

TECHNOLOGICKÉ POKYNY PRO ZPRACOVÁNÍ **ANTI-KOROZNÍCH OCELÍ**

Ohřev

Společnou vlastností nerezavějících a žáruvzdorných ocelí je horší tepelná vodivost při nižších teplotách. Tyto oceli je proto třeba do teploty asi 800 °C zvolna zahřívat a při této teplotě dobře prohřát. Jinak hrozí nebezpečí vzniku trhlin vlivem pnutí. Teprve pak zahříváme rychleji na teplotu uvedenou v příslušných materiálových listech jednotlivých značek ocelí.

Pomalý vzestup teploty ke konci ohřevu a příliš dlouhá prodleva na konečné teplotě jsou nežádoucí, zejména u feritických ocelí, protože u nich dochází ke zhrubnutí zrna.

Austenitické oceli se v žáru snadno nauhličují a škodí jim i sloučeniny síry. Při ohřevu v olejových nebo plynových pecích seřizujeme hořáky tak, aby nedávaly redukční atmosféru a topný plyn čištěním zbavujeme sloučenin síry. Také ocel musí být před tepelným zpracováním zbavena nečistot, které by mohly ocel během žíhání nauhličit.

Tváření za tepla

Antikorozní oceli se tvářejí za tepla obtížněji než oceli uhlíkové a nízkolegované.

Při kování začínáme s mírnými údery a pokračujeme rázněji, aby plastická deformace zasáhla účinně celý průřez oceli.

Počáteční teploty tváření leží okolo 1 100 °C a konečné nemají být nižší než 900 °C. Výjimku tvoří feritické chromové oceli, které se dotvářejí až při nižších teplotách. Tím u těchto ocelí docílujeme jemnějšího zrna. Ocel určená ke kování nesmí mít povrchové vady. Ke kování proto používáme všestranně broušené polotovary. Kalitné chromové oceli se po tváření za tepla nesmějí ochlazovat na vzduchu. Postupujeme tak, že výkovky ponecháme po dobu asi 2 hodin v peci vyhřáté na 650 °C a pak teprve ochladíme na vzduchu. Vychlazování po kování je možno provádět též pod vrstvou suchého popele.

Feritické a nestabilizované austenitické oceli musíme po tváření žíhat, abychom zajistili jejich správnou strukturu. Nejvýhodnější je podrobit tyto oceli žíhání bezprostředně po tváření.

Tváření za studena

Používané způsoby tváření za studena jsou hloubení tahem, lisování, tažení, ohýbání, lemování, zaválcování atd. Měřítkem tvárnosti antikorozních ocelí za studena je Erichsenova zkouška. Austenitické antikorozní oceli se tvářením za studena zpevňují. Při několikanásobném tahu musíme proto u těchto ocelí zařazovat mezižíhání na teplotu kolem 1 050 °C. Po provedeném tváření austenitických ocelí musíme vždy zařadit žíhání na teplotu 1 050 °C s následujícím ochlazením ve vodě, abychom vzniklé zpevnění materiálu odstranili.

V některých případech však úmyslně tváříme za studena, právě za účelem zpevnění oceli, protože tak zvyšujeme pevnost austenitických ocelí. Tímto způsobem se např. vyrábějí tvrdě tažené dráty z austenitických nerezavějících ocelí, které dosahují pevnosti až 2 000 MPa. U takto zpracované oceli však musíme počítat s nižší korozní odolností. Chromové antikorozi oceli sice nesnesou tak velké tváření za studena jako oceli Cr-Ni, v podstatě se však dají touto technologií též zpracovat. U feritických ocelí je tváření za studena ztíženo jejich citlivostí na vruby. Ohřevem na teploty mezi 150-250°C se však jejich tvařitelnost podstatně zlepšuje.

