



OCELOVÉ KONSTRUKCE

Studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ
bakalářské studium

Kód předmětu: K134OK1

4 kredity (2 + 2), zápočet, zkouška

Prof. ing. František Wald, CSc.

Místnost B632



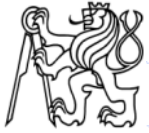
Sylabus přednášek

- 1. Úvod, historie ocelových konstrukcí, použití, významné stavby, výroba oceli
2. Vlastnosti oceli, zkoušky materiálu, značení oceli
3. Výroba konstrukcí

- 4. Spolehlivost konstrukcí, mezní stavy, normy pro navrhování, tah
5. Tlak, vzpěrný tlak
6. Klasifikace průřezů, ohyb, hospodárny návrh
7. Svařování, svařované spoje
8. Nýtování a šroubování, šroubované spoje

- 9. Skelety budov, prostorová tuhost
10. Skelety budov, spoje
11. Jednopodlažní haly
12. Haly velkých rozpětí
13. Mosty, názvosloví, lávky
14. Ochrana proti korozi a požáru





Ve výuce ocelových konstrukcí od léta 2007

Bakalářské studium

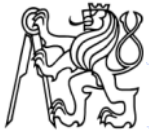
- **Ocelové konstrukce 1** 2+2 všeobecný přehled
- **Ocelové konstrukce 2** 2+2 schopnost navrh. běžnou kci

Magisterské studium

- **Ocelové konstrukce 3** 2+2 schopnost navrh. speciální kci

Evropské normy (učí se principy ne normy)

- Značení, konvence ČSN EN 1993-x-x a ČSN EN 1994-x-x



Výuka ocelových konstrukcí na bak. stud. FSv

- Ocelové konstrukce 2+2
- Ocelové konstrukce 2 2+2
- Volitelné předměty 1+1
 - Nosné konstrukce ze skla
 - Základy navrhování mostů (společně s K133)
 - Tenkostěnné a sprážené konstrukce K134YTSK
 - Požární spolehlivost nosných konstrukcí (společně s K133)
 - Ocelové mosty
 - Ocelové mosty 2
- Magisterské studium
 - Ocelové konstrukce 3 2+2
 - Hliníkové a nerezové konstrukce 1+1
 - Styčníky konstrukcí 1+1 atd.



Literatura

- Studnička: **Ocelové konstrukce**, ČVUT, Praha, 2004.
- Vraný, Wald: Ocelové konstrukce, **Tabulky**, ČVUT, Praha, 2008.
- Studnička: Ocelové konstrukce, **Normy**, ČVUT, Praha, 2008.
- Eliášová, Sokol: Ocelové konstrukce, **Příklady**, ČVUT, Praha, 2008

V tištěné formě, elektronická v přípravě.



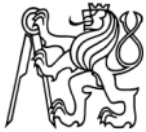
Sylaby

URL

- www.fsv.cvut.cz/wald/OK1_Prvky

přednášky zamčené na

- http://people.fsv.cvut.cz/www/wald/OK1_Prvky/Index.htm
- viz [Prezentace ve formátu pdf lze nalézt na intranetu předmětu](#)
- **User: Team**
- **Password: Integrity**
- www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz
- www.access-steel.com



Cvičení

- 10 příkladů
 - Prvky
 - Skelet a hala
- Laboratoř + svařovna
- Počítačová učebna

- Samostatně
 - Souběžně s přednáškami
 - Konkurenceschopný objem v celku

První hodina cvičení - opakování

- Co nutně pro OK potřebujeme ze statiky a teoretické mechaniky?

Stavební fakulta ČVUT
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Letní semestr 2007/2008

OCELOVÉ KONSTRUKCE
Zadání úloh pro cvičení
Program Stavební inženýrství

Jméno:
A/az C/uz b/ra D/az 1,2a E/az 1,2a F/az 1,2a
Lokalizace (pro příklady 2, 3):

1 → Navrhnete vyznačené prvky 2 a 4 svahovaného příhradového nosníku zatíženého podle obrázku. Pás navrhnete z profilu HEA a diagonály z kruhových trubek.

2 → Navrhnete šroubovaný přípoj zatíženého prutu z dvojice rovinnoramenných úhelníků na styčkový plech podle obrázku. Rozřeďte šrouby i průměr šroubu zvolte podle velikosti úhelníku. Šrouby nejsou předpřuty. Přípoj vykreslete v měřítku 1:10.

3 → Navrhnete další variantu přípoje z předchozího příkladu. Tentokrát použijte svařovaný přípoj podle obrázku. Přípoj vykreslete v měřítku 1:10.

4 → Určíte návrhovou únosnost taženého prutu s valcovaného průřezu dle obrázku. Ve všech směrech označte své výpočty a uveďte příslušné kolmkové napětí, pružiny a vyhodnotěte kolmkové napětí. Ocel → S 235 → D → S 235.

5 → Navrhnete dispozici vícepodlažní budovy obdélníkového půdorysu. Počet podlaží Konstruktivní výška podlaží, d, m.

