



Zkoušení ztvrdlého betonu

Objemová hmotnost ztvrdlého betonu

ČSN EN 12390-7

Podstata zkoušky

- Stanoví se objem a hmotnost zkušebního tělesa ze ztvrdlého betonu a vypočítá se objemová hmotnost.
- Metoda stanovuje objemovou hmotnost ztvrdlého betonu v následujících stavech:
 - **jak byl dodán.** Zváží se těleso m_r [kg] s přesností na 0,1 % hmotnosti tělesa
 - **nasycen vodou.** Těleso se ponoří do vody na 24 hodin do ustálené hmotnosti. Před vážením se otře povrch tělesa a zváží se m_s [kg].
 - **vysušen v sušárně.** Těleso se suší v sušárně do ustálené hmotnosti. Před vážením se nechá těleso vychladnout v exsikátoru a zváží se m_o [kg].

Podmínky zkoušky:

Nejmenší objem zkušebního tělesa musí být 0,785l.
Jmenovitý rozměr kameniva(D) větší jak 25 mm –
nejmenší objem musí být $50 \cdot D^3$



Zkoušení ztvrdlého betonu

Objemová hmotnost ztvrdlého betonu

Zkušební postup:

1.metoda – ponoření do vody:

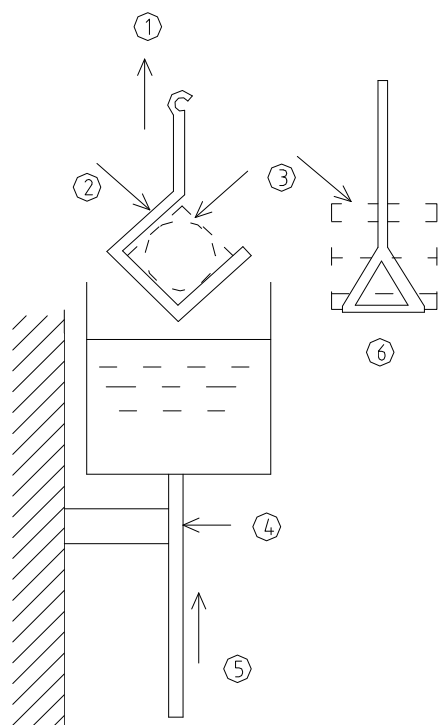
Referenční metoda – těleso je nasyceno vodou

Hmotnost ve vodě - Nádoba s vodou se zvedne tak, aby byl třmen bez zkušebního tělesa ponořen ve vodě. Zaznamená se hmotnost ponořeného třmenu **m_{st}** [kg]. Zkušební těleso se uchytí do třmenu a nádoba s vodou se zvedne tak, aby těleso bylo ponořeno do vody. Zaznamená se hmotnost ponořeného tělesa a třmenu **$m_{st} + m_w$** [kg]

Hmotnost na vzduchu - těleso se vyjme ze třmenu a z povrchu se otře voda vlhkým hadrem. Těleso se zváží a zaznamená se hmotnost **m_a** [kg].

Zkoušení ztvrdlého betonu

Objemová hmotnost ztvrdlého betonu



Třmen zavěšen pod
váhou

1) váhy

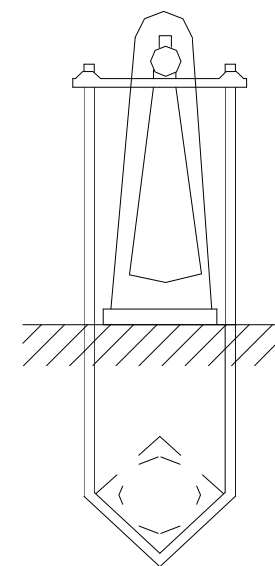
2) třmen

3) betonové zkušební
těleso

4) Vodítko

5) svislý pohyb
nádoby s vodou

6) boční pohled na
třmen



Alternativní
způsob,
když je
třmen
zavěšen nad
váhou



Zkoušení ztvrdlého betonu

Objemová hmotnost ztvrdlého betonu

- Výpočet objemu zkušebního tělesa se vypočítá:

$$V = \frac{m_a - [(m_{st} + m_w) - m_{st}]}{\rho_w}$$

kde: V je objem zkušebního tělesa [m^3],
 m_a je hmotnost zkušebního tělesa na vzduchu
 [kg],
 m_{st} je zjištěná hmotnost ponořeného těmenu [kg],
 m_w je zjištěná hmotnost ponořeného tělesa [kg],
 ρ_w je hustota vody při 20 °C [kg/m^3].



