

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou korozivzdorných ocelí. V úvodu popisuje historii oceli a jeden z největších problémů oceli, korozi. V následující části je uveden přehled základních typů korozivzdorných ocelí, jejich materiálové charakteristiky, vlastnosti a použití. Další kapitola předkládá možnosti způsobu výroby. Poslední část této bakalářské práce ukazuje konkrétní příklady využití korozivzdorných ocelí v různých oblastech průmyslu.

Klíčová slova

Duplexní oceli, korozivzdorné oceli, koroze

ABSTRACT

This bachelor thesis is aimed at stainless steels problem. At the beginning history of steel and one of the biggest issue of steel, corrosion is described. Next part show basic type of stainless steels, their material characteristic, properties and possibilities of usage. After that metallurgy of stainless steels and process follows. In last topic of this bachelor work samples of usage in various branges are presented.

Key words

Duplex steels, stainless steels, corrosion

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BOMBERA, M. *Progresivní antikorozi kovové materiály*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 37 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Šenberger, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **PROGRESIVNÍ ANTIKOROZNÍ KOVOVÉ MATERIÁLY** vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: V Brně dne 28.05.2010

.....

Mojmír Bombera

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Jaroslavu Šenbergerovi, CSc za spolupráci, připomínky, čas a ochotu při řešení této bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH	7
ÚVOD.....	9
1 HISTORIE OCELI.....	10
2 KOROZE	12
2.1 Příčiny koroze	12
2.1.1 Elektrochemická koroze	12
2.1.2 Koroze při vysokých teplotách	13
2.2 Druhy koroze a její vzhled.....	14
2.2.1 Rovnoměrná plošná koroze	14
2.2.2 Nerovnoměrná plošná koroze	14
2.2.3 Kontaktní koroze.....	14
2.2.4 Štěrbinová koroze (koroze na spárách).....	14
2.2.5 Koroze nádrží.....	14
2.2.6 Selektivní koroze	14
2.2.7 Koroze v trhlinách dynamicky zatěžovaných dílů.....	15
2.3 Ochrana proti korozi	15
2.3.1 Vhodný materiál	15
2.3.2 Snížení agresivity korozivních látek v okolí.....	15
2.3.3 Konstrukční antikoroziční pravidla	15
2.3.4 Antikoroziční ochrana během třískového obrábění a po obrobení.....	16
2.3.5 Antikoroziční ochranné vrstvy na výrobcích z železných kovů.....	16
2.3.6 Ochranné pokovení	16
2.3.7 Katodová antikoroziční ochrana	17
3 KOROZIVZDORNÉ OCELI	18
3.1 Feritické oceli	19
3.2 Martenzitické oceli	20
3.3 Austenitické oceli	21
3.4 Austeniticko-feritické oceli.....	22
3.5 Vliv legujících prvků na vlastnosti austenitických ocelí	23
4 PATINUJÍCÍ OCEL.....	25
5 METALURGIE KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ A JEJICH ZPRACOVÁNÍ.....	27
5.1 Výroba v zásaditých obloukových pecích	27
5.1.1 Hlavní metalurgické úkoly při výrobě korozivzdorných ocelí	27
5.1.2 Proces výroby	28
5.2 Výroba v elektrických indukčních pecích	29
5.2.1 Proces výroby v elektrických indukčních pecích	29
6 POUŽITÍ.....	31
6.1 Použití ve strojírenství	31

6.1.1 Ultra duplexní ocel pro aplikaci ve slané vodě, Sandvik SAF 3207 HD.....	31
6.2 Použití ve stavebnictví	33
6.2.1 Mostní konstrukce.....	34
6.2.2 Oxygen.....	34
6.2.3 Další příklady využití ve stavebnictví	34
6.3 Další použití.....	35
6.3.1 Ocel 316L	35
7 ZÁVĚR	36
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	37