Osová vzdálenost sloupů
→ v příčném směru
→ v podélném směru
Úložné zatížení
Ztužení v obou směrech příhradové. Navrhnete stropnice a její přípoj na průvlak, průvlak a vybraný vnější sloup. Narysujte navrhované přípoje v měřítku 1:10. Stropní nosníky nejsou spřaženy s betonovou deskou. Ocel zvolte.

6 → Navrhnete dispozici ocelové haly s vřetnutými sloupy. Vazník je příhradový sedlový, z trubek.

Rozpětí
Rozměr průřezu
Výška od patky k stropu
Sloupy válcované (HEA, HEB). Střešní i obvodový plášť je lehký, zateplený. Ocel zvolte.
→ Narysujte dispozici výkres (páry s střechou M 1:200, příčný řez M 1:100, pohled na podélnou stěnu M 1:200).

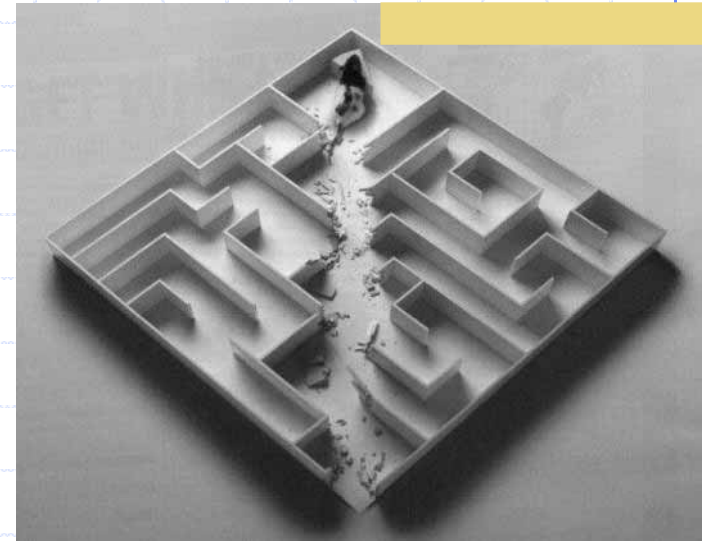
Literatura:
[1] – Blahůšek, Ocelové konstrukce, ČVUT, Praha, 2006
[2] – Vavřík, Václav, Ocelové konstrukce, Tabulky, ČVUT, Praha, 2006
[3] – Blahůšek, Ocelové konstrukce, Normy, ČVUT, Praha, 2006
[4] – Blahůšek, Ocelové konstrukce, Příklady, ČVUT, Praha, 2003

→ Příkladů: Jedno cvičení se bude konat v laboratořích katedry.



Zkouška

Test – deset otázek, 60 min



Z prostorových důvodů troje přednášky
(prof. Macháček, prof. Studnička)

- Stejná cvičení a stejný rozsah znalostí ke zkoušce
- Stejný rozsah přednášek, ale ne stejné přednášky



Obsah přednášky



- Úvod
- Historie ocelových konstrukcí
- Použití ocelových konstrukcí
- Udržitelnost rozvoje
- Významné stavby
- Výroba oceli
- Shrnutí
- Aktualita - Mosty





Výhody ocelových konstrukcí

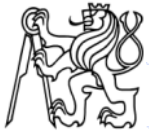
- ☺ Nejvyšší kvalitní běžné stavební materiál – pevnost
- ☺ Malá hmotnost
- ☺ Rychlost výstavby
- ☺ **Recyklovatelnost 90 %**
- ☺ **Demontovatelnost**

