

Tepelná úprava upevňovacích prvků

White Paper

Tepelná úprava upevňovacích prvků

od Fadi Saliby

Expertní tým Bossard
Bossard Canada

www.bossard.com

Všechna práva vyhrazena © 2024 Bossard

Uvedená doporučení a rady musí být čtenářem v praxi náležitě zkontrolována a pro konkrétní aplikaci musí být schválena jako vhodná. Změny vyhrazeny.



ASSEMBLY
TECHNOLOGY
EXPERT

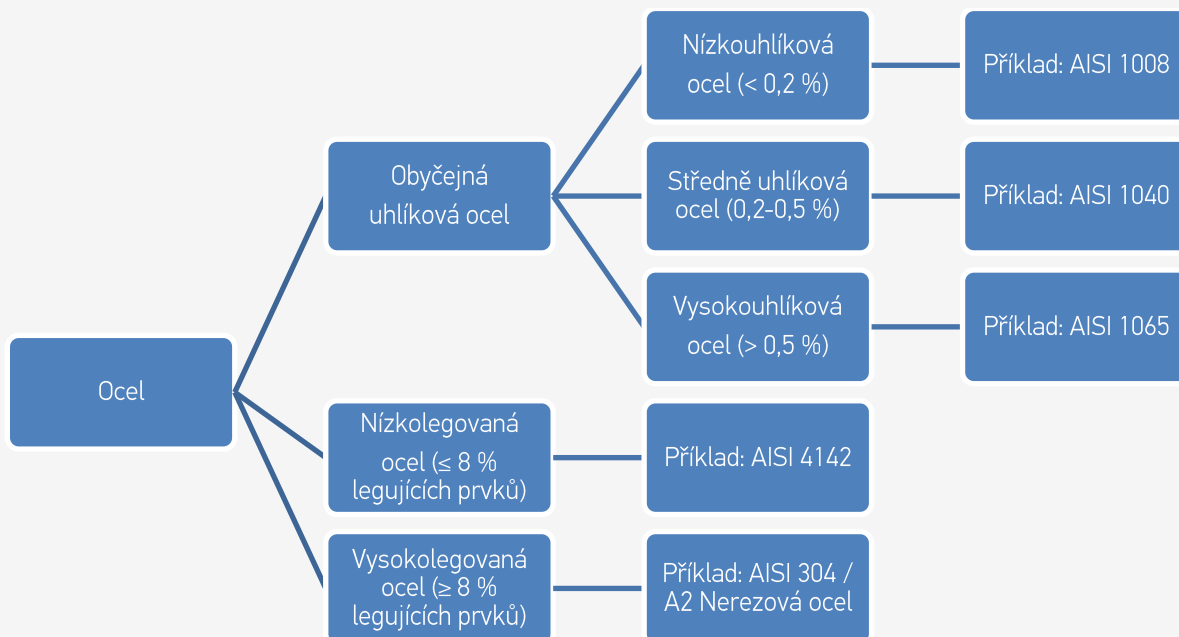
TEPELNÁ ÚPRAVA UPEVNŮVACÍCH PRVKŮ

Úvod

Upevňovací prvky jsou vyráběny z různých materiálů. Volbu materiálů určuje použití a prostředí. Oceli a nerezové oceli jsou nejoblíbenějšími volbami materiálů, ale k dispozici jsou také slitiny hliníku a neželezné slitiny. V závislosti na zvoleném materiálu jsou pak nezbytné různé procesy k získání správných mechanických vlastností. Tepelná úprava je proces používaný k zvýšení mechanické pevnosti, tažnosti, houževnatosti a pro některé slitiny jejich odolnost proti korozi. Následující oddíl uvádějí několik příkladů materiálů, které vyžadují tepelnou úpravu před jejich uvedením do provozu.

