



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název a adresa školy:

**Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková
organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01**

IČO:

47813121

Projekt:

OP VK 1.5

Název operačního programu:

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

Typ šablony klíčové aktivity:

III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
(20 vzdělávacích materiálů)

Název sady vzdělávacích materiálů:

STT I

Popis sady vzdělávacích materiálů:

Strojírenská technologie, 1. ročník

Sada číslo:

B-06

Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:

17

Označení vzdělávacího materiálu:
(pro záznam v třídní knize)

VY_32_INOVACE_B-06-17

Název vzdělávacího materiálu:

Kalení II

Zhotoveno ve školním roce:

2011/2012

Jméno zhotovitele:

Ing. Hynek Palát

Rozdělení kalení podle výsledné struktury

Martenzitické	martenzit – jehlicovitá, tvrdá, křehká struktura
Termální $T_{\text{kalení}} = 220^{\circ}\text{C} - 230^{\circ}\text{C}$ volně chladit na vzduchu.	Nevzniká vnitřní pnutí, nemusíme popouštět.
Zmrazováním $T_{\text{kalení}} = 200^{\circ}\text{C}$, pak 0°C .	Zbytkový Austenit \rightarrow M. nutno popouštět!
Bainitické $T_{\text{kalení}} = 400^{\circ}\text{C}$.	Výsledná struktura je bainit nemusíme popouštět.
Povrchové kalení $T_{\text{popouš.}} = 150^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$.	Houževnaté jádro, tvrdý povrch odolný proti Hl. zakalení závisí na hl. cementování.

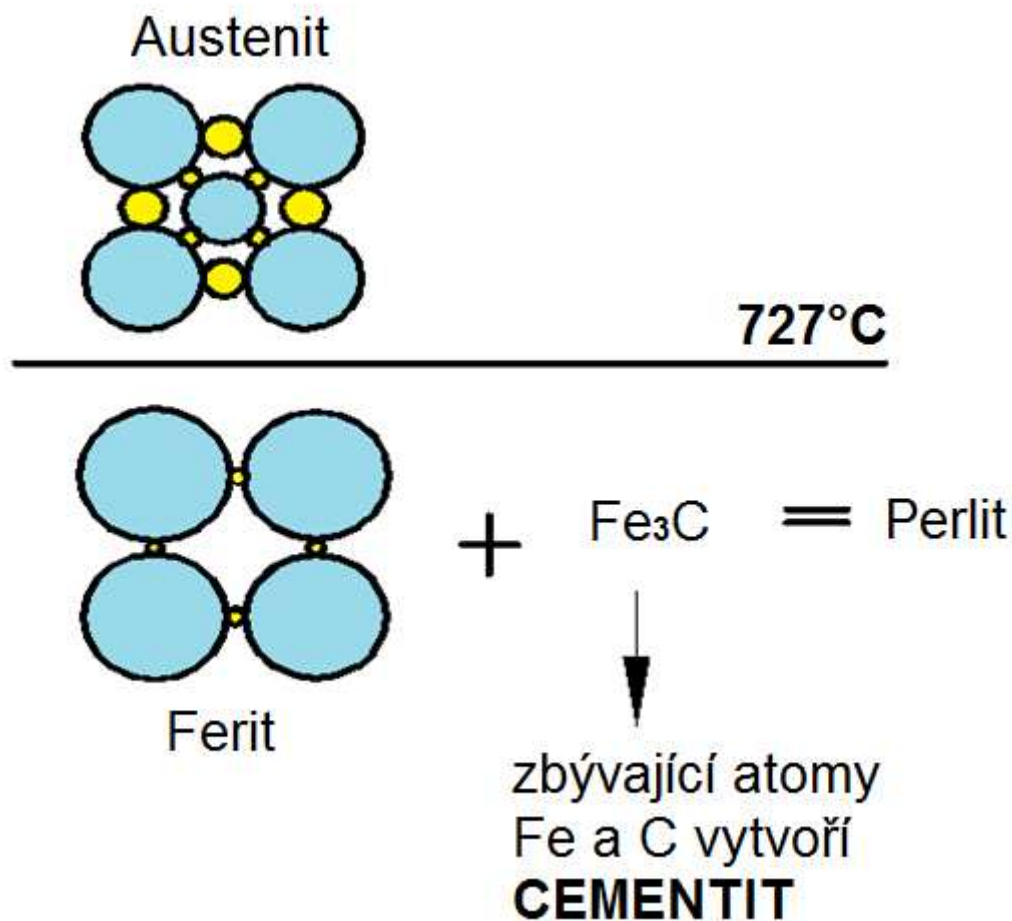
Austenit se rozpadá na ferit a cementit

- Platí zákon zachování hmoty;