Zkoušení ztvrdlého betonu

Objemová hmotnost ztvrdlého betonu

2.metoda - výpočtem ze změřených skutečných rozměrů

- Zkušební tělesa jsou změřeny v m^3 a zaokrouhleny na čtyři významné číslice.

3.metoda - při použití krychlí, výpočtem z kontrolovaných zvolených rozměrů

- Zkontroluje se zda byla krychle zhotovena v kalibrované formě a vypočítá se objem krychle v m^3 a zaokrouhlí se na tři významné číslice.



Zkoušení ztvrdlého betonu

Objemová hmotnost ztvrdlého betonu

Výsledek zkoušky

- Objemová hmotnost se vypočítá dle vztahu:

$$D = \frac{m}{V}$$

kde: D je objemová hmotnost ztvrdlého betonu
 $[kg/m^3]$,
 m je hmotnost zkušebního tělesa $[kg]$,
 V je objem nádoby $[m^3]$.

- Objemová hmotnost ztvrdlého betonu se zaokrouhlí na nejbližších $10 kg/m^3$.



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v tlaku zkušebních těles

ČSN EN 12390-3

Podstata zkoušky

- Zkušební tělesa jsou zatěžována až do porušení ve zkušebním lisu.

Zkušební tělesa

- Zkušební těleso musí být
- **krychle** (150x150x150),
- **Válec** ($h = 300$, $\varnothing 150$),
- **Vývrt** (b - průměr, h - výška; $h = 2 \cdot b$, b - je 3,5 násobek největšího zrna kameniva v betonu).



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v tlaku zkušebních těles

Zkušební postup

Příprava a usazení zkušebních těles

- Z povrchu tělesa se setře voda před jejich vložením do zkušebního lisu.
- Očistí se dotykové plochy tlačných desek lisu a odstraní se všechny zbytky písku nebo jiného uvolněného materiálu z povrchu zkoušeného tělesa na plochách, které budou v dotyku s tlačnými deskami lisu.
- Krychle se osadí tak, aby směr zatěžování byl kolmý na směr plnění.
- Válec se osadí tak, aby směr zatěžování byl rovnoběžný se směrem plnění, tlačná plocha musí být zabroušena.
- Těleso se umístí do středu tlačných desek.



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v tlaku zkušebních těles

Zatěžování

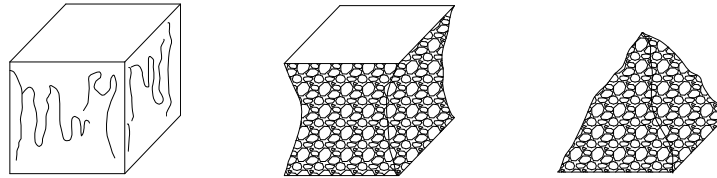
- Nastaví se konstantní rychlost zatěžování od 0,2 MPa/s ($\text{N/mm}^2/\text{s}$). Zatěžuje se plynule, bez nárazu.
- Zaznamená se dosažené maximální zatížení.

Zkoušení ztvrdlého betonu

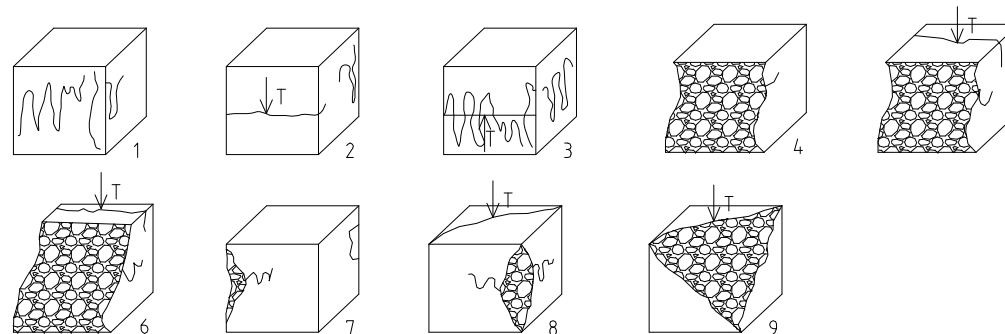
Pevnost v tlaku zkušebních těles

Posouzení způsobu porušení

- Příklady porušení těles pro krychle ukazují vyhovující způsoby porušení po zkoušce pevnosti v tlaku.



