

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

|  |                |                    |                  |
|--|----------------|--------------------|------------------|
| <i>Předmět:</i>                            | <i>Ročník:</i> | <i>Vytvořil:</i>   | <i>Datum:</i>    |
| <b>Strojírenská technologie</b>            | <b>čtvrtý</b>  | <b>V. Večeřová</b> | <b>25.6.2012</b> |
| <i>Název zpracovaného celku:</i>           |                |                    |                  |
| <b>Tepelné zpracování – 3.R. - cvičení</b> |                |                    |                  |

### Technologický postup kalení a popouštění

#### Zadání:

Navrhněte technologický postup kalení a popouštění čepu na střední mez pevnosti.

#### Zadané hodnoty:

Rozměry čepu:  $\varnothing 50 - 120$

Materiál čepu: 12 060.1

Výrobní dávka: 100 ks

Pec: elektrická komorová, ložná plocha 2x1m, nosnost 500kg.m<sup>2</sup>

#### Obsah zprávy:

1. Zadání
2. Teoretický rozbor
3. Chemické složení materiálu
4. Návrh koeficientu  $k_1$  pro navýšení doby ohřevu a prohřátí (vliv chemického složení materiálu)
5. Základní mechanické, fyzikální a technologické vlastnosti materiálu čepu
6. Výpočet hmotnosti polotovaru, vsázky, kontrola nosnosti pece
7. Návrh rozložení polotovarů v peci
8. Teploty kalení a popouštění
9. Návrh kalícího a popouštěcího prostředí
10. Charakteristický rozměr součásti
11. Návrh koeficientu  $k_2$  pro navýšení doby ohřevu a prohřátí (vliv způsobu vytápění pece)
12. Návrh koeficientu  $k_3$  pro navýšení doby ohřevu a prohřátí (vliv rozložení v peci)
13. Teoretické doby ohřevu a prohřátí součásti
14. Výpočet skutečné doby ohřevu a prohřátí v závislosti na typu pece, rozložení v peci a legování
15. Doba ochlazování pro kalení
16. Výpočet doby chlazení pro popouštění
17. Zakreslení technologického postupu kalení a popouštění
18. Otázky a doplňující informace
19. Použitá literatura a odkazy na zdroje informací



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Ad 2. Teoretický rozbor

Viz. Učivo STT 3. R

### Ad 3. Chemické složení materiálu

Podrobně viz materiálový list oceli

Materiál 12 060.1:

Konstrukční ocel, určena k zušlechťování, nelegovaná s obsahem uhlíku cca 0,6%. Je určena pro namáhané klikové hřídele automobilů, ozubená kola apod. Mez pevnosti  $R_m$  je cca 600 MPa, tvrdost HB max. 253. Třída odpadu 002.

### Ad 4. Návrh koeficientu $k_1$ pro navýšení doby ohřevu a prohřátí (vliv chemického složení materiálu)

Hodnoty doby ohřevu a prohřátí uvedené v tabulce platí pro nelegované uhlíkové oceli. Legování zhoršuje prostupnost tepla a proto je potřeba pro ohřev a prohřátí polotovárů z legovaných ocelí dobu zvýšit o cca 25 – 40 % podle stupně legování.

**Pro ocel 12 060.1  $k_1 = 1$**

### Ad 5. Základní mechanické, fyzikální a technologické vlastnosti materiálu čepu

Viz. Materiálový list oceli

### Ad 6. Výpočet hmotnosti polotovaru, vsázky, kontrola nosnosti pece

Hmotnost 1 m  $\varnothing$  50....15,4 kg  $\rightarrow$   $\varnothing$  50 – 120.....15,4x0,120 = 1,85 kg

Hmotnost celé vsázky ....100 x 1,85 = 185 kg

Kontrola nosnosti pece: plocha pece .....2x1 = 2 m<sup>2</sup>

nosnost pece .....2 x 500 = 1000 kg >> 185 kg

### Ad 7. Návrh rozložení polotovárů v peci

Viz tabulka k bodu 12.

