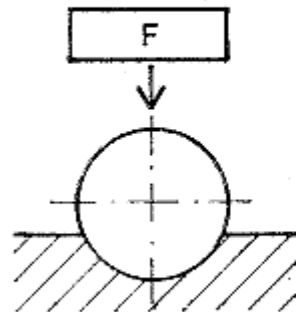
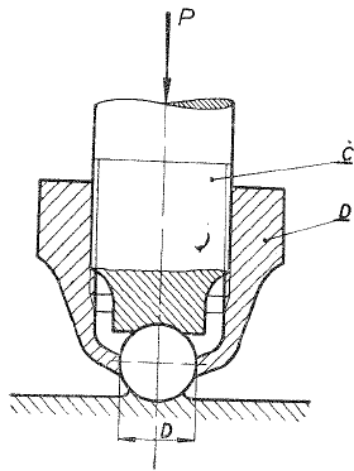
Johnson

...atd., atd

Brinell:

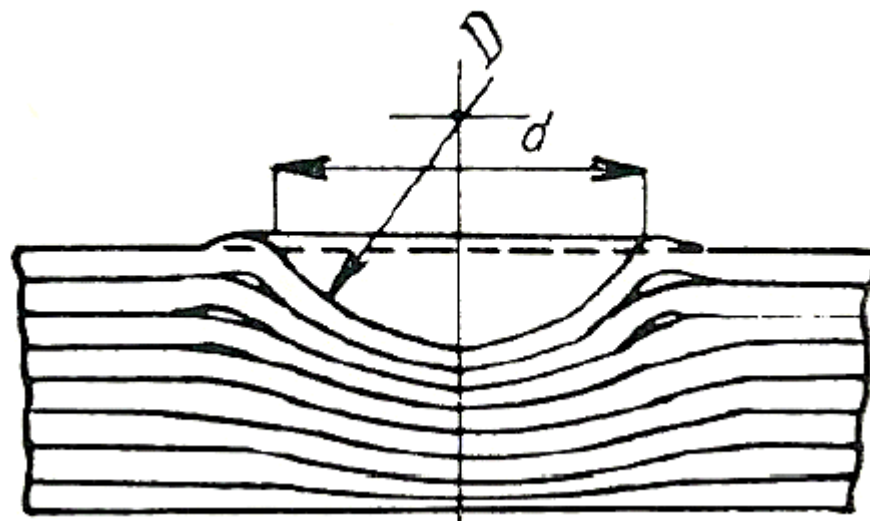
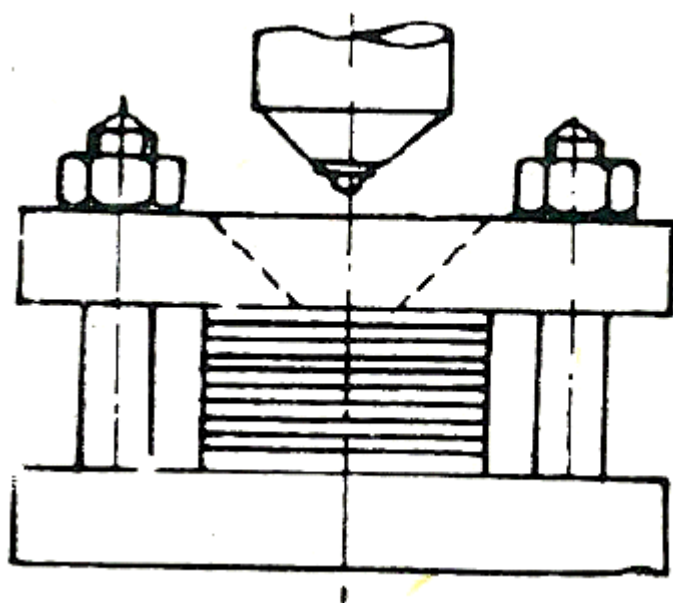
(Zkušební tělísko, zatížení, oblast použití, značení tvrdosti)

BRINELLOVA $HB = \frac{F}{A}$ F - zatěž. síla [N] A - PLOCHA VTISKU [mm²] ČSN 420371	 KULIČKA $\phi D = 1, 2, 2,5, 5, 10$ mm ϕ VTISKU OD KULIČKY MUSÍ BÝT V ROZMEZÍ $(0,25 - 0,60) D$ (VOLBA ZATĚŽUJÍCÍHO STUPNĚ)	ZATĚŽUJÍCÍ SÍLA JE VZTAŽENA K PRŮMĚRU KULIČKY (ϕD) $F = 30D^2, 10D^2, 5D^2, 2,5D^2, 1D^2$ $D = [mm]$ $F [kp] = 9,81N$	HOUŽEVNATÉ A ZUGLECHTĚNÉ MATERIÁLY. VÝHODOU JE MOŽNOST ZKOUŠENÍ HETEROGENNÍCH MATERIÁLŮ JAKO JE ŠEDA LITINA. MŮŽEME TAKÉ ZJIŠTOVAT PODLE TVRDOSTI MATERIÁLU JEHO PEVNOST $R_m = k \cdot HB [MPa]$	ZÁPIS: 180 HB $\phi D = 10 mm$ $F = 29420 N$ $t = 10-15 sec.$ ZÁPIS: 90 HB 5/750/30 $\phi D = 5 mm$ $F = 7357,5 N$ $t = 30 \pm 3 sec$
--	---	---	--	---

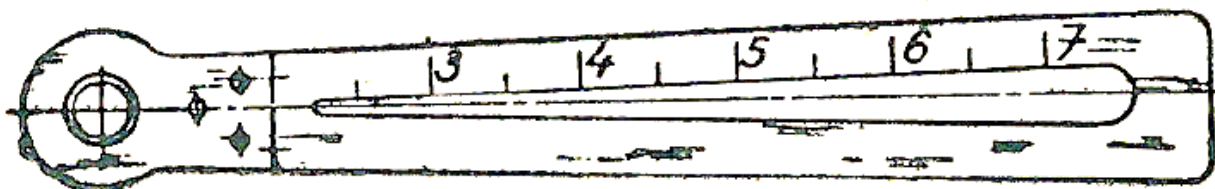
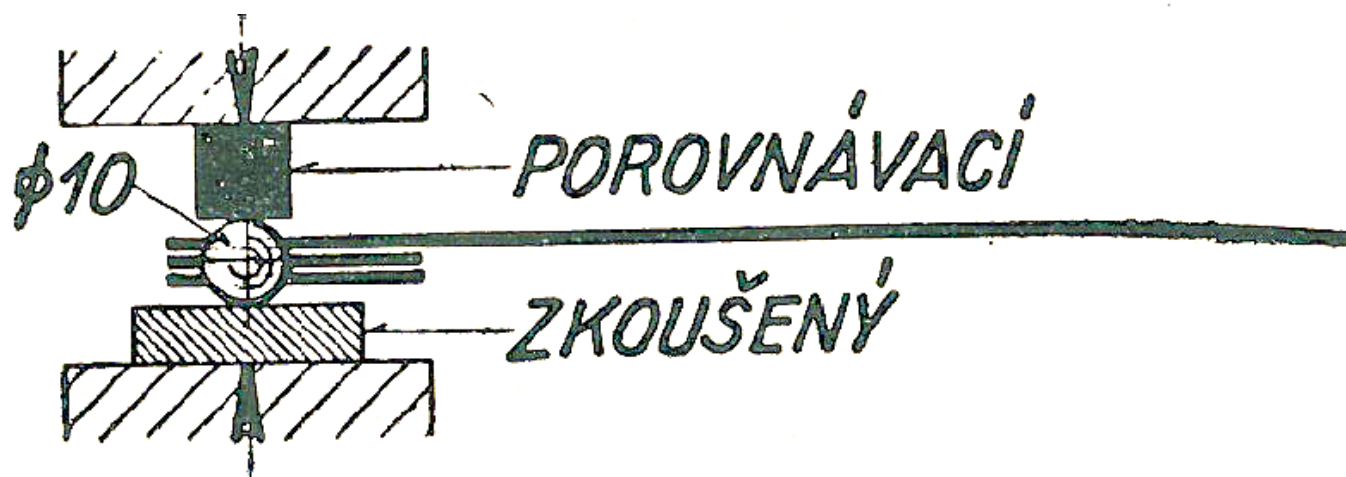
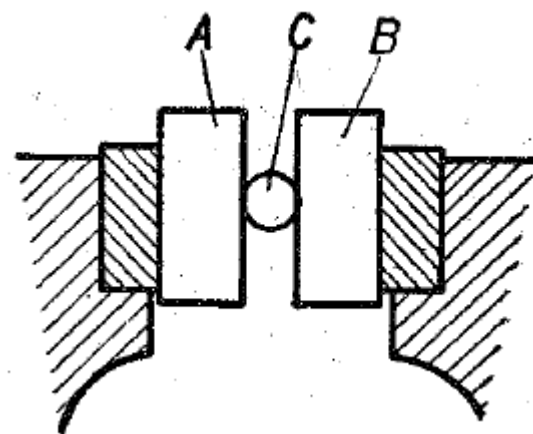


