1 ZKOUŠENÍ VLASTNOSTÍ KOVŮ

1.1 ZKOUŠKY MECHANICKÝCH VLASTNOSTI

Nejdůležitější a nejpoužívanější u všech zkoušek. Poskytují základní údaje pro stanovení tvaru, rozměrů a materiálu strojních součástí. Dělíme je na :

- **ZKOUŠKY STATICKÉ** **postupně vzrůstající zatěžovací síla** vyvolává deformace až do porušeni zkušebního tělesa; podle způsobu působení zatěžující síly rozdělujeme tyto zkoušky na zkoušky :
  - **pevnosti v tahu**,
  - **tlaku**,
  - **ohybu,**
  - **krutu**,
  - **střihu**.
- **ZKOUŠKY DYNAMICKÉ** síla působí rázem, tzv. **zkouška rázová**, nebo je působící síla opakovaně proměnná, tzv. **zkouška únavová**.

1.1.1 ZKOUŠKA TAHEM

Provádí se na zkušební tyči (průřez kruhový nebo obdélníkový), upnuté do čelistí zkušebního stroje.

Tyč se zatěžuje plynule vzrůstající silou až do přetržení.

Zpočátku se tyč prodlužuje rovnoměrně v celé délce, ke konci zkoušky se prodlužuje více a zaškrcuje se v jednom místě a v něm se také na konci zkoušky přetrhne.

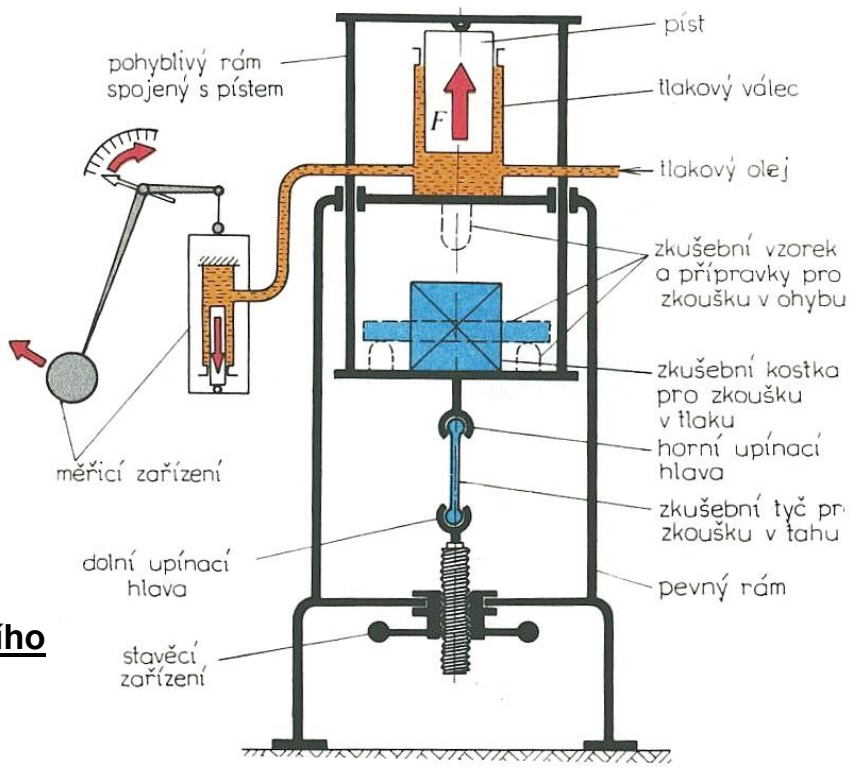
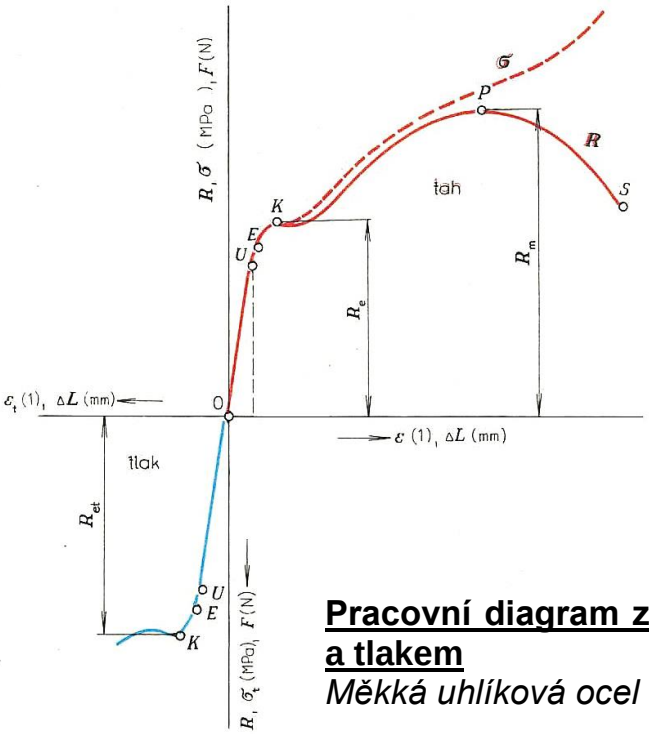