Třískové obrábění

Kalitelné antikorozi oceli se obrábějí stejně jako obyčejné konstrukční oceli odpovídající pevnosti. Oceli s vyšším obsahem uhlíku (ČSN 17024 a ČSN 17029) jsou dobře obrobitelné pouze v žíhaném stavu. Měkčí kalitelné antikorozi oceli (ČSN 17021 event. ČSN 17022) se naopak snadněji obrábějí ve stavu zušlechtném.

Nízkouhlíkaté feritické oceli ČSN 17041 doporučujeme obrábět při vyšších řezných rychlostech. Nejobtížněji se obrábějí austenitické nerezavějící a žáruvzdorné oceli. Je to tím, že se při obrábění zpevňují. Obrábějí se zhruba s poloviční obráběcí rychlostí než jiné slitinové oceli stejné pevnosti. Nástroj pro obrábění musí být dokonale naostřen a nikdy neobrábíme až do jeho otupení. Zvláště tupý nástroj totiž zpevňuje povrch oceli a další obrábění je pak obtížnější. Použitím nástrojů vyrobených z výkonných rychlořezných ocelí nebo slinutých karbidů je možné i rychlostní soustružení austenitických ocelí. I zde však platí zásada, že nástroj musí být dostatečně nabroušen a nesmí být v provozu až do otupení.

Pro vrtání austenitických ocelí se hodí pouze vrtáky vyrobené z nejlepší rychlořezné oceli a s krátkou šroubovicí, která se nezlomí velkým tlakem, jehož je při vrtání zapotřebí. Výhodné jsou též kované kopinaté vrtáky. Vrtání hlubokých otvorů a otvorů menších průměrů než 5 mm je nejobtížnější, a proto se jim při návrhu konstrukcí raději vyhýbáme. Též frézování austenitických ocelí je obtížné. Zuby frézy vždy v části své dráhy kloužou a velmi zpevňují povrch oceli.

Řezání austenitických ocelí raději nahrazujeme upichováním na soustruhu nebo na hoblovce. Pro dělení polotovarů nebo tyčové oceli na výkovky jsou nejvýhodnější okružní pily se vsazenými zuby z rychlořezné oceli a obvodovou rychlostí 12 - 15 m/min.

Některými nekonvenčními způsoby obrábění, jako je např. elektroerosivní obrábění, lze výše uvedeným obtížím při obrábění austenitických ocelí předcházet.

Svařování

Svařování plamenem - výhodou tohoto způsobu svařování je jednoduchost a snadná přenosnost zařízení. Nevýhodou je poměrně dlouho trvající ohřev materiálu v širokém pásmu. Dlouhý ohřev při svařování je zvláště nebezpečný pro austenitické nerezavějící oceli, poněvadž zvyšuje nebezpečí mezikrystalové koroze. Plamen hořáku při svařování antikorozi ocelí musí být neutrální. Přebytkem kyslíku dochází k nežádoucí oxidaci svařového kovu. Svár je pak tvrdý, křehký a prostoupen struskou. Přebytkem plynu se svár nauhličuje a je tak rovněž tvrdý a křehký. V obou případech dochází též ke snížení korozní odolnosti. Velikost hořáku a průměr svařovacího drátu volíme podle průřezu svařovaného předmětu.

Svařování elektrickým obloukem - tento způsob se pro svařování antikorozních ocelí využívá nejčastěji. Používají se obalované elektrody, které zapojujeme na kladný pól zdroje stejnosměrného elektrického proudu. Svařujeme co nejkratším obloukem, přičemž obal elektrody se nemá dotýkat svařované oceli. Průměr elektrody a velikost svařovacího proudu se řídí průřezem svařovaného předmětu. Pro ilustraci uvádíme způsob volby pro svařování elektrickým obloukem ve vodorovné poloze.

