INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zkoušky mechanických vlastností

Metodický materiál

Ing. Vlastimil Hořák

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu OP VK č. CZ.1.07/1.1.24/01.0134
Rozvoj technického a přírodovědného vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici

O projektu Rozvoj 2014

Základní údaje o projektu:

Název projektu:	**Rozvoj přírodovědného a technického vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici**
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
Prioritní osa:	7.1 Počáteční vzdělávání
Oblast podpory:	7.1.1 Zvyšování kvality ve vzdělávání
Předkladatel:	Vyšší odborná škola, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Kopřivnice, příspěvková organizace
Partner projektu:	Porgest, a.s.
Rozpočet projektu:	9 288 965,12 Kč
Doba realizace:	14. 02. 2012-30. 09. 2014 (32 měsíců)

Cílem projektu zkráceně nazvaného Rozvoj 2014 je zvýšení kvality výuky přírodovědných i technických předmětů a odborného výcviku na VOŠ, SOŠ a SOU Kopřivnice prostřednictvím inovací obsahu příslušných vzdělávacích modulů, tvorby nových výukových i metodických materiálů a pořízení moderního vybavení pro výuku odpovídajících předmětů.

Projekt je řešen v těsné spolupráci s podniky - zaměstnavateli v regionu, abychom dosáhli co nejužšího propojení výuky s praxí. Využíváme zkušenosti partnera projektu – firmy Porgest, a. s. i dalších podniků, které projevily zájem s námi spolupracovat.

Modernizace výuky je zaměřena na tři oblasti:
- svařování,
- strojírenství,
- přírodní vědy (fyzika, chemie, biologie).

V období realizace projektu bylo vytvořeno celkem 10 vzdělávacích modulů zahrnujících metodické texty pro učitele, výukové texty pro žáky, prezentace i videosekvence. Bylo obnoveno vybavení svářečské dílny a strojní laboratoře, doplněno vybavení chemické laboratoře a vybudována nová učebna přírodovědných předmětů. Další informace a výstupy projektu jsou k dispozici na stránkách projektu www.voskop.cz/rozvoj.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

OBSAH

1 Univerzální trhací stroj LabTest 4
1.1 Popis stroje 4
1.2 Rozměry trhacího stroje LabTest 5
1.3 Obsluha stroje 6
1.4 Výměna čelistí 8
2 Popis programu Test&Motion 9
2.1 Uživatelské prostředí 9
2.2 Příkazy hlavní nabídky 10
2.3 Manuální ovládání pohybu stroje 12
2.4 Hodnocení zkoušky 13
2.5 Zobrazení výsledků 14
2.5.1 Tahový diagram s vypočtenou hodnotou smluvní meze kluzu Rp0.2 14
2.5.2 Vypočtené hodnoty 15
2.5.3 Manuální změna meze kluzu 15
2.6 Vytvoření protokolu z měření 17
3 Úloha č. 1 – Statická zkouška v tahu na stroji nové konstrukce 18
4 Úloha č. 2 – Statická zkouška v tahu na stroji staré konstrukce 21
5 Úloha č. 3 – rázová zkouška ohybem 25
6 Úloha č. 4 – Zkouška tvrdosti podle Rockwella 27
7 Zkouška tvrdosti podle Vickerse 29
8 Úloha č. 6 – Zkouška hlubokotažnosti plechu podle Erichsena 31
Přílohy 33
Zdroje obrázků 38

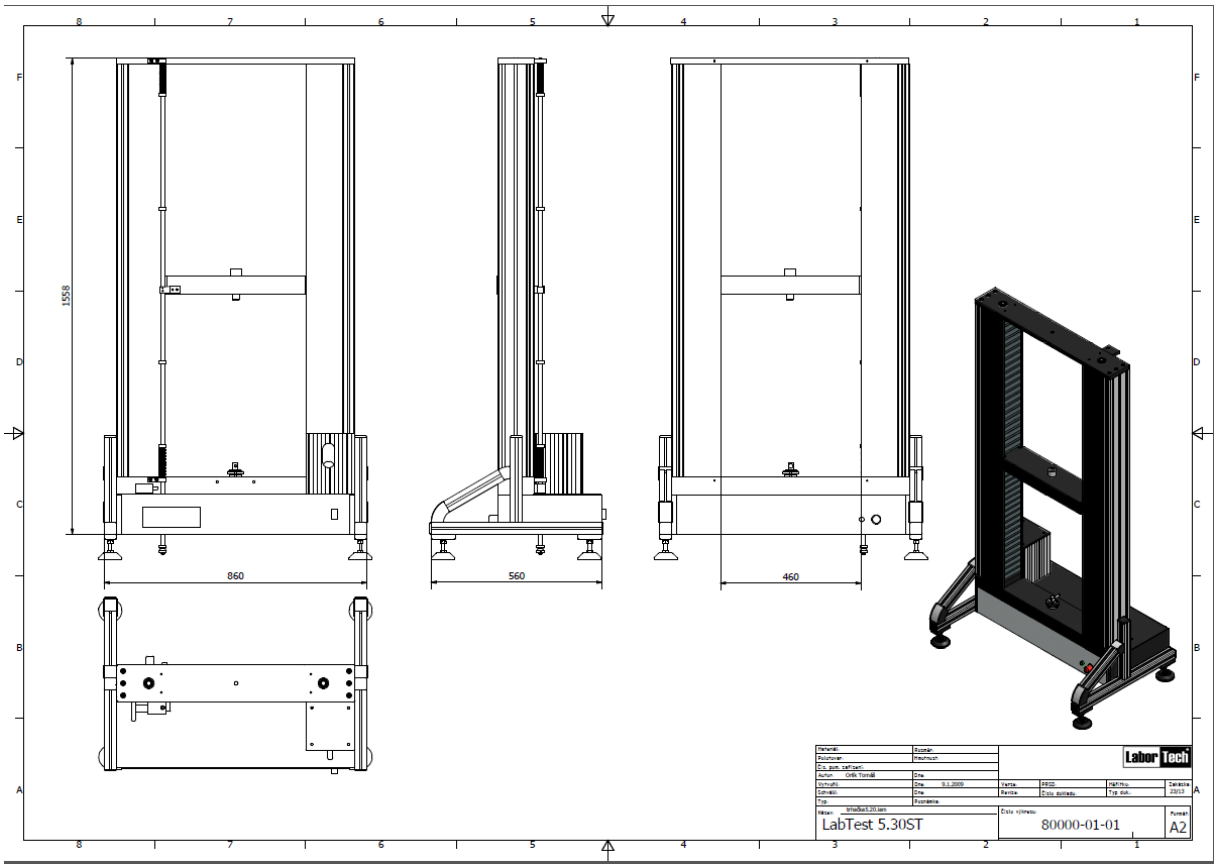
1 Univerzální trhací stroj LabTest

1.1 Popis stroje

1. Podstavec
2. Dva portálové sloupy
3. Příčník
4. Upínací hlavice

Obr. 1: Univerzální trhací stroj LabTest

1.2 Rozměry trhacího stroje LabTest



Obr. 2: Rozměry trhacího stroje LabTest

1.3 Obsluha stroje

1. Stroj, který je připojen do elektrické sítě, zapněte tlačítkem v zadní části stroje.

2. Zapněte počítač sloužící k ovládání stroje a spusťte testovací program Test&Motion dvojklikem na ikonu umístěnou na ploše počítače.
3. Součástí stroje jsou dvě signalizační kontrolky, zelená a červená:

   Zelená kontrolka – indikuje zapnutí stroje hlavním vypínačem.

   Červená kontrolka – rozsvítí se pouze v případě nouzového zastavení anebo najetí příčníku na koncový doraz koncového spínače.

4. Program automaticky inicializuje zapojený stroj.
5. Zaktivujte řízení stroje pomocí programu Test&Motion tlačítkem On v horní liště, v tomto okně lze pomocí šipek pohybovat příčníkem.
6. Pohyb příčníků zastavíme kliknutím na pole STOP .
7. Rychlost a nastavení pojezdu lze konfigurovat pomocí tlačítka Řízení pojezdu .
8. Upněte vzorek do čelistí.
9. Vlastní nastavení testu setrvává od posledního provozu stroje. Pokud nechcete zvolit odlišné nastavení, můžete načíst již vámi uložené nastavení testu, které naleznete na liště Soubor-Otevřít-Metoda SVL.
10. Pro nové nadefinování zkoušecí metody klikněte na pole Zkouška-Zadání .

Univerzální trhací stroj LabTest

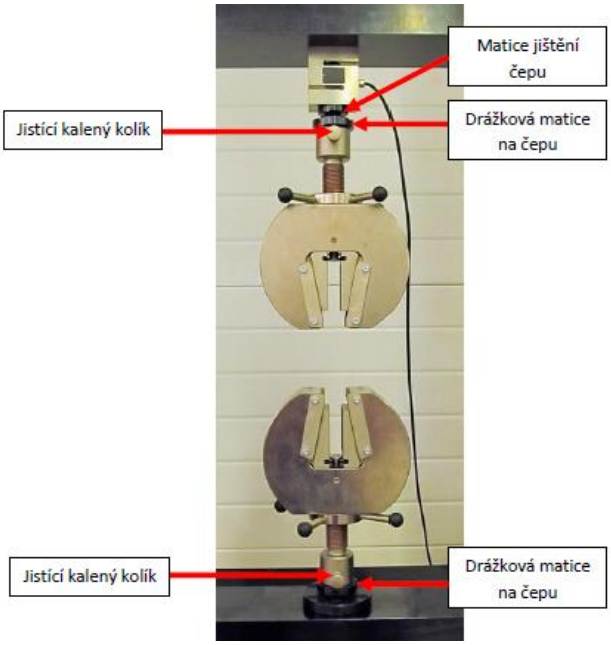
11. Před samotným započetím zkoušky stroj aretujte postupným kliknutím na pole v horní liště a přesvědčte se, že je stav v okně DSP vynulován.

12. Vlastní zkoušení zapnete tlačítkem semaforu , zkoušku můžete sledovat v reálném čase na displeji, v okně MVL průběh grafu a v okně DSP naměřené hodnoty.
13. Zkouška se automaticky ukončí po dosažení zvolených parametrů v Nastavení zkoušky-Ukončení zkoušky. Zkoušku lze kdykoli ukončit kliknutím na pole STOP , nebo stlačením nouzového vypínače na stroji, nebo na dálkovém ovladači.

14. Naměřená data a graf průběhu zkoušky se automaticky ukládá do adresářů nastavených v Nastavení zkoušky-Uložení. Protokol lze uložit i manuálně kliknutím na pole Soubor- Uložit-MVL .
15. Při opětovném zkoušení lze nastavit automatický návrat příčníku kliknutím na pole Upínací délka .
16. Po nastavení lze již příčník vracet do požadované polohy kliknutím na tlačítko návrat příčníku .

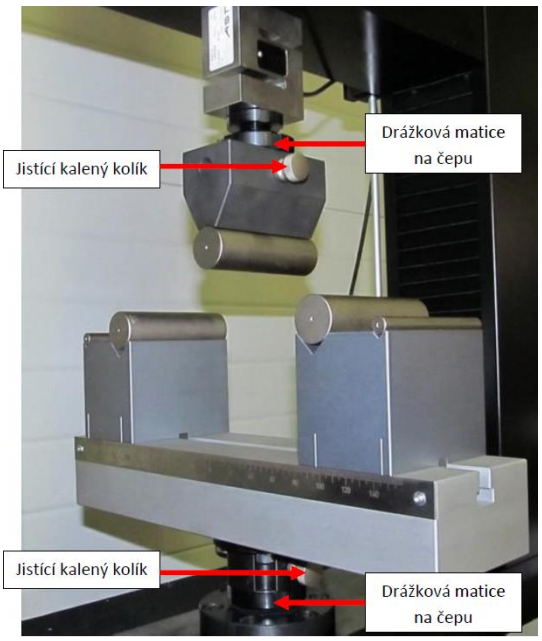
1.4 Výměna čelistí

1. Mechanické čelisti vyjmeme ze stroje tak, že uvolníme drážkovou matici na čepu a vytáhneme jistící kalený kolík na vnější straně. Opačným postupem čelisti do stroje vložíme.



