

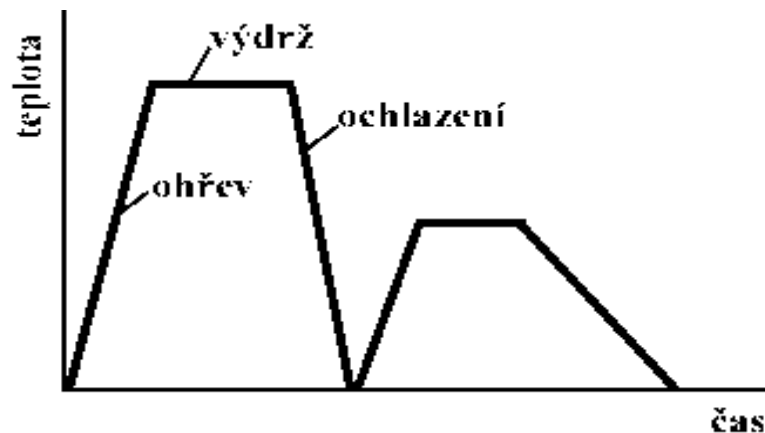
# Tepelné a chemicko- tepelné zpracování slitin Fe-C

Žíhání, kalení, cementace, nitridace

# Tepelné zpracování

Tepelné zpracování je pochod, při kterém je součást podrobena jednomu nebo několika tepelným cyklům, aby se dosáhlo požadované struktury a vlastností.

Každý cyklus tepelného zpracování se skládá z ohřevu, výdrže na teplotě a ochlazení .



Obr. 9-1: Obecný cyklus tepelného zpracování

# Základní rozdělení TZ

Tepelné zpracování (TZ):

- Žíhání
- Kalení
- Popouštění
- Zušlechťování (kalení+popouštění)

Chemicko-tepelné zpracování (ChTZ):

- Cementace
- Nitridace
- Ostatní (karbonitridace, sulfidace, boridování, fosfátování ..)

# Žíhání s překrytalizací

Žíhání je tepelné zpracování, při kterém se součásti ochlazují pomalu na vzduchu nebo v peci. Struktura materiálu se blíží rovnovážnému stavu.

Žíhání:

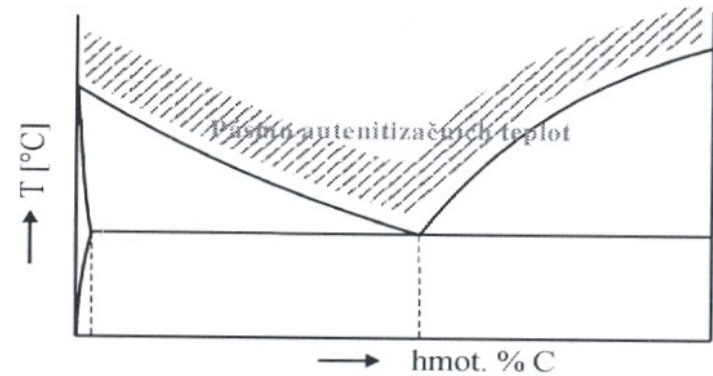
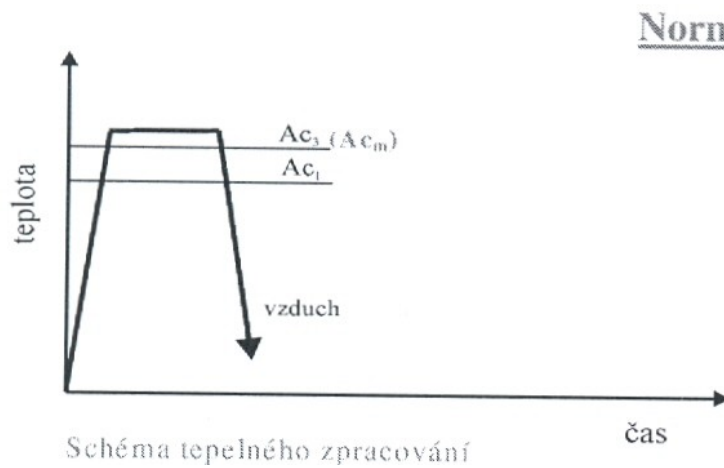
## 1) S překrytalizací:

- Normalizační (a);
- homogenizační (b).