Oceli

Nejpoužívanější skupinou materiálů ve výrobě upevňovacích prvků jsou uhlíkové a legované oceli. Oceli jsou rozděleny do tříd následovně:

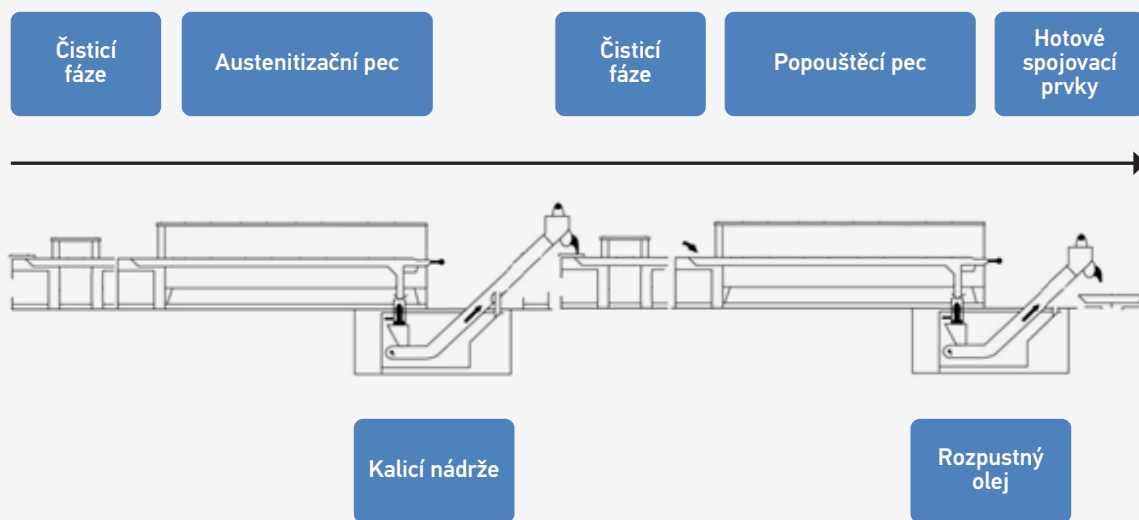


Třídy oceli

Před výrobou spojovacích prvků je na ocelovém drátu provedena další tepelná úprava k usnadnění ražení za studena. Tato tepelná úprava se nazývá sféroidizace. Zajišťuje změknutí oceli, umožňuje lepší tváření za studena a snižuje náklady na nástroje. Jakmile je spojovací prvek vytvořen, pevnost použité oceli se mírně zvýší v důsledku mechanické deformace, nicméně tato ocel není schopna splnit třídy pevnosti a jakost předepsané ve specifikacích pro vysokou pevnost (jakost 8 / třída 10.9 / třída 12.9).

Nově vytvořené spojovací prvky procházejí 2stupňovým procesem tepelné úpravy:

Austenitizace a popouštění



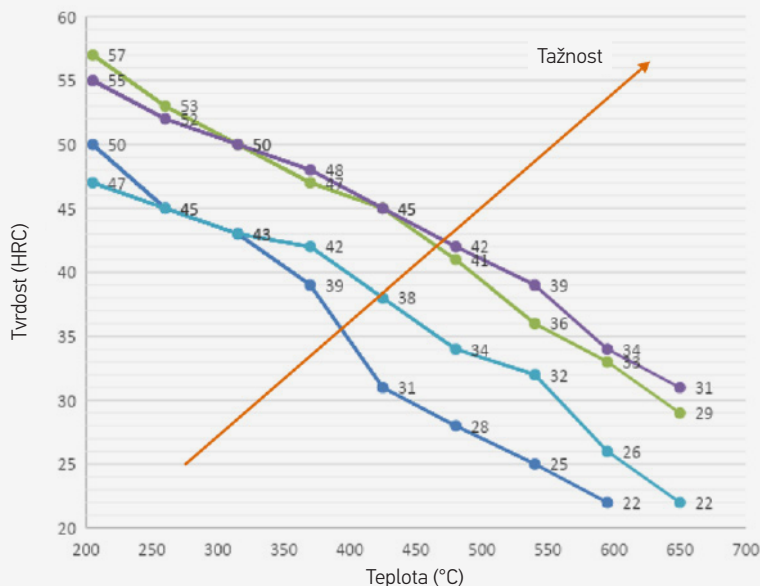
Proces austenitizace a popouštění

Toto je nejčastější proces tepelné úpravy používaný v průmyslu. Proces austenitizace zahrnuje zahřátí upevňovacích prvků obvykle na teplotu mezi 815-870 °C, ponechání této teploty po určenou dobu a pak kalení k vytvoření tvrdší/silnější mikrostruktury nazvané martenzit. Nejčastější kalicí látkou je buď olej nebo voda. Vytvoření martenzitické struktury vede k následujícím vlastnostem:

- vyšší pevnost
- zbytková mechanická napětí
- menší tažnost
- menší houževnatost

Pak se provádí následující tepelná úprava popouštěním. Popouštění mírně snižuje tvrdost upevňovacích prvků, pomáhá zvýšit tažnost, zlepšit houževnatost a rozměrovou stálost. Požadovanou tvrdost lze dosáhnout nastavováním teplot popouštění a doby jeho trvání. Obrázek 1 znázorňuje několik příkladů teplot popouštění ovlivňujících konečnou tvrdost 4 různých ocelí. Požadovanou konečnou tvrdost lze řídit teplotami popouštění a dobou trvání.

Účinek teploty popouštění na různé oceli po 2 hodinách



Účinek teploty popouštění (zdroj: Příručka ASM: Svazek 4 – Tepelná úprava)

Nerezové oceli

Nerezové oceli jsou klasifikovány jako slitiny na bázi železa s obsahem chromu minimálně 10,5 %. Mohou být rozděleny do skupin podle následujících 5 typů dle normy ISO 3605-1:

Typy	Základní chemické složení	Všeobecné vlastnosti
Austenitická	Minimálně 16 % chromu a 6 % niklu	Odolnost proti vysokým teplotám a korozi
Feritická	Obsah chromu 15 až 18 % / malý obsah uhlíku	Menší odolnost proti korozi
Martenzitická	Obsah chromu 10,5 až 18 % / niklu do 2,5 % / vyšší obsah uhlíku	Vysoká pevnost a menší odolnost proti korozi
Duplexní	Obsah chromu 19 až 26 % / niklu 1 až 8 % / molybdenu do 4,5 %	Vyšší pevnost a odolnosti proti korozi než austenitická
Precipitačně vytvrzovaná	Obsah chromu 11,75 až 17 % / významná množství niklu a/nebo hliníku	Vysoká pevnost a dobrá odolnost proti korozi

Austenitické třídy

Austenitické třídy, například 304 (18-8, A2) a 316 (A4), nemohou být vytvrzovány tepelnou úpravou. Tento typ nerezové oceli bude vytvrzován pouze během výrobních procesů, například tváření za studena a válcování závitů. Tento proces vytvrzování se nazývá zpracování za studena. Nicméně, v některých případech se tepelná úprava provádí k snadnějšímu opětovnému získání vlastností proti korozi a k odstranění zbytkových mechanických napětí z jiných výrobních procesů, například svařování. Zpracování za studena také zvyšuje magnetickou permeabilitu - tepelná úprava může být prováděna k odstranění účinků zpracování za studena pro položky vyžadující nízkou magnetickou permeabilitu.

Feritické třídy

Feritické třídy, například 430, mohou být mírně vytvrzovány pouze zpracováním za studena. Tepelná úprava nezvýší pevnost tohoto typu nerezové oceli. Nicméně, proces zpracování za studena během výroby snižuje tažnost a proto pro její opětovné získání vyvolává potřebu úplné tepelné úpravy žháním.