- Příklady nevyhovujících způsobů porušení zkušebních těles pro krychle po zkoušce pevnosti v tlaku.

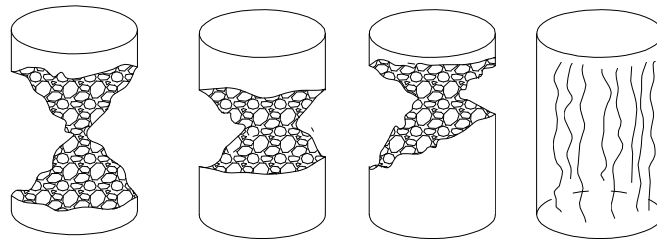


Zkoušení ztvrdlého betonu

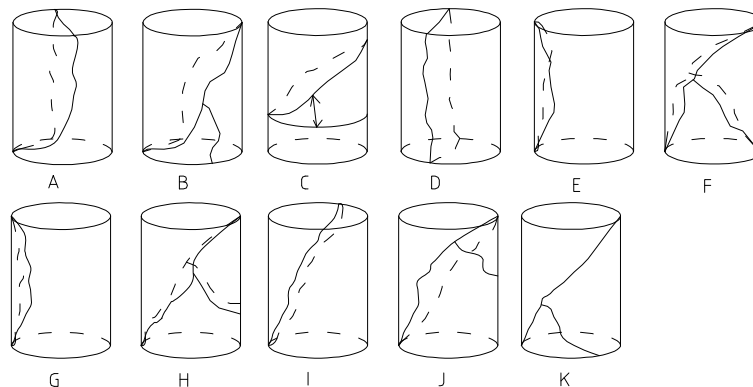
Pevnost v tlaku zkušebních těles

Posouzení způsobu porušení

- Příklady porušení těles pro válce ukazují vyhovující způsoby porušení po zkoušce pevnosti v tlaku.



- Příklady nevynovujících způsobu porušení zkušebních těles pro válce po zkoušce pevnosti v tlaku.





Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v tlaku zkušebních těles

Vyjádření výsledků

- Pevnost v tlaku je dána následujícím vztahem:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

kde: f_c je pevnost v tlaku [MPa; N/mm²],
 F je maximální zatížení při porušení [N],
 A_c je průřezová plocha zkušebního tělesa,
na kterou působí zatížení v tlaku
mm²].

Pevnost v tlaku se zaokrouhlí na nejbližších 0,5 MPa
[N/mm²].



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles

ČSN EN 12 390-5

Podstata zkoušky

Hranolová zkušební tělesa jsou vystavena ohybovému momentu od zatížení přenášeného prostřednictvím horních zatěžovacích a spodních podpěrných válečků.

Zkušební tělesa

- Zkušební tělesa - hranoly (100x100x400 mm).

Úprava zkušebních těles

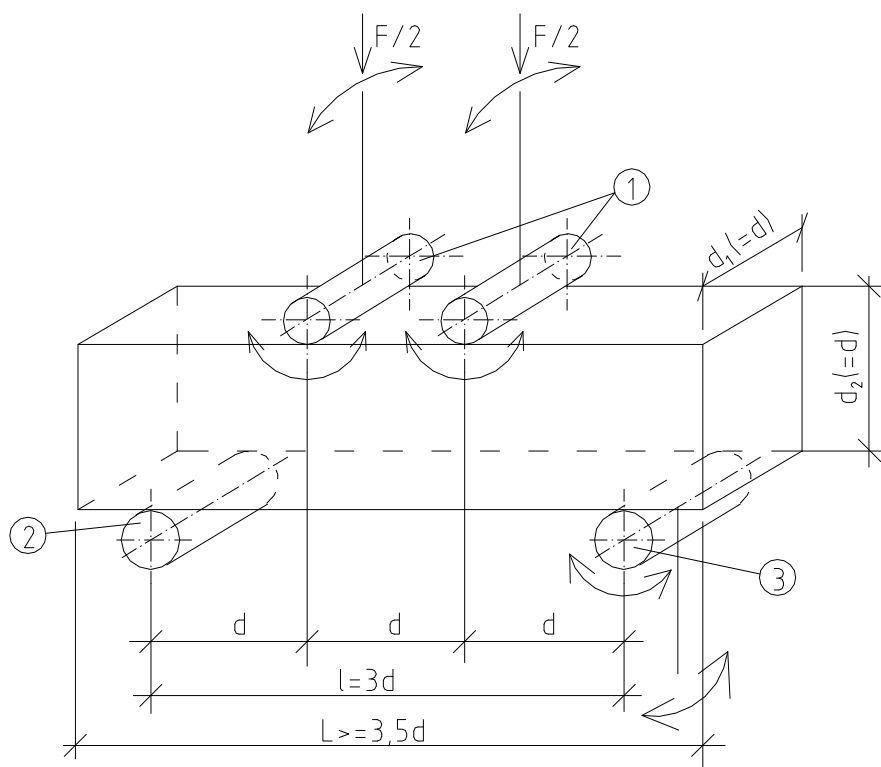
- Pokud rozměry nebo tvary zkušebních těles neodpovídají:
- nerovné povrchy se musí srovnat broušením,
- odchylky úhlů se musí opravit odřezáním, případně broušením.

Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles

Zkušební zařízení

- Zkušební lis.
- Zatěžování – se skládá ze dvou podpěrných válečků, dvou horních zatěžovacích válečků, kloubově připojených k příčnému závěsu



Uspořádání zatěžování zkušebního tělesa (zatěžování dvěma břemeny)

- 1) zatěžovací válečky (otočné a výkyvné),
- 2) podpěrný váleček,
- 3) podpěrný váleček (otočný a výkyvný).



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles

Zkušební postup

Příprava těles

- Z povrchu těles, která byla ošetřována ve vodě, se z jejich povrchu před jejich vložením do zkušebního lisu setře voda.
- Zatěžování
- Všechny zatěžovací a podpěrné válečky musí rovnoměrně dosedat na zkušební těleso.
- Nastaví se konstantní rychlost zatěžování od 0,04 MPa/s do 0,06 MPa/s. Zatěhuje se plynule bez nárazu, a zatížení se zvyšuje stanovenou konstantní rychlostí až do porušení vzorku.
- Rychlost zatěžování ve zkušebním lisu je dána následujícím vztahem:

$$R = \frac{s \cdot d_1 \cdot d_2^2}{l}$$

kde: R je rychlost zatěžování [N/s],
s je přírůstek napětí [MPa/s],
d₁ a d₂ jsou rozměry příčného řezu tělesa [mm],
l je vzdálenost mezi podpěrnými válečky [mm].

Zaznamená se dosažené maximální zatížení.



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles

Vyjádření výsledků

Pevnost v tahu za ohybu (čtyřbodovém) je dána následujícím vztahem:

$$f_{cf} = \frac{F \cdot l}{d_1 \cdot d_2^2}$$

kde: f_{cf} je pevnost v tahu ohybem [MPa],

F je maximální zatížení [N],

l je vzdálenost mezi opěrnými válečky [mm],

d_1 a d_2 jsou rozměry příčného řezu tělesa [mm].

Pevnost v tahu ohybem se zaokrouhlí na nejbližší 0,1 MPa.



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v příčném tahu zkušebních těles

Podstata zkoušky

- Válcové zkušební těleso je vystaveno tlaku v úzkém pruhu po jeho délce.
- Výsledná kolmá tahová síla způsobí porušení tělesa tahem.

Zkušební tělesa

- Musí být válcová, u vývrtů však může být poměr délky k průměru válce nižší, ale nejméně 1.

Úprava zkušebních těles

Pokud rozměry nebo tvary zkušebních těles neodpovídají:

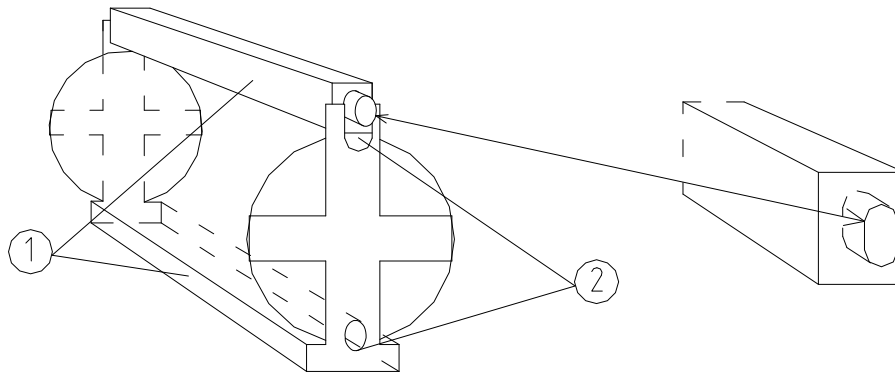
- nerovné povrchy se musí srovnat broušením,
- odchylky úhlů se musí upravit odřezáním případně broušením.

Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v příčném tahu zkušebních těles

Zkušební zařízení

- Zkušební lis.
- Vodící přípravek (nepovinný), pro usazení tělesa a roznášecích proužků do správné polohy. Vodící přípravek nesmí bránit deformaci tělesa během zkoušky.
- Roznášecí proužky jsou zhotovené z dřevovláknité desky, s objemovou hmotností větší než 900 kg.m^{-3} .



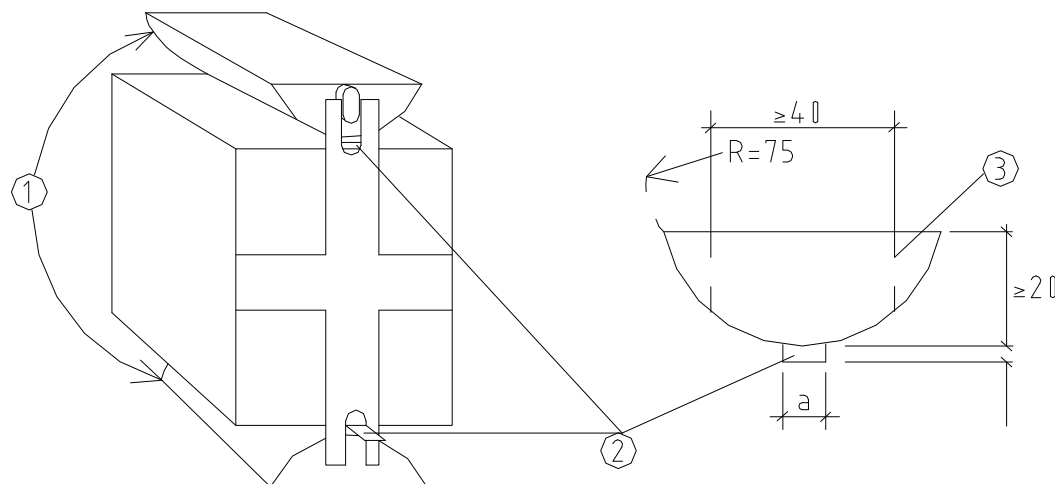
Vodící přípravek pro
válcová tělesa

1) ocelový zatěžovací
trámeček,

2) roznášecí proužek
z dřevovláknité desky

Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v příčném tahu zkušebních těles



Válcový zatěžovací segment

- 1) ocelový válcový zatěžovací segment,
- 2) roznášecí proužek z dřevovláknité desky,
- 3) válcový segment může být odříznut



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v příčném tahu zkušebních těles

Zkušební postup

Příprava těles

- Z povrchu těles, která byla ošetřována ve vodě, se setře voda před jejich vložením do zkušebního lisu.

Usazení zkušebního tělesa

- Zkušební těleso se umístí do středu zkušebního lisu.
- V zatěžovací středové rovině se opatrně na těleso osadí, roznášecí proužky v horní i dolní části vzorku.
- Při zatěžování by měla být horní tlačená deska rovnoběžná s dolní tlačanou deskou.



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v příčném tahu zkušebních těles

Zatěžování

- Musíme zajistit, aby zkušební těleso bylo centrované.
- Nastaví se konstantní rychlost zatěžování v rozsahu od 0,04 MPa/s do 0,06 MPa/s. Těleso se zatěžuje plynule bez nárazu, a zatížení se nepřetržitě zvyšuje stanovenou konstantní rychlostí do porušení.
- Rychlost zatěžování ve zkušebním lisu je dána následujícím vztahem:

$$R = \frac{s \cdot \pi \cdot L \cdot d}{2}$$

kde: R je rychlost zatěžování [N/s],
 L je délka zkušebního tělesa (obr. 39) [mm],
 d je zvolený rozměr tělesa [mm],
 s je přírůstek napětí [MPa/s; N/mm²/s].

Zaznamená se dosažené maximální zatížení.