- ☹ Koroze
- ☹ Požární odolnost (tepelná vodivost)
- ☹ Cena

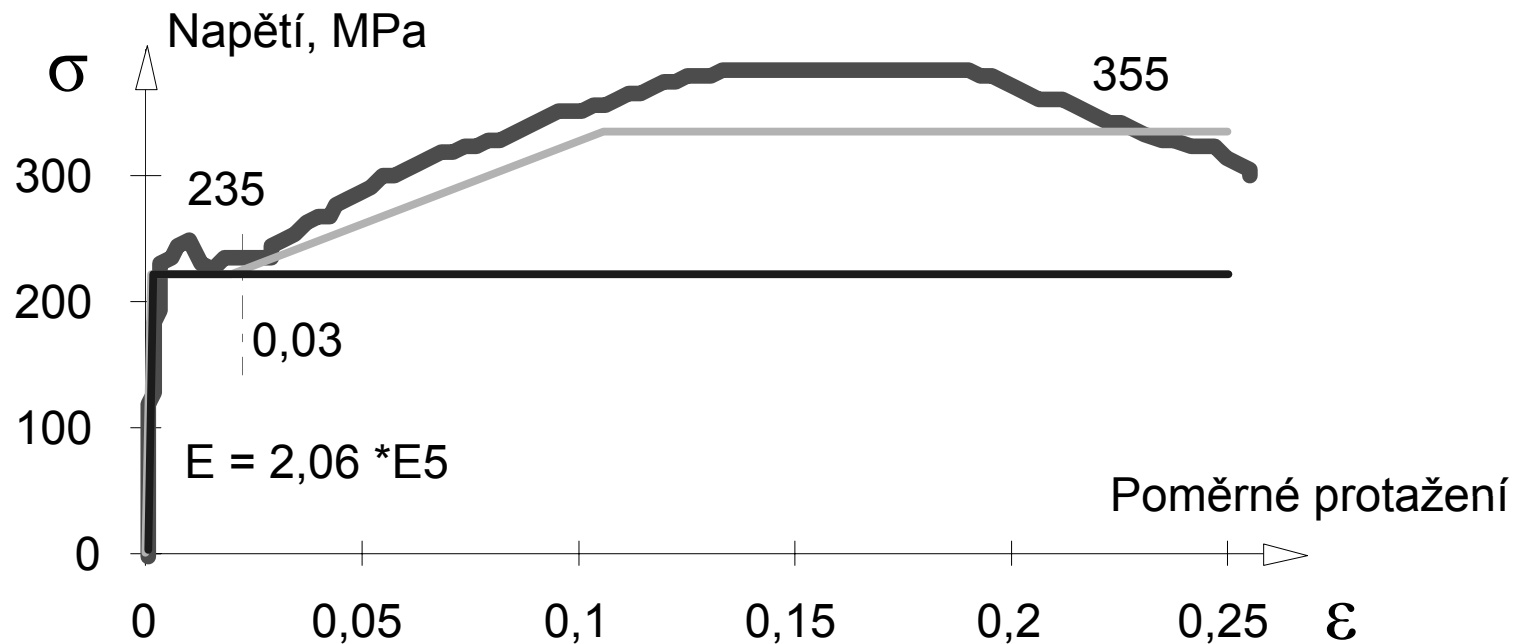
Příprava

Výstavba

Výroba
OK



Hlavní přednosti konstrukční oceli



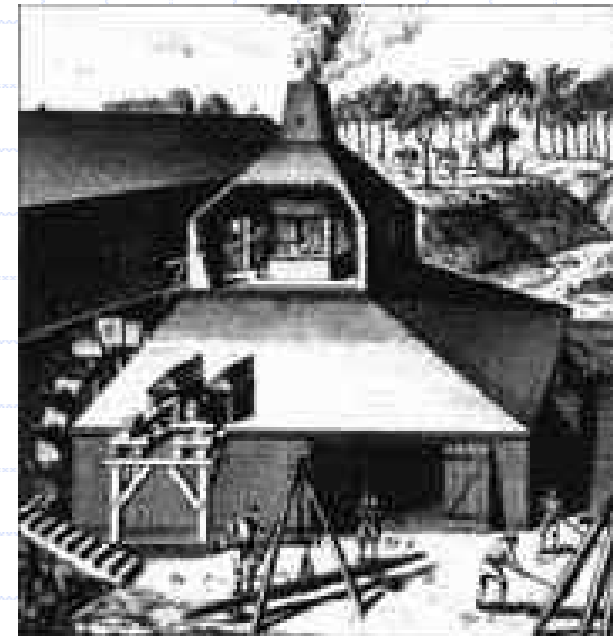
- Tažnost až 40%
- Vysoký modul pružnosti $2,1 * E5$ Mpa
- Recyklovatelnost



Obsah přednášky

- Úvod
- Historie ocelových konstrukcí
- Použití ocelových konstrukcí
- Významné stavby
- Výroba oceli

- Aktualita - Mosty





Historie železa a oceli

- 3800 př.l. Meteority
- 1600 př.l. Kujené železo z rud
- **Evropa**
 - 1400 Vysoké pece s dřevěným uhlím
 - 1784 Svářková ocel (Angl. Cort)
 - v těstov. Stavu v pudlovací peci
 - redukce C - tvárná, svařitelná
 - redukce Mn – volná síra
 - Více S než 0,1 % vláknovitost
 - 1813 Koks (Angl. Derby)
 - 1848 I nosník (Franc. Zorès)
 - 1855 Plávková ocel (Angl. Bessemer, Thomas) v tekutém stavu



Historie ocelových mostů

- Čína okolo roku 280 - řetězové mosty
- Evropa litina a svářkové železo
 - 1779: Most Coalbrookdale, oblouk s rozpětím 30 m (Pritchard) Anglie,
 - 1826: Řetězový most Menai, visutý s rozpětím 177 m (Telford)
 - 1836/1864: Řetězový most Clifton, visutý s rozpětím 191 m (Brunel)
 - 1850: Komerový trámový most Britannia, rozpětí 140 m (Stevenson)
 - 1859: Příhradový most Saltash, rozpětí 139 m (Brunel)



Historie ocelových mostů

■ Plávková ocel

- 1883 visutý Brooklyn Bridge, rozpětí 486 m (Roebing)
- 1889 Eifelova věž v Paříži, výška 300 m
- 1890 příhradový Firthof Forth Bridge, 521 m (Baker)

■ Česko

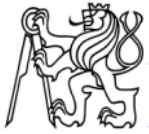
- 1822 Řetězový visutý most v Žatci, 1836 v Lokti (Schnirch)
- 1848 Řetězový most v Podolsku přes Vltavu, přenesen 1975 do Stádlece přes Lužnici, dodnes v provozu, rozpětí 90 m