Martenzitické třídy

Martenzitické třídy, například 410, 431, 440A/B/C/F, jsou tepelně upravované stejně jako uhlíkové a legované oceli. Tyto třídy jsou kaleny buď v oleji nebo na vzduchu.

Třídy vyrobené duplexním pochodem

Třídy vyrobené duplexním pochodem, například SAF 2205® (UNS S31803), jsou používány, když je vyžadována vysoká pevnost (dvakrát větší mez kluzu než typických austenitických nerezových ocelí) a vyšší odolnost proti korozi a chloridovému praskání pod mechanickým napětím. Tato třída zahrnuje směs dvou mikrostruktur: feritu a austenitu. Tepelná úprava je žháním.

Třídy vytvrzené vylučováním

Třídy vytvrzené vylučováním zahrnují 3 typy: nízkouhlíkové martenzitické, poloaustenitické a austenitické. Každý typ má svou jedinečnou tepelnou úpravu k dosažení požadovaných mechanických a protikorozních vlastností. Vytvrzování vylučováním je tepelná úprava, která zvyšuje pevnost materiálů. Tento typ tepelné úpravy může být prováděn také na jiných slitinách, například hliníku, titanu, atd.

Hliník

Slitiny hliníku mohou být klasifikovány jako tepelně neupravitelné a tepelně upravitelné. Tepelně neupravitelný hliník odpovídá sériím 1XXX, 3XXX, 4XXX, 5XXX. Většina se spoléhá na koeficient deformačního zpevnění při procesu kování za studena a tvoření závitů pro získání pevnosti. S rostoucí deformační rychlostí se pevnost zvyšuje.

Tepelně upravitelný hliník sérií 2XXX, 6XXX a 7XXX vyžaduje homogenizaci a kalení následované vytvrzováním vylučováním (stárnutím) k získání požadovaných mechanických vlastností. Tuhá homogenizace způsobuje vnořování legujících atomů mezi atomy hliníku bez vytváření sloučenin. Níže jsou uvedeny nejčastější typy slitin tepelných úprav:

Slitina a popouštění	Tepelná úprava ¹	Výsledná tvrdost (HRB) ²	Tah (MPa) / kluz (MPa) / prodloužení (%) minimální - obrobený vzorek ²
2024-T4	Homogenizace při 495 °C a přirozené stárnutí (pokojová teplota)	70-85	427 / 275 / 10
6061-T6	Homogenizace při 530 °C a umělé stárnutí při 160 °C	40-50	290 / 241 / 10
7075-T73	Homogenizace při 490 °C, pak speciální umělé stárnutí (2stupňové: 107 °C + 177 °C)	80-90	469 / 386 / 10

Titan

Slitiny titanu jsou používány, když je důležitá ochrana proti korozi, pevnost a úspory hmotnosti. Úspory hmotnosti jsou 40 % oceli se stejnou pevností v závislosti na třídě titanu. Tyto vlastnosti usnadňují volbu použití této slitiny například pro letecký a automobilový průmysl. Třída 5 je jedna z nejoblíbenějších tříd titanu používaných při výrobě upevňovacích prvků. Následující tabulka uvádí tepelnou úpravu a mechanické vlastnosti titanu třídy 5:

Slitina	Tepelná úprava ¹	Výsledná tvrdost ²	Tah (MPa) / kluz (MPa) / prodloužení (%) minimální - obrobený vzorek ²
Třída 5 (Ti-6AL-4V)	Homogenizace mezi 955-970 °C po dobu 1 hodiny, kalení ve vodě a stárnutí po dobu 4-8 hodin mezi 480-595 °C nebo po dobu 2-4 hodin mezi 705-760 °C	30-39 HRC	896 / 827 / 10

¹ Příručka ASM – Svazek 4

² ASTM F468

Slitiny niklu

Slitiny na bázi niklu jsou používány tam, kde je vyžadována vysoká odolnost proti korozi a vysokým teplotám. Příklady použití zahrnují letecké a pozemní motory s plynovou turbínou a kryogenní uskladnění v nádržích⁵. Následující Inconel® 718 je příkladem slitiny používané při výrobě upevňovacích prvků. Tento materiál může být používán při -250 až 700 °C.