Při žíhání s překrytalizací proběhne u ocelí buď úplná nebo alespoň částečná austenitizace.

Žíhání homogenizační – vyrovnává chemickou nestejnorodost, která vznikla při tuhnutí odlitků nebo ingotů. Volí se homogenizační teplota vysoká – u ocelí obvykle v rozmezí 1100 až 1250°C. Výdrže na teplotě jsou dlouhé (10 až 15 hodin),

# Schéma normalizačního ž.



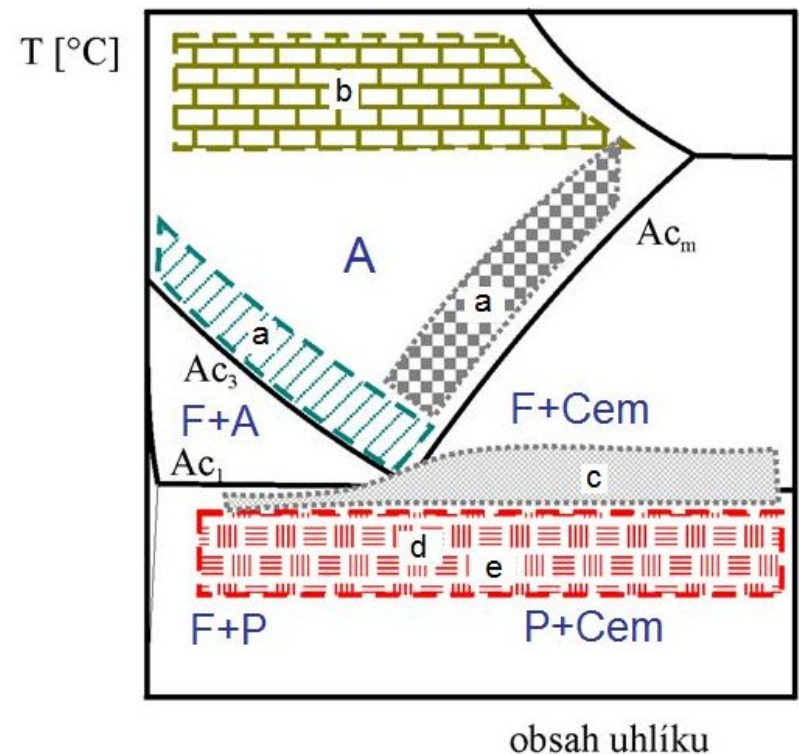
# Žihání bez překrytalizace

Žihání normalizační – spočívá v ohřevu ocelí na teplotu 30 až 50°C nad  $A_3$  a ochlazování takovou rychlostí, aby se vytvořila struktura ferit + perlit. Normalizačním žiháním se zjemní austenitické zrno a zlepší mechanické vlastnosti.

Žihání:

2) **Bez překrytalizace:**

- Naměkko (c);
- ke snížení pnutí (d);
- rekrytalizační (e).



# Žíhání bez překrytalyzace

Žíhání naměkko – lamelární perlit se mění na globulární, čímž se zlepší obrobitelnost.

Žíhání ke snížení pnutí – snižuje na minimum pnutí vytvořená v součásti při předchozím tepelném zpracování, mechanickém opracování, svařování nebo odlévání.

Žíhání rekrystalizační – je TZ ocelí tvářených za studena na teplotu, při které se odstraní zpevnění vyvolané předchozím tvářením za studena. Používá se také jako mezioperační žíhání při tvářením za studena.

Jiné druhy žíhání rozpouštěcí, izotermické.