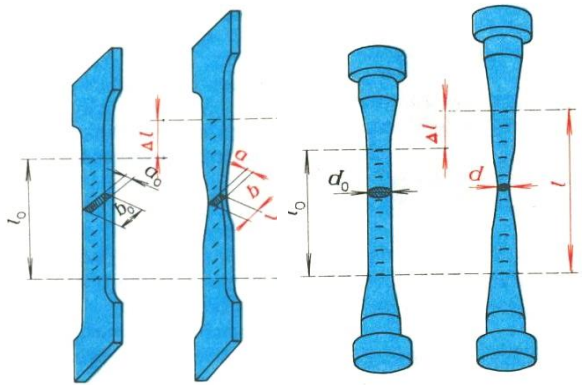
Schéma universálního zkušebního stroje

DIAGRAM ZATÍŽENÍ - PRODLOUŽENÍ

Na osu **y** se vynese zatěžující síla **F** a na osu **x** prodloužení tyče **Δl**. U trhacích strojů kreslí tento diagram přímo registrační zařízení. Na obrázku jsou diagramy pro různé kovové materiály, z nichž jsou patrny i jejích rozdílné mechanické vlastnosti.



Pracovní diagram zkoušky tahem a tlakem
Měkká uhlíková ocel



Tvary zkušebních tyčí pro zkoušku tahem

DIAGRAM NAPĚTÍ - PRODLOUŽENÍ

Na osu **y** se vynese napětí (podíl zatěžující síly a průřezu tyče) σ_t a na osu **x** poměrné prodloužení (podíl přírůstku délky tyče během zatěžování a původní délky tyče (před zkouškou) ε_t).

Z pracovního diagramu pro měkkou uhlíkovou ocel můžeme odečítat tyto mechanické hodnoty :

- **mez úměrnosti v tahu** σ_{Ut} napětí, po jehož hodnotu je prodloužení úměrné napětí (přímková část diagramu).
- **mez pružnosti v tahu** σ_{Et} napětí, které vyvolá trvalé prodloužení 0,005 %, tedy po odlehčení se tyč prakticky vrátí do původního stavu.
- **mez kluzu v tahu** σ_{Kt} (R_e, $R_{p\,0.2}$) napětí, které vyvolává deformací (prodloužení) bez přírůstku napětí.
- **mez pevnosti v tahu** (pevnost v tahu) σ_{Pt} (R_m,) smluvní hodnota napětí daná podílem největší zatěžující síly a původního průřezu tyče.
- **tažnost δ** (A) poměrné prodloužení, které vyjadřujeme v procentech původní délky tyče.

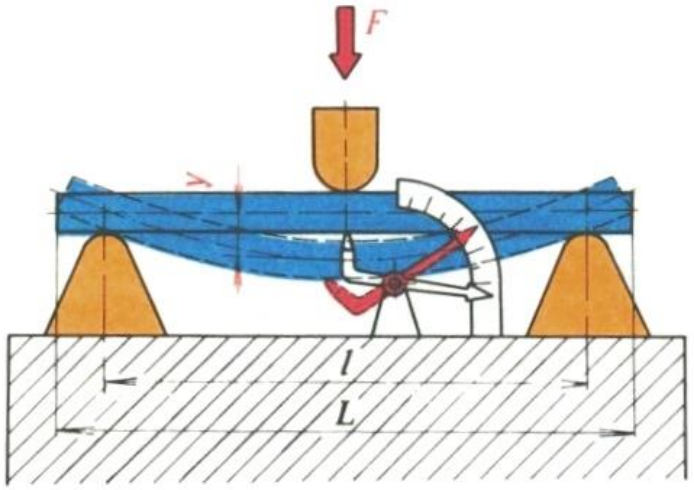
1.1.2 ZKOUŠKA TLAKEM

Hlavní význam má pro stavební hmoty. Provádí se na stejných strojích jako zkouška tahem. Zkušební tělesa mají tvar válečku o průměru 10 až 30 mm a o výšce rovné asi dvojnásobku průměru. Při zkoušce tlakem působí síla v opačném smyslu než při zkoušce tahem. Zjišťujeme při ní obdobné mechanické hodnoty jako při tahu.

1.1.3 ZKOUŠKA OHYBEM

U tvárných kovů a slitin se nedělá. Zkouška je důležitá u šedé litiny. Provádí se na zkušebních tyčích o průměru 20 až 40 mm, které se na koncích uloží na dvě podpory a uprostřed se zatěžují silou. Při zkouškách **se měří zatěžovací síla** a **velikost průhybu**.