Polotovary budou umístěné vedle sebe s mezerou  $m = 0,5$   $d = 25$ mm

Celá vsázka bude ohřívána najednou (10 x 10 ks)

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Ad 8. Teploty kalení a popouštění

Viz materiálový list, příp. Strojnické tabulky

Kalení: 820 °C / olej

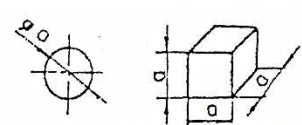
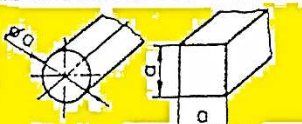
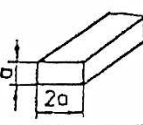
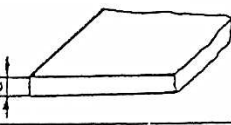
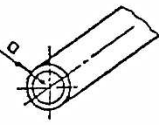
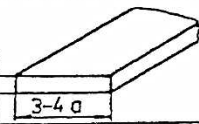
Popouštění: 600 °C/vzduch

### Ad 9. Návrh kalíciho a popouštěcího prostředí

Viz předchozí bod. Pro kalení je doporučeno použít olejovou lázeň, pro popouštění vzduch.

### Ad 10. Charakteristický rozměr součásti

Prostupnost tepla součásti je závislá nejen na velikosti, ale i na tvaru součásti. Více uvedeno v tabulce.

| Tvar a jmenovitý rozměr předmětu (mm)   | Charakteristický rozměr (mm)  |
|---|---|
|   | 0,75 a  |
|  | a   |
|  | 1,5 a   |
|  | 2a  |
|  | krátké průchozí trubky:<br>2a<br>dlouhé nebo uzavřené trubky:<br>4a |
|  | 1,75 a  |

**Zadaný čep Ø 50 – 120 ► charakteristický rozměr a = 50 mm**

### Ad 11. Návrh koeficientu $k_2$ pro navýšení doby ohřevu a prohřátí (vliv způsobu vytápění pece)




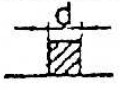



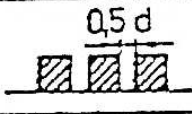
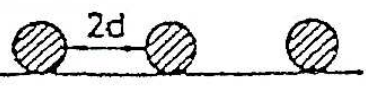
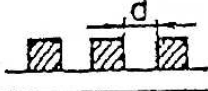

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nejlepší přenos tepla splňují pece plynové s přímým ohřevem. Jejich nevýhodou je, že spaliny, které kolují přímo kolem ohřívané vsázky, ovlivňují chemické složení materiálu a zvyšují podíl propalu. Menší účinnost mají pece plynové, jejichž spaliny jsou vedeny v trubkách a ohřívají sáláním. U těchto pecí se mírně prodlužuje doba potřebná pro ohřev a prohřátí materiálu (o cca 10%). Nejčistší ohřev zajišťují pece s ohřevem elektrickým, u nichž musíme počítat s prodloužením doby ohřevu a prohřátí a o cca 15 – 25%.

**Volba koeficientu pro zadaný příklad  $k_2 = 1,2$**

### Ad 12. Návrh koeficientu $k_3$ pro navýšení doby ohřevu a prohřátí (vliv rozložení v peci)

Na prostupnost tepla v peci má vliv i rozložení polotovarů v peci, případně i počet vrstev, do kterých bude vsázka poskládaná. Příliš dlouhá doba ohřevu bude ovlivňovat množství okují.

| Rozložení materiálu   | k   | Rozložení materiálu  | k   |
|---|-----|--|-----|
|  | 1   |  | 1   |
|  | 1   |  | 1,4 |
|  | 2   |  | 4   |
|  | 1,4 |  | 2,2 |
|  | 1,3 |  | 2   |
|   |     |  | 1,8 |