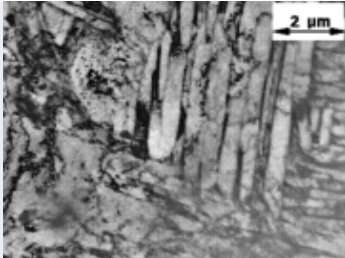
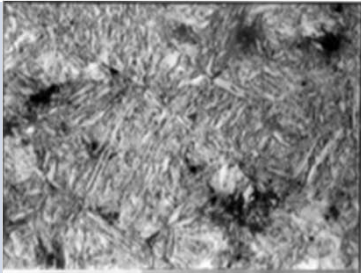
- Perlit =
 $\text{Fe}\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$;

- Martenzit =
 $\text{Fe}\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$;

- Bainit =
 $\text{Fe}\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$.



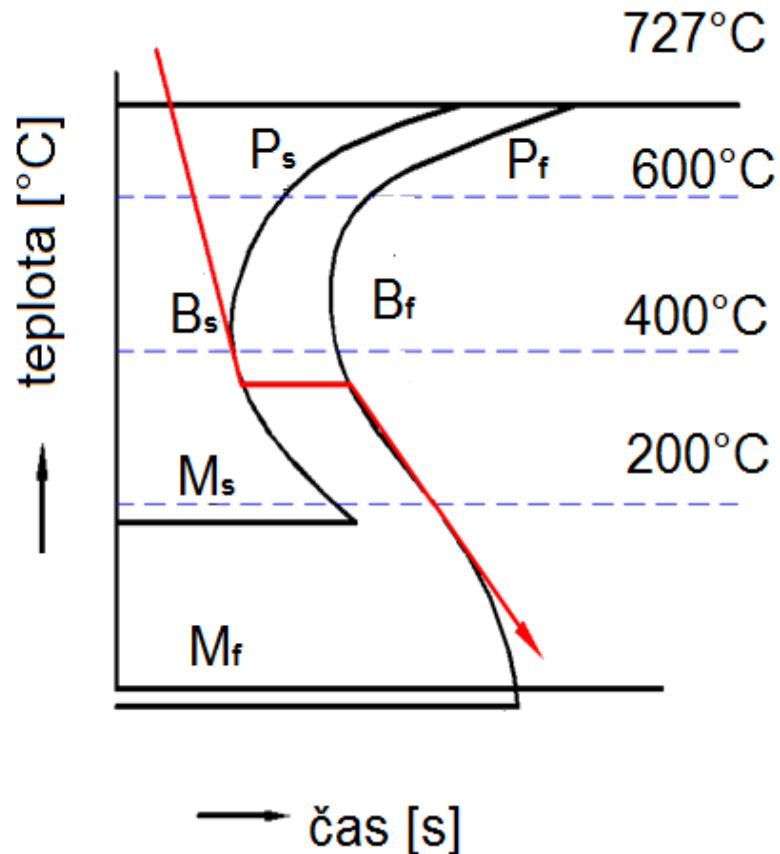
Struktury po kalení

Struktura	Teplota ochlazování	Vlastnosti	Mikroskopický vzorek
perlit	kolem 600°C	<ul style="list-style-type: none"> směs feritu a cementitu; málo tvrdý; 	
bainit	kolem 400°C	<ul style="list-style-type: none"> tvrdší, jemnější struktura než perlit; 	
martenzit	kolem 200°C	<ul style="list-style-type: none"> nejtvrdší složka oceli. 	