Zkouška ohybem



1.1.4 ZKOUŠKA KRUTEM

Má velký význam pří zkoušení ocelí na pružiny, klikové hřídele apod. Zkušební tyč má průměr 10 mm a délku 100 mm. Po upnutí jednoho konce do pevného držáku je na druhém konci namáhána kroutícím momentem. Při zkoušce **se měří krouticí moment** a **zkroucení tyče na určité měřené délce**. **Pevnost v krutu** τ_{Pk} je největší smykové napětí, které způsobí lom zkušební tyče.

1.1.5 ZKOUŠKA STŘIHEM

Střihem jsou namáhány např. nýty, kolíky, bodové svary, některé šrouby apod. Zkušební válcová tyč se zasune do díry ve spodní a horní části přípravku. Na horní část působíme postupně zvyšovanou tlakovou silou. Ze zatížení, pří kterém se zkušební tyč poruší, a z původní plochy střihaných průřezů vypočítáme **pevnost ve střihu** τ_{Ps}.

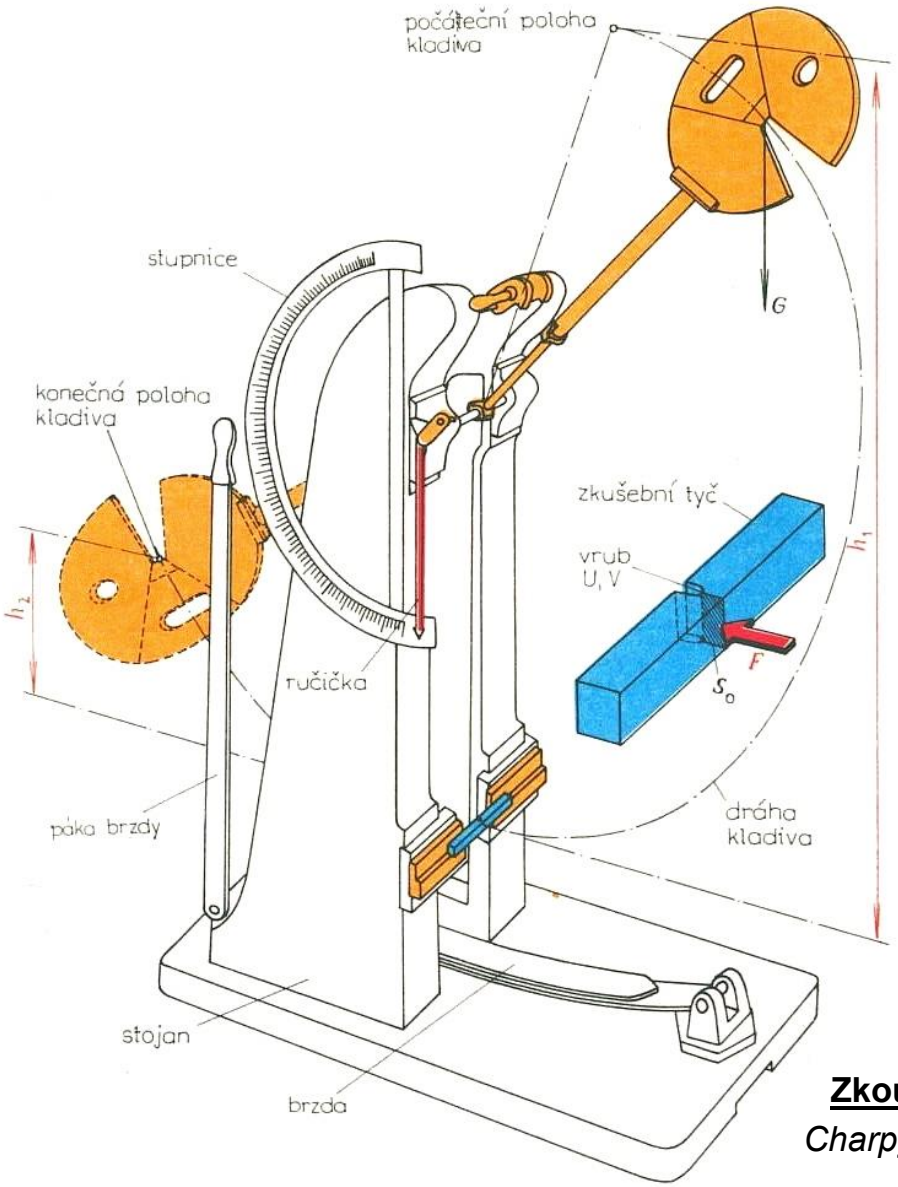
1.1.6 ZKOUŠKA RÁZOVÁ

Slouží k zjištění kolik práce nebo energie se spotřebuje na porušení zkušební tyče. Nejpoužívanější je zkouška vrubové houževnatosti při níž se přeráží tyč čtvercového průřezu se zářezem (vrubem) uprostřed, aby tak bylo předem určeno místo lomu.

