

Tepelné zpracování ocelí

Tepelné zpracování ocelí (popř. litiny) je změna vlastností materiálu na základě:

- změny struktury, např. kalení, zušlechťování,
- dodání částic dalších prvků, např. u cementování, nitridace,
- vyloučení částic látky, např. při oduhlčování (temperování litiny).

Struktura nelegované oceli

Čisté železo má krystalickou strukturu, která se označuje jako **železo** a nebo **ferit**, je měkké a houževnaté. Nelegovaná ocel obsahuje vedle železa ještě až 2 % uhlíku (C), který se s částí železa chemicky sloučil na **karbid železa Fe_3C** , nazývaný také **cementit**. Cementit je tvrdý a křehký.

Struktura nelegované oceli závisí především na obsahu uhlíku. Přehled o struktuře při různém obsahu C a různé teplotě podává **rovnovážný diagram Fe- Fe_3C** (obr. 6).

Ocel s 0,8 % C (eutektoidní ocel) se skládá z jednotné struktury, ve které jsou všechna feritová zrna protkána tenkými cementitovými proužky. Kvůli perleťovému vzhledu se tato struktura nazývá **perlit** (obr. 1).

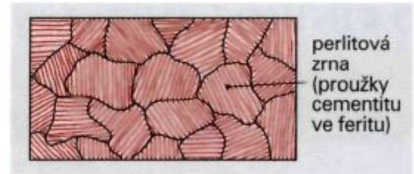
U **oceli s méně než 0,8 % C (podeutektoidní ocel)** obsah C nestačí k tvorbě čisté perlitové struktury. Struktura se skládá ze zrn feritu a perlitu (obr. 2).

U **oceli s více než 0,8 % C (nadeutektoidní ocel)** je obsah C vyšší než je třeba k tvorbě perlitu. Kromě perlitu se cementit ukládá po hranicích zrn (obr. 3).

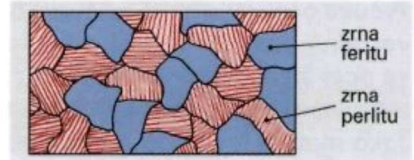
Při zahřátí nad 723 °C se struktura oceli mění, protože se mění krystalická forma železa α cementit se rozpadá. **Krychlové prostorově středěné krystaly** (obr. 4) feritu (železa α) se přeskupují na **krychlové plošně středěné krystaly** železa γ . V prázdném krychlovém prostoru plošně středěného krystalu může železo γ přijmout jeden atom uhlíku rozpadajícího se cementitu (obr. 5). Protože ukládání atomu uhlíku v krystalu železa γ probíhá v pevném stavu, hovoříme o **tuhém roztoku uhlíku v železe**. Vznikající **směsné krystaly** se nazývají **austenit**. Ten je velmi dobře tvárný - umožňuje tváření zatepla.

Perlitická zrna struktury se přímo při teplotě 723 °C mění na austenit. Ferit a cementit, které jsou ve struktuře obsaženy v závislosti na obsahu uhlíku, se při dalším zahřívání mění až k čáře G-S-E. Nad touto čarou je již celá struktura austenitická.

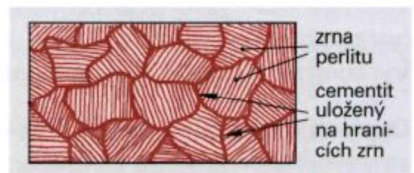
Při **pomalém ochlazování** se opět vytvářejí původní struktury. Při **prudkém ochlazování** z teplotní oblasti nad čarou G-S-K je však tvoření perlitu potlačeno. Při přeskupení krystalové mřížky z plošně středěné na prostorově středěnou nezbyvá atomům C čas na to, aby vytvořily spolu s atomy železa cementit. Atomy uhlíku jsou sevřeny v prostorově středěných krystalech. V krystalové mřížce vzniká velké pnutí, které se navenek projeví tím, že ocel je velmi tvrdá a křehká. Vzniklá jemně jehlicovitá struktura se označuje jako **martenzit**.



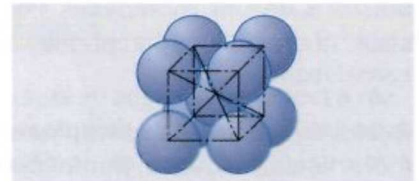
Obr. 1: Perlitická struktura



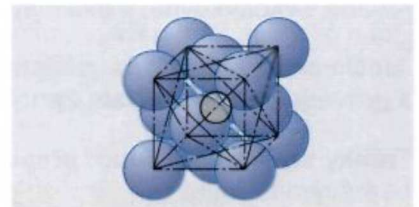
Obr. 2: Feriticko-perlitická struktura



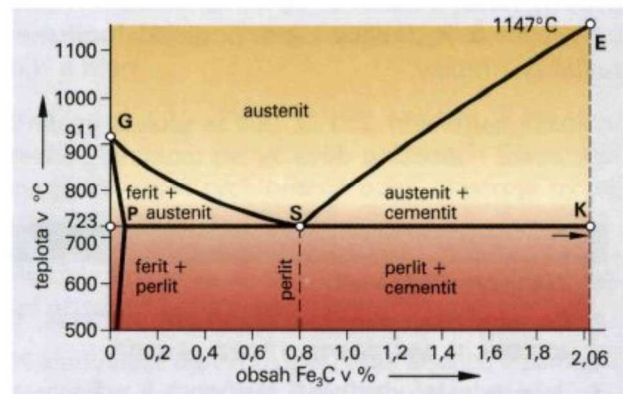
Obr. 3: Perliticko-cementitová struktura