Tloušťka plechu v mm	Průměr elektrody v mm	Svařovací proud v A	Druh sváru
1	1,6	18-20	I
1,5	2	30-50	I
2	2	35-55	I
3	2,5-3,15	60-80	I
4	4	80-100	I,V
6	4-5	80-150	V
Přes 6	4-5	90-160	X,V

Při svařování obloukem dodržujeme následující zásady:

Místo budoucího sváru očistíme. Elektrodou během svařování pokud možno nekýváme. Svárovou housenku ukončujeme tím, že se elektrodou vrátíme poněkud zpět, aby se koncový kráter vyplnil. Při výměně elektrody necháme svárový kov v koncovém kráteru ztuhnout a dostatečně ochladit. Před pokračováním ve svařování každou hotovou svárovou housenku pečlivě očistíme od strusky. Svár a jeho okolí má chladnout pokud možno rychle.

Obloukové svařování v proudu argonu (argonarc) - je vhodné pro svařování nerezavějících a žáruvzdorných ocelí všech tlouštěk. Svařuje se wolframovou elektrodou bez přídavku nebo s přídavkem svařovacího drátu v inertní argonové atmosféře. Oblouk je napájen stejnosměrným proudem, přičemž elektroda se připojuje na záporný pól. Dá se však svařovat i střídavým proudem ze svařovacího transformátoru. Závar je v tomto případě méně hluboký, což je výhodné pro svařování tenkých plechů. Roztavený kov je při svařování argonarcem dobře chráněn proti okysličování, takže ani Ti ve stabilizovaných austenitických ocelích skoro nevyhořívá. Svařování v proudu argonu, kde elektrodou je přímo svařovací drát, je známo pod označením mig. Oblouk se zde napájí zpravidla stejnosměrným proudem a hořák se připojuje na kladný pól.

Svařování arcatomové - teplo potřebné pro tavení vyvíjí elektrický oblouk, který hoří mezi dvěma wolframovými netavitelnými elektrodami ve vodíkové atmosféře. Svařování lze provádět bez přídavného materiálu nebo i s přídavným materiálem. Hodí se hlavně pro tenčí plechy. Vodíková atmosféra chrání svárový kov před oxidací a absorpcí dusíku ve vzduchu. Navíc mírně oduhlíčuje, což je výhodné zejména u austenitických ocelí.

Tenké plechy asi do tloušťky 4 mm je možno svařovat natupo bez přídavného materiálu. Svařování lze dobře zmechanizovat.

Svařování odporové - patří sem svařování bodové, švové a stykové. Svařovat tímto způsobem lze jen součásti dobře očištěné. Elektrický obvod a svařovací tlak je nutno přizpůsobit vlastnostem nerezavějících a žáruvzdorných ocelí, protože tyto oceli mají větší elektrický odpor a horší tepelnou vodivost za studena než oceli nízkolegované.

Bodové a švové svařování se nehodí pro austenitické oceli, používané pro agresivní korozní prostředí. Vzniká totiž nebezpečí koroze v kapilárních prostorech.

Svařování chromových ocelí - z kalitelných antikorozních ocelí lze bez potíží svařovat pouze ocel ČSN 17021. Ostatní druhy kalitelných chromových ocelí s vyšším obsahem C doporučujeme před svářením předehřát a po sváření ihned vyžít. Ani pak však nelze zamezit všem obtížím a zajistit dobrou kvalitu sváru. Chromové kalitelné oceli jsou totiž kalitelné na vzduchu a v důsledku fázových přeměn v těch částech, které se při sváření ohřejí nad teplotu přeměny A_{c1} , by při ochlazování mohlo dojít ke vzniku trhlin.

Feritické chromové oceli mají, jak již bylo řečeno, velmi nízkou vrubovou houževnatost. Aby alespoň svár byl houževnatější, volíme pro svařování raději austenitickou elektrodu. Toto řešení však není výhodné pro žáruvzdorné feritické oceli, má-li být ocel použita pro nahličující prostředí a prostředí obsahující sloučeniny síry. Pro tento případ se doporučuje zhotovit celý svár elektrodami austenitickými a poslední vrstvu stejnorodou elektrodou z feritického materiálu. Metoda použití austenitické elektrody také selhává vlivem rozdílné roztažnosti sváru a základní oceli, jestliže se svařený výrobek často ohřívá a ochlazuje. U feritických ocelí je třeba před svářením předehřívát zhruba na 200 °C a dbát, aby tepelně ovlivněné pásmo bylo pokud možno co nejužší.