Zkušební tyč položíme do zkušebního stroje (Charpyho kladivo) tak, aby náraz kladiva působil na opačné straně proti vrubu. Z tíhy kladiva G a rozdílu výšky kladiva před přeražením a po přeražení ($h - h_1$) vypočítáme práci spotřebovanou na přeražení tyče $A_R = G(h - h_1)$. Podíl spotřebované práce A_R. a původního průřezu v místě vrubu S_o nazýváme ***vrubová houževnatost***

$$R = \frac{A_R}{S_o} \qquad \left[\frac{J}{m^2}\right]$$

Vrubovou houževnatost určujeme u tepelně zpracovaných ocelí, u svarů a u plastů.



Zkouška rázem v ohybu

Charpyho kyvadlové kladivo

1.1.7 ZKOUŠKA ÚNAVY KOVŮ

Převážná část strojních součástí je namáhaná silami, které opakovaně mění svou velikost i směr. Následkem tohoto střídavého namáhání vznikají uvnitř kovu mikrotrhliny, které vedou až k porušení součástí, ačkoli namáhání zdaleka nepřekročilo pevnost daného materiálu.

Lomy takto vzniklé mají lasturový vzhled a nazýváme je **únavové**. Tento druh porušení kovu, zvaný **únava materiálu**, je jedním z nejnebezpečnějších ve strojírenství, a proto i zkoušení odolnosti kovu proti únavě je velmi důležité.

1.1.8 ZKOUŠKY TVRDOSTI

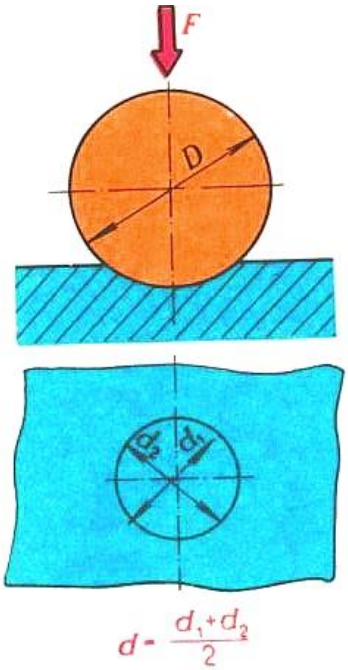
Jsou nejrozšířenější statické zkoušky ze všech mechanických zkoušek.

Rozdělení zkoušek:

- Zkouška tvrdosti podle Brinella (HB)
- Zkouška tvrdosti podle Vickerse (HV)
- Zkouška tvrdosti podle Rockwella (HRA, HRB, HRC)ú

ZKOUŠKA TVRDOSTI PODLE BRINELLA

Tvar vnikacího tělesa: **ocelová kulička**



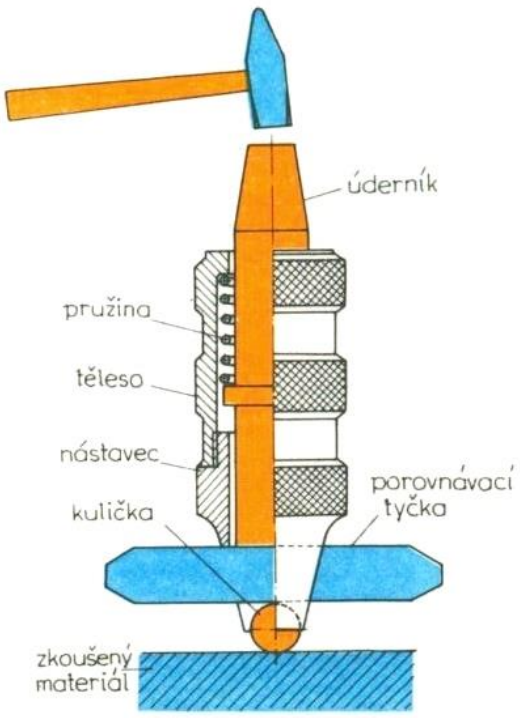
Princip zkoušky:

- Do hladké a rovné plochy na zkoušeném předmětu se po stanovenou dobu vtlačuje rovnoměrně stupňovanou silou kalená ocelová kulička.
- Kulička vytvoří kulovitý vtisk.
- Výsledná tvrdost materiálu se určuje podle průměru vtisku a označuje se **HB**, např. HB = 210.
- Pro praktickou potřebu jsou sestaveny tabulky, ve kterých podle průměru vtisku a velikosti použité síly najdeme přímo odpovídající tvrdost a pevnost materiálu.

Pro dynamické zkoušky měření tvrdosti nejčastěji používáme **ručního tvrdoměru Poldi**.

Princip zkoušky:

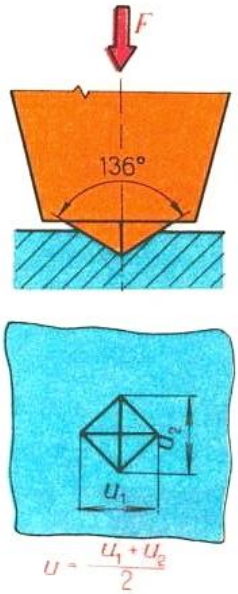
- Pomocí úderu (rázu) kladiva vtiskuje kulička současně do zkoušeného materiálu a do porovnávací tyčinky o známé tvrdostí.
- Po změření průměru vtisků odečteme hodnotu tvrdosti z tabulek.



