**Tepelné zpracování**

**tepelné zpracování oceli**

Pod pojmem TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ rozumíme všechny postupy, při nichž předmět nebo materiál v tuhém stavu záměrně ohříváme a ochlazujeme určitým způsobem tak, aby získal požadované vlastnosti. Tepelným zpracováním ovlivňujeme mechanické vlastnosti, jako pevnost, tvrdost, tažnost, vrubovou houževnatost, odolnost proti opotřebení. V mnoha případech je s tím spojena změna struktury viz. potřeba dosažení rovnovážného stavu. Protože dosažení rovnovážného stavu při fázových změnách v tuhém stavu je zcela určováno difůzí, bude pro výsledek tepelného zpracování rozhodující, jaký vliv bude mít průběh difůze. Velikost difůze je ovlivněna jednak teplotou, a jednak dobou na takové teplotě, při níž ještě difůze může probíhat . A právě způsob ovlivnění difůze dělí tepelné zpracování do dvou základních skupin:

1. Způsoby tepelného zpracování, které difůzi spíše podporují anebo ji brzdí jen málo: **ŽÍHÁNÍ**
2. Způsoby tepelného zpracování, které difůzi podstatně brzdí anebo úplně zamezují: **KALENÍ**

**žíhání**

Podstatou žíhání je ohřev součásti na žíhací teplotu (pro různé materiály a způsoby žíhání různá), setrvání (výdrž) na této teplotě po určitou dobu a potom obvykle velmi pomalé ochlazování. U oceli na spojovací součásti je žíhací teplota těsně pod 721°C, kde zůstane materiál po několik hodin a následně pomalu ochlazován tak, aby došlo ke změknutí. Změní se tím struktura z tvrdého lamelárního perlitu na měkký globulární perlit čímž se stane struktura materiálu ideální pro tváření za studena.

**druhy žíhání podle druhu žíhaného materiálu**

* Žíhání ocelí
* Žíhání litin
* Žíhání neželezných kovů

**přehled způsobů žíhání oceli**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Způsoby žíhání** | **Způsob** | **Žíhací teploty (°C)** |
| Bez překrystalizace | NaměkkoRekrystalizačníProtivločkovéK snížení pnutí | 680 až 790550 až 700650 až 700500 až 650 |
| S překrystalizací | HomogenizačníNormalizačníIzotermickéRozpouštěcí | 1000 až 1300750 až 950700 až 850nad 950  |

**normalizační žíhání (s překrystalizací)**

Je prvním ze způsobů žíhání, při nichž dochází k překrystalizaci. Zahřátím na teplotu 800-920°C s dostatečnou výdrží na této teplotě tak, aby se dosáhl homogenní austenit a následné pomalé ochlazování na klidném vzduchu. Výsledkem je tak poměrně jemnozrnná struktura s vyšší pevností a zárověň se tak odstraní nerovnoměrnosti struktury vzniklé předchozím tvářením.

**žíhání ke snížení pnutí**

Používá se k snížení vnitřního pnutí, která vznikají ve výrobcích např. po obrábění, tváření za tepla při dokončovacích teplotách něco nad 721°C, po nerovnoměrném rychlém ochlazování na vzduchu apod. Po ohřevu na teplotu 500-600°C a výdrži na této teplotě (1 až 10hod. dle velikosti a tvaru součásti), následné pomalé ochlazování tak abychom dosáhly ideální strukturu materiálu pro tváření za studena. Toto tepelné zpracování se používá před výrobou za studena tvářených šroubů, vrutů pevnosti 4.6 a 5.6.

**kalení a popouštění**

**kalení**

Účelem kalení je zvýšit tvrdost oceli. Je-li ocel s minimálním obsahem uhlíku 0,3% zahřátá na teplotu 800°C (záleží na typu oceli), podržena na této teplotě a následně ochlazena vodou, olejem, vzduchem, solnou lázní, (čímž se potlačí vznik feritu a perlitu) tak se zachovalý nestabilní austenit při teplotách pod 500°C přemění na bainit nebo tvrdý, ale velmi křehký martenzit. Dosažená pevnost záleží na procentu C (čím více, tím je ocel tvrdší - tvrdost martenzitu již mnoho nestoupá po překročení 0,8% C) a procentu martenzitu, který se po ochlazení kritickou rychlostí vytvoří v jádru materiálu. U velmi tenkých šroubů z nelegované oceli bude kritická teplota dosažena i v jádru. Problém je že martenzitové jádro nelze dostatečně rychle ochladit (dáno tepelnou vodivostí), proto je nutné přidat legovací prvky: bor, mangan, chróm, nikl, molybden, které podporují prokalení a umožní snížit kritickou rychlost ochlazení. Výběr správného kalícího prostředí má vliv na rychlost ochlazení na povrchu. Šrouby jsou kaleny hlavně v oleji (voda je sice efektivnější, ale může způsobit deformaci kalené součásti).

