

Kladivem a kuličkou

Jména, k nimž se vztahuje tento příspěvek, zná každý strojař. Vztahují se ke zkouškám základních vlastností materiálů. Jedná se o zkoušku rázem v ohybu, prováděnou nejčastěji Charpyho kladivem, a zkoušku tvrdosti podle Brinella. Pravděpodobně méně však víme o těch, jejichž jména zkoušky nesou. Strojař si možná rád přečte něco o osudech pánů Charpyho a Brinella, laik se třeba bude chtít dozvědět, jaká že to činnost se provádí v suterénu naší strojírenské průmyslovky...

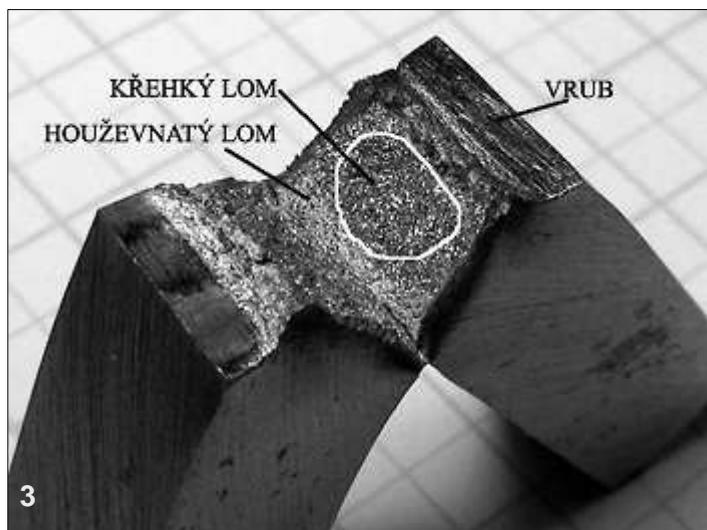


Vlastnosti materiálů, které se uvedenými zkouškami zjišťují, musíme znát proto, abychom věděli, zda ze zkoušeného materiálu můžeme vyrobit ten krásný závoďák (nelekejte se, tak jsem to vysvětloval našemu tříapůlletému juniorovi, kterého zaujal úlomek oceli na mém stole). Jsou to vlastnosti popsatelné veličinami nikoli fyzikálními, ale technickými, protože jejich číselná hodnota závisí na průběhu a podmínkách zkoušky (jsou obtížně převoditelné na hodnoty získané jiným způsobem). Původ zkoušek je zakotven v bouřlivém rozvoji techniky 19. století a je spjat s rozvojem železnic, parních kotlů a strojů i s rozvojem obrábění a řezných materiálů. Vznikají nové materiály (litá ocel), technici se začali potkávat s jevy, které dřívější doba převážně dřevěných pomaloběžných strojů neznala; kolejnice se lámaly, plechy se trhaly, válce praskaly – a lidé často umírali. Ve druhé polovině 19. století se odehrál nespočet výbuchů parních kotlů či železničních neštěstí. Tentýž materiál se najednou choval zcela nečekaně, tvárná ocel chladem křehla, strojní součásti praskaly náhle za normálního provozu (důsledek tzv. únavy materiálu a šíření únavových trhlin vlivem koncentrace napětí a dynamického namáhání).



Francouz **Augustin Georges Albert Charpy** (1. 9. 1865 – 25. 11. 1945, obr. 1) byl synem námořního důstojníka. V roce 1887 absolvoval pařížskou École Polytechnique a ve školní laboratoři připravil doktorskou dizertaci. V r. 1892 se stal vedoucím inženýrem v Laboratoire d'Artillerie de la Marine (s neznalostí franštiny odhaduji laboratoř námořního dělostřelectva) a řídil výzkum kovů a slitin. Spojil se se společností Compagnie de Chatillon Commentry a v r. 1898 se stal technickým ředitelem.

Na přelomu 19. a 20. století se Charpy věnoval studiu křehkého chování ocelí. Každý si jistě pod pojmem „křehkost“ něco představí – porcelán, kostku cukru, dřívko (poněkud přeneseno do jiných rubrik...). Křehký materiál nedokáže