$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Brinellova zkouška tvrdosti plechů složených v paček:

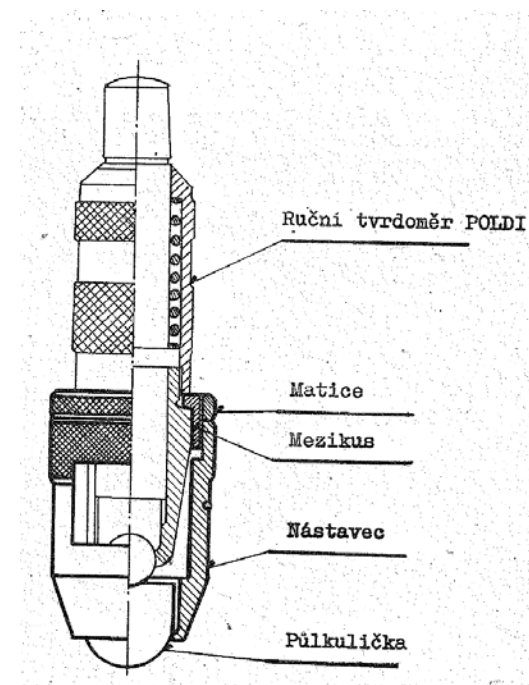
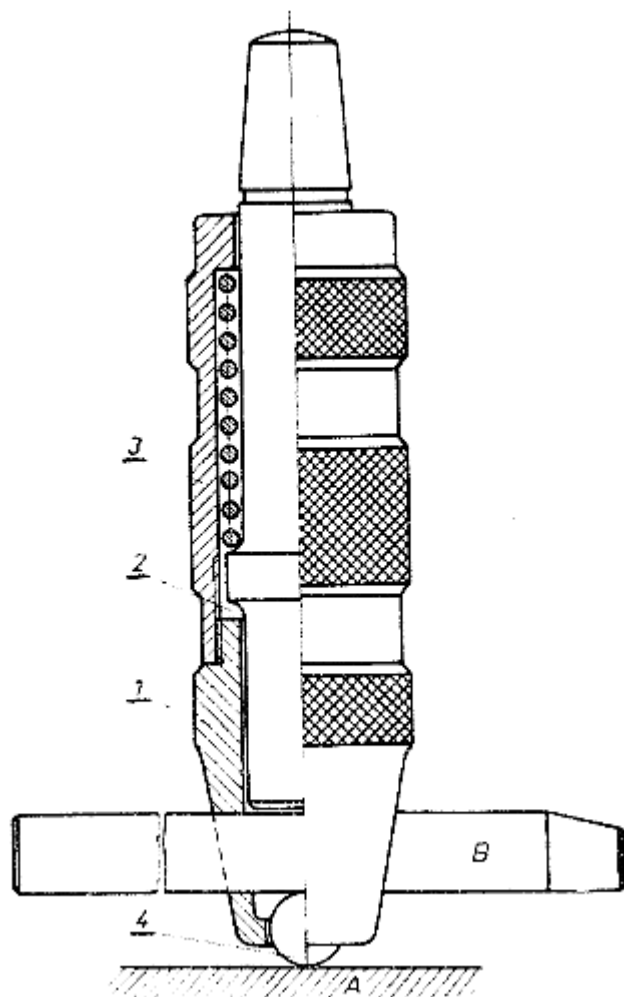


Zkoušení tvrdosti kuličkou:

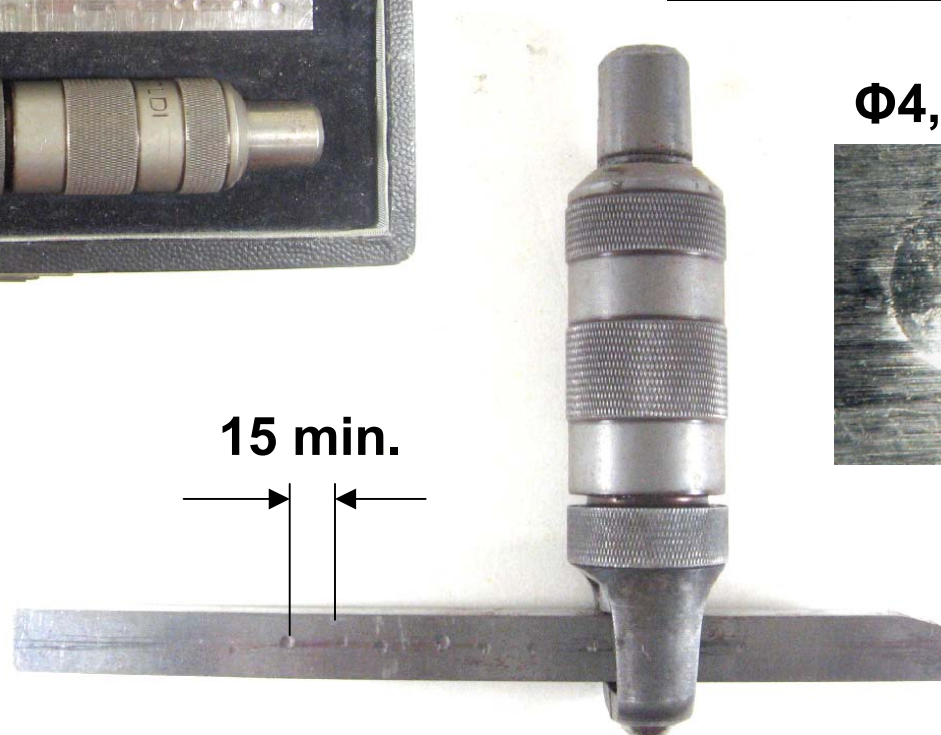


Přístroj ke zkoušení tvrdosti POLDI

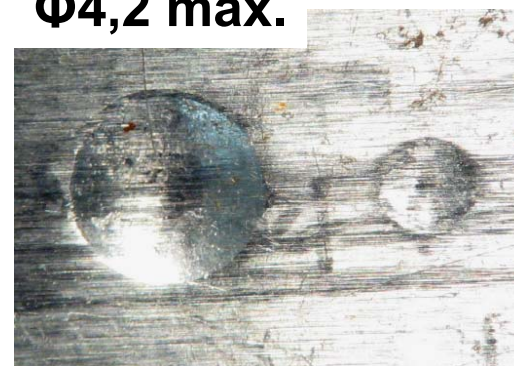
„POLDI Kladívko (razidlo)“

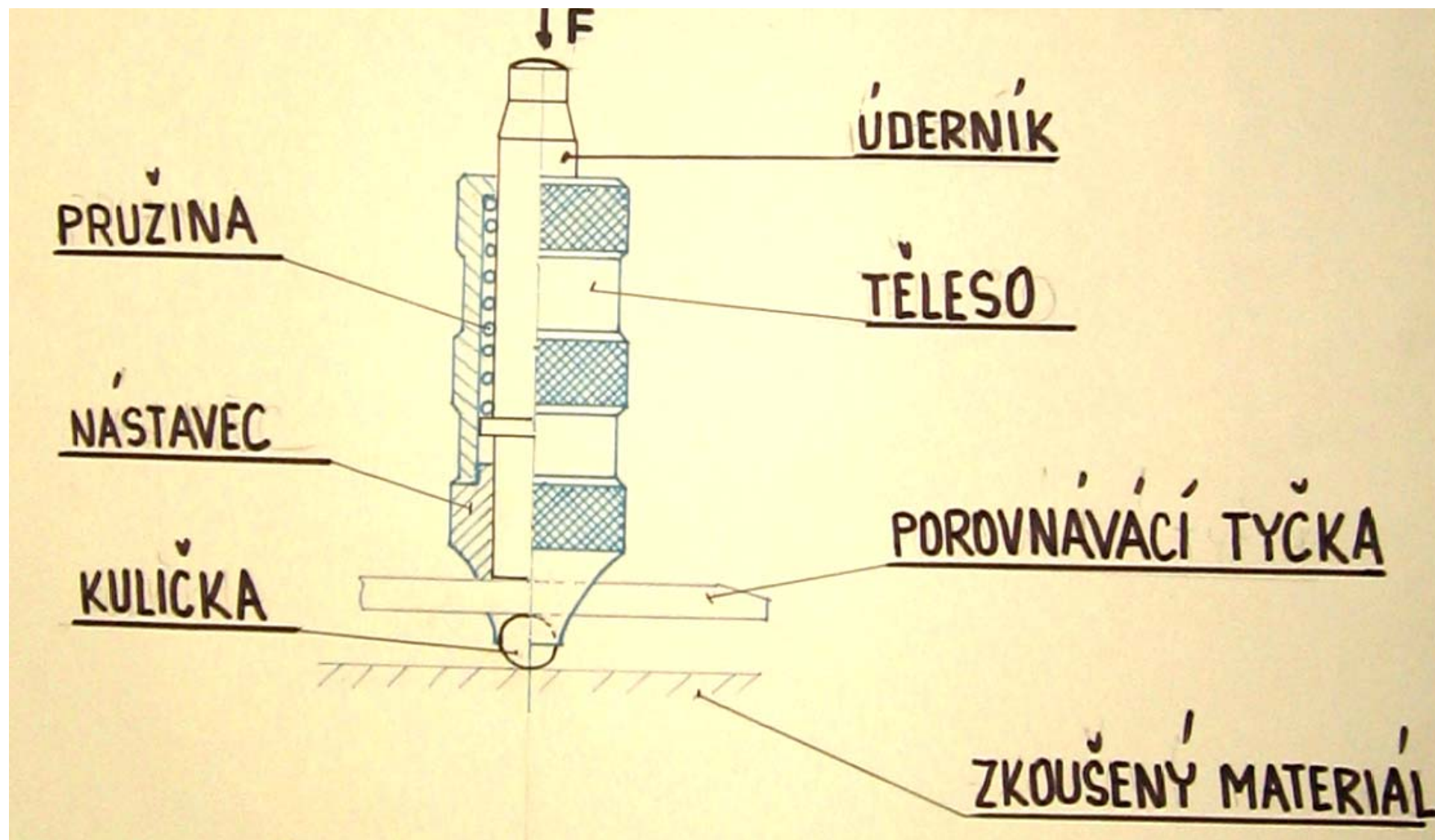


Přístroj ke zkoušení tvrdosti POLDI:



$\Phi 4,2$ max.

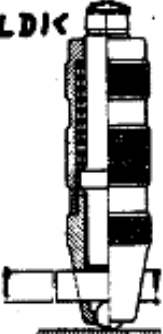




POLDI tvrdoměr:

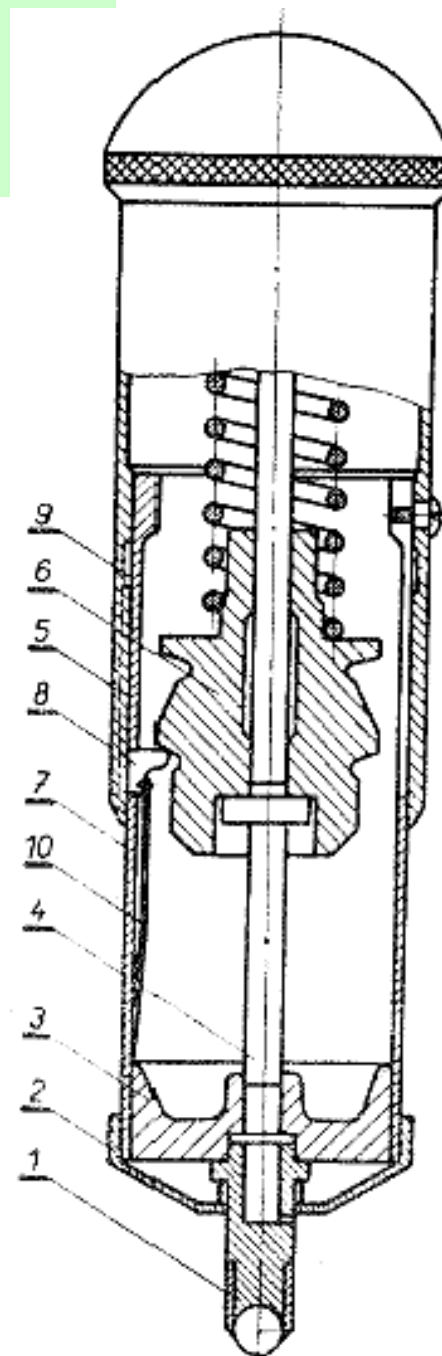
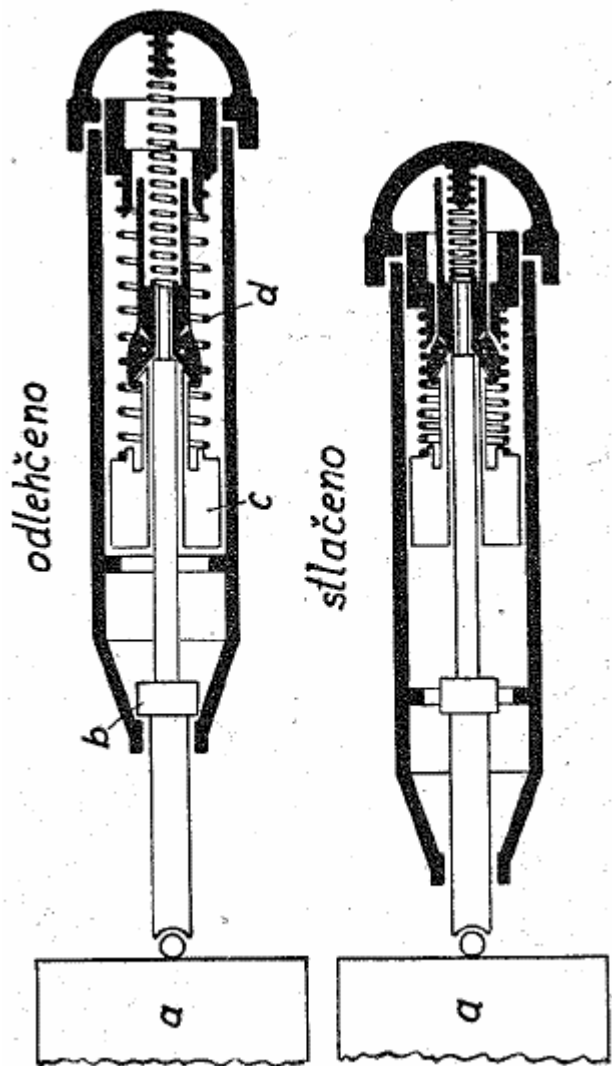
„Kladívko“ POLDI:

(Zkušební tělísko, zatížení, oblast použití, značení tvrdosti)

KLADÍVKO > POLDIK - JEDNOTKY HB - POROVNÁVÁME PRŮMĚRY VTISKU A Z TABULKY URČÍME TVRDOST 	KULIČKA $\phi 10\text{mm}$ A ZKUŠEBNÍ TYČINKA O PEVNOSTI $R_m = 700\text{ MPa}$.	DYNAMICKE, ÚDEREM KLADIIVA NA ÚDERNÍK	VHODNÉ DO SKLADŮ MATERIÁLŮ K RYCHLÉMU INFORMATIVNÍMU URČOVÁNÍ TVRDOSTI A PEVNOSTI MATERIÁLU. (MÉNĚ PŘESNÁ ZKOUŠKA)	ZÁPIS 200 HB POLDI PRO STANOVENÍ R_m platí: $R_m = k \cdot HB [\text{MPa}]$ $k = 3,6$ PRO OCEL
--	--	--	--	---

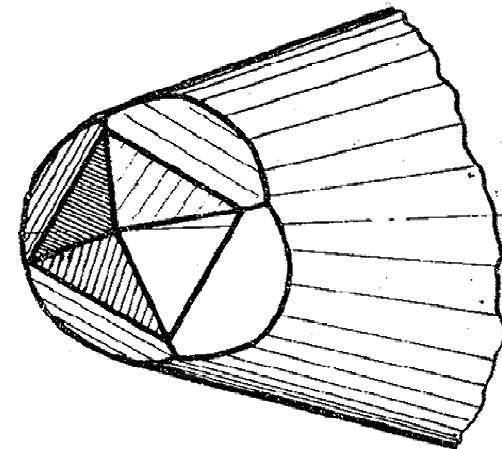
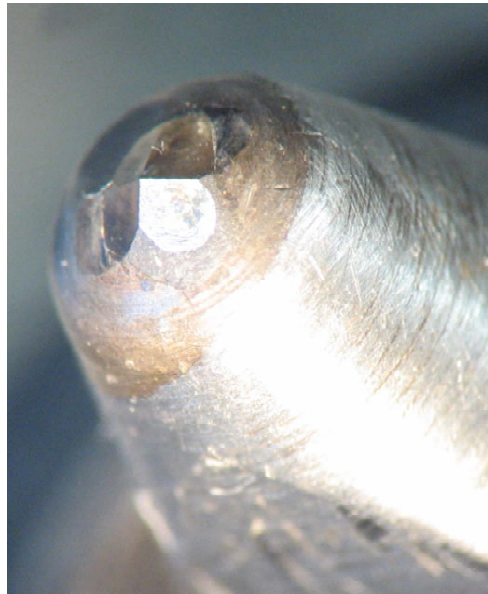
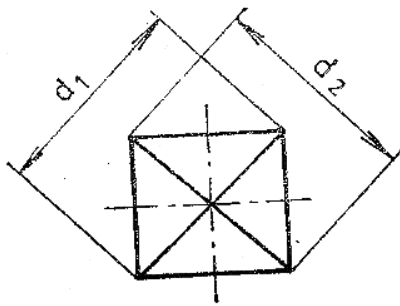
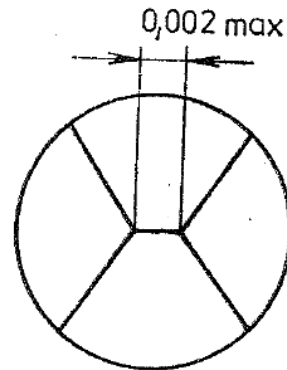
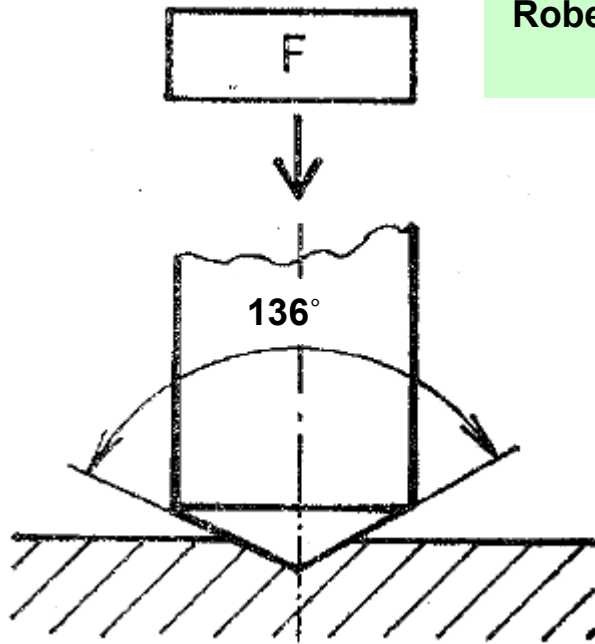
„Kladívko (razidlo)“ BAUMANOVO