Obr. 4: Prostorově středěné železo α (ferit)



Obr. 5: Plošně středěné železo γ s atomem C (austenit)



Obr. 6: Část rovnovážného diagramu Fe - Fe_3C

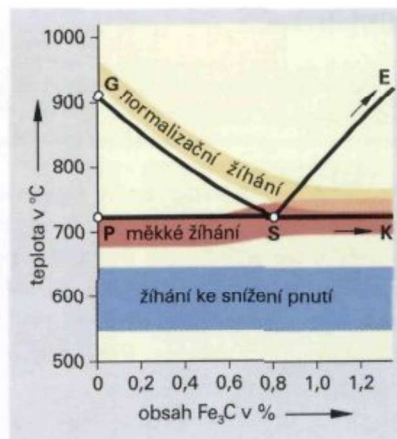
Žihání

Žihání je tepelné zpracování, při kterém se součástka zahřívá na žihací teplotu, prohříváním se na této teplotě udržuje, a potom se pomalu ochladí (obr. 1).

Měkké žihání se provádí podle obsahu uhlíku mezi 680 °C a 750 °C, aby se potom výrobek mohl lépe beztržkově nebo třískově obrábět.

Normalizační žihání (normalizování) se provádí podle obsahu uhlíku mezi 750 °C a 950 °C, aby se struktura, deformovaná válcováním nebo kováním, opět vrátila do původního stavu.

Žihání ke snížení pnutí se provádí mezi 550 °C a 650 °C, aby se odstranilo vnitřní pnutí, které vzniklo předchozím tvářením zastudena, obráběním nebo svařováním.



Obr. 1: Žihací teploty

Kalení nástrojových ocelí

Kalení (obr. 2) je tepelné zpracování, při kterém se součástka zahřeje na kalicí teplotu, udržuje se na této teplotě, aby se prohřála kalená oblast, a poté se prudce ochladí (kalí). Po kalení se popouští.

Po kalení má být ocel tvrdá a odolná proti opotřebení. Kalicí teplota nelegované nástrojové oceli se pohybuje mezi 770 °C a 830 °C. Pro nízkolegované a vysoce legované nástrojové oceli jsou třeba vyšší kalicí teploty.

Podle použitého kalicího prostředí rozlišujeme:

- kalení ve vodě, převážně pro nelegované nástrojové oceli,
- kalení v oleji, převážně pro nízkolegované nástrojové oceli,
- kalení na vzduchu pro vysoce legované nástrojové oceli.

Po kalení jsou nástroje tvrdé a křehké. Popouštěním mezi 180 °C a 600 °C se zlepšuje houževnatost a snižuje se křehkost; zpravidla se mírně snižuje i tvrdost.

Tepelné zpracování konstrukčních ocelí

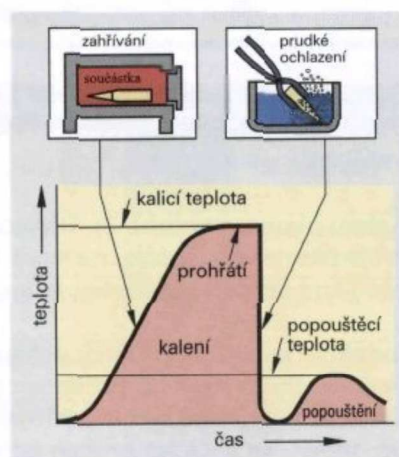
Účelem tepelného zpracování součástí je zvýšení jejich pevnosti a houževnatosti, a to buď v celém průřezu nebo vytvoření tvrdé povrchové vrstvy při zachování pevného jádra.

Cementování

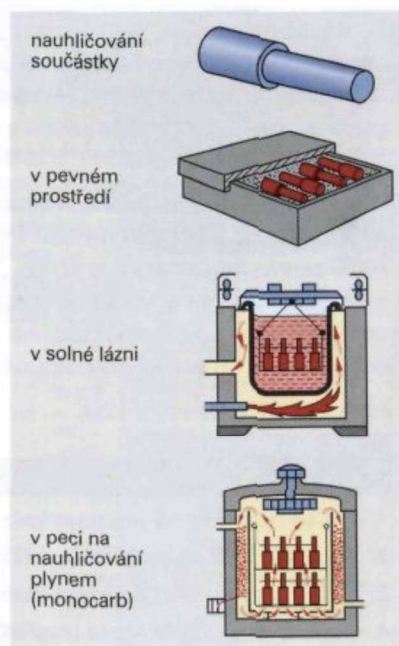
Cementování je tepelné zpracování, při kterém se povrch součástky z oceli s nízkým obsahem uhlíku obohatí uhlíkem, a poté zakalí.