zpracovat velké množství energie – při rázu, úderu praská s nepatrnou deformací, jeho tzv. objemová hustota energie je malá. Naproti tomu materiál houževnatý (tvárný) se zdeformuje, přivedená energie se absorbuje vykonáním deformační práce (markantní je to např. u pružin). Dostane-li však houževnatá ocel opravdu „velkou ránu“, je-li narušena trhlinou, popř. je-li namáhána za nízké teploty, chová se jako materiál křehký – praská hrubě krystalickým lomem s minimální změnou tvaru. Charpyho zkouška prezentovaná na počátku 20. století, v podstatě přeražení zkušební tyčky Charpyho kyvadlovým kladivem (obr. 2), popisuje uvedené vlastnosti prostřednictvím nárazové práce a veličiny zvané vrubová houževnatost (nárazová práce vztahovaná na plochu průřezu tyčky; je to jednodušší než výše zmíněný objem deformované tyčky). Vzorek je opatřen vrubem (obr. 3), protože v něm dochází ke koncentraci namáhání a změna tvaru se soustředí v nejbližším okolí průřezu. Na skutečné součásti se vrubový účinek projevuje všude, kde se mění tvar – tj. osazení, drážky, zápichy apod. Charpyho rázová zkouška se provádí na vzorcích s různými vruby a za různé teploty, je všeobecně používána, přesto kromě ní existují ještě rázové testy Izodův a Amslerův.

V r. 1918 byl Charpy uveden do Akademie věd (do nově zřízené sekce průmyslových aplikací vědy) a v r. 1920 se stal generálním ředitelem Compagnie des Acieries (ocelárny) de la Marine et Honnecourt. Spolu s Osmondem a Henry Le Chatellierem byl Charpy zakladatelem francouzské vědy o slitinách kovů. V Laboratoire d'Artillerie de la Marine studoval kalení oceli a objasnil vliv kalicí teploty na mechanické vlastnosti. Vysvětlil podstatu eutektoidní struktury ocelí a podal experimentální ověření několika oblastí diagramu Fe – C (douška pro techniky, ostatním se omlouvám). Kromě dalšího sestrojil Charpy první elektrickou odporovou pec, věnoval se výzkumu křemíkových ocelí (důležitých pro elektrotechnický průmysl) a v rámci své skvělé kariéry dokázal působit i jako pedagog.

Syn švédského farmáře **Johan August Brinell** (21. 6. 1848 – 17. 11. 1925, obr. 4) vykonal také mnoho významného v oblasti metalurgie ocelí. Jeho jméno je však nejčastěji spojováno s jednou ze standardizovaných zkoušek tvrdosti kovů (obr.



4

5). Brinell absolvoval v roce 1871 technickou školu v Borås a dalších pět desetiletí pracoval ve švédském ocelářském průmyslu. V letech 1882 – 1903 byl vrchním inženýrem oceláren Fagersta, kde se věnoval vědecké práci. V letech 1903 – 1914 pracoval jako vrchní inženýr v železárnách Jernkontoret a v letech 1915 – 1923 byl předsedou představenstva ve Fagersta. Byl členem Švédské akademie věd a britského Iron and Steel Institute, v r. 1907 obdržel čestný doktorát v Uppsale a v průběhu let mnoho dalších významných ocenění.

Brinellovy první výzkumy ve Fagersta se týkaly strukturních změn oceli při ohřevu a ochlazování, mj. porovnával na velkém množství vzorků vzhled lomové plochy. První jeho zásadní spis (1885) byl označen jako „*monument tvořivé a pečlivé práce, který ukazuje, kolik toho lze zvědět o oceli bez znalosti její mikrostruktury*“ (C. S. Smith). Tento spis sice zpočátku zastínila práce Florise Osmonda o mikrostruktuře, postupně se ale výsledky obou prací doplňovaly, protože Brinellovy závěry vycházely z metod dobře známých ve výrobě.



5

Brinellův přístroj pro měření tvrdosti byl poprvé představen v Paříži v r. 1900. Dosud představuje jeden ze základních prostředků měření tvrdosti; provádí se na něm jedna z tzv. vnikacích zkoušek. Tvrdost si můžeme představit jako odpor proti vnikání cizího tělesa do povrchu materiálu. Podstatou Brinellovy zkoušky je vtlačování indentoru – zkušebního tělíska, zde kuličky, nejčastěji o průměru 10 mm, z kalené oceli nebo z tvrdokovu (na bázi karbidů) předepsanou silou (nejčastěji odpovídající hmotnosti 3 tuny) po stanovenou dobu (nejčastěji 10-15 s). Tvrdost v Brinellových stupních (HB) se posuzuje podle velikosti plochy povrchu takto vzniklého kulového vtisku.

Použito:

FRANCOIS, D., PINEAU, A. *From Charpy to present impact testing*. [online]. [cit. 2009-11-20]. Dostupné na www: <http://books.google.cz/books>.

PINEAU, A. *Georges Augustin Albert Charpy (1865-1945)* [online]. [cit. 2009-11-20]. Dostupné na www: <http://www.annales.org/archives/x/charpy.html>

The Brinell Hardness Test: ASTM E10. [online]. [cit. 2009-11-20]. Dostupné na www: http://www.wmtr.com/Content/brinell_hardness_test.htm.

Foto z laboratoře SPŠS, Plzeň JG.

Josef Gruber

Publikováno ve Zpravodaji SPŠ strojnické, Plzeň v listopadu 2009.