Svařování austenitických ocelí - jde velmi dobře. Tyto oceli dávají svárové spoje velmi dobrých mechanických vlastností.

Díly z nestabilizovaných antikorozních ocelí, které mají pracovat v prostředí, kde je nebezpečí vzniku mezikrystalové koroze, se musí po sváření austeniticky vyžít.

Klasifikace svařitelnosti nerezavějících a žáruvzdorných ocelí

Svařitelnost nerezavějících a žáruvzdorných ocelí uvedených v těchto technických informacích je klasifikována ve stupních podle ČSN 05 1310.

Svařitelnost

- 1. zaručená** - zaručuje se svařitelnost ocele bez použití zvláštních opatření až do teploty 0 °C, při dodržení správného postupu svařování.
- 2. zaručená podmíněná** - zaručuje se svařitelnost oceli jen jsou-li dodrženy pokyny uvedené u příslušných značek ocelí v odstavci „svařitelnost“.
- 3. dobrá** - svařitelnost se nezaručuje. Ve většině případů však mají svárové spoje vyhovující vlastnosti.
- 4. obtížná** - svařitelnost se nezaručuje. Některé oceli s tímto stupněm svařitelnosti je přesto možno svařovat při dodržení podmínek uvedených v odstavci „svařitelnost“. Svárové spoje však nedosahují vlastností základního materiálu. U ocelí, kde svárové spoje mají nevyhovující vlastnosti je výslovně uvedeno, že se svařování nedoporučuje.

SVAŘOVACÍ ELEKTRODY A DRÁTY PRO SVAŘOVÁNÍ ANTI-KOROZNÍCH OCELÍ

Označení		Charakteristické prvky
elektrody	dráty	
E-B 406	G 406	Cr 16%
E-B 408	G 408	Cr 24%; Ni 1%
E-B 414	G 413	Cr 18%; Ni 8%
E-B 417	G 415	Cr 18%; Ni 8%; Mn 5%
E-B 419 R	G 419	Cr 18%; Ni 8%; Nb
E-B 421	G 421	Cr 18%; Ni 9%; Mo 2%
E-B 424	-	Cr 18%; Ni 9%; Mo 2%; Nb
E-B 425 R	G 425	Cr 18%; Ni 9%; Mo 2%; Nb
E-B 445	G 445	Cr 23%; Ni 18%
E-B 461	G 461	Cr 20%; Ni 37%
E-B 463	G 463	Cr 20%; Ni 37%; Mo 5,5%
E-B 464	-	Cr 20%; Ni 37%; Mo 5,5%; Nb

Pájení

a) tvrdé pájení - nejlépe se hodí stříbrné pájky s co nejnižším bodem tání. Pro pájení jsou též nutná tavidla, která zbavují ocel pasivní vrstvy a chrání spájené plochy proti oxidaci.

Při pájení volíme následující postup:

Povrch pájených ploch očistíme (např. smirkem) a odmastíme. Pak spájené místo rovnoměrně prohříváme. K ohřevu se hodí kyslíkoacetylenový plamen s mírným přebytkem acetylenu. Vyhýbáme se místnímu přehřátí materiálu. Jakmile podle vzhledu tavidla usoudíme, že teplota povrchu je vhodná pro roztékání pájky, přiložíme pájku, kterou odtavujeme tak, aby vznikla do spáry mezi spájenými předměty a zcela ji protekla. Po pájení zbytky tavidla odstraníme nejlépe v horké vodě.

b) měkké pájení - provádíme u antikoročních ocelí jen výjimečně, poněvadž pevnost spojů není velká. Doporučuje se pájka s vysokým obsahem cínu (75 - 90 %). Pájecí kyselinu připravíme nasycením chloridu zinečnatého v kyselině solné. Pájené plochy musí být kovově čisté a zdrsňené smírkováním. Spájené předměty se musí ponořit do roztoku sody a dobře opláchnout vodou.