Kalení

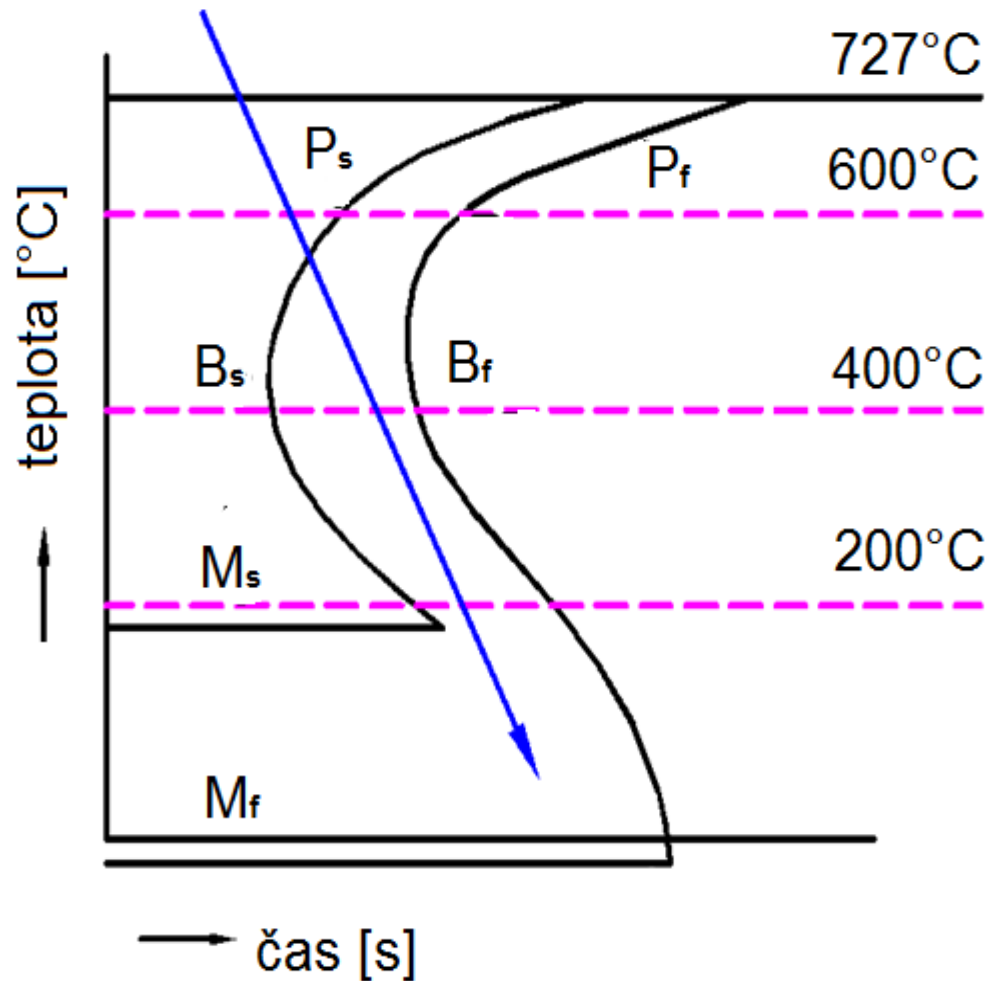
- Podle způsobu rozpadu austenitu - podle způsobu ochlazování, rozdělujeme kalení na **izotermické** a **anizotermické**;
- průběh kalení zaznamenáváme do diagramů IRA a ARA.

IRA DIAGRAM



- Materiál ohřejeme na teplotu A;
- vydržíme na této teplotě;
- ochlazujeme V kritickou na např. 200°C (martenzit);
- $T [^{\circ}\text{C}]$ musíme pak udržet na vkonst. = 200°C, aby se veškerý $A \rightarrow M$;
- průběh kalení zaznamenáváme do diagramu IRA.

ARA DIAGRAM



- Anizotermický rozpad austenitu;
anizotermický =
nekonstantní, plynulá **T**;
k rozpadu A dochází za $T \neq \text{kons.}$, ochlazování
probíhá plynule;
struktura je tvořena směsí
perlitu, bainitu, martenzitu;
- nejčastější způsob kalení.

Popouštění

- Po martenzitickém kalení následuje většinou **popouštění**.
- ↓ tvrdost a ↑ houževnatost.
- Ohřevu na $T_{\text{popouštění}}$ - nikdy nepřekročí 727°C .
- $T_{\text{popouštění}} = 200^{\circ}\text{C}$ až 300°C .

Popouštění rozdělujeme na:

a) popouštění za nízkých teplot:

získáme bainit a martenzit s nižší tvrdostí, $T_{\text{popouštění}} = 350^{\circ}\text{C}$;

a) popouštění za vysokých teplot = zušlechťování:

$T_{\text{popouštění}} = 350^{\circ}\text{C} - 700^{\circ}\text{C}$.

Úkoly:

- Co mají společného a v čem se liší struktury perlit, bainit a martenzit?
- Kdy provádíme popouštění?
- Jaký je rozdíl v průběhu rychlosti ochlazování u kalení IRA a ARA?
- Co znamená označení P_s a P_f ?
- Umíme z diagramu IRA odečíst délku prodlevy při přeměně austenitu na perlit? Naznačte v diagramu, okótuje t_{prodlevy} .
- Vysvětlete přeměnu austenitu na perlit z hlediska zákona zachování hmoty.

Seznam použité literatury

- Hluchý, M., Kolouch, J. *Strojírenská technologie 1 – 2.díl*, 3. vyd. Praha: Scientia, 2002. ISBN 80-7183-265-0.
- Dillinger, J. a kol. *Moderní strojírenství pro školu a praxi*, Praha: Europa – Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.