Cementační oceli obsahují nejvýše 0,2 % uhlíku. Aby byla okrajová zóna kalitelná, žihá se součástka v prostředí, které uvolňuje uhlík. Tento proces se nazývá **nauhličováním** (obr. 3). Povrchová vrstva se přitom obohatí uhlíkem, zpravidla do hloubky 0,5 až 1 mm.

Po nauhličení se součástky kalí. Nauhličená vrstva je pak tvrdá, jádro zůstane nezakalené a houževnaté. Potom se popouští.



Obr. 2: Průběh teploty při kalení



Obr. 3: Nauhličování při cementování

Nitridování

Nitridování je tepelné zpracování, při kterém se povrch součástky obohacuje dusíkem.

Rozlišujeme nitridování v plynném prostředí (**obr. 1**) a nitridování v solné lázni. Oceli získají nitridováním tenkou, velmi tvrdou vrstvu tloušťky zpravidla do 0,3 mm, odolnou vůči opotřebení. Tvrdost vzniká vytvořením tvrdých nitridů při teplotách do asi 570 °C. Prudce se neochlazuje a nepopouští, takže nedochází ke vzniku okují a deformaci součástek. Před nitridováním je součást již opracována do konečné podoby.

Povrchové kalení

Povrchové kalení je tepelné opracování, při kterém se povrch kalitelné oceli rychle zahřeje a ihned potom se prudce ochladí.

Součástky se vyrábějí většinou z oceli k zušlechťování, neboť ta již obsahuje ke kalení potřebný uhlík. Rozlišujeme kalení plamenem a indukční kalení.

Kalení plamenem (obr. 2). Okrajová vrstva součástky se rychle zahřeje plamenem hořáku na kalicí teplotu. Ještě před tím, než teplo pronikne dovnitř součástky, ta se prudce ochladí vodní sprchou.

Indukční kalení. Součástky obklopuje induktor (cívka). Vysokofrekvenční střídavý proud protékající cívkou indukuje v součásti silné vířivé proudy, které rychle zahřívají její povrch na kalicí teplotu. Ihned po ohřevu se součást prudce ochladí vodní sprchou.

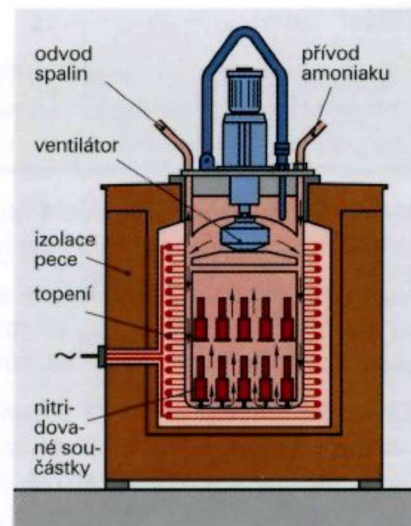
Zušlechťování

Zušlechťování je tepelné zpracování, při kterém se součástka po kalení a prudkém ochlazení popouští na tak vysokou teplotu, že místo tvrdosti získá vysokou pevnost v tahu při dobré tažnosti a houževnatosti (**obr. 3**).

Při kalení získá součástka vysokou pevnost a tvrdost, ale pouze malou tažnost a houževnatost. Při popouštění na teploty 500 °C až 670 °C se tvrdost značně snižuje, poněkud se sníží i pevnost, zvyšují se houževnatost a tažnost. Při popouštění na nižší teploty je pevnost větší, než při popouštění na vyšší teploty; houževnatost a tažnost jsou oproti tomu při popouštění na vyšší teploty větší.

OTÁZKY K OPAKOVÁNÍ

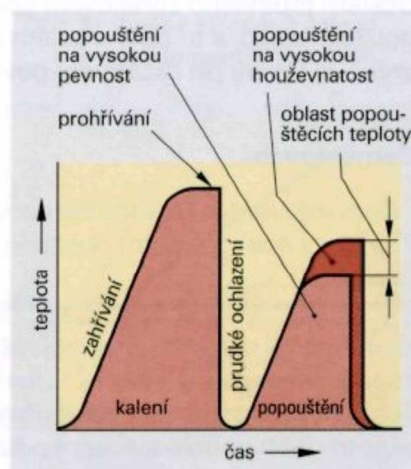
1. Co se rozumí pod pojmem kalení oceli?
2. Proč se oceli po rychlém ochlazení popouštějí?
3. Co se rozumí pod pojmem cementování?
4. Proč se součástky, které mají být povrchově kaleny, vyrábějí větší-nou z oceli k zušlechťování?
5. Proč se při zušlechťování popouští na poměrně vysoké teploty?



Obr. 1: Nitridování v plynném prostředí



Obr. 2: Kalení plamenem



Obr. 3: Průběh teploty při zušlechťování