Broušení a leštění

Je často konečnou úpravou hotových výrobků z antikoročních ocelí. Antikoroční oceli nutno brousit a leštit menším tlakem, aby se na povrchu nevyhřály. U kalitných ocelí mohou násilným broušením vznikat brusné trhliny a vyhřátím snížit jejich korozní odolnost. Antikoroční ocel má být po provedeném broušení očištěna vlažnou zředěnou kyselinou dusičnou, poněvadž obrusem znečištěný povrch snadněji podléhá korozi a může i rezivět. Austenitické oceli stabilizované titanem nelze leštit na vysoký lesk.

Elektrolytické leštění

Dává antikoročním ocelím nejlepší odolnost proti korozi. Leštění se provádí stejnosměrným proudem v roztoku elektrolytu, ve kterém je leštěný předmět ponořen a zapojen na kladný pól napětí.

Základem elektrolytů je kyselina sírová a fosforečná nebo kyselina chloriská s dalšími přísadami. Pro leštění je nutná poměrně vysoká proudová hustota (až 100A na dm²); proto se tato metoda uplatňuje spíše pro drobné předměty.

Moření

Kovově čistého povrchu antikoročních ocelí dosahujeme též mořením ve vhodné směsi kyselin. Mořením zbavujeme ocel okují, částečně se však rozpouští i samotná ocel. Tomu bráníme přísadou inhibitorů, které se na trh uvádějí pod obchodním názvem úsporné mořidlo.

Předměty po moření dobře opláchneme a zbytek kyselin neutralizujeme v roztoku sody. Mořicí lázeň nesmíme příliš vyčerpávat. Vyšší obsah kovových solí v lázni může vést k bodové korozi.

Složení kyselin k moření antikoročních ocelí

		Množství l konc. Kyselin na 100 l roz.	Teplota °C	Doba moření min.	Druh moření
A	1*)	8 - 12 H ₂ SO ₄	65 - 75	10 - 20	Předběžné moření po tváření za tepla nebo žíhání
	2	10 - 15 HCl inhibitor	50 - 65	10 - 20	
B	3	50 HCl 5 HNO ₃ inhibitor	50 - 60	5 - 15	Závěrečné moření po A a moření po mechanické úpravě povrchu
	4	10 - 15 HNO ₃ 1 - 2 HF	45 - 55	10 - 15	

***) Roztok A1 moří s přísadou 5% síranu železitého bez vývinu vodíku**

Ocel s tlustší vrstvou okují se moří nejprve směsí A a po opláchnutí směsí B. Po svařování nebo po broušení stačí závěrečné moření směsí B. Mořené Cr-Ni austenitické oceli mají jasný kovový vzhled. Chromové oceli jsou po moření šedivější. Chromové antikoroční oceli se nesmějí mořit nežíhané nebo kalené, poněvadž by mohly popraskat. Antikoroční oceli můžeme zbavit okují též mořením v roztaveném louhu s přísadou hydridu sodného. Ocel při tomto způsobu nekoroduje, ale zbavuje se pouze okují. Metoda je velmi výhodná, ale vhodná pouze pro hromadnou výrobu.

Po moření je povrch antikoroční oceli aktivován. Je proto účelné pasivovat mořené výrobky z antikoročních ocelí ve vlažném roztoku 10 - 25% kyseliny dusičné. Nižší koncentrace používáme pro 13%ní chromové nerezavějící oceli, vyšší pro austenitické chromoniklové nerezavějící oceli. Předměty ponecháme v lázni 15 až 30 min. a pak dokonale zbavíme všech zbytků kyseliny.