ÚVOD

Ocel je stále perspektivní a tradiční zároveň. Přes 3 000 let ji vnímáme jako materiál na nástroje a základní konstrukční, hromadně vyráběný materiál. Má úzkou spojitost s technickým pokrokem a také s trvalým zlepšováním životních podmínek. Dnes ve světě existuje více než 2000 různých druhů oceli. Více než polovina, jich byla vyvinuta, až v několika posledních letech. To je ten nejlepší argument proti tvrzení, že ocel je již překonaným materiálem, že ji není zapotřebí. O významném a jen těžko zastupitelném postavení oceli v pestré rodině novodobých materiálů svědčí i její roční výroba, která v celosvětovém měřítku téměř 15x převyšuje výrobu všech ostatních kovů dohromady a 20x výrobu jiných materiálů, výjimkou je pouze beton. Ocel již není spjata pouze s rozvojem těžkého průmyslu, hlavně ve vyspělých zemích, nastavuje široké veřejnosti především svou lidskou dimenzi: domy, reprezentativní budovy, obchodní a společenská střediska, sportovní haly, stadióny, mosty, odbavovací haly atd.[1,2]

Původní způsob zpracování železné rudy, při němž se roztavená hmota při teplotě cca 1600°C taví a následně ochlazuje a přeměňuje v ocel, je dnes tak zdokonalen, že pro každý účel můžeme vyrobit speciální ocel. Během posledních 30 let prošel světový ocelářský průmysl nemalou restrukturalizací. Zavedení tzv. minihutí se zkráceným výrobním cyklem, důmyslné propojení ještě nedávno oddělených výrobních úseků do zcela plynulého, časově, nákladově, i energeticky úsporného pochodu, s nesrovnatelně vyšší produktivitou, rozšíření sofistikovaných postupů povrchové úpravy a důsledná automatizace, to vše se promítlo nejen do velmi příznivých cenových relací, ale především do zvýšení ukazatelů jakostních.[1,2]

Jedna z velkých předností železa a oceli je výborná možnost recyklace. Přibližně polovina roční produkce oceli je vyrobena z ocelového šrotu. V žádném případě není železný šrot odpad, naopak je to plnohodnotná cenná surovina, která nijak nesnižuje kvalitu nové vyráběné oceli. Velkou nevýhodou oceli je naopak koroze, neboli působení kyslíku na ocelový povrch. Koroze je závažným úkolem pro vývoj a výzkum v ocelářství. Pozinkování, ochranný nátěr, nebo zušlechtnění oceli, to jsou některé z možností, jak bojovat proti korozi. Další možností a v poslední době stále častěji uplatňovanou, je samozřejmě použití korozivzdorných ocelí. Bylo to v roce 1912, kdy Eduard Maurer a Benno Strauss u Kruppa zjistili, že přimícháním 21% chromu, 7% niklu a dodržením přesně stanoveného tepelného zpracování při výrobě, ocel ztrácí náchylnost ke korozi. To byl základ, pro dnes již velmi početnou rodinu korozivzdorných ocelí, které v současnosti tvoří, někdy i nevědomě nedílnou součást každodenního života. Mnohé výrobky, odolné proti chlorované vodě, je možno používat např. v plaveckých bazénech. Jiné vydrží dokonce i ve vysoce korozivních a agresivních podmínkách, když fungují jako součásti pro odsiřovací zařízení, nebo aparatury užívané k odsolování mořské vody.[1,2]

1 HISTORIE OCELI

Objev kovů a způsob jejich zpracování znamenal ve vývoji lidstva velký vývojový posun. Z nálezů víme, že již ve starší době kamenné znali naši předci železo. V těchto dobách ještě neuměli tavit železnou rudu. Železo, které bylo nalezeno v četných sídlištích, pocházelo z železo-niklových meteoritů. Meteorické železo je velmi vzácné, vlastnosti železa jako takového zase oproti do té doby nejpoužívanějšímu bronzu velmi výhodné, lidé proto začali zpracovávat i železo obsažené v rudách.[4,5]

Již v době 3000 až 2000 let př.n.l byla v oblastech dnešního Egypta, Turecka nebo Mezopotámie známá technologie výroby železných předmětů. Oproti bronzu bylo železo tvrdší, k jeho výrobě bylo ale zapotřebí dosáhnout teplot kolem 1300-1350°C, což bylo pro tehdejšího člověka technologicky náročnější. I přesto železo bronz postupně vytlačilo a dalo název celé epoše lidských dějin – době železné.[4,5]

Výroba železa probíhala přímou redukcí z rud. K vázání kyslíku na uhlík docházelo při vysokých teplotách v jednoduchých jílových pecích. Vsázkou byla směs rudy a nejdříve dřevěného uhlí, do spodní části byl pak vháněn vzduch a to buď přirozeně, nebo pomocí měchu. Výsledným produktem této redukce byla tzv. železná houba, železo to bylo pórovité a nedobře oddělené od strusky.[4,5]

Na našem území bylo zpracování železa známo již asi 750 let př.n.l.. Pece nalezené na našem území, jsou z doby po příchodu Slovanů.