13

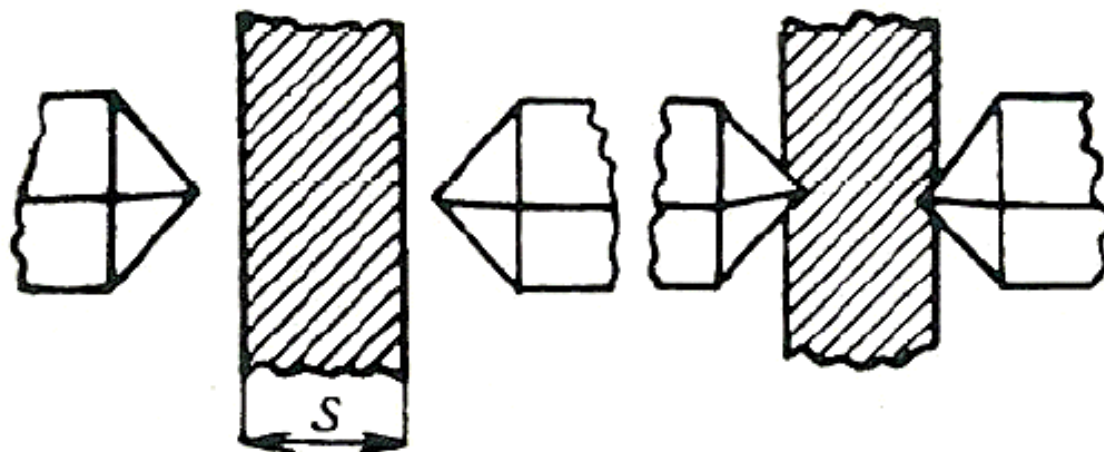


Vickers:

1921,
Robert L. Smith and George E. Sandland at
Vickers Ltd.

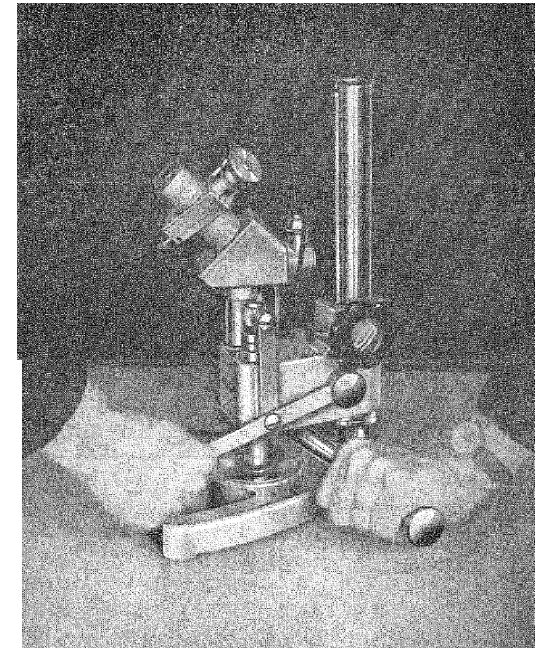
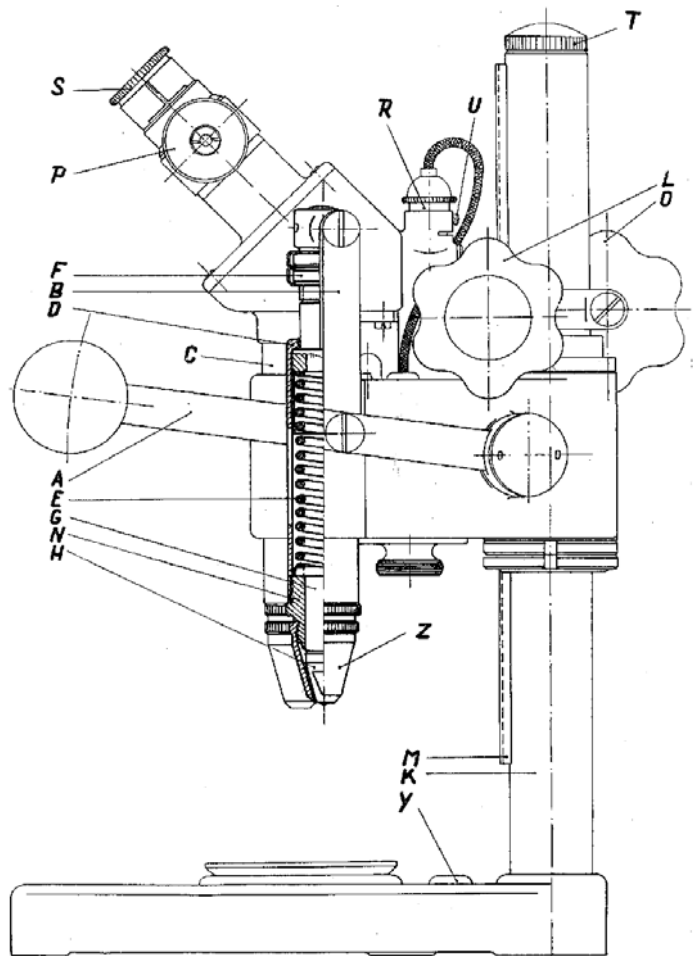


Oboustranná zkouška podle Vickerse (omezení vlivu podložky u zkoušení tenkých plechů):