Ruční tvrdoměr POLDI

ZKOUŠKA TVRDOSTI PODLE VICKERSE

Tvar vnikacího tělesa: **diamantový jehlan**



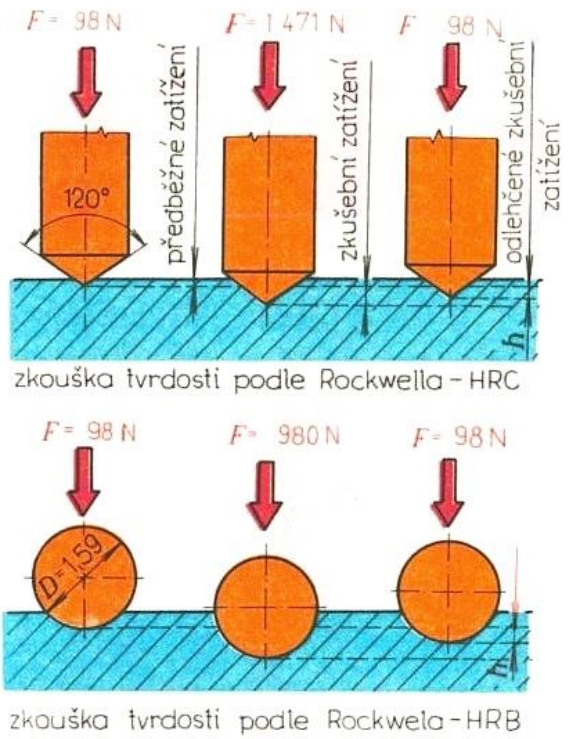
Princip zkoušky:

- Do povrchu zkoušeného předmětu vtlačujeme **diamantový jehlan** stanovenou silou po stanovenou dobu.
- U vzniklého vtisku okulárem nebo projekcí **zjišťujeme střední délku u obou úhlopříček**.

Poznámka : *Pro praktickou potřebu používáme tabulek, ve kterých se podle ní a použité síly najde přímo odpovídající tvrdost. Tvrdost označujeme HV, např. HV = 250. Tuto metodu používáme k měření kovů o velké tvrdosti.*

ZKOUŠKA TVRDOSTI PODLE ROCKWELLA

Tvar vnikacího tělesa: diamantový kužel (HRA, HRC), ocelová kulička (HRB)



Princip zkoušky:

- Tvrdost zjistíme z rozdílu hloubky vtisku **ocelové kuličky** nebo **diamantového kužele** mezí dvěma zatíženími.
- Diamantový kužel se nejprve zatlačí do zkoušeného předmětu silou F_o = 100 N (předběžné zatížení).
- Potom se zatížení zvýší na F_1 = 1500 N (celkové zatížení).
- V další fázi se zatížení opět sníží na původních 100 N.
- Indikátor tvrdoměru změří, o kolik se zvětšila hloubka vtisku celkovým zatížením → čím je hloubka menší, tím je tvrdost větší.

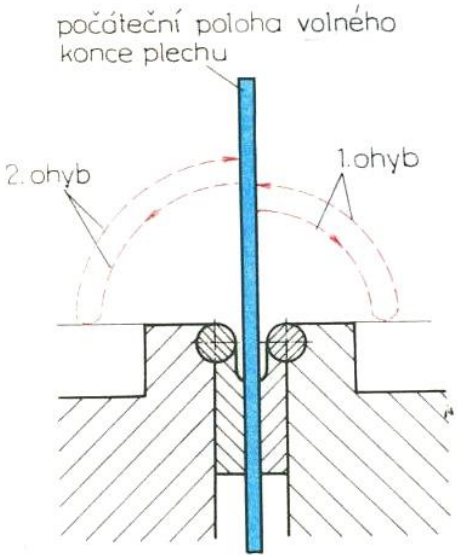
Použití:

- **Tvrdé materiály**
  Použijeme diamantový kužel - tvrdost se označuje **HRC**
- **Měkké materiály**
  Použijeme ocelovou kuličku - tvrdost se označuje **HRB**, metoda je vhodná pro běžnou kontrolu velkých sérii výrobků a tam, kde HB již není použitelná.
- **Křehké materiály, tenké povrchové vrstvy**
  Tvrdost podle Rockwella, určená diamantovým kuželem při celkovém zatížení 600 N (křehké materiály, tenké povrchové vrstvy), se označuje **HRA**.