Obr. 3: Výměna plochých čelistí

2. Přípravek pro 3-bodý ohyb vyjmeme ze stroje tak, že uvolníme drážkovou matici na čepu a vytáhneme jistící kalený kolík na vnější straně. Opačným postupem čelisti do stroje vložíme.



Obr. 4: Výměna čelistí pro ohyb

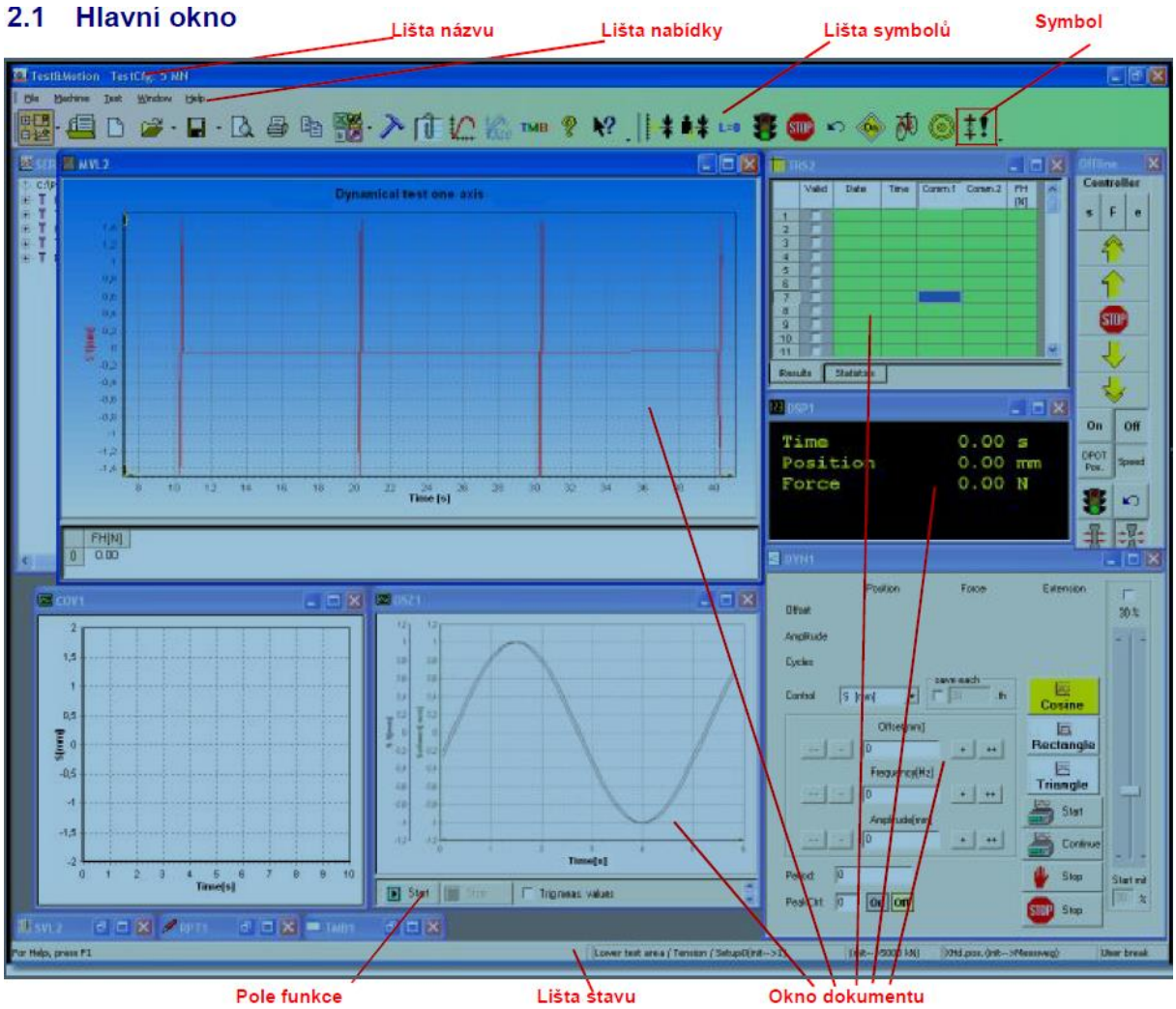
2 Popis programu Test&Motion

2.1 Uživatelské prostředí

Dílčí okna dokumentů:

- Okno dokumentu Diagram měření MVL
- Okno dokumentu Zobrazení měřených hodnot DSP
- Okno dokumentu Výsledky zkoušky a statistika TRS
- Okno dokumentu Počáteční hodnoty SVL

2.1 Hlavni okno



Obr. 5: Uživatelské prostředí programu Test&Motion

2.2 Příkazy hlavní nabídky

1. Otevře okno dokumentu Správa série (SER).
2. Otevře seznam souborů.
3. Smaže aktivní dokument a přenastaví jej na standardní hodnoty.
4. Otevře existující dokument.
5. Uloží aktivní dokument pod jeho současným názvem souboru.
6. Otevře dialog Export. Zde je možno definovat data pro export.
7. Otevře dialog Nastavení zkoušky. Zde je možno najít možnosti výběru pro konfiguraci zkoušky.
8. Otevře dialog Zadat komentáře.
9. Otevře dialog Diagram pro konfiguraci os diagramu.
10. Ukončí sérii zkoušek.
11. Funkce programování pro definici uživatelsky definovaných rozměrů.
12. Táruje pozici křížové hlavy.
13. Táruje zatížení.
14. Táruje prodloužení.
15. Táruje senzor tloušťky.

Popis programu Test&Motion

16. Spustí zkoušku.

17.

Ukončí běžící zkoušku.

18. Přesune křížovou hlavu po zkoušce zpět do výchozí pozice.

19.

Mechanika stroje je zapnuta.

20. Otevře dialog Pořadí přesunu pro definování a kontrolu.

21. Otevře dialog Parametr ovladače online.

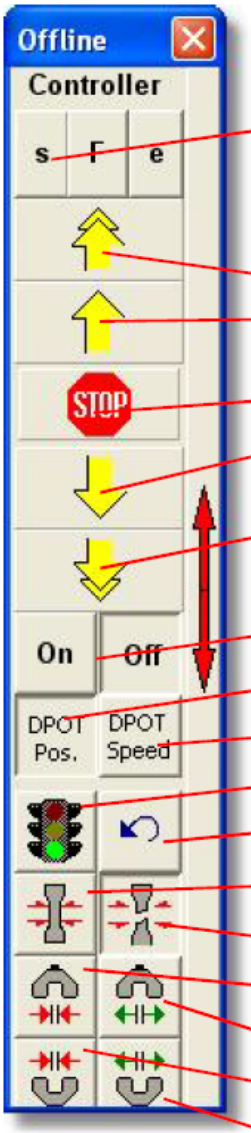
22. Otevře dialog Posunout křížovou hlavu na konkrétní délku uchycení pro nastavení volné dílky uchycení.

23.

Ukončení pozorování cest měření.

2.3 Manuální ovládání pohybu stroje

Virtuální manuální klávesnice, kterou je možno zobrazit pomocí *nabídka okno - Příkaz Manuální klávesnice,* nabízí možnost pro manuální pohyb křížové hlavy.



Funkce virtuální manuální klávesnice:

Typ kontroly pro režim křížové hlavy: s: kontrola pozice, F: kontrola zatížení, e: kontrola deformace. V tomto okamžiku je možná pouze kontrola pozice.

Rychlý přesun křížové hlavy nahoru

Pomalý přesun křížové hlavy nahoru
(1/10 hodnoty rychlého přesunu s aktivní funkcí Rychlost DPOT)

Zastavit křížovou hlavu

Pomalý přesun křížové hlavy dolů
(1/10 hodnoty rychlého přesunu s aktivní funkcí Rychlost DPOT)

Rychlý přesun křížové hlavy dolů

Zapnout, vypnout: Zapnutí/vypnutí pohonu stroje

Pozice DPOT: Aktivuje kontrolu pozice Digipoti

Rychlost DPOT: Aktivuje kontrolu rychlosti Digipoti

Spustit zkoušku

Vrácení křížové hlavy do pozice 0.

Automaticky použít převodník deformace

Automaticky odstranit převodník transformace

Zavřít horní úchyt

Otevřít horní úchyt

Zavřít dolní úchyt

Otevřít dolní úchyt

2.4 Hodnocení zkoušky

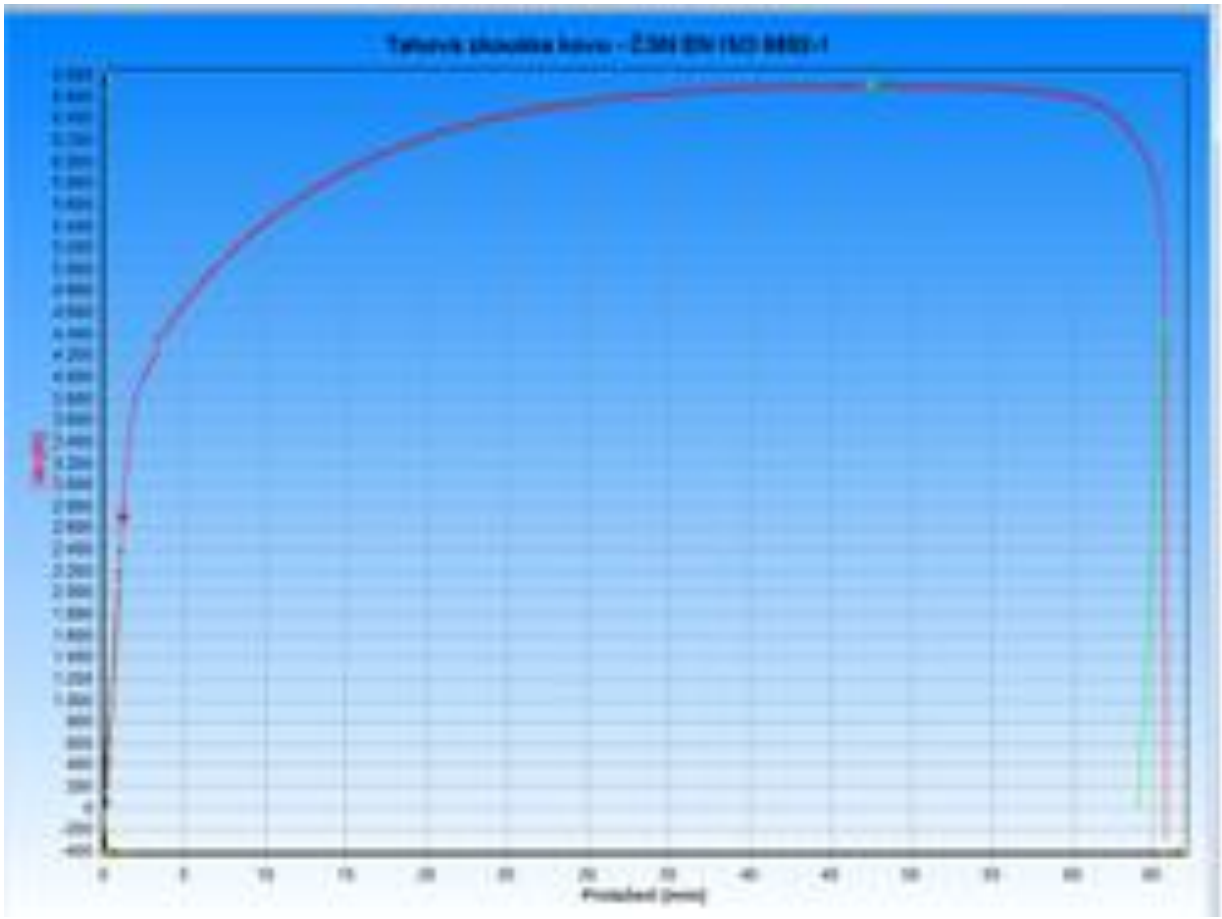
1. Na konci zkoušky budou výsledky vypočteny a zobrazeny ve spodní části okna dokumentu **Diagram měření** (MVL).
2. Výsledky budou vloženy do seznamu výsledků a bude vypočtena statistika.
3. Pokud nechcete uchovat data poslední zkoušky, můžete je smazat pomocí následujících příkazů: nabídka **zkouška** - příkaz **Smazat**.
4. Můžete zvolit rozměry, které mají být zobrazeny v grafu naměřené hodnoty, pomocí nabídky **zkouška** - příkaz **Osy**.
5. Pro zvětšení částí diagramu použijte funkci **Zoom**. Za tímto účelem stiskněte levé tlačítko myši kdekoliv v grafu a táhněte myší z levého horního rohu do pravého spodního rohu diagramu (tlačítko myši zůstane stisknuté), potom tlačítko myši uvolněte - zvolené části se zobrazí zvětšené. Tento postup je možno aplikovat několikrát po sobě. Pro návrat do normálního zobrazení táhněte myší (levé tlačítko myši je stisknuté) z pravého dolního do levého horního rohu.
6. Části grafu můžete upravovat (umístěte kurzor myši v grafu, klikněte na pravé tlačítko myši, držte stisknuté a táhněte myší).
7. Můžete ukládat data pro jejich pozdější načtení (viz nabídka **Soubor** příkaz **Uložit**).
8. Můžete vytisknout zkušební protokol pro poslední zkoušku nebo pro probíhající sérii zkoušek.