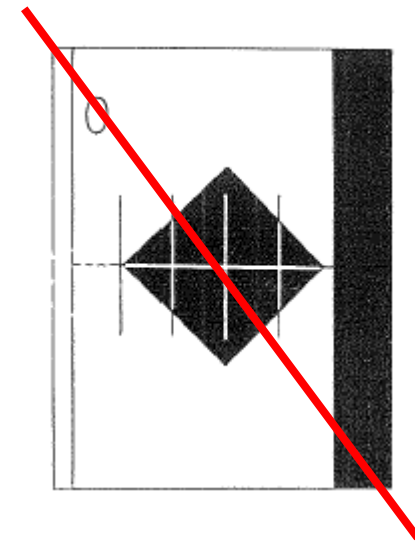
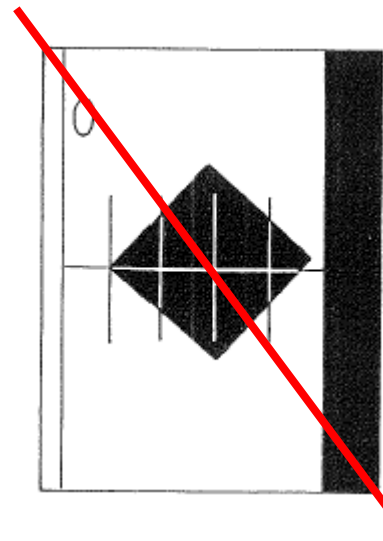
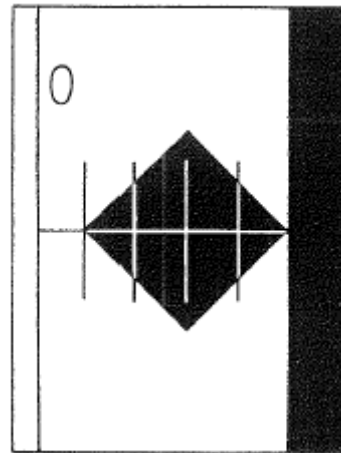
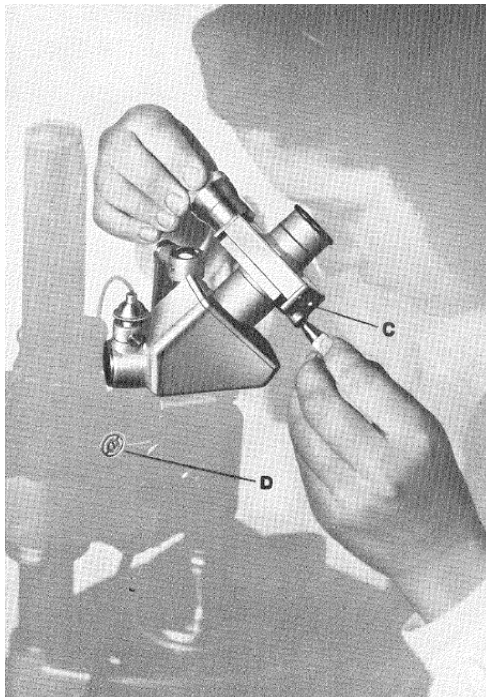
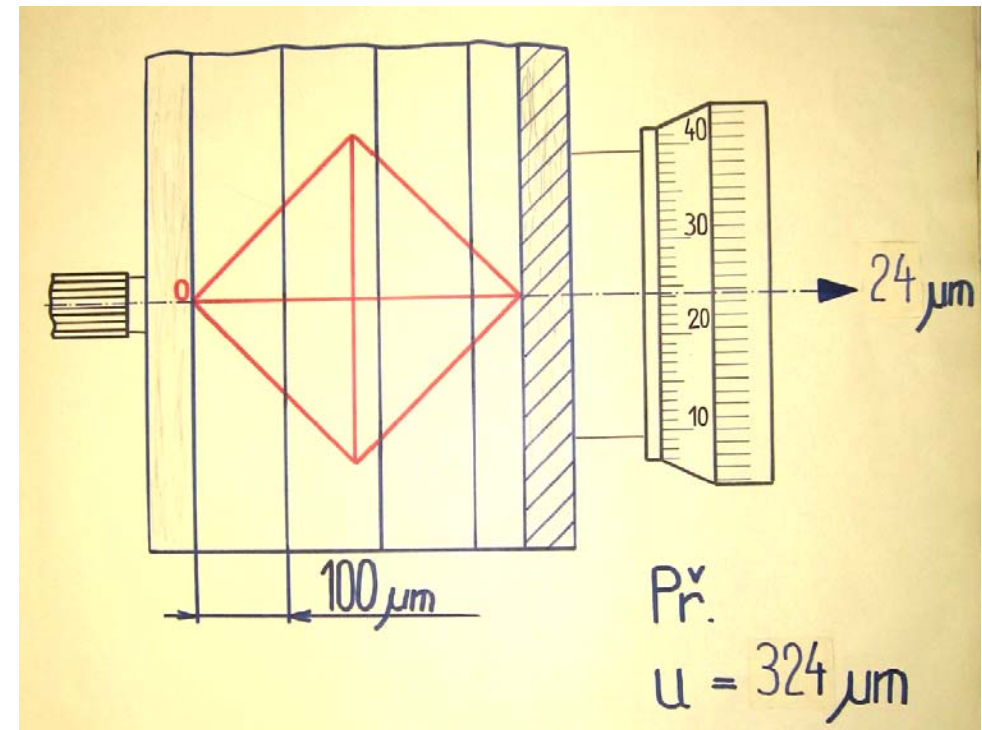
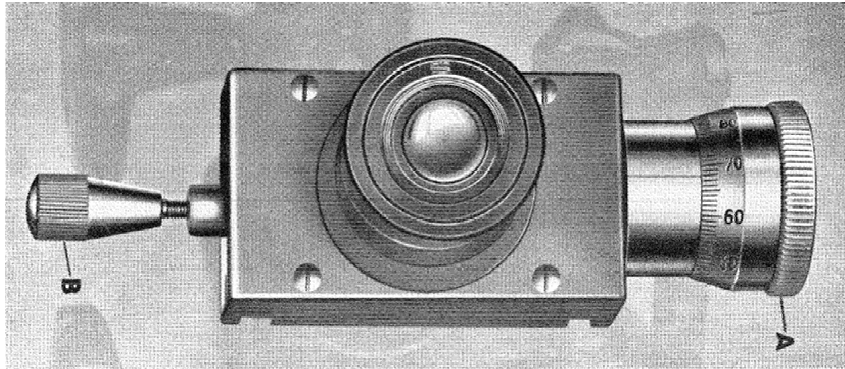


$$s <$$

Poldi - Vickers

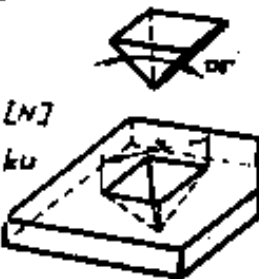


Poldi - Vickers



Vickers:

(Zkušební tělísko, zatížení, oblast použití, značení tvrdosti)

VICKERSOVA $HV = \frac{F}{A}$ F - zatěž. síla [N] A - plocha vtisku [mm²]  ČSN 420374	ČTYŘBOKÝ DIAMANT. JEHLAN, JEHOŽ STĚNY SVÍRAJÍ ÚHEL 136°. STŘEDY VTIISKŮ MAJÍ BÝT VZDÁLENY OD OKRAJE MATERIÁLU A MEZI SEBOU 2,5 NÁSOKY ÚHLOPŘÍČKY.	ZATÍŽENÍ VOLÍME V ROZMEZÍ 98,1-980,66 N NEJČASTĚJI POUŽÍVÁME ZATÍŽENÍ F = 30 kP = 294 N	VHODNÉ PRO VŠECHNY DRUHY MATERIÁLŮ. NEJPŘESNĚJŠÍ A NEJDLUHAVĚJŠÍ MĚŘENÍ TVRDOSTI. VÝHODOU JE MOŽNOST MĚŘENÍ VELMI TENKÝCH A TVRDÝCH VRS-TEV MATERIÁLŮ (NITRIDOVANÉ, SK PLÁTKY, RO ap.)	ZÁPIS: 750 HV 10 TVRDOST 750 HV ZATÍŽENÍ F = 10 kP = 98,1 N ZÁPIS: 950 HV 10/30 TVRDOST 950 HV ZATÍŽENÍ 98,1 N = 10 kP ČAS t = 30 s
---	--	--	---	--

Rockwell hardness tester:

Hugh M. Rockwell (1890-1957) a Stanley P. Rockwell (1886-1940)
USA

Nov. 18, 1924.

S. P. ROCKWELL

1,516,207

HARDNESS TESTING MACHINE

Filed Sept. 11, 1919

2 Sheets-Sheet I

H. M. & S. P. ROCKWELL.
HARDNESS TESTER.
APPLICATION FILED JULY 13, 1914.

1,294,171.

Patented Feb. 11, 1919.