Obsah přednášky

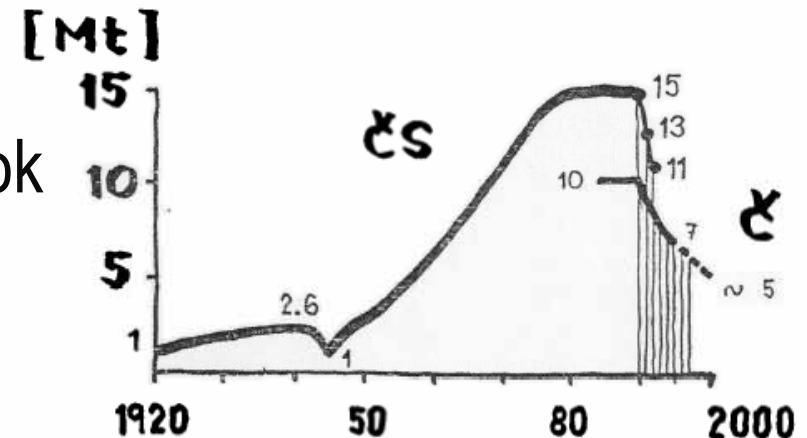
- Úvod
- Historie ocelových konstrukcí
- Použití ocelových konstrukcí
- Udržitelnost rozvoje
- Významné stavby
- Výroba oceli
- Shrnutí
- Aktualita - Mosty





Objem výroby oceli

- Česká Republika jedním z největších výrobců
600 kg oceli na jednoho obyvatele ročně;
to je v ČR asi 6 mil. tun oceli/rok
- Celosvětově asi 800 mil.tun/rok
- Evropa
 - ArcelorMittal 130 mil.tun/rok
 - Corus 19,1 mil.tun/rok





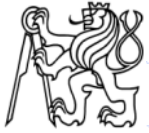
Užití oceli

■ ČR

- 30 % vývoz
- 55 % strojírenství
- 15 % stavebnictví
 - 10 % výztuž
 - 5 % ocelové konstrukce

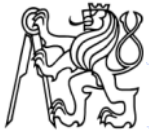
■ Evropa

-
-
- 8 % stavebnictví
 - 3 % výztuž
 - 5 % ocelové konstrukce



Ocelové konstrukce ve stavebnictví

- **Pozemní stavby 70%**
 - Skelety budov
 - Haly (skladové, výrobní, sportovní, výstavní ...)
 - Pavilony
 - Tribuny
- **Mosty 4%**
 - Vodní stavby
- **Speciální stavby 23%**
 - Stožáry a věže
 - Energetika
 - Zásobníky, sila, plynojemy
 - Hutní stavby



Obsah přednášky

- Úvod
- Historie ocelových konstrukcí
- Použití ocelových konstrukcí
- ➔ ■ Udržitelnost rozvoje
- Významné stavby
- Výroba oceli
- Shrnutí
- Aktualita - Mosty

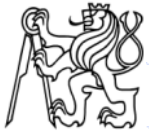




Kriteria udržitelnosti rozvoje

- **Budovy 40% ze všech emisí CO₂** a 10 % výroba a doprava
- **Doprava osob mezi budovami způsobuje 22 % všech emisí CO₂.**
- Stavebnictví jedním z největších spotřebitelů zdrojů a tvůrcem odpadů
- **10 % stavebního materiálu na skládky.**
- EU snížit v následujících 5 letech emise CO₂ o průměrně **5 %**

1. Spotřeba energie
2. Doprava
3. Znečištění
4. Materiály a odpad
5. Úspora vody
6. Ekologie a užití půdy
7. Zdraví a duševní pohoda



Ocelové konstrukce v udržitelné výstavbě

1. **Efektivnost** - tovární výroba s minimálním užitím zdrojů
2. **Rychlost** - na staveništi rychle smontována, což snižuje místní narušení
3. **Minimum odpadu** - hospodárná a veškerý odpad se může recyklovat
4. **Kvalita** - materiál s vysokou kvalitou a umožňuje přesné dimenzování
5. **Doprava** - pro montáž dopravuje na staveniště systémem „právě včas“
6. **Životnost** - dlouhou návrhovou životnost pokud je chráněna
7. **Zdraví a duševní pohoda** – výstavba je bezpečná
8. **Recyklace** - Veškerou ocel lze recyklovat,
nejméně 45% běžné oceli pochází z recyklovaných zdrojů
9. **Opětovné použití** - dílce lze rozmontovat a znovu použít

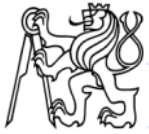
Prof. Roger Plank – Ocelové konstrukce a udržitelný rozvoj



Obsah přednášky

- Úvod
- Historie ocelových konstrukcí
- Použití ocelových konstrukcí
- Udržitelnost rozvoje
- ➔ ■ Významné stavby
- Výroba oceli
- Shrnutí
- Aktualita - Mosty