Zkoušení ztvrdlého betonu

Pevnost v příčném tahu zkušebních těles

Vyjádření výsledků

- Pevnost v příčném tahu je dána následujícím vztahem:

$$f_{ct} = \frac{2.F}{\pi.L.d}$$

kde: f_{ct} je pevnost v příčném tahu [MPa],
 F je maximální zatížení [N],
 L je délka dotykové přímky tělesa [mm],
 d je zvolený příčný rozměr tělesa [mm].

Pevnost v příčném tahu se zaokrouhlí na nejbližších 0,05 MPa.

Zkoušení kovových materiálů

Pevnost v tahu zkušebních těles

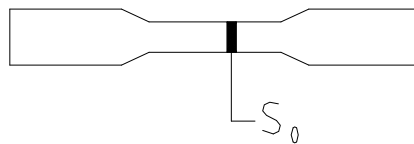
ČSN EN 10002-1

Podstata zkoušky

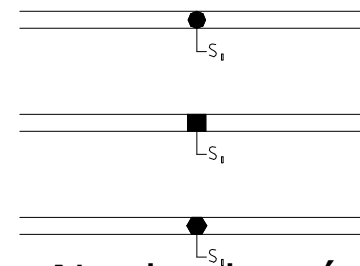
- Zkušební tyč se získává obráběním ověřovaného výrobku, výlisku nebo odlitku. Výrobky stálého průřezu, např. profily, tyče, dráty, se smí zkoušet bez obrobení. Průřezy zkušebních tyčí jsou kruhového, čtvercového, obdélníkového nebo prstencového tvaru. Dle průměru tyče se určuje i počáteční měrná délka tyče

$$L_0 = k \cdot \sqrt{S_0} \quad , \text{nejméně však } 20 \text{ mm.}$$

Součinitel $k=5,65$ je mezinárodně přijatá hodnota. Pokud není pro délku zkušební tyče tento součinitel k splněn, hovoříme o nepoměrných zkušebních tyčích.



Obrobená tyč



Neobrobená tyč



Zkoušení kovových materiálů

Pevnost v tahu zkušebních těles

Zkušební postup

- Stanovení počáteční plochy příčného průřezu (S_0).
- Vyznačení počátku a konce měřené délky.
Značení musí být provedeno jemnými značkami, nebo ryskami, nikoliv vruby, které by oslabovaly průřez a následně ovlivnily výsledky měření.
- Zkušební tyč se pomocí klínů, příp. závitových nebo plochých čelistí upne do zkušebního stroje, který je opatřen průtahoměrem ke stanovení meze kluzu. Vzorek musí být upnut takovým způsobem, aby tahová síla působila v ose prutu a jeho vybočení bylo minimální. Zatěžovací rychlost se volí dle modulu pružnosti ověřovaného materiálu (viz následující tabulka)
- Určení základních hodnot z pracovního diagramu oceli v tahu (např. horní a dolní mez kluzu, mez pevnosti v tahu,...)