**Volba koeficientu pro zadaný příklad  $k_3 = 1,4$**

### Ad 13. Teoretické doby ohřevu a prohřátí součásti

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

| Charakteristický rozměr (mm) | Ohřev na kalící teplotu |       |             |       | Ohřev na popouštěcí teplotu |       |             |       |
|------------------------------|-------------------------|-------|-------------|-------|-----------------------------|-------|-------------|-------|
|                              | komorová pec            |       | solná lázeň |       | komorová pec                |       | solná lázeň |       |
|                              | ohřev                   | výdrž | ohřev       | výdrž | ohřev                       | výdrž | ohřev       | výdrž |
| 25                           | 20                      | 5     | 8           | 4     | 25                          | 7     | 11          | 3     |
| 50                           | 40                      | 10    | 17          | 9     | 50                          | 13    | 23          | 6     |
| 75                           | 60                      | 15    | 24          | 13    | 75                          | 19    | 34          | 9     |
| 100                          | 80                      | 20    | 33          | 17    | 100                         | 25    | 45          | 12    |
| 125                          | 100                     | 25    | 40          | 22    | 125                         | 31    | 56          | 15    |
| 150                          | 120                     | 30    | 50          | 26    | 150                         | 38    | 68          | 18    |
| 175                          | 140                     | 35    | 58          | 31    | 175                         | 43    | 79          | 21    |
| 200                          | 160                     | 40    | 65          | 35    | 200                         | 50    | 90          | 24    |

Odečtené hodnoty:

Charakteristický rozměr  $a = 50 \text{ mm}$  :

a) Ohřev na kalící teplotu v komorové peci: teoretická doba ohřevu  $t_{ok} = 40'$

teoretická doba prohřátí (výdrže)  $t_{vk} = 10'$

b) Ohřev na popouštěcí teplotu v komorové peci: teoretická doba ohřevu  $t_{op} = 50'$

teoretická doba prohřátí (výdrže)  $t_{vp} = 13'$

#### Ad 14. Výpočet skutečné doby ohřevu a prohřátí v závislosti na typu pece, rozložení v peci a legování

a) kalení

$$t_{sok} = t_{ok} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 40 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 67,2'$$

$$t_{svk} = t_{vk} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 10 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 16,8'$$

b) popouštění

$$t_{sop} = t_{op} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 50 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 84'$$

$$t_{svp} = t_{vp} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 13 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 21,84'$$

Pozn. Hodnoty zaokrouhlíme na celá čísla.

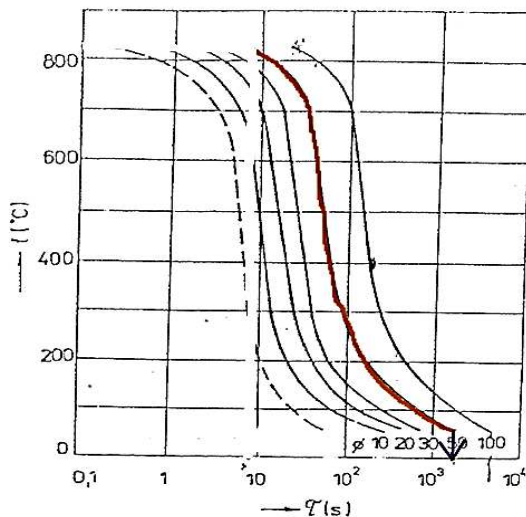
#### Ad 15. Doba ochlazování pro kalení

Ochlazování pro kalení je ovlivněno prostředím, ve kterém chlazení probíhá. Např. ve vodě dochází k velmi nerovnoměrnému odvodu tepla, naopak v solné nebo kovové lázni je odvod tepla rovnoměrný. Podle materiálového listu je doporučeno chlazení v olejové lázni.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Křivky ochlazování oceli  
z kalící teploty 850°C

klidný olej, solná lázeň



Začátek ochlazování = 0s

Konec ochlazování = cca 2 000s

Skutečnou dobu chlazení převedeme na minuty, tj.  $t_{schk} = \text{cca } 33 \text{ min.}$

### Ad 16. Výpočet doby chlazení pro popouštění

Pro popouštění materiálový list doporučuje ochlazování na vzduchu. Za normálních podmínek je rychlost chlazení na vzduchu cca 250 °C/hod.