2.5 Zobrazení výsledků

2.5.1 Tahový diagram s vypočtenou hodnotou smluvní meze kluzu Rpo.2

Křivka se zobrazí v okně dokumentu *Diagram měření (MVL).* V závislosti na pravidlech zkoušky budou některé výsledky zobrazeny barevně.

Vykreslení tahového diagramu s vypočtenou hodnotou smluvní meze kluzu Rp0.2:



Obr. 6: Vykreslení tahového diagramu

2.5.2 Vypočtené hodnoty

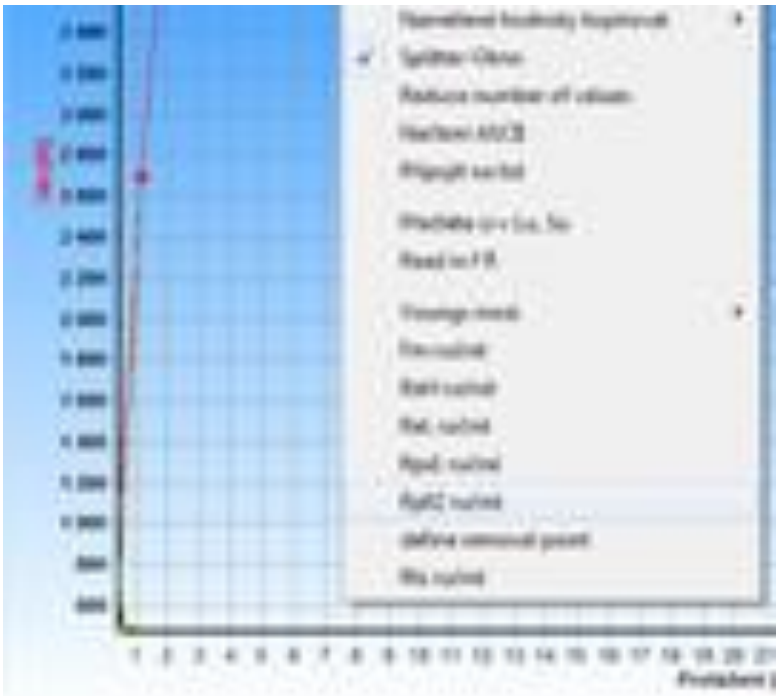
Po ukončení zkoušky jsou výsledky zkoušky vypočteny a zobrazeny ve spodní části okna dokumentu Diagram měření (MVL). Můžete zvolit parametry, které potřebujete pro vaše hodnocení. Tyto parametry budou zobrazeny v tabulce – nastavení - „Okno separátoru“, Kontextová nabídka - příkaz Okno separátoru).

Zobrazení vypočtených hodnot:

	E[GPa]	Rp02[MPa]	ReH[MPa]	ReL[MPa]	Rm[MPa]	Fm[N]	A[%]	Z[
1	10,681	135	0	0	336	6716,04	80,02	0,

2.5.3 Manuální změna meze kluzu

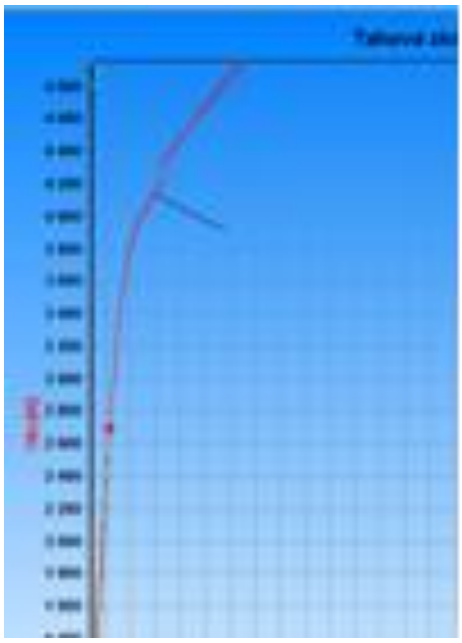
Jelikož při tahové zkoušce není použit průtahoměr, jsou výsledky pro hodnotu smluvní meze kluzu Rp0.2, zkreslené. Proto můžeme zadat novou pozici smluvní meze kluzu. V diagramu klikněte pravým tlačítkem myši a vyberte z kurzorového menu položku- zadat **Rp0.2 ručně:**



Obr. 7: Výběr z kurzorového menu – zadat **Rp0.2 ručně**

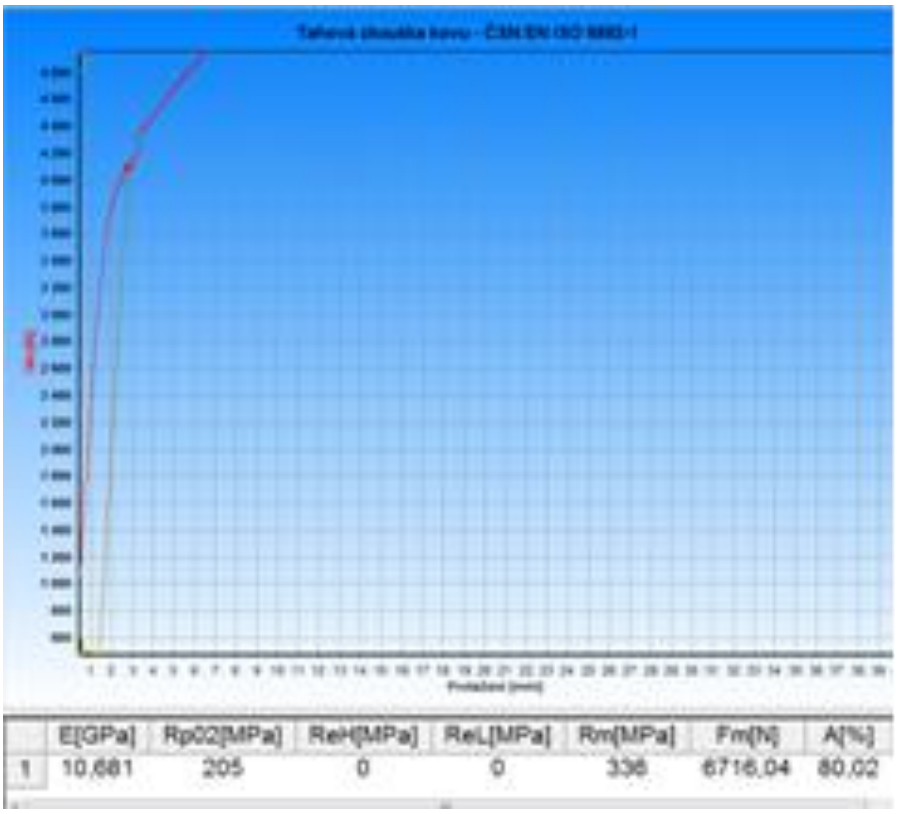
Popis programu Test&Motion

Levým tlačítkem myši zadáte novou pozici smluvní meze kluzu:



Obr. 8:Ruční vložení Rp0.2 do grafu

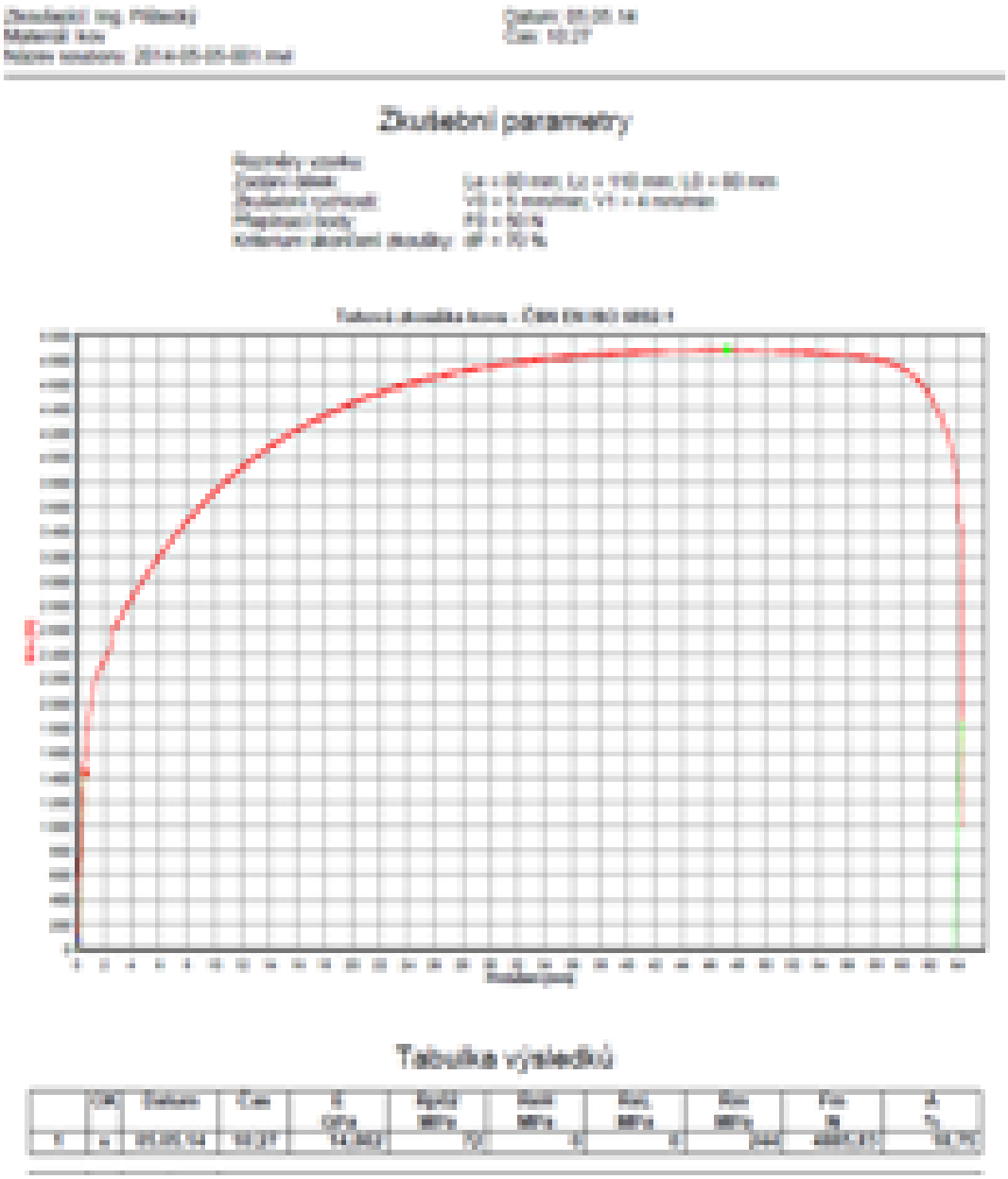
Pak dojde k překreslení diagramu a k přepočtení nové hodnoty Rp0.2 :