Obsah přednášky

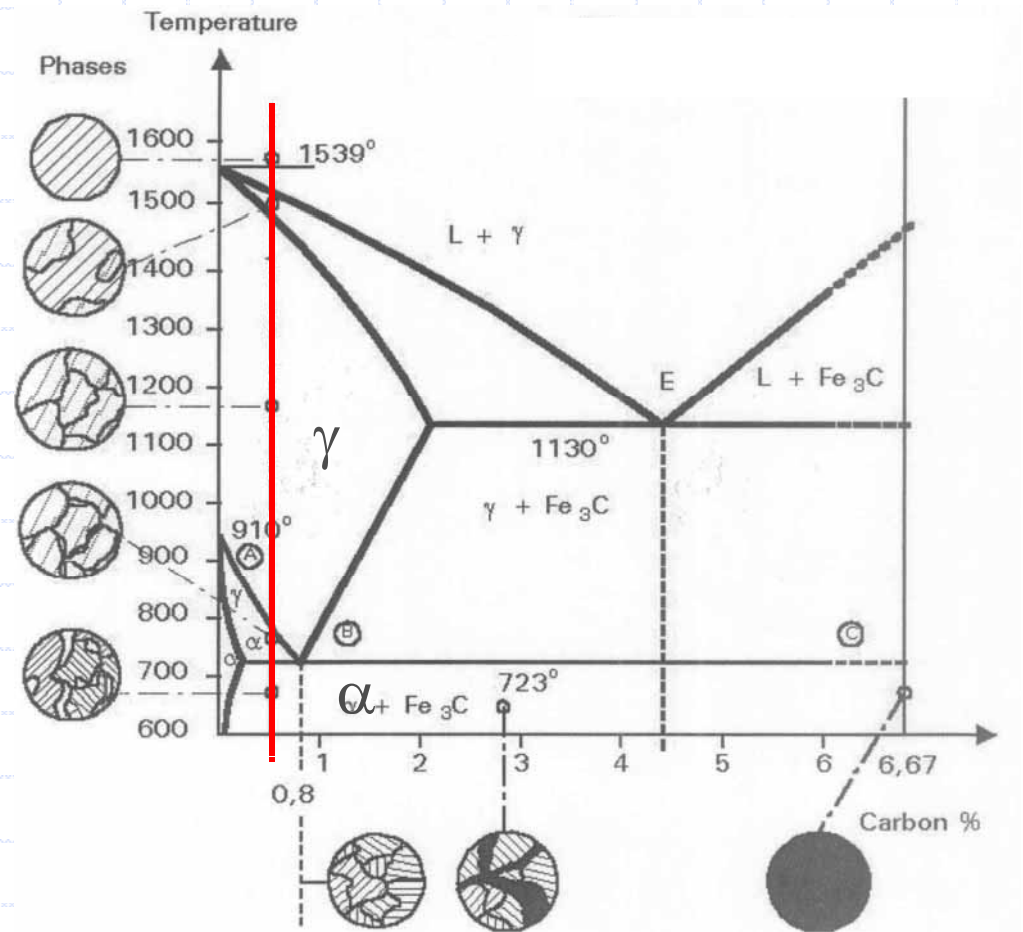
- Úvod
- Historie ocelových konstrukcí
- Použití ocelových konstrukcí
- Udržitelnost rozvoje
- Významné stavby
- ➔ ■ Výroba oceli
- Shrnutí
- Aktualita - Mosty





Vliv uhlíku

- Slitina železa krystalizuje ve dvou modifikacích
 - γ rozpouští uhlík, α nikoli
 - tavenina železa chladne a γ železo se mění na železo α
- Litina 2,1% uhlíku



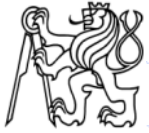


Vliv uhlíku

- Litina: 2,1% C
- Ocel = kujná slitina železa
 - < 1,5% C
 - Stavební ocel: < 0,2% C
- Svařitelnost oceli
 - Čím je větší obsah příměsí, tím je svařitelnost horší
 - Uhlíkový ekvivalent

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

$$CEV < 0.4$$



Vliv dalších příměsí

😊 Legury:

- Mangan ~1 %
 - nejčastějším
 - zvyšuje pevnost a tažnost oceli i odolnost oceli proti křehkému lomu
- Chrom, nikl, molybden, vanad, titan, niob, zirkon -
 - kladným vlivem na požadované vlastnosti u konstrukčních ocelí
- Měď
 - zlepšuje odolnost proti korozi (oceli Atmofix)
 - zhoršuje mechanické vlastnosti

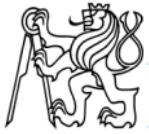
☹️ Nežádoucí příměsi:

- Křemík, fosfor a síra
 - nežádoucí, odstranit
- Kyslík a dusík
 - velmi nepříznivě (v podobě oxidů a nitridů)
 - tzv. stárnutí oceli (po čase poklese houževnatosti)
 - Kyslík - dezoxidací při výrobě uklidněných ocelí
 - Dusík - se odstraní přidáním hliníkového prášku do tavby