# Kalení

Kalení je tepelné zpracování, které se skládá z ohřevu na kalicí teplotu, výdrže na této teplotě a ochlazování nadkritickou rychlostí. Kalením získáváme nerovnovážné struktury.

Z hlediska průřezu:

- Objemové;
- povrchové.

Z hlediska struktury:

- Martenzitické;
- bainitické.



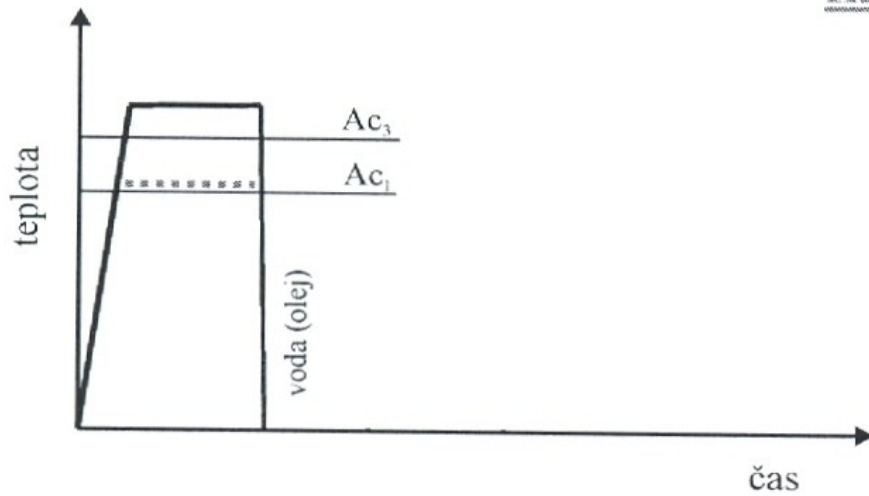
# Kalení

Martenzitické kalení - kalicí teploty podeutektoidních ocelí leží 30 až 50°C nad A3, nadeutektoidní oceli se kalí z teplot 30 až 50°C nad A1. Po zakalení tvoří strukturu podeutektoidních ocelí martenzit s podílem zbytkového austenitu. U nadeutektoidních ocelí se v zakalené struktuře vyskytuje martenzit, zbytkový austenit a sekundární cementit.

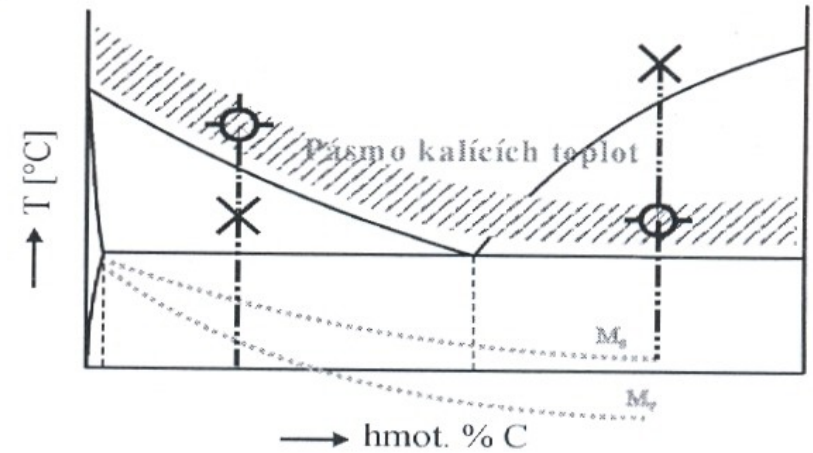
Jako ochlazovací prostředí se používají:

- Vzduch – nejmírnějším prostředím je klidný vzduch nebo Vzduch z ventilátoru, kde rychlost ochlazování je o něco vyšší. Oceli kalitelné na vzduchu - samokalitelné.
- Olej – ochlazuje intenzivněji než vzduch.
- Voda – je nejintenzivnějším ochlazovacím prostředím. Kvůli vysoké ochlazovací schopnosti může způsobit u složitějších