Obr. 8: Přepočet hodnoty Rp0.2 v tabulce po uložení ručního vložení

2.6 Vytvoření protokolu z měření

Příkazem Tisk vytvoříme protokol z měření ve formátu pdf:



Obr. 9: Vytvoření protokolu z měření ve formátu pdf

3 Úloha č. 1 – Statická zkouška v tahu na stroji nové konstrukce

Zadání:

1. Proveďte statickou zkoušku v tahu na trhacím stroji LabTest u plochého vzorku z konstrukční oceli.
2. Vytvořte protokol z měření, který bude obsahovat:
   - tahový digram,
   - tabulku naměřených hodnot:
     - mez pevnosti v tahu Rm
     - smluvní mez kluzu Rp 0,2
     - maximální zatěžující sílu R max
     - tažnost A
     - kontrakce Z
3. Podle zjištěných hodnot přiřaďte ze strojnických tabulek nejvhodnější materiál.

Popis trhacího stroje:

Dovoluje registrovat skutečné prodloužení zkušební tyče pomocí zařízení zvaného průtahoměr, který se pomocí měřicích břitů připevňuje na zkušební tyč. Prodlužování tyče je pomocí indukčního snímače převedeno na elektrický signál, který je možno dále elektronicky zpracovávat pomocí počítače. Současně je pomocí tenzometrické hlavy upevněné v horním příčníku zaznamenávána i velikost působící zátěžné síly.

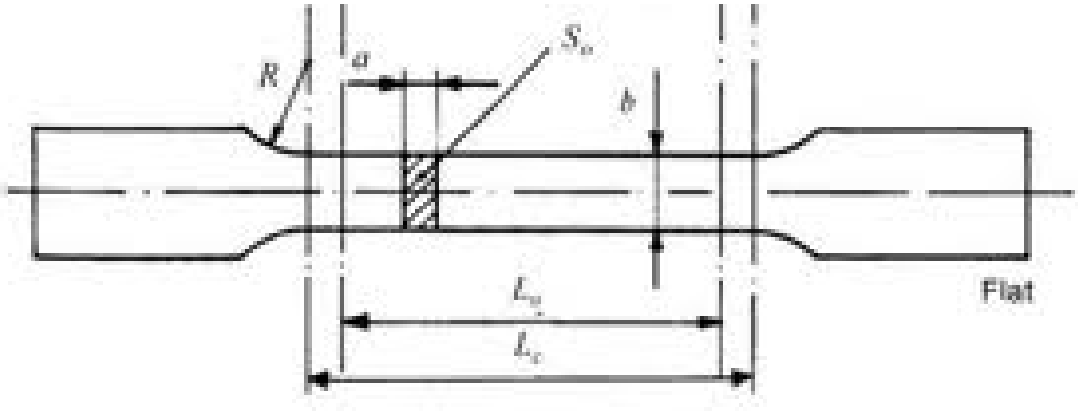
Hlavní části:

1. Podstavec
2. Dva portálové sloupy
3. Příčník
4. Upínací hlavice

Úloha č. 1 – Statická zkouška v tahu na stroji

Postup zkoušky:

1. Příprava vzorku:
   - Pomocí posuvného měřítka změříme šířku a tloušťku vzorku.



   - Ze středu vzorku vyznačíme fixem dvě rysky ve vzdálenosti L_0 = 80 mm.
2. Stroj, který je připojen do elektrické sítě zapneme tlačítkem v zadní části stroje.
3. Zapneme počítač sloužící k ovládání stroje a spustíme testovací program Test&Motion dvojklikem na ikonu umístěnou na ploše počítače.
4. Program automaticky inicializuje zapojený stroj.
5. Příkazem – Otevřít – Metoda SVL, vybereme soubor SOŠ.svl, kde jsou uloženy přednastavené parametry pro tahovou zkoušku s plochým vzorkem.
6. Zaktivujeme řízení stroje pomocí programu Test&Motion tlačítkem On v horní liště, v tomto okně lze pomocí šipek pohybovat příčníkem.
7. Pohyb příčníků zastavíme kliknutím na pole STOP .
8. Upneme vzorek do čelistí.
9. Před samotným započetím zkoušky stroj vynulujeme postupným kliknutím na pole v horní liště .
10. Vlastní zkoušení aktivujeme tlačítkem semaforu .
11. Otevře se dialogový panel: Data zkoušek, vyplníme položku – Materiál, položku – Zkoušející a potvrdíme OK.
12. Do nabídnutého dialogového panelu zadáme šířku vzorku „a“, pak potvrdíme OK.
13. Do nabídnutého dialogového panelu zadáme tloušťku vzorku „b“, pak potvrdíme OK.

Úloha č. 1 – Statická zkouška v tahu na stroji

14. Začne probíhat vlastní tahová zkouška až do přetržení vzorku, zároveň se vykresluje tahový diagram.
15. Po přetržení vzorku se zkouška automaticky ukončí po dosažení zvolených parametrů v Nastavení zkoušky - Ukončení zkoušky. Zkoušku lze kdykoli ukončit kliknutím na pole STOP

.
16. Vyjmeme z čelistí obě části vzorku.
17. Do nabídnutého dialogového panelu zadáme šířku vzorku v nejužším místě „au“, pak potvrdíme OK.
18. Do nabídnutého dialogového panelu zadáme tloušťku vzorku v nejtenčím místě „bu“, pak potvrdíme OK.
19. Do nabídnutého dialogového panelu zadáme vzdálenost rysek na vzorku „Lu“, pak potvrdíme OK.
20. Provede se překreslení tahového diagramu a v tabulce se objeví tyto vypočítané hodnoty: E, Rp0.2, Rm, Fm, A, Z.
21. Vložíme novou pozici smluvní meze kluzu Rp0.2. Dojde k přepočtu hodnoty Rp0.2 v tabulce.
22. Pomocí příkazu Tisk vygenerujeme protokol ze zkoušky ve formátu pdf.
23. Ve strojnických tabulkách přiřadíme nejvhodnější konstrukční materiál podle meze pevnosti a meze kluzu.

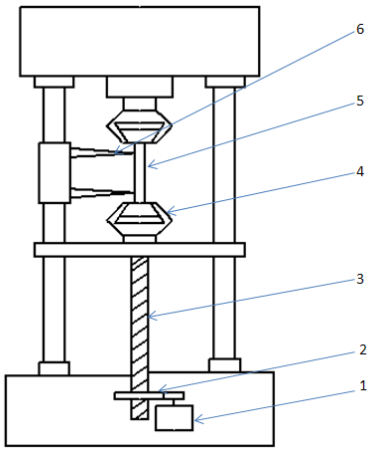
4 Úloha č. 2 – Statická zkouška v tahu na stroji staré konstrukce

Zadání:

1. Proveďte statickou zkoušku v tahu na trhacím stroji staré konstrukce u plochého vzorku z konstrukční oceli.
2. Vytvořte protokol z měření, který bude obsahovat:
   - tahový digram,
   - tabulku naměřených hodnot:
     - mez pevnosti v tahu Rm
     - smluvní mez kluzu Rp 0,2
     - maximální zatěžující sílu R max
     - tažnost A
     - kontrakce Z
3. Podle zjištěných hodnot přiřaďte ze strojnických tabulek nejvhodnější materiál.

Popis trhacího stroje:

Stroj tvoří pevný rám, v jehož horní části je umístěno siloměrné zařízení. Zkušební vzorek je jedním koncem uchycen v horní upínací hlavě spojené se siloměrným zařízením a druhým koncem pomocí spodní upínací hlavy k pohyblivému střednímu příčníku, který je uváděn do pohybu motorem přes vřeteno. Při pohybu středního příčníku dochází k postupnému zatěžování a deformaci zkušebního vzorku. Zátěžná síla F měřená pomocí sklonné páky je vychýlením závaží přenášena přes hřebenovou tyč s pastorkem na ukazatel a pisátko registračního zařízení. Pohyb středního příčníku vyvolává prodloužení zkušební tyče a zároveň zajišťuje odvíjení registračního papíru. Vhodnou úpravou uchycení zkušebního vzorku je možno na zkušebním stroji provádět i ostatní mechanické zkoušky (tlakem, ohybem, krutem, střihem). Pohon zkušebních strojů může být mechanický nebo hydraulický (u nich je působící síla snímána z hydrostatického tlaku oleje v pracovním válci).
Schéma univerzálního trhacího stroje:



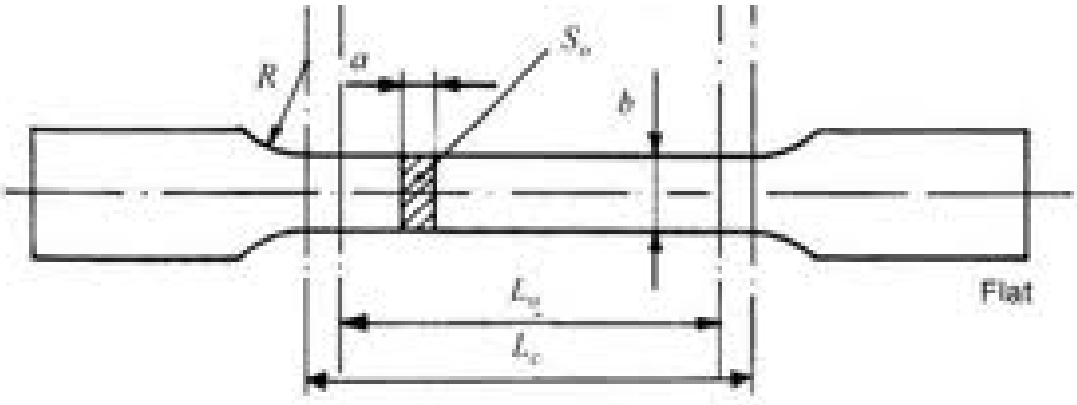
1 – elektromotor, 2 - ozubené kolo, 3 – pohybový šroub,
4 - upínací hlava, 5 - zkušební vzorek, 6 – snímač prodloužení

Úloha č. 2 – Statická zkouška v tahu na stroji

Univerzální trhací stroj ve školní laboratoři.