Zkoušení kovových materiálů

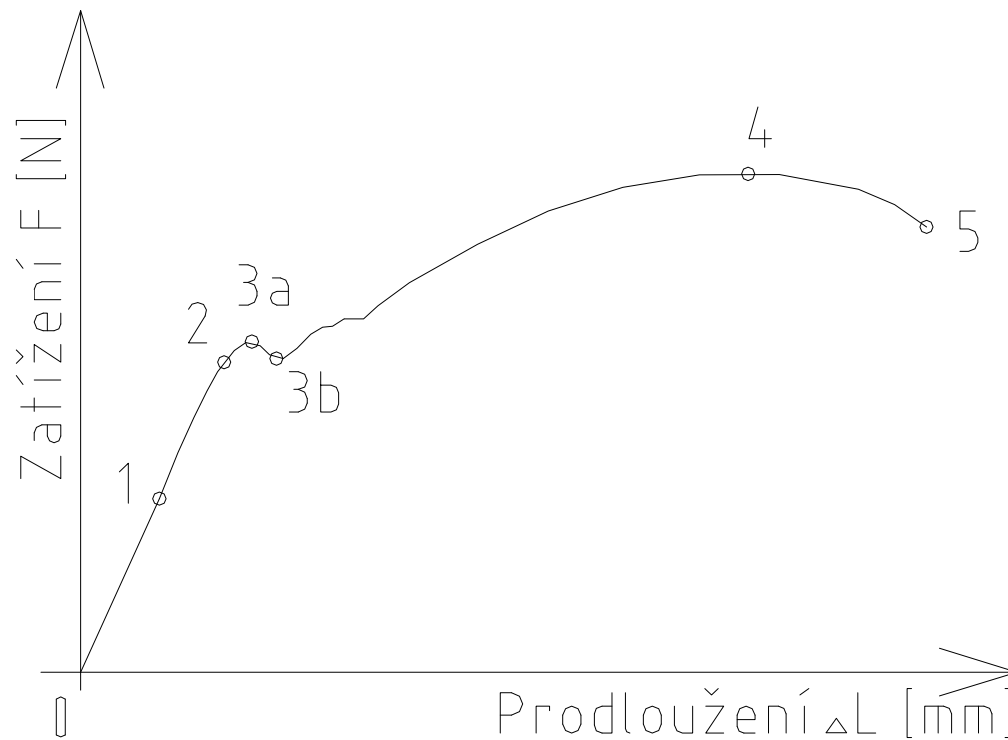
Pevnost v tahu zkušebních těles

Stanovení zatěžovací rychlosti

Modul pružnosti materiálu E [MPa]	Napěťová rychlost [MPa.s ⁻¹]	
	min	max
<150 000	2	20
>150 000	6	60

Zkoušení kovových materiálů

Pevnost v tahu zkušebních těles



Pracovní diagram oceli
v tahu

Síla na:

1. Mez úměrnosti
2. Síla na mezi pružnosti
- 3a. Síla na mezi kluzu horní
- 3b. Síla na mezi kluzu dolní
4. Síla na mezi pevnosti
5. Síla přetržení - mez porušení



Zkoušení kovových materiálů

Stanovení tažnosti

Stanovení tažnosti

- Obě přetržené části tyče se přiloží k sobě, aby jejich osy ležely v přímce. Správný kontakt lomových ploch je nutný u malých průřezů prutů, nebo materiálu s nízkou hodnotou prodloužení. Prodloužení po lomu ($L_u - L_0$) se stanovuje měřidlem s rozlišovací schopností na nejbližší 1/4 mm a zaokrouhluje se na 0,5 %. Toto měření je platné pouze tehdy, když vzdálenost mezi lomem a nejbližší značkou měřené délky je nejméně 1/3 počáteční měřené délky L_0 .
- U přístrojů se zabudovaným průtahoměrem není potřeba k měření prodloužení vyznačovat měřené délky. Prodloužení je měřeno jako celkové prodloužení v okamžiku lomu a za účelem tažnosti je nutné odečíst pružné prodloužení.

Zkoušení kovových materiálů

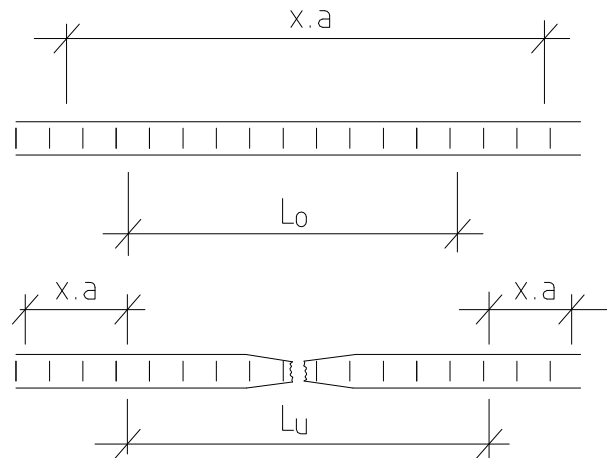
Stanovení tažnosti

Výpočet a vyjádření výsledků

- Tažnost **A** je v podstatě trvalá deformace (prodloužení) měrné délky vyjádřená v procentech původní měřené délky. Zjišťuje se v místě přetržení, změnu délky porovnáme s původní měřenou délkou. Tažnost **A** se vypočítá ze vzorce: [%],

$$A = \frac{L_u - L_o}{L_o} \cdot 100 \quad [\%]$$

L_o je počáteční měřená délka
 L_u je délka po protažení



Stanovení tažnosti na ocelovém prvku



Zkoušení kovových materiálů

Stanovení celkového prodloužení

Stanovení celkového prodloužení při největším zatížení v procentech (A_{gt})

- Z prodloužení stanoveného průtahoměrem při největším zatížení (ΔL_m) na diagramu zatížení. Celkové prodloužení při největším zatížení musí být vypočítáno ze vztahu: [%]

$$A_{gt} = \frac{\Delta L_m}{L_e} \cdot 100$$

kde: ΔL_m je prodloužení měřené
průtahoměrem při největším zatížení,
 L_e měřená délka průtahoměru.

