

Tahák: Tepelné zpracování

Tepelné zpracování mění vlastnosti oceli ohřevem na určitou teplotu, výdrží na ní a předepsaným ochlazením. Teploty v tabulkách jsou orientační, pro konkrétní ocel platí materiálový list.

Základní pojmy

- **Struktury oceli:** ferit je měkký a tvárný, cementit tvrdý a křehký, perlit je jejich směs. Austenit vzniká ohřevem nad přeměnovou teplotu. Martenzit vzniká rychlým ochlazením austenitu a je velmi tvrdý.
- **Přeměnové teploty:** Ac1 je asi 723 °C, nad ní se začíná tvořit austenit. Ac3 je teplota, nad kterou je ocel celá austenitická, u oceli C45 asi 780 °C.
- **Kalitelnost:** ocel se dá zakalit zhruba od 0,35 % uhlíku. Prokalitelnost říká, do jaké hloubky se zakalí. Legované oceli se prokalí hlouběji.
- **Kalicí prostředí:** voda ochlazuje nejrychleji, ale hrozí trhliny a deformace. Olej je mírnější. Vysokolegované oceli se kalí na vzduchu.

Druhy tepelného zpracování oceli

Způsob	Teplota	Ochlazení	K čemu slouží
žhánění ke snížení pnutí	550 až 650 °C	pomalů v peci	odstraní pnutí po svařování, rovnání a hrubém obrábění
žhánění na měkko	680 až 720 °C	velmi pomalů v peci	změkčí ocel, aby se dala dobře obrábět a tvářet
normalizační žhánění	30 až 50 °C nad Ac3, u C45 asi 840 až 880 °C	na klidném vzduchu	zjemní a sjednotí zrna, například po kování nebo svařování
rekrytalizační žhánění	550 až 700 °C	pomalů	obnoví tvárnost po tváření za studena
kalení	nad Ac3, u C45 asi 820 až 860 °C, u 19 191 asi 770 až 800 °C	rychle ve vodě, v oleji nebo na vzduchu podle oceli	vznikne martenzit, ocel je tvrdá, ale křehká
popouštění nízké	150 až 250 °C	na vzduchu	sníží pnutí a křehkost, tvrdost téměř zůstane: nástroje
popouštění vysoké	500 až 650 °C	na vzduchu	s kalením tvoří zušlechťování: pevnost a houževnatost, hřídele
cementace	880 až 950 °C v prostředí bohatém na uhlík, potom kalení	podle následného kalení	povrch se nasytí uhlíkem a zakalí, jádro zůstane houževnaté; pro oceli do asi 0,2 % uhlíku
nitridace	500 až 550 °C v dusíku nebo čpavku	pomalů	velmi tvrdý tenký povrch bez kalení a s malými deformacemi
povrchové kalení	rychlý ohřev povrchu indukci nebo plamenem	vodní sprchou	zakalí jen povrch: vodicí plochy, čepy, zuby kol

Barvy popouštění (náběhové barvy) na čistém lesklém povrchu

Teplota	Barva	Typické nástroje
200 °C	bledě žlutá	rydla, škrabky, měřidla
220 °C	světle žlutá, slámová	rydla, soustružnické nože z nástrojové oceli
240 °C	tmavě žlutá, zlatá	výstružníky, frézy
255 °C	hnědá	závitníky, střížné nástroje, dláta

Teplota	Barva	Typické nástroje
265 °C	hnědočervená	razníky
275 °C	purpurová	sekáče, nože na dřevo
285 °C	fialová	sekáče, důlčíky
295 °C	tmavě modrá	pružiny, šroubováky
315 °C	světle modrá	pružiny, pily
330 °C	šedá	nad touto teplotou barvy už nic neříkají

Barvy žáru oceli (při rozptýleném denním světle)

Teplota	Barva
550 °C	tmavě hnědá, sotva viditelná
630 °C	hnědočervená
680 °C	tmavě červená
740 °C	tmavě třešňová
780 °C	třešňově červená
810 °C	světle třešňová
850 °C	světle červená
900 °C	jasně červená
950 °C	oranžová
1 000 °C	žlutooranžová
1 100 °C	žlutá
1 200 °C	světle žlutá
1 300 °C	bílá

Barvy jsou orientační, záleží na osvětlení. Za tmy se žár jeví světlejší, na přímém slunci tmavší.

Otázky k opakování

Co je zušlechťování?

Kalení s následným vysokým popouštěním na 500 až 650 °C. Ocel získá vysokou pevnost a zároveň houževnatost.

Proč se ocel po kalení popouští?

Zakalená ocel je křehká a plná pnutí. Popouštění pnutí sníží a zlepší houževnatost.

Kterou ocel lze cementovat?

Ocel s nízkým obsahem uhlíku, do asi 0,2 %, například 12 010 nebo 14 220. Povrch se nasýtí uhlíkem a potom zakalí.

Jakou barvu má ocel popuštěná asi na 300 °C a co se tak popouští?

Modrou. Tak se popouštějí pružiny a šroubováky.

Proč nekalit ve vodě ocel, která má předepsaný olej?

Voda ochlazuje příliš rychle a součást by mohla prasknout nebo se zkroutit.

K čemu slouží žíhání na měkko?

Ocel změkne, aby se dala snadno obrábět nebo tvářet.