Postup zkoušky:

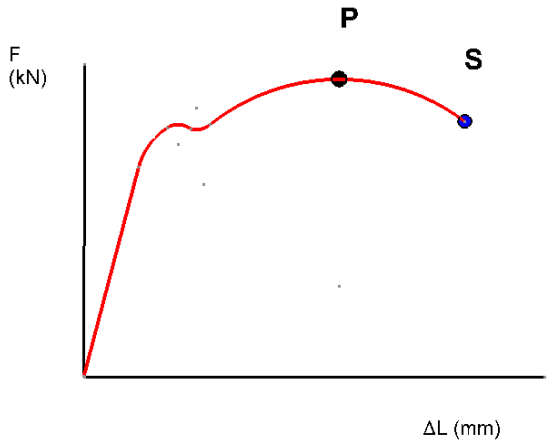
1. Příprava vzorku:
   - Pomocí posuvného měřítka změříme šířku a tloušťku vzorku.



   - Vypočítáme počáteční průřez vzorku: $S_0 = a \cdot b$
   - Ze středu vzorku vyznačíme fixem dvě rysky ve vzdálenosti L_0 = 80 mm.
2. Upneme vzorek do čelistí.
3. Pomocí variátoru nastavíme rychlost deformace 10 mm/min.
4. Vynulujeme ploché pravítko pro měření prodloužení.
5. Vynulujeme ručičku na kruhové stupnici pro měření zatěžující síly.
6. Spustíme motor stroje, dojde k pohybu horní čelisti, čímž začíná vlastní zkouška.

Úloha č. 2 – Statická zkouška v tahu na stroji

7. Jelikož je zapisovací zařízení nefunkční, budeme zapisovat při každém prodloužení vzorku o 1 mm velikost zátěžné síly na kruhové stupnici.
8. Po přetržení vzorku stroj zastavíme a vyjmeme obě části vzorku z čelistí.
9. Změříme šířku vzorku v nejužším místě: a_1
10. Změříme tloušťku vzorku v nejtenčím místě: b_1
11. Vypočteme průřez vzorku po přetržení: $S_1 = a_1 . b_1$
12. Obě části vzorku přiložíme k sobě a změříme vzdálenost rysek po zkoušce: L_1
13. Z naměřených hodnot prodloužení a zátěžné síly vygenerujeme v programu Excel tabulku a graf s názvem - tahový diagram. Vzor tabulky je přiložen v příloze č.1.



14. Provedeme výpočet potřebných parametrů:

➢ **Tažnost:**

Tažnost **A** je trvalé prodloužení měřené délky po přetržení **($L_1 - L_0$)** vyjádřené v procentech počáteční měřené délky **L_0** .

$$A = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100 \qquad [\,\%\,]$$

L_1 – konečná délka zkušebního vzorku po přetržení (mm)

L_0 – počáteční měřená délka zkušebního vzorku (mm)

➢ **Mez pevnosti v tahu:**

Je smluvní hodnota napětí odpovídající největšímu zatížení **F_m** :

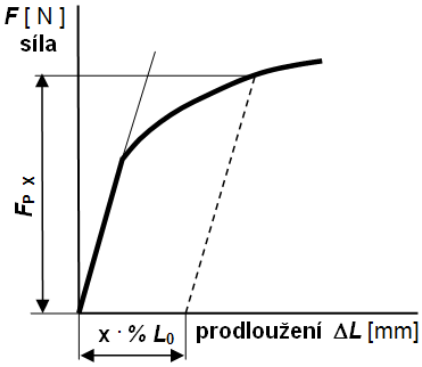
$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \qquad [\mathrm{N.mm\text{-}2}]$$

Úloha č. 2 – Statická zkouška v tahu na stroji

- **Smluvní mez kluzu:**

  Je napětí, při kterém plastické prodloužení zkušební tyče dosáhne předepsané hodnoty vyjádřené v % počáteční měřené délky L_0. Symbol **x** v označení meze kluzu znamená násobek % počáteční měřené délky L_0.

  V konkrétním příkladě při zápisu $R_p 0{,}2$ je smluvní mez kluzu napětí, které způsobí plastické prodloužení o velikosti $0{,}2 \cdot \frac{L_0}{100}$.



$$R_{p\,0.2} = \frac{F_p}{S_0} \qquad \text{[N.mm-2]}$$

- **Kontrakce:**

Je dána poměrem změny průřezu tyče po přetržení **(S_0 – S_u)** k původnímu průřezu tyče **S_0** vyjádřená v procentech.

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100 \qquad [\,\%\,]$$

S_0 – počáteční průřez zkušebního vzorku (mm^2)
S_u – nejmenší průřez zkušebního vzorku po přetržení (mm^2)

15. Ve strojnických tabulkách přiřadíme nejvhodnější konstrukční materiál podle meze pevnosti a meze kluzu.

5 Úloha č. 3 – rázová zkouška ohybem

Zadání:

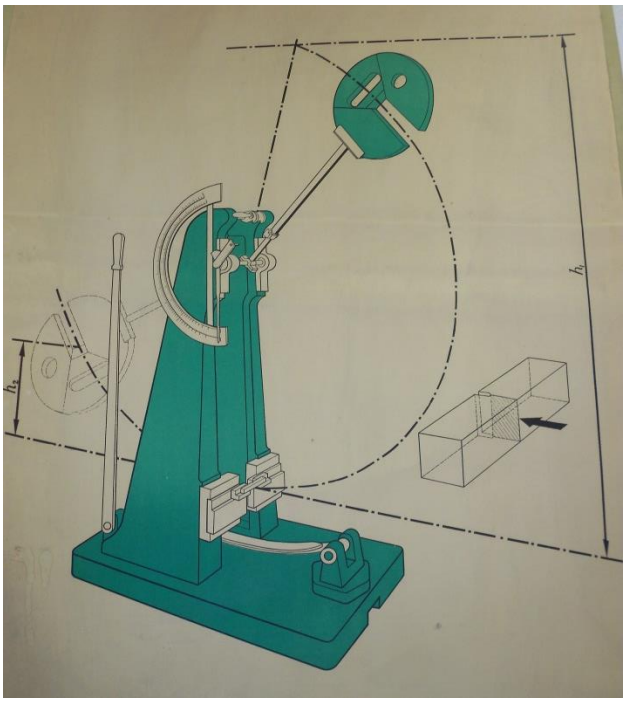
Proveďte rázovou zkoušku ohybem u zadaného vzorku a vypočtěte hodnotu vrubové houževnatosti.

Princip zkoušky:

Jedná se o zkoušku dynamickou, kdy se zjišťuje, jak se chová materiál při dynamickém zatížení (náhlý vzrůst zatížení). Zkouška rázem v ohybu je nejpoužívanější. Používá se hlavně u tepelně zpracovaných ocelí a u svarů. Zkouškou zjišťujeme houževnatost nebo křehkost materiálu. Houževnatost materiálu lze definovat jako schopnost materiálu pohlcovat mechanické zatížení. Materiály s malou houževnatostí jsou křehké, naopak materiály s velkou houževnatostí nazýváme houževnatými. Zkušební vzorek se přerazí jedním nárazem kyvadlového kladiva. Potom podíl spotřebované nárazové práce potřebné k přeražení vzorku je mírou houževnatosti materiálu. Čím větší je spotřebovaná nárazová práce, tím je houževnatost materiálu větší. A naopak, čím je spotřebovaná nárazová práce menší (kladivo snadněji přerazí vzorek), tím je materiál křehčí.

Popis zkušebního stroje:

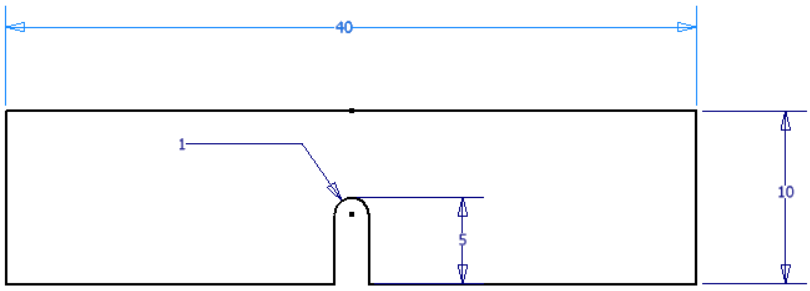
Zkouška se provádí na zařízení zvaném Charpyho kladivo. Zařízení se skládá z tuhé litinové základní desky a dvou stojanů, mezi kterými je točně uloženo kyvadlo. Kladivo má vybrání s kaleným břitem.



Úloha č. 3 – rázová zkouška ohybem

Postup zkoušky:

1. Posuvným měřítkem změříme šířku vzorku a_0.
2. Pomocí dílenského mikroskopu změříme výšku vzorku v místě vrubu b_0.



3. Vypočítáme průřez v místě vrubu: $S_0 = a_0 \cdot b_0$ mm^2
4. Rameno kladiva zajistíme v horní poloze.
5. Vzorek položíme na podpěry Charpyho kladiva.
6. Vynulujeme ručičku pro měření úhlu překyvu.
7. Odjistíme rameno kladiva a necháme vzorek přerazit, pásovou brzdou pak zastavíme rameno kladiva.
8. Na kruhové stupnici zjistíme hodnotu úhlu překyvu.
9. Z tabulky podle úhlu překyvu zjistíme velikost nárazové práce: K (J)
10. Vypočítáme vrubovou houževnatost:

$$KC = \frac{K}{S_0} \qquad (J/mm^2)$$

K – nárazová práce (J)
S_0 – průřez tyče v místě vrubu (mm^2)

6 Úloha č. 4 – Zkouška tvrdosti podle Rockwella

Zadání:

A/ Zjistěte u zadaných vzorků tvrdost podle Rockwella metodou HRB.

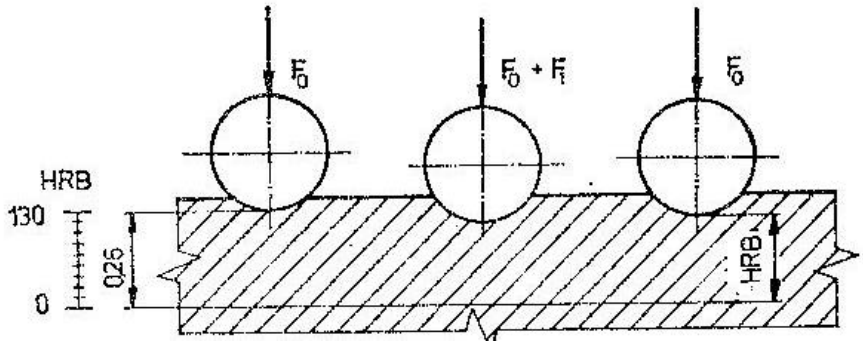
B/ Zjistěte u zadaných vzorků tvrdost podle Rockwella metodou HRC.

Princip zkoušky:

U této zkoušky je mírou tvrdosti **hloubka vtisku**. Do zkoušeného materiálu se vtlačuje buď diamantový kužel s vrcholovým úhlem 120^0, nebo kalená kulička o průměru 1,587 mm (1/16 palce). Zkouška se provádí na Rockwellově tvrdoměru, kde se hloubka vtisku měří stejně jako u číselníkového úchylkoměru. Kruhová stupnice je ovšem přímo cejchována v hodnotách tvrdosti HRB nebo HRC.