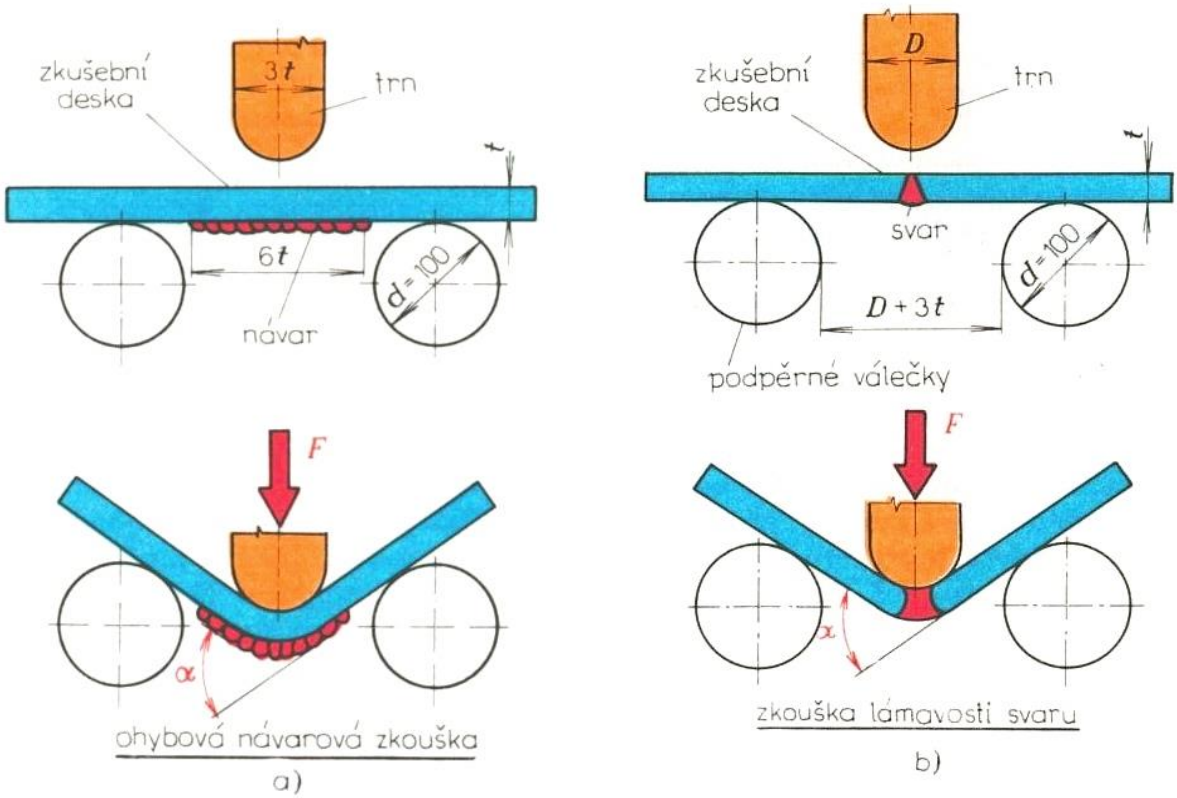
1.2 ZKOUŠKY TECHNOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ

Technologické zkoušky hodnotí zkoušený kov z hlediska jeho vhodnosti pro jeho další zpracování, např. pro tváření za tepla, za studena, svařování apod.

Provádění jednotlivých zkoušek je předepsáno příslušnými ČSN. Například **svařitelnost materiálu** zkoušíme mnoha způsoby. Pro zkoušku návarovou navaříme housenku uprostřed desky s drážkou a celou desku i s návarem ohýbáme. Jiná zkouška spočívá v tom, že zkoušený materiál svaříme tak, jak tomu bude v praxi, a svar sám i jeho okolí podrobíme zkouškám pevnosti, vrubové houževnatosti apod.



Zkouška střídavým ohýbáním plechů a pásů



Zkouška svařitelnosti

a) ohybová návarová, b) lámavosti svarů

1.3 ZKOUŠKY DEFEKTOSKOPICKÉ

Jedná se o nedestruktivní zkoušky → zkoušený předmět při nich není porušen a může být po kontrole použit. Účelem těchto zkoušek je **odhalení malých povrchových a vnitřních vad**.

Podle fyzikální podstaty se defektoskopické zkoušky rozdělují na :