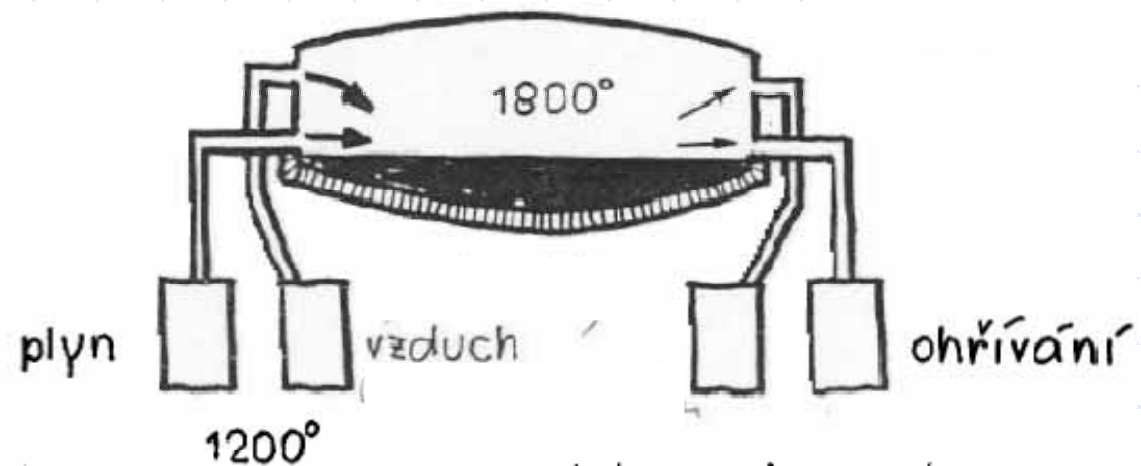
Výroba oceli

- Odstranit přebytečný uhlík
 - Martinské pece
 - Kyslíkové konvertory
 - Elektrické pece



Siemens – Martinská pec

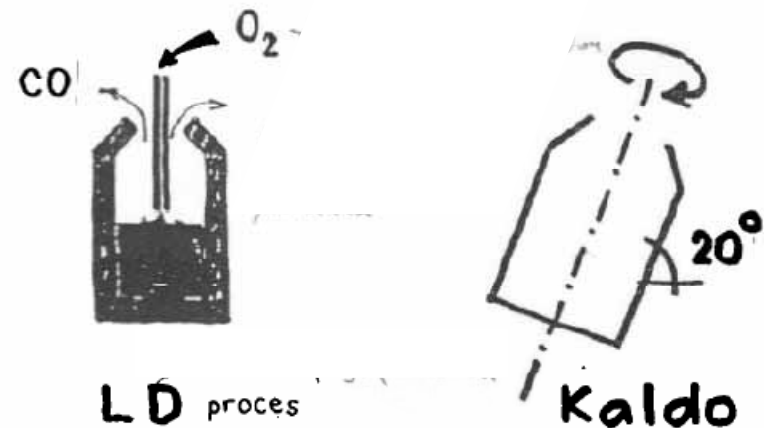
- Pece jsou vytápěny plynem
- Do lázně se dmychá vzduchem, nověji kyslíkem
- Při útlumu hutní výroby se podíl produkce oceli z martinských pecí v ČR stále zmenšuje

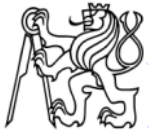




Kyslíkové konvektory

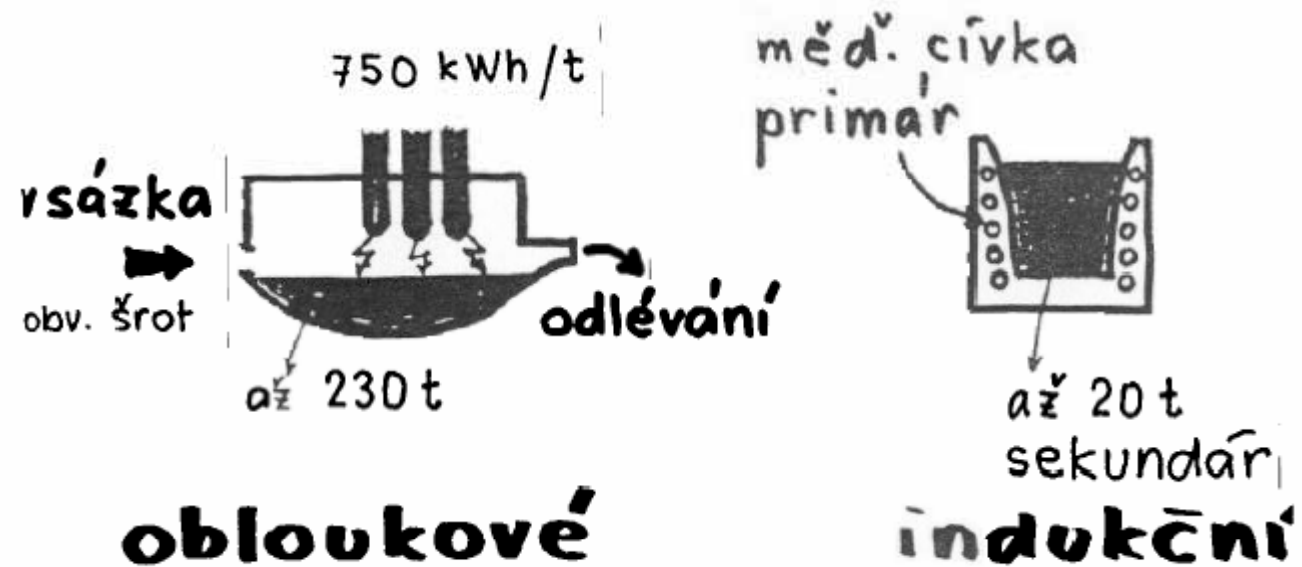
- Tlustostěnné ocelové nádoby s vyzdívkou
- Vhání pod tlakem kyslík pomocí vodou chlazené trysky
- Oxidací uhlíku vznikne oxid uhelnatý, jenž lázeň promíchává a uniká
- Oxidy křemíku a fosforu vyplavou jako struska.
- V ČR se v roce 2004 vyrábělo již více než 70 % oceli v kyslíkových konvertorech