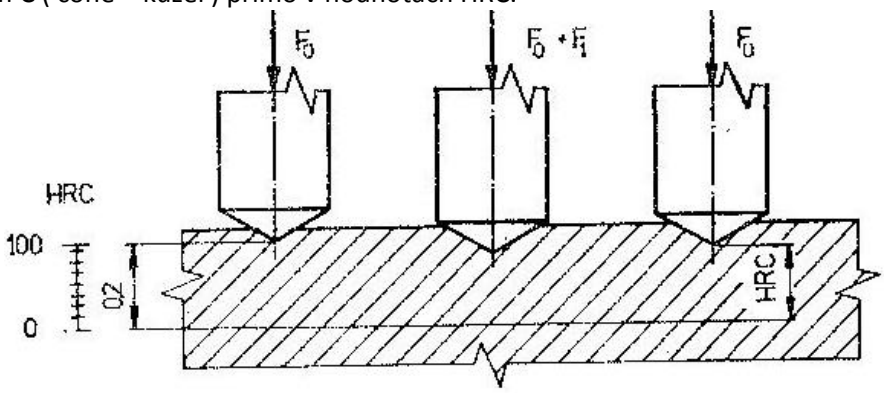
Metoda HRB

Používá se pro materiály střední tvrdosti (běžné konstrukční oceli). Vtlačovacím tělískem je kalená ocelová kulička o průměru 1/16 palce a celkové zatížení je 1000 N. Hodnota se čte na vnitřní červené stupnici označená písmenem B (ball – koule) přímo v hodnotách HRB.



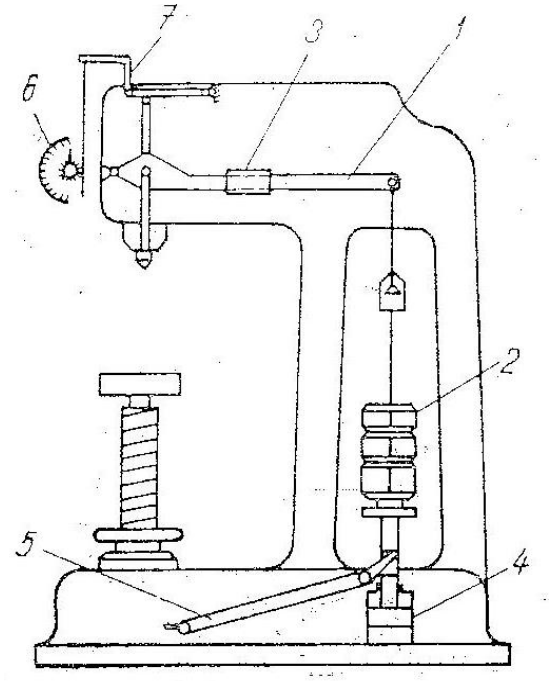
Metoda HRC

Používá se pro tvrdé materiály (kalené oceli, nástrojové oceli). Vtlačovacím tělískem je diamantový kužel a celkové zatížení je 1500 N. Hodnota se čte na vnější černé stupnici označená písmenem C (cone – kužel) přímo v hodnotách HRC.



Úloha č. 4 – Zkouška tvrdosti podle Rockwella

Schéma tvrdoměru



Postup zkoušky:

1. Zkouška se provádí na Rockwellově tvrdoměru.
2. U zkoušeného materiálu vybrousíme rovnou a hladkou plochu.
3. Materiál položíme na pracovní stůl tvrdoměru tak, aby byl zkoušený povrch kolmý na směr zatěžující síly.
4. Pomocí závaží nastavíme celkové zatížení 1000 N pro metodu HRB (1500 N pro metodu HRC).
5. Pomocí převlečné matice upneme zkušební vtlačovací tělísko, což je pro metodu HRB kalená kulička o průměru 1/16 palce (diamantový kužel pro metodu HRC).
6. Pomocí šroubového mechanizmu provedeme předběžné zatížení tak, že otáčením kola pohybujeme stolkem proti tělísku. Pohyb ukončíme tehdy, když velká ručička bude v nejvyšším místě na kruhové stupnici a malá ručička na červené tečce.
7. Odjistíme páku na ovládání závaží a provedeme přes pákový mechanizmus vtlačení o hodnotě hlavního zatížení. Po zastavení ručiček se zajistí páka do původní polohy.
8. Na kruhové stupnici čteme přímo tvrdost v rockwellových jednotkách. Pro metodu HRB na vnitřní červené stupnici, která je označena písmenem B, pro metodu HRC na vnější černé stupnici, která je označena písmenem C.

7 Zkouška tvrdosti podle Vickerse

Zadání:

Zjistěte u zadaných vzorků tvrdost podle Vickerse.

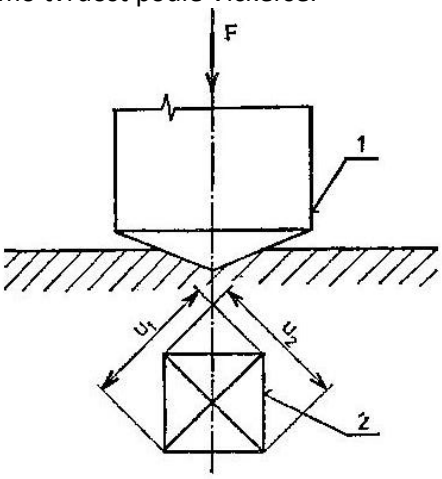
Princip zkoušky:

U této zkoušky je mírou tvrdosti střední **délka úhlopříček** čtvercového vtisku. Do zkoušeného materiálu se vtlačuje diamantový jehlan se čtvercovou základnou o vrcholovém úhlu 136^0. Zatěžující síla bývá od 10 N do 1000 N. Zkouška se provádí na Vickersově tvrdoměru. Zatěžovací síla se vyvozuje ručně pomocí páky. Velikost síly se nastavuje pomocí vymezovacích narážek. Pak úplné stlačení pružiny po narážku představuje jistou velikost síly. U přenosného tvrdoměru Poldi – Vicker to může být síla 100 N nebo 300 N po dobu 30 sekund. Součástí tvrdoměru je mikroskop, pomocí kterého lze odměřovat délky obou úhlopříček vtisku s přesností na jednu tisícínu milimetru. Ze střední délky úhlopříček lze zjistit tvrdost podle Vickerse HV ze vztahu:

$$HV = \frac{F}{S} = \frac{2F \,.\, \cos 22^0}{u^2}$$

HV	-	tvrdost podle Vickerse (bezrozměrné číslo)
F	-	zatěžující síla (N)
S	-	povrch vtisku (mm^2)
u	-	aritmetický průměr délek obou úhlopříček (mm)

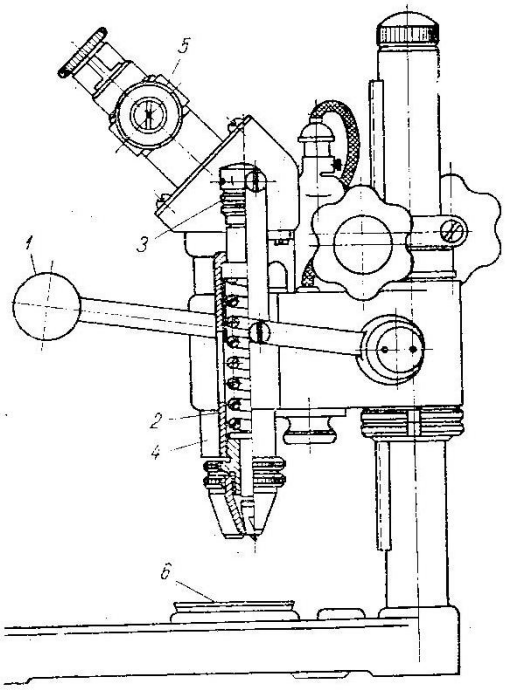
Pro praktickou potřebu používáme tabulek, ve kterých podle aritmetického průměru úhlopříček vtisku a použité síly najdeme přímo tvrdost podle Vickerse.



Touto metodou lze měřit velmi přesně měkké i tvrdé materiály, malé i tenké předměty, kalené, cementované, nitridované vrstvy apod., neboť lze použít malé zatěžovací síly a vpich je velmi malý.

Zkouška tvrdosti podle Vickerse

Schéma tvrdoměru:



Popis zkoušky:

1. Zkouška se provádí na Vickersově tvrdoměru.
2. U zkoušeného materiálu vybrousíme rovnou a hladkou plochu.
3. Materiál položíme na pracovní stůl tvrdoměru tak, aby byl zkoušený povrch kolmý na směr zatěžující síly.
4. Pomocí ruční páky, kterou stlačíme po narážku, vyvodíme vtlačovací sílu 300 N.
5. Sílu necháme působit v materiálu po dobu 30 sekund.
6. Po odlehčení pootočíme tubus s mikroskopem do opačné krajní polohy, čímž zajistíme, že mikroskop je přesně nad vpichem.
7. Pomocí mikroskopu odečteme délky obou úhlopříček s přesností na tisíciny milimetru.
8. Vypočítáme aritmetický průměr z obou úhlopříček.
9. Z tabulek přiřadíme podle vypočítaného průměru tvrdost podle Vickerse.

8 Úloha č. 6 – Zkouška hlubokotažnosti plechu podle Erichsena

Zadání:

Proveďte u zadaného plechového vzorku zkoušku hlubokotažnosti podle Erichsena dle ČSN.

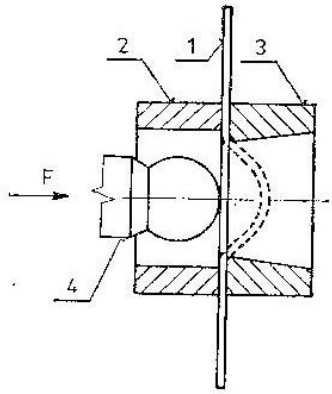
Princip zkoušky:

Zkouška se používá pro plechy od tloušťky 0,1 mm do 2 mm, které jsou určeny pro hluboké tváření za studena.

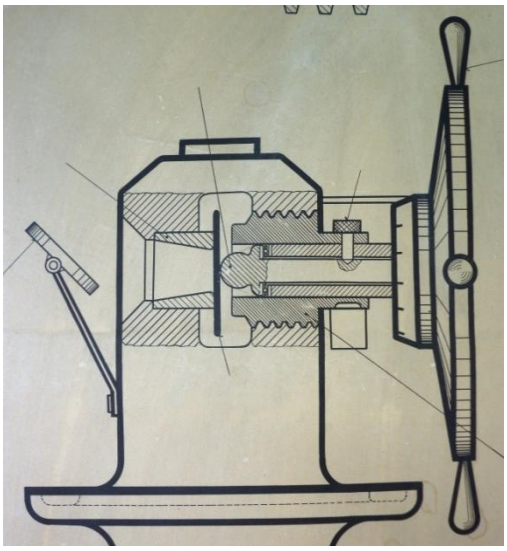
Zkouškou se zjišťuje, jestli je materiál způsobilý pro hluboké tažení, a to tak, že se zjistí velikost prohloubení, což je dráha, kterou vykoná kulový razník ve zkušebním přípravku z nulové polohy do polohy, v níž nastane natržení plechu.