Pro zadaný příklad určíme přibližnou dobu chlazení dle vzorce  $t_{schp} = \frac{T_p}{v_{ch}} = \frac{600}{250} = 2,4 \text{ hod.}$

Výsledek převedeme na minuty, tj.  $t_{schp} = 144 \text{ min}$

Poz.  $T_p$  = teplota popouštění

$v_{ch}$  = rychlost ochlazování



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

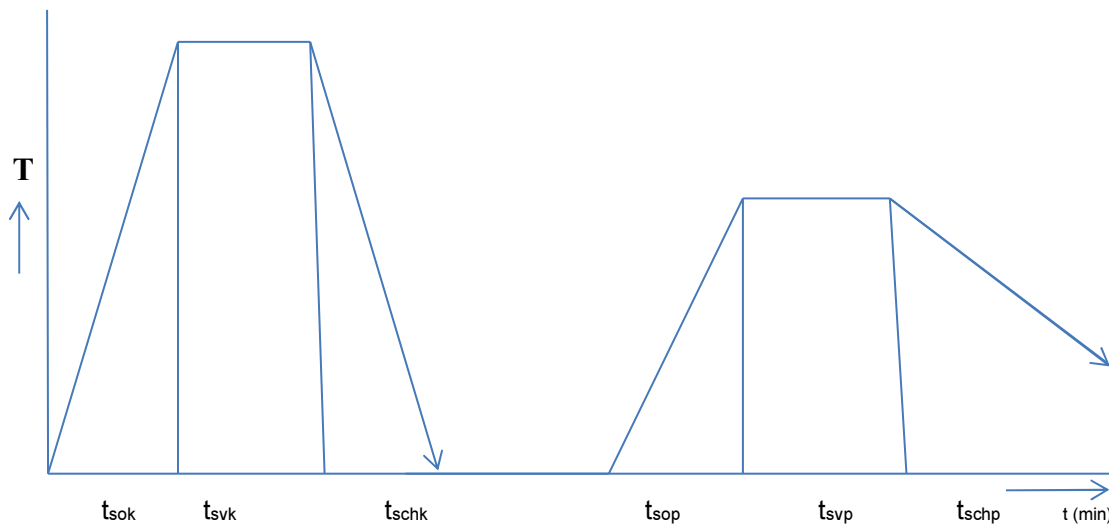


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Ad 17. Zakreslení technologického postupu kalení a popouštění



### Ad 18. Otázky a doplňující informace

1. Co je to charakteristický rozměr a co ovlivňuje?
2. Vysvětli jednotlivé koeficienty, které ovlivňují délku ohřevu, prohřátí a chlazení
3. V odborné literatuře nebo na internetu vyhledej materiálové listy jiných ocelí
4. Na internetu vyhledej alternativy navržené pece a zjisti její parametry
5. Vysvětli rozdíl mezi kalením s popouštěním a zušlechťováním
6. Vysvětli rozdíl mezi strukturami PERLIT, MARTENZIT a BAINIT

### Ad 19. Použitá literatura a odkazy na zdroje informací

Materiálový list oceli 12 060

LEINVEBER, Jan – VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 4. doplněné vyd. Praha: ALBRA, 2008. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7

MACEK, Karel – ZUNA, Petr – BARTOŠ, Jiří – MODRÁČEK, Oldřich. *Nauka o materiálu II*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1986. 208 s.

Odborné texty SPŠ