Elektrické pece

- Obloukové nebo indukční
- Výrobní náklady jsou vysoké
- Ušlechtilé (legované) oceli s přísadami (legurami)
- Pro stavební oceli se tento způsob výroby nepoužívá

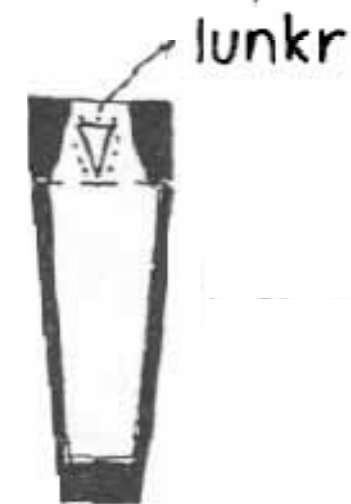
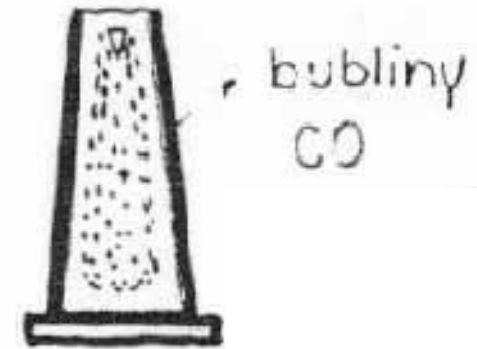