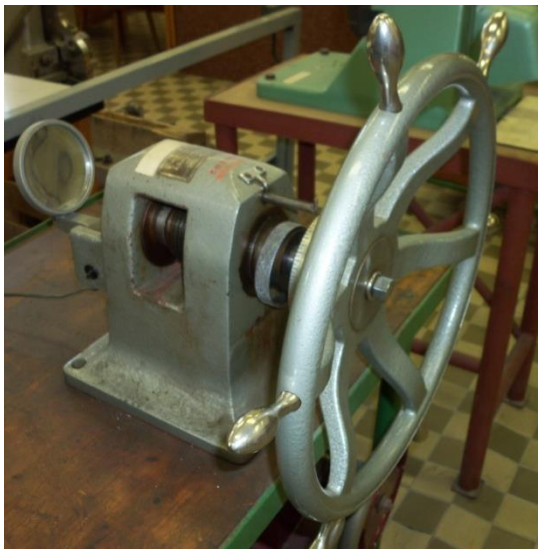
Schéma přípravku:

Zkouška se provádí pomocí Erichsenova přípravku. Zkoušený plech se v přípravku upne pomocí přidržovače. Kulový razník se do plechu vtlačuje pomocí šroubového mechanizmu stejnou rychlostí 5 mm/min až do okamžiku, kdy se na vnější straně plechu objeví trhlina. Toto prodloužení se odečítá na kruhové stupnici s přesností na setiny milimetru.



1 – zkoušený plech
2 – přidržovač
3 – raznice
4 – kulový razník





Úloha č. 6 – Zkouška hlubokotažnosti plechu

Popis zkoušky:

1. Zkouška se provádí na Erichsenově přípravku.
2. Před zkouškou se vnitřní strana kontrolovaného plechu lehce potře grafitovým tukem.
3. Pomocí přidržovače upneme plech do přípravku.
4. V nulové poloze se razník musí dotýkat vnitřní plochy plechového vzorku.
5. Otáčením kola vtlačujeme pomocí šroubového mechanizmu razník do plechu rychlostí 5 mm za minutu.
6. Vtlačování ukončíme v okamžiku, kdy vznikne viditelná trhlina na vnější straně plechu.
7. Hloubka vtlačení se odečítá na kruhové stupnici s přesností na setiny milimetru.
8. Označení výsledku zkoušky:
9. h – 15/21 = 12,26 mm

   (Zápis znamená, že prohloubení je 12,26 mm, razníkem o průměru 15 mm, raznice má průměr 21 mm).

Přílohy

1. Tabulka č. 1: Tahový digram

Tahový diagram

Δ l (mm)	F (kN)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	

Přílohy

2. Tabulka č.2: Brinellova tvrdost na Rockwellově tvrdoměru

Brinellova tvrdost „Hn" čtená na stupnici „Rc"

Kulička průměr 2,5 mm

Předběžné zatížení: 10 kg — Hlavní zatížení: 187,5 kg

Po zatížení 10 kg (červený bod) natočiti stupnici na „S E T"!

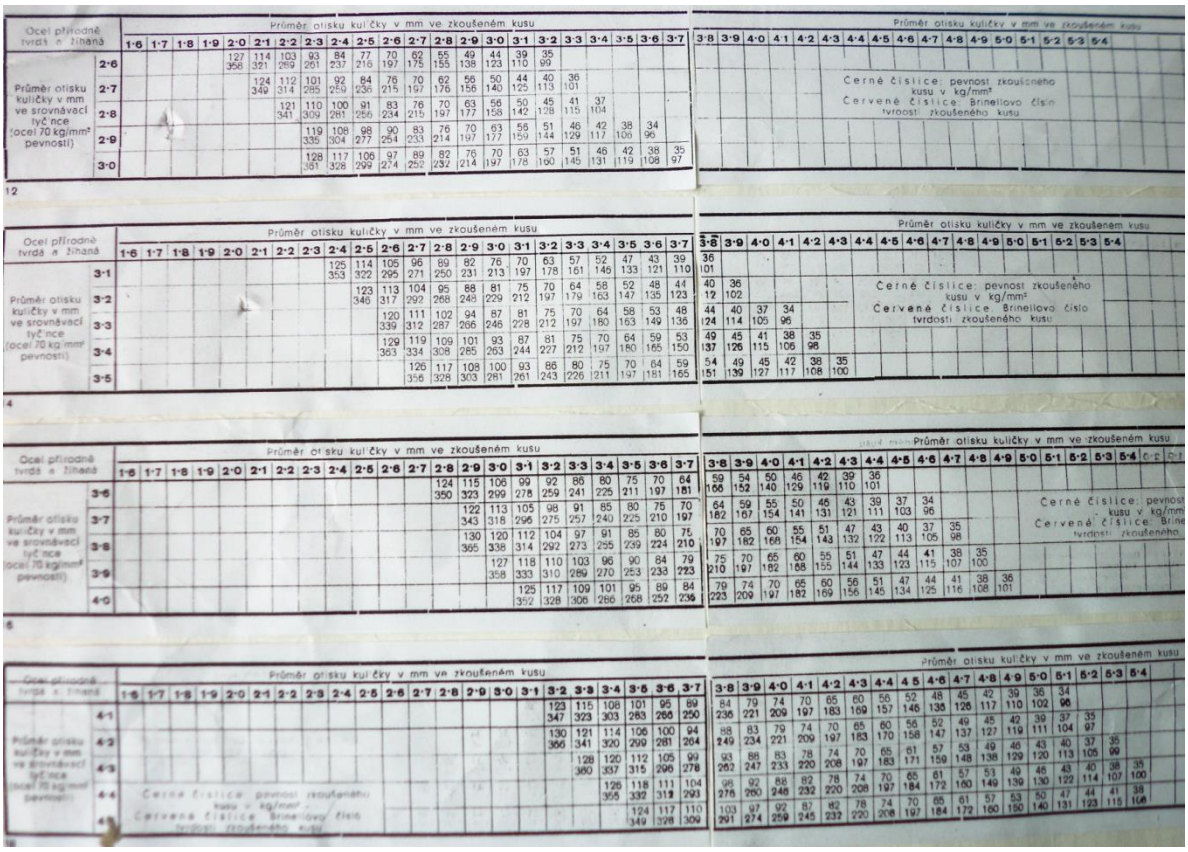
UHLÍKOVÁ OCEL

X	Hn	F	X	Hn	F	X	Hn	F
1	104,8	37,7	31	139	50,1	55,5	212	76,5
2	105,6	38,0	32	141	50,8	56,0	215	77,4
3	106,4	38,2	33	143	51,5	56,5	217	78,3
4	107,2	38,6	34	145	52,3	57,0	220	79,3
5	108	38,8	35	147	52,9	57,5	223	80,3
6	109	39,2	36	149	53,6	58,0	226	81,4
7	110	39,6	37	151	54,4	58,5	229	82,4
8	111	40,0	38	153	55,1	59,0	232	83,5
9	112	40,3	39	155	55,8	59,5	235	84,5
10	113	40,7	40	158	56,9	60,0	238	85,6
11	114	41,0	41	161	58,0	61	243	87,5
12	115	41,4	42	164	59,1	62	249	89,6
13	116	41,8	43	167	60,1	63	255	91,8
14	117	42,2	44	170	61,2	64	262	94,3
15	118	42,5	45	173	62,3	65	269	96,3
16	119	42.8	46	176	63,4	66	277	99,7
17	120	43,2	47	179	64,5	67	285	102,6
18	121	43.6	48	182	65,5	68	293	105,5
19	122	43,9	49	186	66,9	69	301	108,4
20	123	44,3	50	190	68,4	70	309	111,2
21	124	44,6	50,5	192	69,1	71	318	114,5
22	125	45,0	51,0	194	69,8	72	328	118,1
23	126	45,4	51,5	196	70,5	73	338	121,7
24	127	45,8	52,0	198	71,3	74	348	125,3
25	128	46,1	52,5	200	72,0	75	359	129,2
26	130	46,8	53,0	202	72,7	76	370	133,2
27	131	47,2	53,5	204	73,4	77	382	137,5
28	133	47,8	54,0	206	74,1	78	395	142,2
29	135	48,6	54,5	208	74,8	79	409	147,2
30	137	49,3	55,0	210	75,6	80	424	152,6

X = odečtení na stupnici „C" (černé); F = pevnost v tahu v kg/mm²

Přílohy

3. Tabulka č.3: Brinellova tvrdost na Poldi tvrdoměru



Ocel přírodně tvrdá a žíhaná

Průměr otisku kuličky v mm ve zkoušeném kusu

Průměr otisku kuličky v mm ve srovnávací tyčince (ocel 70 kg/mm² pevnosti)

	1·6	1·7	1·8	1·9	2·0	2·1	2·2	2·3	2·4	2·5	2·6	2·7	2·8	2·9	3·0	3·1	3·2	3·3	3·4	3·5	3·6	3·7
2·6					127 356	114 321	103 289	93 261	84 237	77 216	70 197	62 175	55 155	49 138	44 123	39 110	35 99					
2·7						124 349	112 314	101 285	92 259	84 236	76 215	70 197	62 176	56 156	50 140	44 125	40 113	36 101				
2·8							121 341	110 309	100 281	91 256	83 234	76 215	70 197	63 177	56 158	50 142	45 128	41 115	37 104			
2·9								119 335	108 304	98 277	90 254	83 233	76 214	70 197	63 177	56 159	51 144	46 129	42 117	38 106	34 96	
3·0								128 361	117 328	106 299	97 274	89 252	82 232	76 214	70 197	63 178	57 160	51 145	46 131	42 119	38 108	35 97

	3·8	3·9	4·0	4·1	4·2	4·3	4·4	4·5	4·6	4·7	4·8	4·9	5·0	5·1	5·2	5·3	5·4
2·6																	
2·7																	
2·8																	
2·9																	
3·0																	

Černé číslice: pevnost zkoušeného kusu v kg/mm²
Červené číslice: Brinellovo číslo tvrdosti zkoušeného kusu

12

Ocel přírodně tvrdá a žíhaná

Průměr otisku kuličky v mm ve zkoušeném kusu

Průměr otisku kuličky v mm ve srovnávací tyčince (ocel 70 kg/mm² pevnosti)

	1·6	1·7	1·8	1·9	2·0	2·1	2·2	2·3	2·4	2·5	2·6	2·7	2·8	2·9	3·0	3·1	3·2	3·3	3·4	3·5	3·6	3·7
3·1									125 353	114 322	105 295	96 271	89 250	82 231	76 213	70 197	63 178	57 161	52 146	47 133	43 121	39 110
3·2										123 346	113 317	104 292	95 268	88 248	81 229	75 212	70 197	64 179	58 163	52 147	48 135	44 123
3·3											120 339	111 312	102 287	94 266	87 246	81 228	75 212	70 197	64 180	58 163	53 149	48 136
3·4											129 363	119 334	109 308	101 285	93 263	87 244	81 227	75 212	70 197	64 180	59 165	53 150
3·5												126 356	117 328	108 303	100 281	93 261	86 243	80 226	75 211	70 197	64 181	59 165

	3·8	3·9	4·0	4·1	4·2	4·3	4·4	4·5	4·6	4·7	4·8	4·9	5·0	5·1	5·2	5·3	5·4
3·1	36 101																
3·2	40 112	36 102															
3·3	44 124	40 114	37 105	34 96													
3·4	49 137	45 126	41 115	38 106	35 98												
3·5	54 151	49 139	45 127	42 117	38 108	35 100											

Černé číslice: pevnost zkoušeného kusu v kg/mm²
Červené číslice: Brinellovo číslo tvrdosti zkoušeného kusu

4

Ocel přírodně tvrdá a žíhaná

Průměr otisku kuličky v mm ve zkoušeném kusu

Průměr otisku kuličky v mm ve srovnávací tyčince (ocel 70 kg/mm² pevnosti)