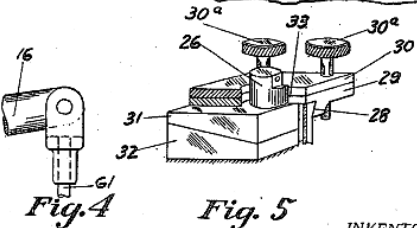
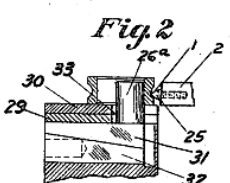
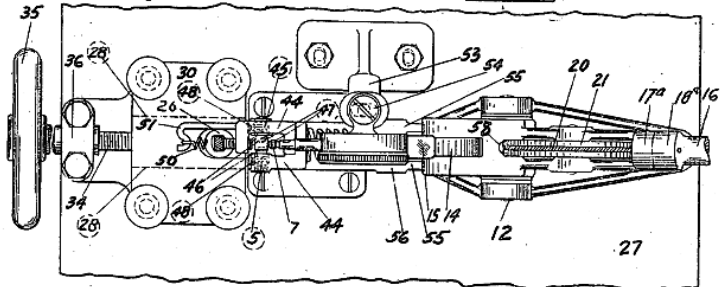
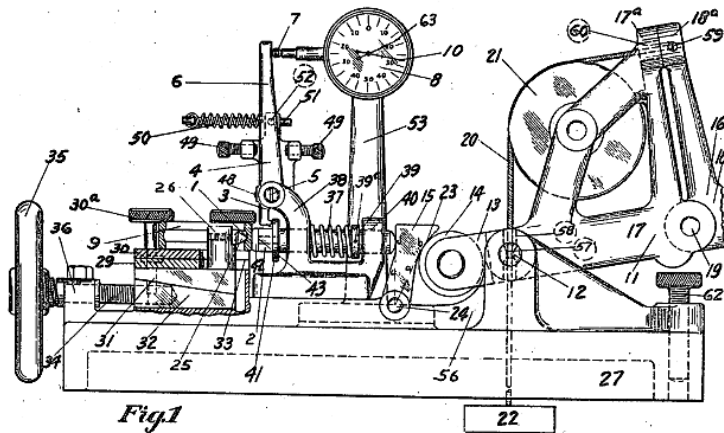
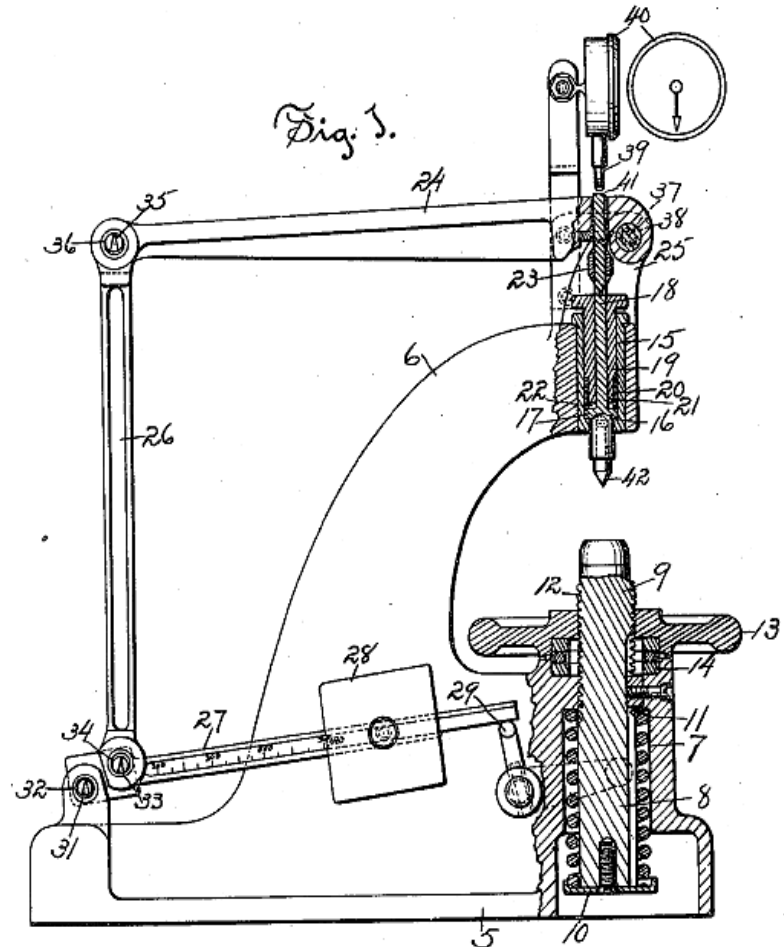
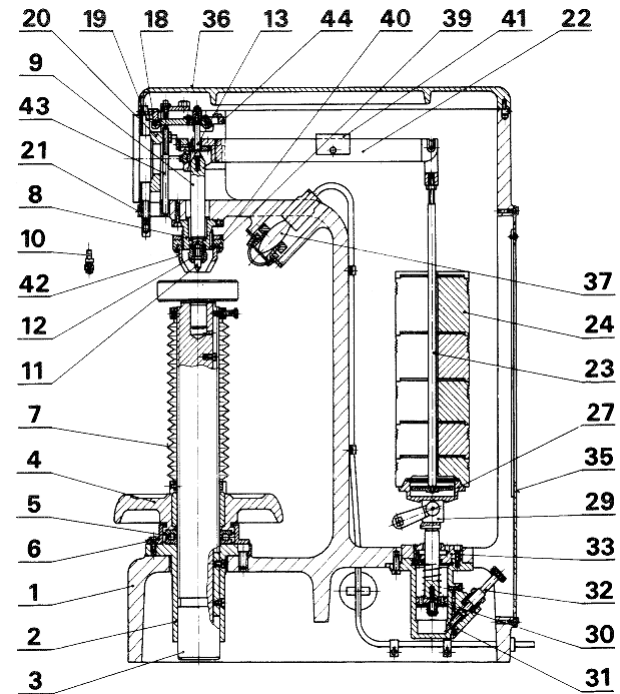
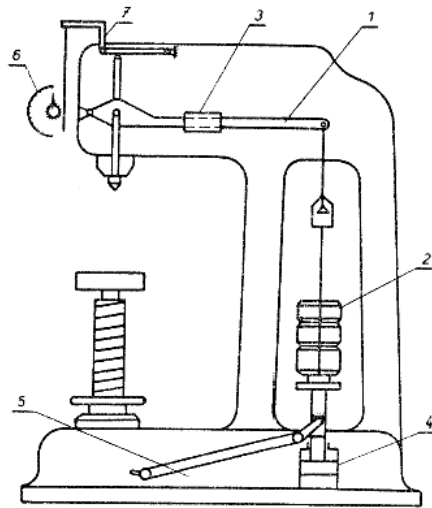
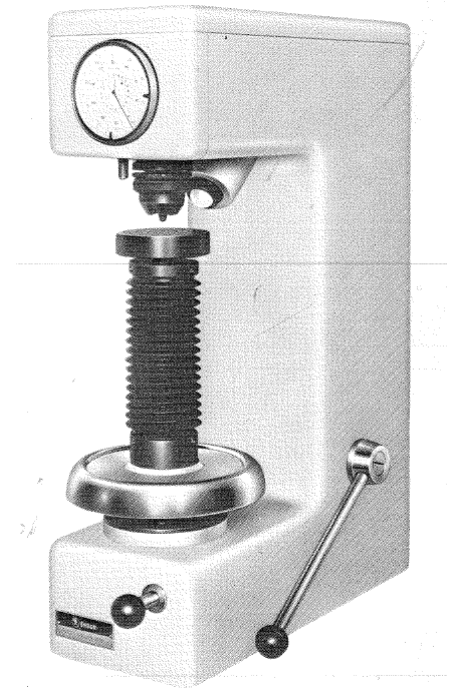
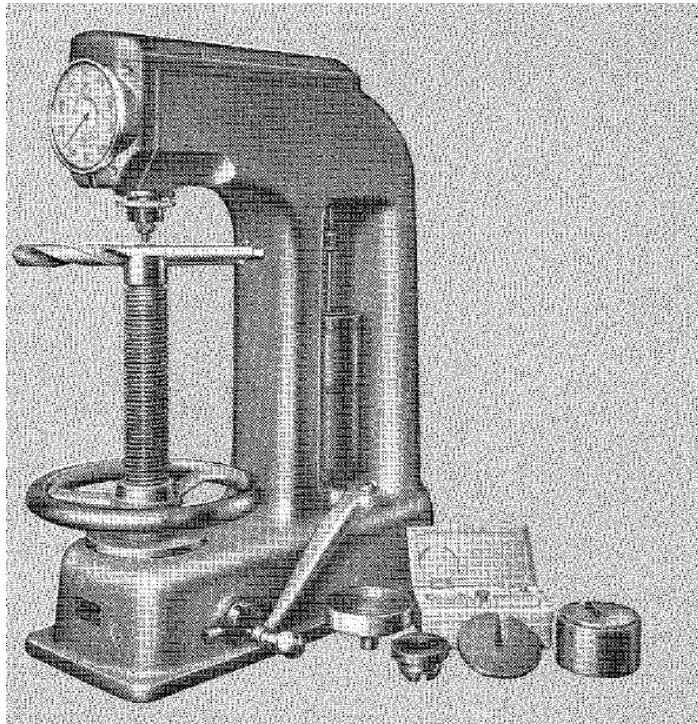


Fig. 5
INVENTORS
Hugh M. Rockwell,
Stanley P. Rockwell,
BY
[Signature]
ATTORNEY

WITNESSES:
Charles J. [Signature]
Harold A. King, [Signature]

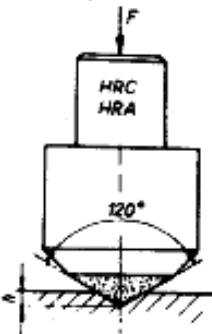


Rockwell:

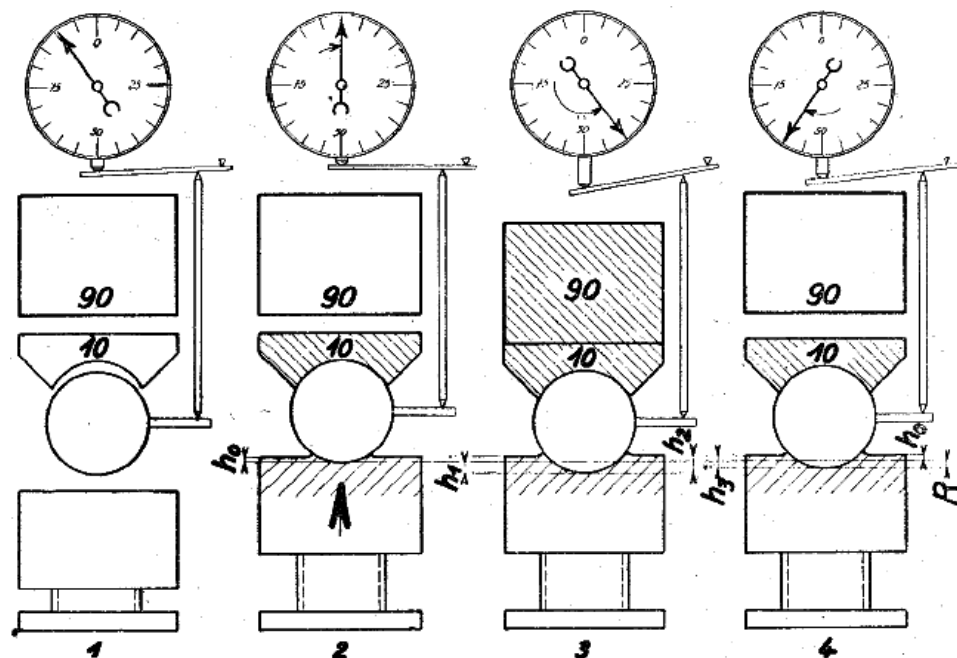


Rockwel C a A:

(Zkušební tělísko, zatížení, oblast použití, značení tvrdosti)

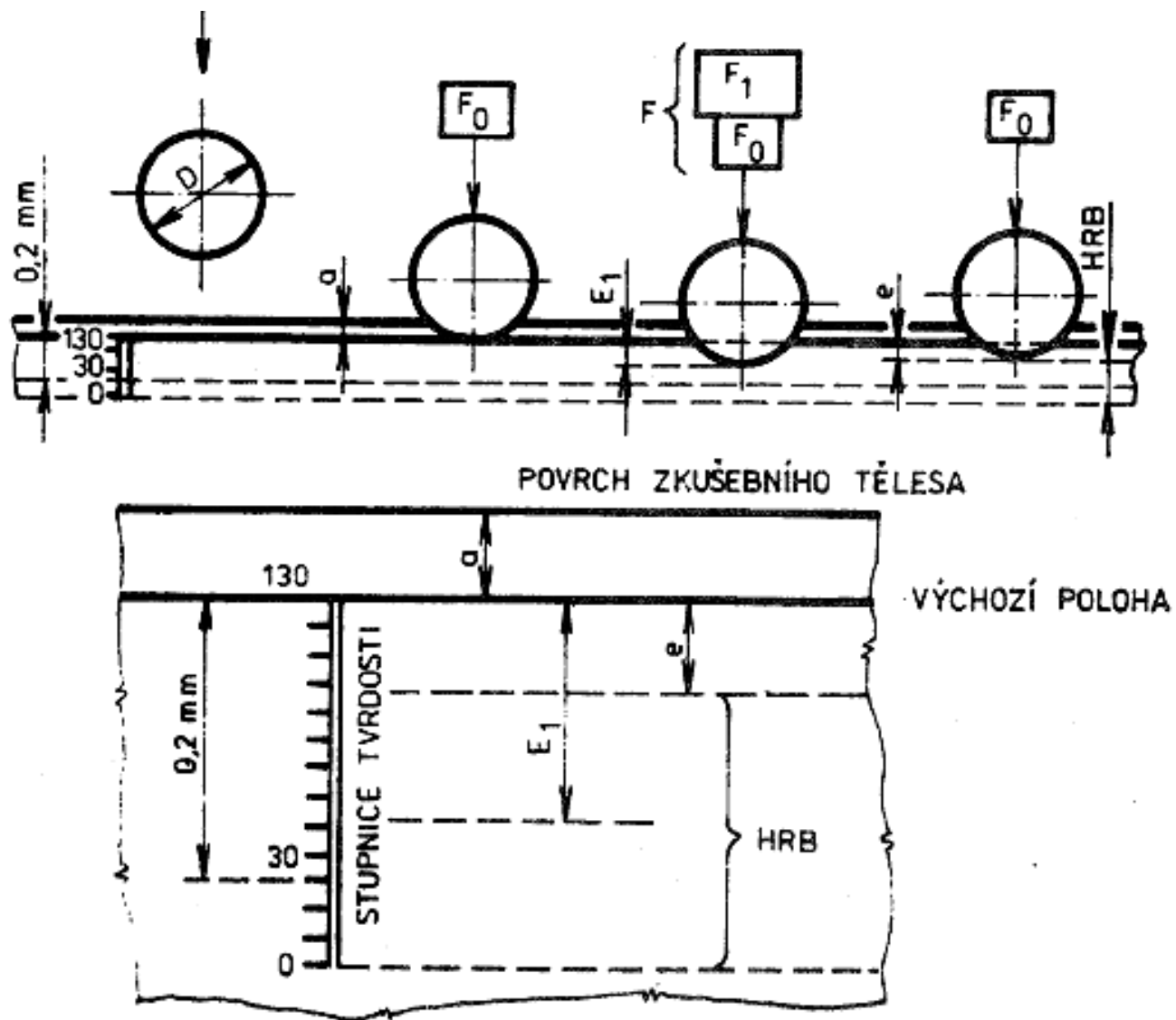
ROCKWELOVA $HRC = 100 - e$ e - hloubka vtisku $\approx 0,002 \text{ mm}$ ČSN 42 0373		DIAMANTOVÝ KUŽEL S VRCHOLOVÝM ÚHLEM $120^\circ \pm 30'$ S KULOVITĚ ZAOBLENDU ŠPIČKOU $R = 0,2 \pm 0,01$	$F = F_1 + F_2$ $F_1 \approx 100 \text{ N}$ $F_2 \approx 1400 \text{ N}$ $F \approx 1500 \text{ N}$	VHODNÉ PRO MĚŘENÍ TVRDOSTI KALENÝCH NÁSTROJOVÝCH MATERIÁLŮ, CEMENTOVANÝCH VRSTEV O VĚTŠÍ TLOUŠŤCE A POD. TLOUŠŤKA VZORKU MÁ BÝT VĚTŠÍ NEŽ OSMINÁSOBEK HLOUBKY VTISKU e	ZÁPIS: 60HRC DOPORUČENÝ ROZSAH 20-67 HRC
ROCKWELOVA $HRA = 100 - e$ e - hloubka vtisku $\approx 0,002 \text{ mm}$ ČSN 42 0373		DIAMANTOVÝ KUŽEL S VRCHOLOVÝM ÚHLEM $120^\circ \pm 30'$ S KULOVITĚ ZAOBLENDU ŠPIČKOU $R = 0,2 \pm 0,01$	$F = F_1 + F_2$ $F_1 \approx 100 \text{ N}$ $F_2 \approx 500 \text{ N}$ $F \approx 600 \text{ N}$	VHODNÉ PRO NITRIDOVANÉ A CEMENTOVANÉ VRSTVY SLINUTÉ KARBIDY. MENŠÍ ZATÍŽENÍ ŠETŘÍ DIAMANT ZEJMÉNA PŘI MĚŘENÍ TVRDOSTI SLINUTÝCH KARBIDŮ.	ZÁPIS: 70HRA

Rockwell HRB



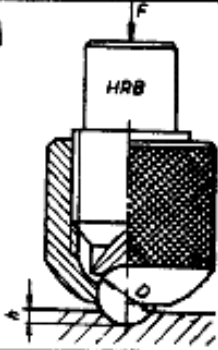
Zatížení	Zkouška podle Rockwella stupnicí					
	C		A		B	
	[N]	[kp]	[N]	[kp]	[N]	[kp]
Předběžné zatížení F_0	98	10	98	10	98	10
Přídavné zatížení F_1	1373	140	490	50	883	90
Celkové zatížení F	1471	150	588	60	980	100

Schéma zk. HRB:



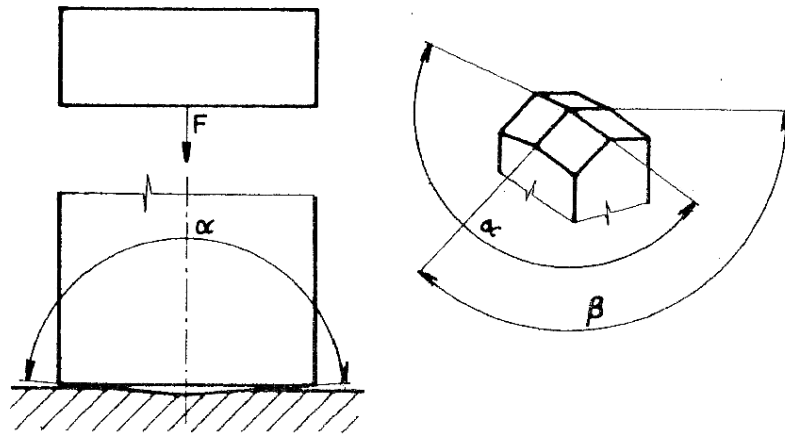
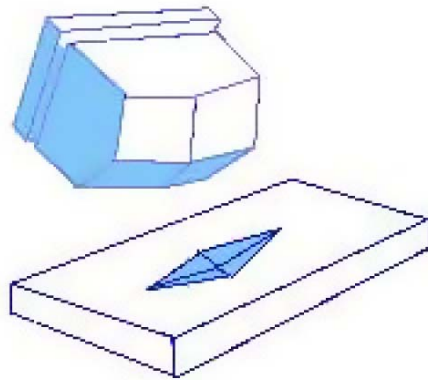
HRB:

(Zkušební tělísko, zatížení, oblast použití, značení tvrdosti)

ROCKWELLOVA $HRB = 130 - e$ e - hloubka vtisku $\pm 0,002 \text{ mm}$  ČSN 420373	KALENÁ KULIČKA $\phi 1/16'' = 1,587 \text{ mm}$ O TVRDOSTI 850 HV10	$F = F_1 + F_2$ $F_1 = 100 \text{ N}$ $F_2 = 900 \text{ N}$ $F = 1000 \text{ N}$	vhodné pro měkké hou- zevnaté případně zuš- lechtěné materiály. nástrojově tvrdé materiály nemůžeme touto zkouškou měřit. (tvrdost kuličky)	<u>ZÁPIS: 85 HRB</u> doporučený rozsah 35-100 HRB
---	--	--	--	---

Knoop KP:

(1939 USA, ASTM E384 standard, 1993 ČSN ISO 4545)



Symbol	Označení
F	zkušební zatížení, N
d	délka delší uhlopříčky vtisku, mm
c	konstanta vnikacího tělesa, plocha povrchu ke druhé mocnině délky delší uhlopříčky vtisku
HK	Tvrdost podle Knoop = $= \text{konstanta} \cdot \frac{\text{zkušební zatížení}}{\text{plocha povrchu vtisku}} = 0,102 \cdot \frac{F}{d^2 \cdot c} =$ $= 0,102 \cdot \frac{F}{0,07028 d^2} = 1,451 \frac{F}{d^2}$
POZNÁMKA - Konstanta $= \frac{1}{g_n} = \frac{1}{9,80665} \approx 0,102$ - Konstanta vnikacího tělesa $c = \frac{\tan \beta/2}{2 \tan \alpha/2}$ kde α a β jsou úhly mezi dvěma protilehlými hranami	

640 HK 0,1 = Tvrdost podle Knoop 640 stanovená při zkušebním zatížení 0,9807 N působícím po dobu od 10 s do 15 s.

640 HK 0,1/20 = Tvrdost podle Knoop 640 stanovená při zkušebním zatížení 0,9807 N působícím po dobu 20 s.

TEST BLOCKS *for the* ROCKWELL HARDNESS TESTER

The homogeneity of one side of the enclosed block, as determined by 6 tests, is within the limits engraved on edge of block. As no absolute standards of hardness are available and no commercial material is truly homogeneous in hardness, this block is supplied as a helpful guide and not as an absolute standard.

Furthermore, our machine on which the blocks are tested may have some error, for its own calibration is not possible closer than plus or minus half a point at C-60 and B-90 and proportionately less exact for deeper penetrations.

Tests should not be made too close together for they tend to harden the block. The softer the piece, the farther apart the indentations should be made.

The reverse side of test block should not be used because the indentations on the used side make an unsatisfactory surface for contacting with the anvil.

WILSON-MAEULEN COMPANY INC.
NEW YORK

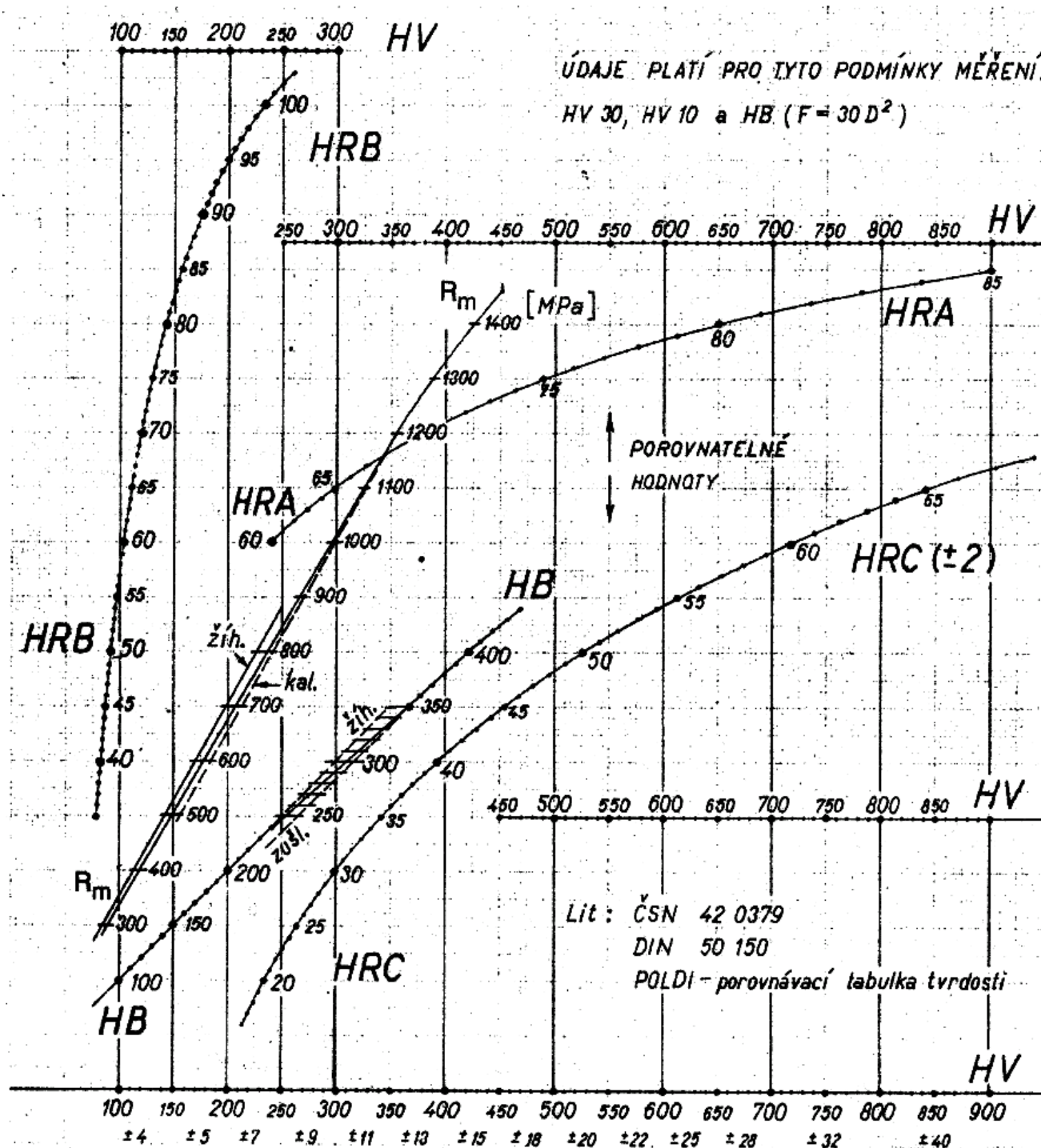
FORM NO. R-70803-10M



Kontrola tvrdoměrů:

Informativní porovnání pevnosti a tvrdosti ocelí

Pozn.: Neexistují
jednoduché
převodní vztahy!



„Interaktivní prvky“:

- Překreslete si vyučujícím určená schémata atp.;
- V průběhu výkladu si pečlivé poznamenávejte klíčové informace;
- Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);
- Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti, pro svůj názor správně formulujte argumenty;

Použitá literatura:

- ANONYMUS. *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření*. SPŠS Sokolská 1. Brno, nedatováno.
- DORAZIL E., *Nauka o materiálu I., návody a cvičení*. VUT Brno 1989.
- FRISCHHERZ A., SKOP P., KNOUREK J. *Technologie zpracování kovů*. Praha: Wahlberg, 1993. ISBN 80-901657-2-9.
- CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J. *Laboratorní cvičení*. Praha: STNL 1961.
- MARTINÁK, M. *Kontrola a měření*. Praha: STNL 1989.
- ŠULC, J. *Technologická a strojnická měření*. Praha: STNL 1982.
- ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z. *Laboratorní cvičení technologická a strojní*. Praha: STNL 1970.
- VÁCLAVOVIČ A., *Měření a kontrola ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1967.
- VYSLOŽIL Z., ZELKO J. *Meranie v strojárstve*. Bratislava: SVTL 1962.
- VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania*. Bratislava: Alfa, 1978.
- WALLA V. *Zkoušení ocelí a ostatních kovů*. Praha: Práce 1952.