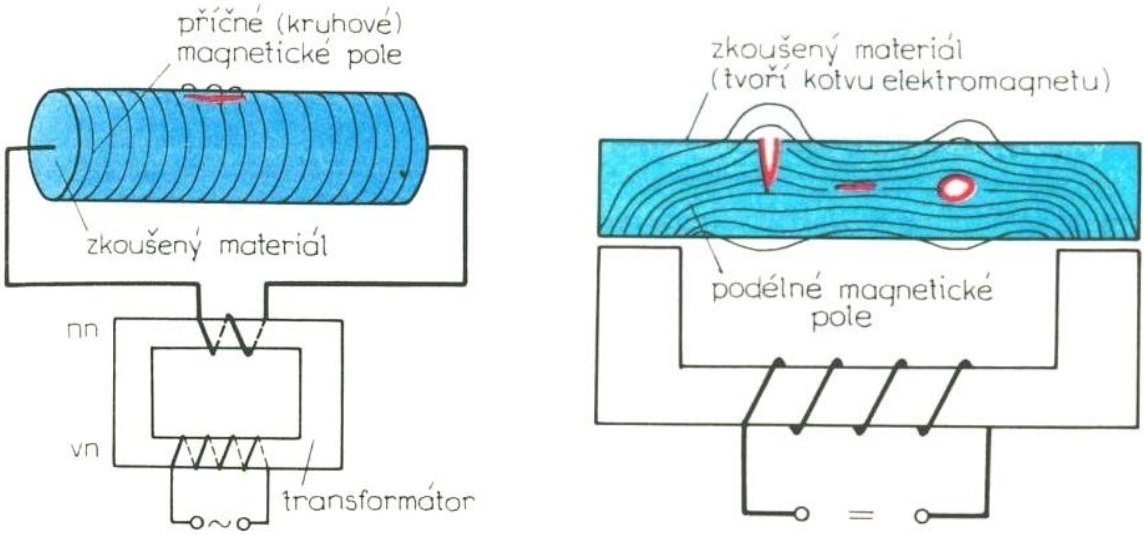
- magnetoinduktivní,
- ultrazvukem,
- radiologické,
- penetrační.

MAGNETOINDUKTIVNÍ ZKOUŠKY

Jsou vhodné pro zjišťováni vad na povrchu nebo těsně pod povrchem zkoušeného materiálu. Lze jimi zkoušet pouze magnetické materiály.

Podstata zkoušky spočívá ve vytvoření magnetického pole ve zkoušeném předmětu :

- Si!očáry jsou vytlačovány na povrch v místech trhlin → vytváří na materiálu magnetické póly.
- Zkoušený předmět se poleje řídkým olejem, v němž je rozptýleno jemné práškové železo.
- Železné částečky se uchytí na povrchu předmětu v místech, kde se vytvořily magnetické póly → z ostatních míst železné částečky odplaveny olejem → vzniká obraz vady dříve prostým okem neviditelné.
- **Střídavým proudem** provádíme **příčnou magnetizaci** a zjišťujeme **vady podélné**.
- **Stejnosměrným proudem podélnou magnetizaci** a zjišťujeme **vady příčné**.



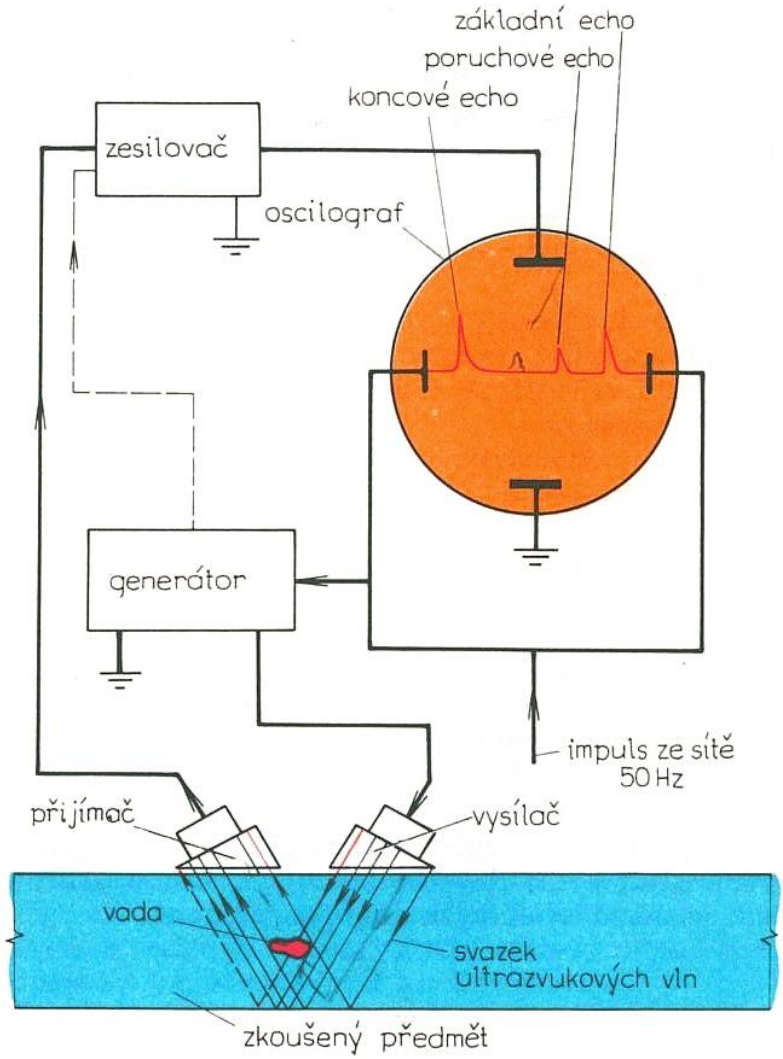
Magnetické zkoušky polévací metodou

a) podélné vady, b) příčné vady

ZKOUŠKY ULTRAZVUKEM

Procházejí-li ultrazvukové vlny kovovou součástí, vnitřní vada část zvukových vln nepropusti. Na tom je založena **PRŮCHOZÍ METODA**. Vysílací sondu ultrazvukového generátoru posunujeme po jedné straně zkoušeného předmětu, přijímač zjišťuje intenzitu zvukových vln, a tak se určuje poloha a velikost vady.Zkoušku musíme provádět ve dvou na sebe kolmých směrech, aby byly zjištěny i ploché vady.