Postupně docházelo ke zvětšování pecí a ke změnám ve způsobu vhánění vzduchu a tím ke zvýšení produktivity. V 16. století nastupují vysoké pece vytápěné dřevěným uhlím. V těchto pecích bylo možné dosáhnout vyšších teplot a kvalitního surového železa. To se dále zkoujňovalo ve výhnicích s přidáním okují a železných rud. Denní výroba se zvýšila na 10^2 až 10^3 kg z jednoho zařízení. Na našem území je doložena vysoká pec v Králově Dvoře z roku 1696.[5]

Dalším pokrokem byly v roce 1784 pudlovací pece použité poprvé Henrym Cortem. V těchto pecích se kvůli nedostatku dřevěného uhlí používalo uhlí černé. Byly to pece plamenné, surově železo se nejprve zahřálo, plamen s přebytkem vzduchu šlehal nad otevřenou hladinou taveniny v mělké jínce (v nístěji) čímž docházelo ke spalování uhlíku obsaženého v železe. Aby bylo možné zbavit uhlíku celou lázeň bylo nutné obsah neustále promíchávat. V těchto pecích už se dalo vyrobit asi 10^4 kg železa.[3,5]

Průmyslová revoluce v 19. století přinesla převratné novinky i do výroby železa. Jako palivo do pecí se začíná používat koks. K ještě většímu zefektivnění výroby, ale přispěl v roce 1855 vynález angličana Henryho Bessemera, tzv. Bessemerův konvertor. Jeho konvertor byla válcová sklopná nádoba s kyselou vyzdívkou, do které byl dmýchán vzduch. V těchto konvertorech bylo možné vyrobit řádově 10^6 kg plávkové oceli. Jejich nevýhodou byla kyselá vyzdívka, která neumožňovala odstranit ze surového železa síru ani fosfor, bylo zde nutné používat oceli chudé na tyto prvky.[3,5]

V roce 1878 si Sydney G. Thomas nechává patentovat zásaditou vyzdívku. Jeho Thomasův konvertor zkoujňuje ocel pod zásaditou struskou na bázi oxidu vápenatého. Struska z těchto pecí byla díky velkému obsahu fosforu využívána v zemědělství jako hnojivo. Až do příchodu Siemens-Martinské pece byla omezená možnost zpracování kovového odpadu. S-M pec má uzavřenou nístěj, je vyzděna buď materiálem na bázi magnesitu (proces zásaditý) nebo křemene (proces kyselý), vsázka mohla být i pevná (kovový odpad). Vyšších teplot je

dosahováno přehříváním vzduchu i topného plynu. S-M pece dominovali spolu s konvertory dmýchanými vzduchem až do poloviny 20. století. [3,5]

Na počátku 20. století se ocel začala vyrábět v elektrických obloukových pecích – zahřívání probíhá pomocí elektrického oblouku mezi elektrodami a materiálem, a elektrických indukčních pecích – zahřívání pomocí elektromagnetické indukce. Roku 1952 přichází kyslíkový konvertor nazývaný též LD (Linz-Donawitz). Zkujňování v nich probíhá dmýháním kyslíku do tekutého surového železa.[3,5]

Dnes známe dva způsoby výroby kujného železa – přímou a nepřímou. Přímou výrobou se získává z rudy kujné železo a to pouze jedním technologickým postupem. Nepřímou výrobou se z křehkého meziprojektu, kterým je surové železo, následným zkujňováním získá kvalitnější ocelářský produkt. Převážná část dnešní produkce je vyráběna nepřímou výrobou. Železná ruda je zpracována nejprve ve vysokých pecích, zpracování ocelí probíhá v kyslíkových konvertorech nebo elektrických obloukových pecích.[3,5]