# Schéma kalení



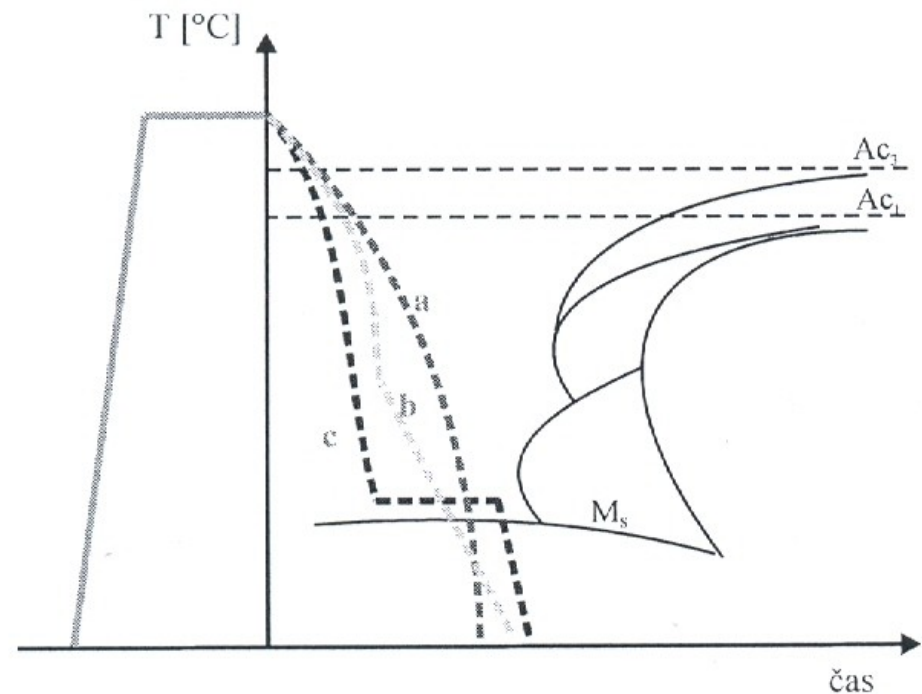
## Kalení



# Martenzitické kalení

Martenzitické kalení:

1. Nepřetržité (přímé).
2. Přetržité:
  - ▣ Lomené kalení (a).
  - ▣ Termální kalení (b).
  - ▣ Kalení se zmrazovár (měřidla) (c).



Způsoby kalení podeutektidní oceli

# Bainitické kalení

Bainitické kalení - transformuje se austenit na bainit.

- Nepřetržité bainitické kalení – je méně časté. Po ochlazení vznikne směs bainitu a martenzitu, která se popouští, aby došlo k odstranění martenzitu.
- Přetržité bainitické kalení (izotermické) – probíhá izotermická transformace na bainit. Po skončení překrytalizace je ve struktuře bainit a menší množství zbytkového austenitu.

# Povrchové kalení

Povrchové kalení sestává z rychlého ohřevu povrchové vrstvy součásti na kalicí teplotu a z následného rychlého ochlazení, při kterém se v povrchové vrstvě přemění austenit na martenzit.

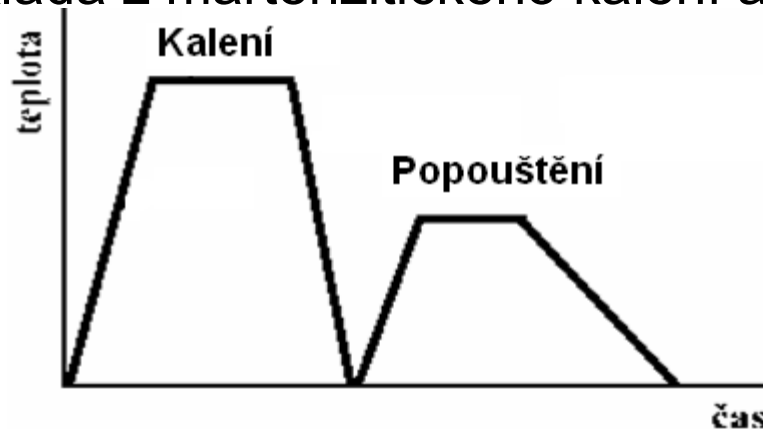
Podle zdroje tepla:

- Povrchové kalení plamenem – zdrojem tepla je plamen hořáku, ve kterém se spaluje vhodný plyn (acetylen, svítiplyn, metan, propan) s kyslíkem. Ohřev je rychlý a výdrž na kalicí teplotě je také krátká, takže nedochází k růstu austenitického zrna.
- Indukční povrchové kalení – součást se vloží do induktoru, kterým prochází elektrický proud o vysoké frekvenci. V povrchu součásti se indukují vířivé proudy. Ohřátá povrchová vrstva se zakalí vodní sprchou nebo v lázni.

# Popouštění a zušlechťování

Popouštění je ohřev zakalených součástí s martenzitickou strukturou (pod teplotu A1). Popouštění při nízkých teplotách (do 350°C) snižuje pnutí po kalení, zmenšuje podíl zbytkového austenitu, zvyšuje houževnatost materiálu a jeho rozměrovou stálost.

Zušlechťování je kombinované tepelné zpracování, které se skládá z martenzitického kalení a popouštění.



# Chemicko-tepelné zpracování

V technické praxi se často vyskytuje požadavek na tvrdý povrch součásti a současně vysokou houževnatost jádra. Tento požadavek je možno splnit buď povrchovým kalením nebo chemicko-tepelným zpracováním.

Při ChTZ dochází k difúznímu sycení povrchu součásti kovem nebo nekovem za zvýšené teploty – mění se chemické složení a vlastnosti povrchu součásti.

Mezi základní ChTZ patří:

- Cementace;
- nitridace.

# Cementování

Při cementování se povrch součásti sytí uhlíkem.

Cementování v prostředí: plynném, kapalném a syvkém.

- Cementování v plynném prostředí – využívá se reakce oxidu uhelnatého ( $2 \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ ) nebo rozpadu metanu ( $\text{CH}_4 \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{C}$ ).
- Cementování v kapalném prostředí – provádí se v kyanidových lázních. Probíhá velmi rychle; povrch je sycen poměrně rovnoměrně.
- Cementování v syvkém prostředí – provádí se ve směsi, jejímiž hlavními složkami jsou dřevěné uhlí a uhličitan barnatý  $\text{BaCO}_3$ .

Cementační teploty se pohybují kolem 800 až 950°C.

Je možno získat nasycenou vrstvu o tloušťce do 2 až 3 mm.

Před cementací se díly normalizují, po cementaci je nutno součást vždy zakalit.



# Nitridování

Při nitridování se povrch součásti sytí dusíkem v plynném nebo kapalném prostředí. Povrchová vrstva obsahuje tvrdé nitridy vhodných prvků – nejčastěji Al, V, Cr.

- Tvrdost povrchu po nitridování je vyšší než po cementaci nebo povrchovém kalení.
- Deformace součásti jsou minimální, protože nitridační teploty jsou relativně nízké – kolem 550°C.
- Tloušťka nasycené vrstvy je menší než po cementování; řádově desetiny a setiny milimetru.

Před nitridací se součásti zušlechťují, po nitridaci se již tepelně nezpracovávají.

# Závěr

## Literatura:

- [1] Askeland, D.R. *The Science and Engineering of Materials*. Chapman & Hall, 1996.
- [2] Ptáček a kol. *Nauka o materiálu I a II*. CERM, 2003, 520+396 s.
- [3] Hluchý, M., Kolouch, J. *Strojírenská technologie 1*. Scientia, 2007, 266 s.