U ultrazvukových vln se úhel odrazu rovná úhlu dopadu. Na tomto principu je založena **ODRAZOVÁ METODA**. Pří ní se vysílá do zkoušeného předmětu krátkodobý ultrazvukový impuls. V předmětu se odráží od protilehlé stěny nebo od možné vady a na straně, z niž je vysílán, se opět přijímá. Narazí-li impuls cestou na vadu, odrazí se dříve a na obrazovce osciloskopu se objeví tzv. poruchové echo, které určuje vadu i její polohu.

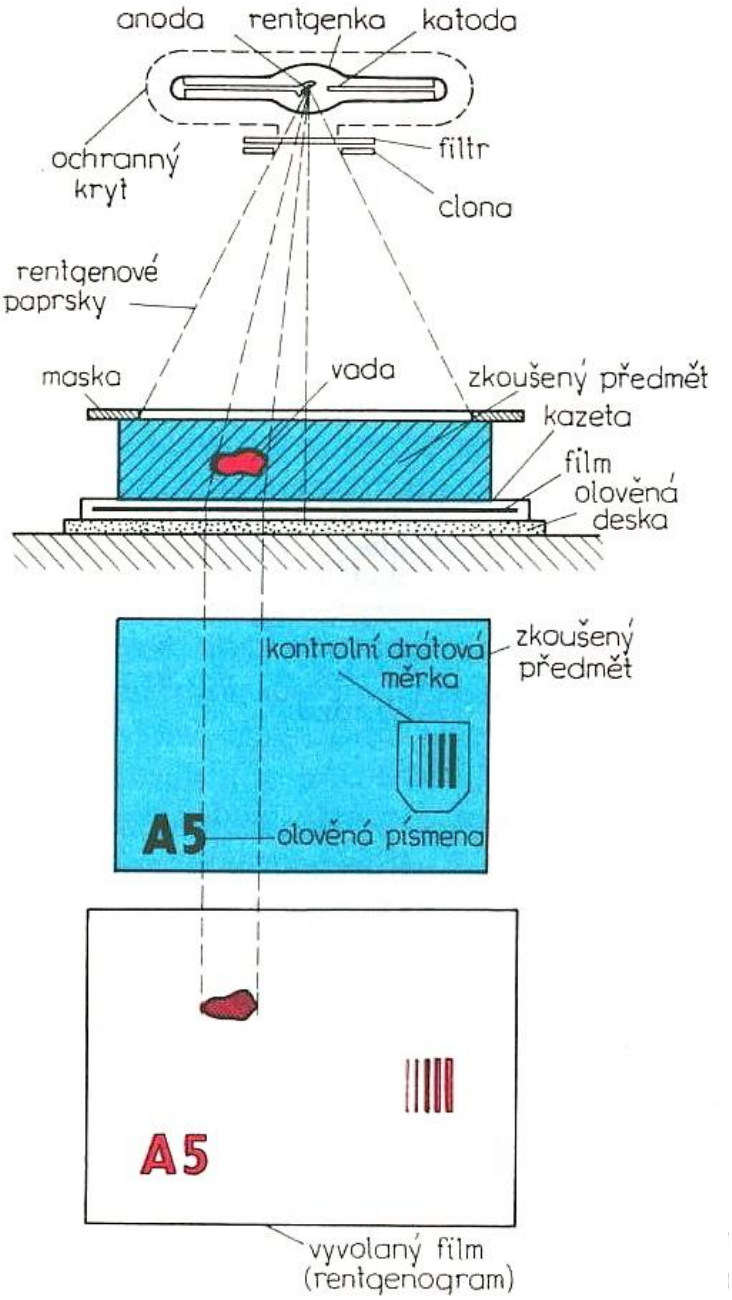


Princip ultrazvukového defektoskopu

ZKOUŠKY RADIOLOGICKÉ

Při zkouškách se používá záření, které prochází i světelně nepropustnými látkami.

Prochází-li toto záření homogenním kovem, je více pohlcováno, než je-li v kovu vnitřní vada (póry, staženiny a nečistoty v odlitcích, výkovcích, svarech apod.). Takto vzniklé rozdíly v intenzitě záření lze pozorovat na stínítku nebo zachytit na fotografickou desku nebo film. Jako zdroj záření se původně používaly jen rentgenové přístroje o velkém výkonu, V poslední době se rozšířilo použití betatronů a gamazářičů.



Princip zkoušky rentgenovými paprsky