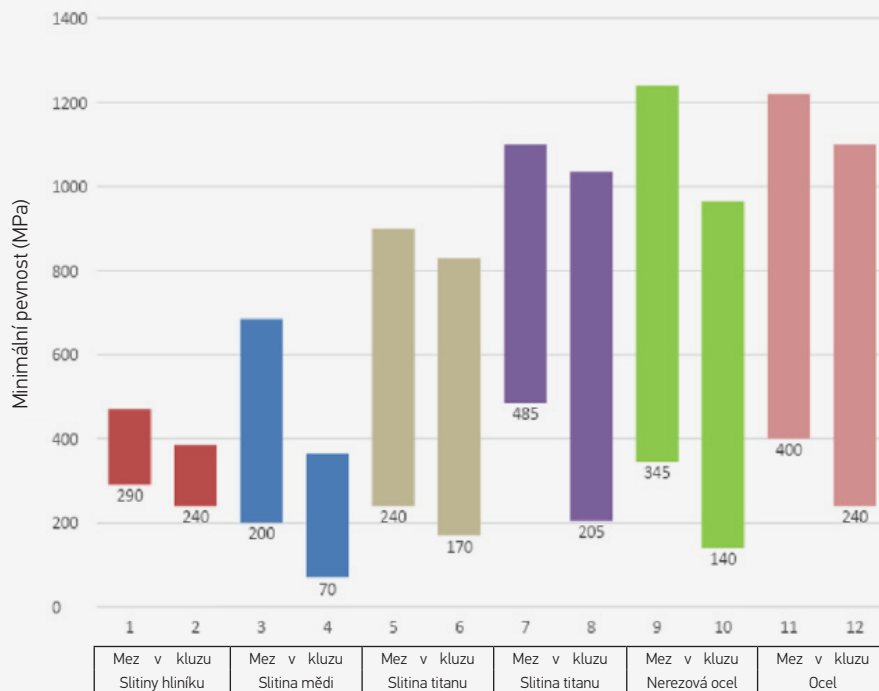
Slitina	Tepelná úprava ³	Tvrdość minimální ⁴	Tah (MPa) / kluz (MPa) / prodloužení (%) minimální - obroběný vzorek ⁴
Inconel® 718 (AMS 5662)	Homogenizace při 980 °C po dobu 1 hodiny, chlazení na vzduchu a stárnutí na 720 °C po dobu 8 hodin; chlazení v peci na 620 °C, udržování dokud doba pro celkový cyklus vytvrzování stárnutím nedosáhne 18 hodin; chlazení na vzduchu.	331 HBW	1275 / 1034 / 12

³ Příručka ASM – Svazek 4

⁴ ASTM F468

⁵ <http://www.specialmetals.com/documents/Inconel%20alloy%20718.pdf>

Následující graf znázorňuje rozsahy minimálních pevností podle slitin:



Rozsahy minimálních pevností podle slitin

Různé slitiny vyžadují různé tepelné úpravy k získání požadovaných vlastností. Některé slitiny používané při výrobě upevňovacích prvků mohou být používány tak jak jsou. Nicméně, když je pro aplikaci požadována vysoká pevnost, musí být řádně provedena správná tepelná úprava. Pro další informace týkající se tepelných úprav upevňovacích prvků neváhejte kontaktovat společnost Bossard.

Reference:

1. Příručka ASM – Svazek 4
2. ASTM F468
3. ASTM F593
4. ISO 898-1
5. www.specialmetals.com



Pokud potřebujete více informací, navštivte prosím naše stránky www.bossard.com/cs a kontaktujte vaši nejbližší obchodní jednotku.