2 KOROZE

Velkou nevýhodou oceli je koroze, neboli působení kyslíku na ocelový povrch. Železná litina s vysokým obsahem uhlíku prakticky nerezaví, zato ocel ano. Podobně je tomu i při srovnání oceli s hliníkem. U hliníku se na povrchu vytváří průhledná oxidová vrstva o tloušťce několika atomů, která chrání níže položený materiál (pod povrchem) před další oxidací. Tato vrstva se pevně drží na podkladu a nepostupuje dovnitř. Jinak je tomu u běžné oceli, kde koroze zvenčí ohrožuje nejenom povrch, ale pod ním i samotnou substanci materiálu. Koroze zde postupuje do hloubky, odlupují se stále další a další zrezivělé vrstvy. Problém rzi se objevuje a zvětšuje úměrně s klesajícím obsahem uhlíku v oceli. Koroze je samozřejmě i závažným úkolem pro ocelářský výzkum a vývoj. Koroze způsobuje velké škody na osobních automobilech, lodích, strojích i ocelových konstrukcích. Škodám způsobeným korozi se dá částečně zabránit antikorozní ochranou.[1,6]

2.1 Příčiny koroze

Různé kovy jsou napadány různými typy korozí. Nejběžnější a nejrozšířenější je atmosférická koroze. Dále rozlišujeme elektrochemickou korozi a korozi při vysokých teplotách.[6]

2.1.1 Elektrochemická koroze

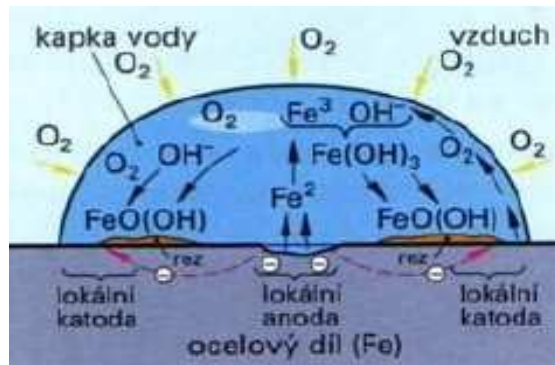
Elektrochemická koroze vzniká v prostředí elektrochemického článku. Korodující kovový díl představuje anodu, druhá elektroda je např. jiný kovový díl a elektrolytem je voda s rozpuštěnými sloučeninami. Jen nepatrné množství vody, uvízlé v úzké spáře mezi různými kovy, je dostatečné pro vznik koroze.[6]

Elektrochemická oxidační koroze vlhkostí a vzdušným kyslíkem

Voda kondenzuje na kovových dílech nejen ve vlhkých, ale i ve venkovních prostorech. Během několika dní se na nechráněném povrchu kovového dílu z nelegované nebo nízkolegované oceli objeví rez, směs tvořená Fe_2O_3 , Fe_3O_4 a FeO . Voda způsobuje nejdříve tvorbu $\text{Fe}(\text{OH})_2$, vlhkost a vzdušný kyslík pak hydroxid železitý $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a nakonec vzniká rez. Elektrochemické děje probíhající v kapce vody, vedoucí ke vzniku rzi na povrchu železa, popisuje obr. 2.2[6]. Uprostřed kapky, se z železa uvolňují kationty Fe^{2+} . Tato část se stává lokální anodou. Z kyslíku rozpuštěného na okrajích kapky vznikají anionty OH^- , které s železem vytvářejí hydroxid železitý $\text{Fe}(\text{OH})_3$, a z něj rez $\text{FeO}(\text{OH})$, vytvářející kroužky kolem kapky. Ocel se pak pokrývá skvrnami vznikající rzi, až dojde k pokrytí celého kovového dílu. Rez má větší objem než původní železo, odlupuje se a vzniká prostor pro další oxidaci.[6]



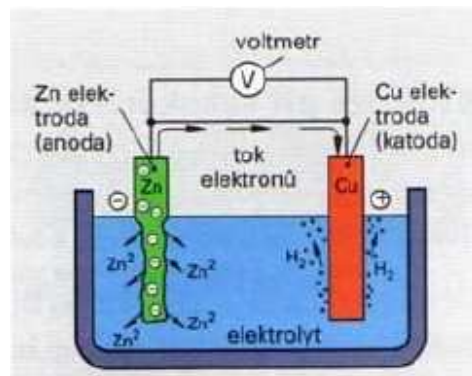
Obr. 2.1 Rez na hladké oceli[6]