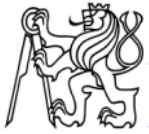


Dezoxidace oceli

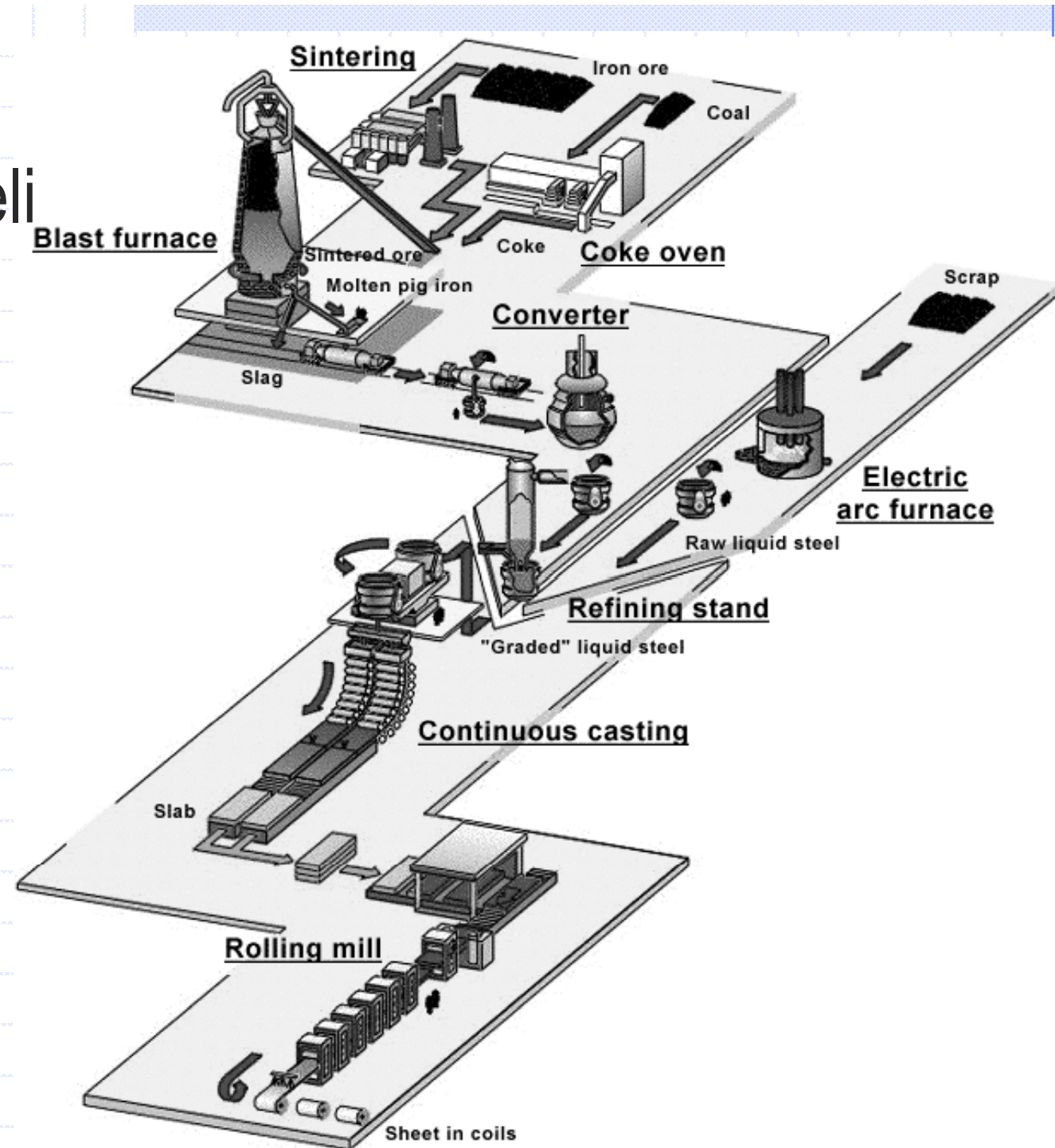
- Do kokil
- Kontilití

- Vyrobená ocel se odlije do kónických nádob - kokil
- Po povrchovém ztuhnutí lze ingot vyjmout
- Hlava je vadná





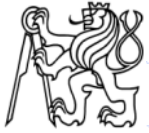
Výroba oceli





Kontilití





Obsah přednášky

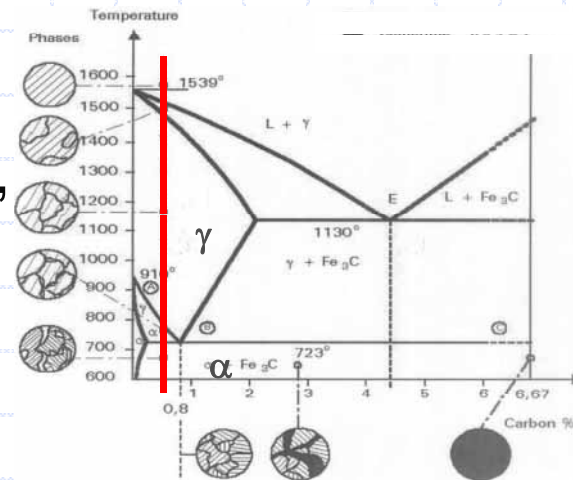
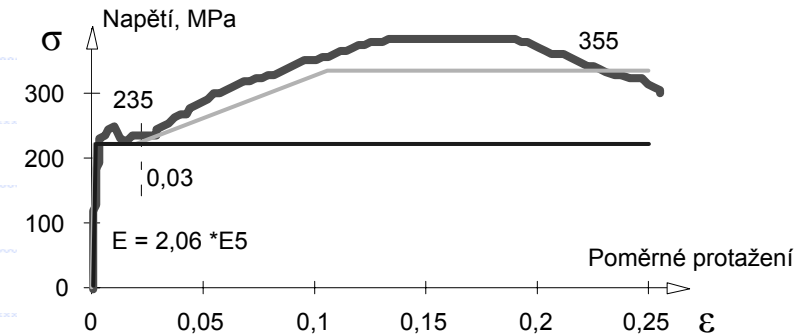
- Úvod
- Historie ocelových konstrukcí
- Použití ocelových konstrukcí
- Udržitelnost rozvoje
- Významné stavby
- Výroba oceli
- ■ Shrnutí
- Aktualita





Shrnutí

- Přednosti oceli
 - Tažnost
 - Recyklovatelnost
- V ČR asi 6 mil. tun oceli/rok
- Plávková ocel od 1855
- Výroba oceli v ČR
 - 30 % vývoz, 55 % strojírenství,
 - 10 % výztuž
 - 5 % ocelové konstrukce
- Vliv uhlíku
- Desoxidace oceli

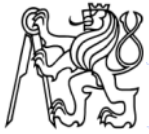




Obsah přednášky

- Úvod
- Historie ocelových konstrukcí
- Použití ocelových konstrukcí
- Udržitelnost rozvoje
- Významné stavby
- Výroba oceli
- Shrnutí
- ➔ ■ Aktualita – Mosty Erasmus-Rotterdam, Mariánský Ústí n.L.





Sylabus přednášek

1. Úvod, historie ocelových konstrukcí, použití, významné stavby, výroba oceli
2. Vlastnosti oceli, zkoušky materiálu, značení oceli
3. Výroba konstrukcí
4. Spolehlivost konstrukcí, mezní stavy, normy pro navrhování, tah
5. Klasifikace průřezů, tlak, vzpěrný tlak
6. Ohyb, zajištění stability při ohybu, hospodárný návrh
7. Svařování, svařované spoje
8. Nýtování a šroubování, šroubované spoje
9. Skelety budov, prostorová tuhost
10. Skelety budov, přípoje
11. Jednopodlažní haly
12. Haly velkých rozpětí
13. Mosty, názvosloví, lávky
14. Ochrana proti korozi a požáru



Děkuji za pozornost