Zkoušení kovových materiálů

Stanovení kontrakce

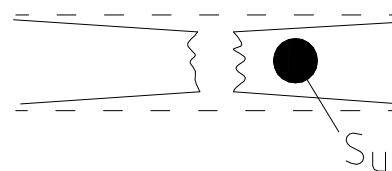
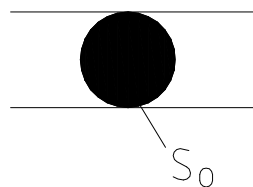
Stanovení kontrakce

- Kontrakce je maximální změna příčného průřezu po přetržení zkušební tyče a srovnává se s původním hodnotou příčného průřezu. Kontrakce **Z** vypočítáme ze vztahu: [%],

$$Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \cdot 100$$

kde: S_o je původní plocha příčného průřezu před zkouškou,

S_u nejmenší plocha příčného průřezu po zatěžovací zkoušce.



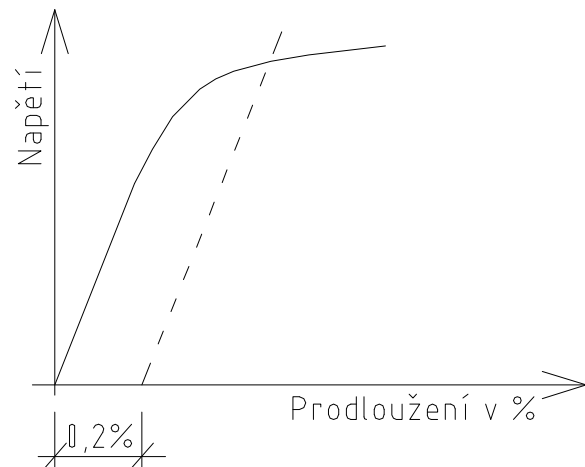
stanovení kontrakce

Zkoušení kovových materiálů

Stanovení smluvní meze kluzu

Stanovení smluvní meze kluzu, plastické prodloužení měřené průtahoměrem

- Vychází se z pracovního diagramu zatížení - prodloužení a následným vynesemím rovnoběžky s přímkovou částí diagramu ve vzdálenosti odpovídající předepsanému prodloužení, např. 0,2 %. V místě dotyku vynesené rovnoběžky s tahovou křivkou pracovního diagramu se nachází hodnota požadované smluvní meze kluzu, tu získáme dělením získaného zatížení počáteční plochou příčného průřezu zkoušeného vzorku.



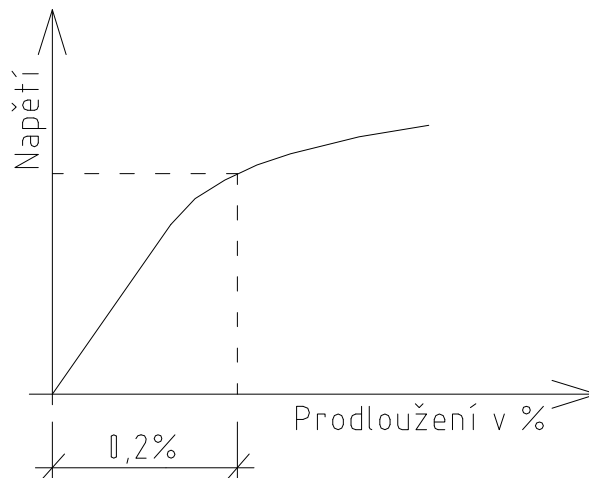
Pracovní diagram oceli
smluvní mez kluzu
plastické prodloužení
měřené

Zkoušení kovových materiálů

Stanovení smluvní meze kluzu

Stanovení smluvní meze kluzu, celkové prodloužení měřené průtahoměrem

- Smluvní mez kluzu se stanoví z pracovního diagramu zatížení - prodloužení měřené průtahoměrem a následným vynesení rovnoběžky s osou zatížení ve vzdálenosti rovné hodnotě předepsaného protažení. Získaný bod odpovídá požadované mezi kluzu, kterou získáme dělením získaného zatížení plochou zkušební tyče.



Pracovní diagram oceli –
smluvní mez kluzu,
celkové prodloužení
měřené průtahoměrem