**popouštění**



Ocel zakalená na martenzitickou strukturu má značné vnitřní pnutí a kromě toho, že má velkou tvrdost je také velmi křehká. V tomto stavu je tedy použitelná jen zcela vyjímečně.

Aby se snížilo vnitřní pnutí, a tím i křehkost (popř. získání houževnaté struktury), je vhodné ocel po kalení popouštět. Je to ohřev na určitou popouštěcí teplotu. Pro popouštěcí teplotu do 200°C platí, že se sníží nepatrně pevnost avšak mnohem více se sníží křehkost. Při teplotě nad 200°C dochází k úplnému rozpadu martenzitu na ferit a cementit ve velmi jemné formě.
Tato struktura se vyznačuje pevností, vysokou odolností a houževnatostí.

**kombinované kalení a popouštění**

Probíhá za teplot od 340°C do 650°C tak, že následuje kombinovaně kalení a popouštění rychle za sebou, což je jedno z obvykle nejpoužívanějších tepelných zpracování u spojovacích materiálů. Optimálním výsledkem je dosažení vysoké pevnosti v tahu a dostatečné odolnost (tuhosti), aby tím spojovací člen lépe odolával vnějším silám. Proto jsou cestou kombinovaného kalení a popouštění tepelně upravovány taky šrouby pevnosti 8.8, 10.9, a 12.9.

**povrchové tvrzení**

V předchozích způsobech tepelného zpracování šlo o to dosáhnout zušlechtěné oceli s velkou pevností a dobrou vrubovou houževnatostí (vysoce namáhané konstrukční součásti). Nebo jsme chtěli získat vysokou tvrdost při poměrně nízké houževnatosti (nástroje). Avšak v některých případech, zejména u konstrukčních součástí vystavených tření, požadujeme současně vysokou houževnatost a vysokou povrchovou tvrdost (viz. např. vruty). Chceme tedy získat na povrchu dobrou odolnost proti opotřebení a v jádře součásti velkou odolnost proti rázům.

|  |
| --- |
| **Povrchové tvrzení** |
| Povrchové kalení | Chemicko-tepelné zpracování oceli |
| plamenem | indukční | cementování | nitridování | nitrocementování |

**povrchové kalení**

Pro toto zpracování se hodí uhlíkové oceli s obsahem uhlíku mezi 0,45 až 0,60%, které jsou kalitelné již na značnou tvrdost. Oceli s takovým obsahem uhlíku se vyznačují vyhovující houževnatostí a pevností jádra zejména v těch případech, je-li součást před povrchovým kalením buď normalizačně vyžíhána, nebo zušlechtěna. Tzn., že jádro součásti, které není ovlivněno povrchovým kalením, si podrží vlastnosti předchozího tepelného zpracování. Podle způsobu ohřevu povrchové vrstvy na austenizační teplotu rozeznáváme povrchové kalení:

1. **plamenem:**  (většinou používány kyslíkoacetylenové hořáky, zakalená vrstva je >2mm)
2. **indukční:**   povrchová vrstva je ohřívána proudy střední a vysoké frekvence pomocí induktoru (cívka o malém počtu závitů z měděné trubky, kterou protéká chladící voda. Prochází-li induktorem střídavý proud o určité frekvenci, vznikají indukcí střídavého magnetického pole v součásti vířivé proudy o stejné frekvenci, jimiž se součást zahřívá. Volbou frekvence lze ovlivnit hloubku prohřáté vrstvy. Je používáno pro speciální aplikace většinou pro tvrzení slabých míst.

**chemicko-tepelné zpracování oceli**

Zahrnuje řadu způsobů zpracování, při nichž se sytí povrch ocelí různými prvky, aby se dosáhlo požadovaných vlastností např. žáruvzdornosti, korozivzdornost, odolnost proti opotřebení atd.

1. **Cementování:** nejpoužívanější chem-tep. způsob zpracování. Povrch předmětu z měkké oceli (s obsahem uhlíku max. 0,2%) je přiněm nasycován uhlíkem v pevném, kapalném či plynném prostředí nad austenizační teplotu (pouze austenit v sobě rozpouští uhlík) na obsah C 0,7- až 0,9%. Zakalením této vrstvy se dosáhne vysoké tvrdosti, přičemž se zachová houževnatost jádra. Nauhličená vrstva bývá 0,5 až 1,5mm tlustá.
2. **Nitridování:** sycení povrchu oceli dusíkem, který reaguje se železem a jinými úmyslně přidávanými prvky (hlavně Al a Cr). Vytvářejí se tím tvrdé nitridy, které způsobují značné zvýšení tvrdosti. (probíhá při teplotě 500 až 600°C.
3. **Nitrocementování:** je sycení povrchu uhlíkem a dusíkem současně v kyanidových solných lázních při teplotách 750 až 850°C, nebo v plynné atmosféře s přísadou čpavku při teplotách 800 až 880°C. Čím je teplota uhlíku vyšší, tím bude vyšší nasycení uhlíkem a naopak. Poté se součásti kalí do oleje, což snižuje pnutí.