	1·6	1·7	1·8	1·9	2·0	2·1	2·2	2·3	2·4	2·5	2·6	2·7	2·8	2·9	3·0	3·1	3·2	3·3	3·4	3·5	3·6	3·7
3·6													124 350	115 323	106 299	99 278	92 259	86 241	80 225	75 211	70 197	64 181
3·7														122 343	113 318	105 296	98 275	91 257	85 240	80 225	75 210	70 197
3·8														130 365	120 338	112 314	104 292	97 273	91 255	85 239	80 224	75 210
3·9															127 358	118 333	110 310	103 289	96 270	90 253	84 238	79 223
4·0																125 352	117 328	109 306	101 286	95 268	89 252	84 236

	3·8	3·9	4·0	4·1	4·2	4·3	4·4	4·5	4·6	4·7	4·8	4·9	5·0	5·1	5·2	5·3	5·4	5·5	5·6
3·6	59 166	54 152	50 140	46 129	42 119	39 110	36 101												
3·7	64 182	59 167	55 154	50 141	46 131	43 121	39 111	37 103	34 96										
3·8	70 197	65 182	60 168	55 154	51 143	47 132	43 122	40 113	37 105	35 98									
3·9	75 210	70 197	65 182	60 168	55 155	51 144	47 133	44 123	41 115	38 107	35 100								
4·0	79 223	74 209	70 197	65 182	60 169	56 156	51 145	47 134	44 125	41 116	38 108	36 101							

Černé číslice: pevnost zkoušeného kusu v kg/mm²
Červené číslice: Brinellovo číslo tvrdosti zkoušeného kusu

6

Ocel přírodně tvrdá a žíhaná

Průměr otisku kuličky v mm ve zkoušeném kusu

Průměr otisku kuličky v mm ve srovnávací tyčince (ocel 70 kg/mm² pevnosti)

	1·6	1·7	1·8	1·9	2·0	2·1	2·2	2·3	2·4	2·5	2·6	2·7	2·8	2·9	3·0	3·1	3·2	3·3	3·4	3·5	3·6	3·7
4·1																	123 347	115 323	108 303	101 283	95 266	89 250
4·2																	130 366	121 341	114 320	106 299	100 281	94 264
4·3																		128 360	120 337	112 315	105 296	99 278
4·4																			126 355	118 332	111 312	104 293
4·5																				124 349	117 328	110 309

	3·8	3·9	4·0	4·1	4·2	4·3	4·4	4·5	4·6	4·7	4·8	4·9	5·0	5·1	5·2	5·3	5·4
4·1	84 236	79 221	74 209	70 197	65 183	60 169	56 157	52 146	48 135	45 126	42 117	39 110	36 102	34 96			
4·2	88 249	83 234	79 221	74 209	70 197	65 183	60 170	56 158	52 147	49 137	45 127	42 119	39 111	37 104	35 97		
4·3	93 262	88 247	83 233	78 220	74 208	70 197	65 183	61 171	57 159	53 148	49 138	46 129	43 120	40 113	37 105	35 99	
4·4	98 276	92 260	88 246	82 232	78 220	74 208	70 197	65 184	61 172	57 160	53 149	49 139	46 130	43 122	40 114	38 107	35 100
4·5	103 291	97 274	92 259	87 245	82 232	78 220	74 208	70 197	65 184	61 172	57 160	53 150	50 140	47 131	44 123	41 115	38 108

Černé číslice: pevnost zkoušeného kusu v kg/mm²
Červené číslice: Brinellovo číslo tvrdosti zkoušeného kusu

Přílohy

4. Tabulka č.4: Vickersova tvrdost

Vickersova tvrdost

pro zatížení 10 kg

d	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,09						2055	2012	1971	1931	1892
0,10	1854	1818	1783	1748	1714	1682	1650	1620	1590	1561
0,11	1533	1505	1478	1452	1427	1402	1378	1354	1332	1310
0,12	1288	1267	1246	1226	1206	1187	1168	1150	1132	1115
0,13	1097	1081	1064	1048	1033	1018	1003	988	974	960
0,14	946	933	920	907	894	882	870	858	847	835
0,15	824	813	803	792	782	772	762	752	743	734
0,16	724	715	707	698	689	679	673	664	657	649
0,17	642	634	627	620	612	605	598	592	585	579
0,18	572	566	560	554	548	542	536	531	525	519
0,19	514	508	503	498	493	488	483	478	473	468
0,20	464	459	454	449	445	441	437	433	429	423
0,21	420	417	413	409	405	401	397	394	390	387
0,22	383	380	376	373	370	366	363	360	357	354
0,23	351	348	345	342	339	336	333	330	327	325
0,24	322	319	317	314	312	309	306	304	302	299
0,25	297	294	292	289	287	285	283	281	279	276
0,26	274	272	270	268	266	264	262	260	258	256
0,27	254	253	251	249	247	245	243	242	240	238
0,28	236	235	233	232	230	228	227	225	224	222
0,29	221	219	218	216	215	213	212	210	209	207
0,30	206	205	203	202	201	199	198	197	196	194
0,31	193	192	191	189	188	187	186	185	183	182
0,32	181	180	179	178	177	176	175	173	172	171
0,33	170	169	168	167	166	165	164	163	162	161
0,34	160	160	159	158	157	156	155	154	153	152
0,35	151,4	150,5	149,7	148,8	148,0	147,1	146,3	145,5	144,7	143,9
0,36	143,1	142,3	141,5	140,7	140,0	139,2	138,4	137,7	136,9	136,2
0,37	135,5	134,7	134,0	133,3	132,6	131,9	131,2	130,5	129,8	129,1
0,38	128,4	127,7	127,1	126,4	125,8	125,1	124,5	123,8	123,2	122,6
0,39	121,9	121,3	120,7	120,1	119,5	118,9	118,3	117,7	117,1	116,5
0,40	115,9	115,3	114,8	114,2	113,6	113,1	112,5	111,9	111,4	110,9
0,41	110,3	109,8	109,3	108,7	108,2	107,7	107,2	106,6	106,1	105,6
0,42	105,1	104,6	104,1	103,6	103,1	102,7	102,2	101,7	101,2	100,8
0,43	100,3	99,8	99,4	98,9	98,5	98,0	97,6	97,1	96,7	96,2
0,44	95,8	95,3	94,9	94,5	94,1	93,6	93,2	92,8	92,4	92,0
0,45	91,6	91,2	90,8	90,4	90,0	89,6	89,2	88,8	88,4	88,0
0,46	87,6	87,3	86,9	86,5	86,1	85,8	85,4	85,0	84,7	84,3
0,47	84,0	83,6	83,2	82,9	82,5	82,2	81,8	81,5	81,2	80,8
0,48	80,5	80,2	79,8	79,5	79,2	78,8	78,5	78,2	77,9	77,6
0,49	77,2	76,9	76,6	76,3	76,0	75,7	75,4	75,1	74,8	74,5
0,50	74,2	73,9	73,6	73,3	73,0	72,7	72,4	72,1	71,9	71,6
0,51	71,3	71,0	70,7	70,5	70,2	69,9	69,6	69,4	69,1	68,8
0,52	68,6	68,3	68,1	67,8	67,5	67,3	67,0	66,8	66,5	66,3
0,53	66,0	65,8	65,5	65,3	65,0	64,8	64,5	64,3	64,1	63,8
0,54	63,6	63,4	63,1	62,9	62,7	62,4	62,2	62,0	61,7	61,5

d = délka úhlopříčky vtisku v mm

Přílohy

5. Tabulka č.5: Přepočet nárazové práce pro rázovou zkoušku

Tabulka k propočtu nárazové práce ve vrubu pro rázové zkoušky

ÚHEL	NÁRAZOVÁ PRÁCE/J/	ÚHEL	NÁRAZOVÁ PRÁCE/J/	ÚHEL	NÁRAZOVÁ PRÁCE/J/	ÚHEL	NÁRAZOVÁ PRÁCE/J/
1.	9 805,0	40.	8 599,9	79.	5 635,5	118.	2 232,8
2.	9 803,1	41.	8 542,0	80.	5 547,3	119.	2 153,4
3.	9 799,1	42.	8 482,2	81.	5 458,0	120.	2 084,8
4.	9 786,4	43.	8 421,4	82.	5 369,8	121.	1 995,5
5.	9 786,4	44.	8 354,7	83.	5 280,5	122.	1 920,9
6.	9 777,6	45.	8 295,9	84.	5 190,3	123.	1 845,5
7.	9 767,7	46.	8 232,1	85.	5 101,1	124.	1 769,9
8.	9 755,9	47.	8 167,4	86.	5 011,8	125.	1 696,4
9.	9 742,3	48.	8 100,7	87.	4 921,6	126.	1 632,7
10.	9 727,6	49.	8 033,1	88.	4 832,4	127.	1 204,2
11.	9 710,9	50.	7 965,4	89.	4 742,2	128.	1 478,7
12.	9 693,2	51.	7 895,8	90.	4 651,9	129.	1 409,1
13.	9 673,6	52.	7 825,2	91.	4 561,8	130.	1339,5
14.	9 653,0	53.	7 812,6	92.	4 472,5	131.	1 270,9
15.	9 630,5	54.	7 676,8	93.	4 382,3	132.	1204,2
16.	9 606,9	55.	7 608,5	94.	4 292,1	133.	1 137,5
17.	9 580,5	56.	7 533,9	95.	4 202,9	134.	1 071,8
18.	9 553,9	57.	7 458,4	96.	4 113,6	135.	1 008,1
19.	9 525,5	58.	7 382,9	97.	4 024,4	136.	948,4
20.	9 495,1	59.	7 306,5	98.	3 935,1	137.	882,5
21.	9 463,8	60.	7 228,9	99.	3 845,9	138.	822,7
22.	9 430,4	61.	7 150,5	100.	3 757,7	139.	762,9
23.	9 396,1	62.	7 720,1	101.	3 669,4	140.	704,1
24.	9 359,8	63.	6 991,7	102.	3 581,2	141.	647,2
25.	9 323,5	64.	6 911,2	103.	3 492,9	142.	591,3
26.	9 284,3	65.	6 820,1	104.	3 405,6	143.	536,4
27.	9 244,2	66.	6 748,5	105.	3 318,4	144.	482,5
28.	9 203,9	67.	6 685,7	106.	3 183,0	145.	430,5
29.	9 159,8	68.	6 582,8	107.	3 145,7	146.	379,5
30.	9 115,7	69.	6 499,4	108.	3 059,5	147.	329,5
31.	9 069,6	70.	6 415,0	109.	2 974,2	148.	281,4
32.	9 022,5	71.	6 329,7	110.	2 889,8	149.	234,4
33.	9 013,7	72.	6 244,4	111.	2 805,5	150.	189,3
34.	8 924,4	73.	6 160,1	112.	2 721,2	151.	144,1
35.	8 874,č	74.	6 075,7	113.	2 638,8	152.	99,0
36.	8 150,4	75.	5 985,6	114.	2 550,5	153.	60,8
		76.	5 898,3	115.	2 471,1	154.	19,6
						154,6	0,0

Zdroje obrázků

Zdroje obrázků

[1] Obr. 1: Manuály LabTest

[2] Obr. 2: Manuály LabTest

[3] Obr. 3: Manuály LabTest

[4] Obr. 4: Manuály LabTest

[5] Obr. 5: Manuály LabTest

[6] Obr. 6: Manuály LabTest

[7] Další obrázky: vlastní