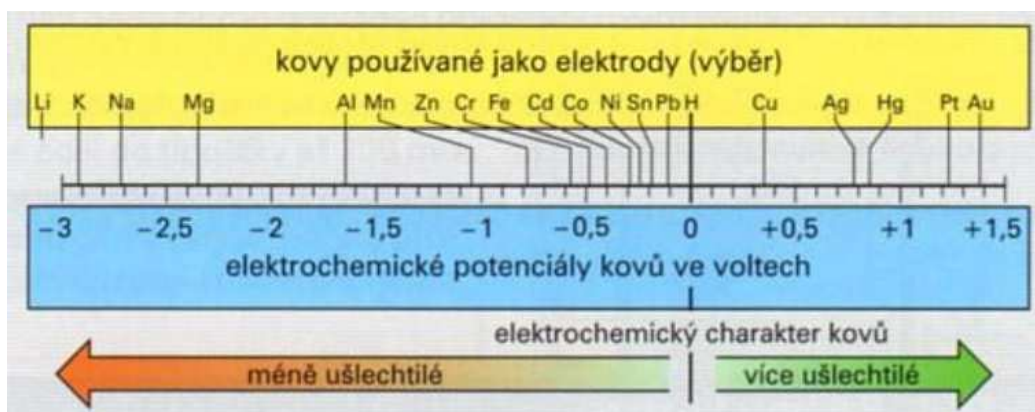
Obr. 2.2 Průběh elektrochemické koroze[6]

Elektrochemická koroze v galvanickém článku

Podobné procesy, jako při elektrochemické korozi, probíhají v elektrickém galvanickém článku s elektrodami tvořenými z různých kovů, ponořenými do elektrolytu. Měď Cu^{2+} má proti vodíku 2H^+ elektrochemický potenciál $+0,34\text{V}$ a méně ušlechtilý kov zinek Zn^{2+} potenciál $-0,76\text{V}$. Z kladné Cu elektrody na zápornou Zn elektrodu protéká proud. Kationty zinku Zn^{2+} proudí ze zinkové anody, která elektrochemicky koroduje. Díky Beketově řadě elektrochemických potenciálů kovů k vodíku, můžeme získat hodnotu napětí mezi elektrodami obr. 2.4[6]. Ušlechtilé kovy např. měď, nebo zlato mají elektrochemický potenciál kladný. Kovy neušlechtilé mají potenciál záporný, např. draslík, lithium. Elektroda z méně ušlechtilého kovu, která se chová jako anoda, se vždy rozpadá, na rozdíl od elektrody z kovu ušlechtilého, která zůstává nepoškozená.[6]



Obr. 2.3 Galvanický článek[6]



Obr. 2.4 Řada elektrochemických potenciálů [6]

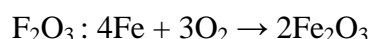
Na mnoha místech strojů a zařízení jsou podmínky pro vznik galvanického článku, můžeme je označit jako korozní články. K jejich vzniku stačí nepatrné množství kapaliny mezi dvěma různými kovy. Typickým příkladem těchto článků jsou hliníkové vodiče v měděných svorkách, poškozená vrstva zinku nebo chromu na oceli, bronzová ložiska v litinových skříních a různé složky ve slitině.[6]

2.1.2 Koroze při vysokých teplotách



Obr. 2.5 Zokujený výkovek[6]

Jde o chemickou korozi. Při vysoké teplotě není vlhkost nutná, materiál reaguje přímo s korozní látkou. Příkladem je oxidace při kování rozžhavených ocelových výrobků obr. 2.5[6]. Okuje vznikají jako reakce železa se vzdušným kyslíkem.[6]



Při běžné okolní teplotě reagují kovy se suchými plyny jen ve výjimečných případech a to velmi pomalu. Např. stříbro se vlivem sirovodíku ve vzduchu pokrývá černou vrstvou siřníku stříbrného Ag_2S . Ve většině případů

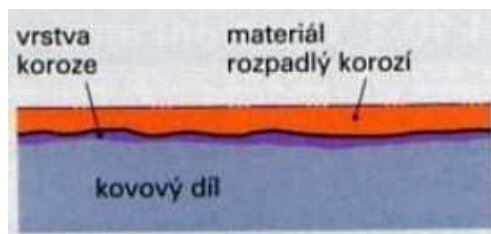
reagují kovy se suchými plyny až za vysokých teplot. K zokouzení dochází při kování, žhání a kalení výrobků.[6]

2.2 Druhy koroze a její vzhled

Rozlišujeme několik druhů koroze, jsou závislé na korodovaném materiálu a korozivní látce. Každý druh je reprezentován typickým vzhledem.[6]

2.2.1 Rovnoměrná plošná koroze

Typická pro povrchově nechráněné ocelové díly z nelegovaných ocelí vystavené venkovnímu prostředí nebo díly zokouzené po kování. Rez pokrývá rovnoměrně celou plochu dílu.[6]



Obr. 2.6 Rovnoměrná plošná koroze[6]

2.2.2 Nerovnoměrná plošná koroze

Jedná se o plošnou korozi doprovázenou korozi důlkovou, která způsobuje prohlubeniny a díry. Tento typ koroze je velmi nebezpečný pro silně mechanicky namáhaná potrubí a zásobníky vyrobené z nerezavějících ocelí. Při kontaktu se sloučeninami chloru zde dochází k tvorbě vlasových trhlin a důlků.[6]



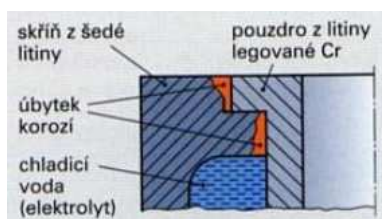
Obr. 2.7 Bodová a důlková koroze[6]

2.2.3 Kontaktní koroze

Způsobuje ji vlhkost, která pronikne mezi dva díly z různých kovů. Méně ušlechtilý kov se pak vlivem elektrochemické koroze rozpadá. Ke kontaktní korozi dochází například mezi bronzovými kluznými ložisky a litinovou skříní nebo mezi ocelovými šrouby a hliníkovou skříní.[6]

2.2.4 Štěrbinová koroze (koroze na spárách)

Vzniká v nevětraných mezerách a dutinách, ve kterých se hromadí vlhkost, obsahující i rozpouštěný vzdušný kyslík. Může se jednat o mezeru mezi šroubem a průchozí dírou, mezeru mezi bodově svařenými plechy, nebo o lícovací vůli mezi dvěma díly (tzv. lícovací rez).[6]



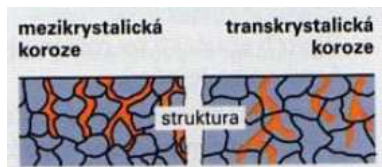
Obr. 2.8 Kontaktní koroze[6]

2.2.5 Koroze nádrží

Tento typ koroze se objevuje při zavzdušňování vodovodních systémů, jako potrubí, nádrží nebo radiátorů ústředního topení. Tvoří se zde hydroxid železitý. Příčinou je rozdílná koncentrace kyslíku v různé hloubce vody pod hladinou, ke které má přístup vzduch.[6]

2.2.6 Selektivní koroze

Napadá jen určité části struktury materiálu. Podle částí zasažených korozi rozlišujeme korozi mezikrystalickou a transkrystalickou.[6]



Obr. 2.9 Selektivní koroze[6]

2.2.7 Korozí v trhlinách dynamicky zatěžovaných dílů

Je nebezpečná především svou rychlostí nasávání korozivních látek do rozvírajících a svírajících se trhlin. Nejvíce jsou ohroženy například pružiny zatěžované v agresivním korozním prostředí. Může probíhat mezikrystalicky i transkrystalicky, záleží na prostředí a druhu zatížení.[6]

2.3 Ochrana proti korozi

Existuje hned několik možností jak korozi zabránit nebo ji alespoň omezit. Volba způsobu ochrany proti korozi závisí na vlastnostech použité oceli, typu konstrukce a v neposlední řadě na prostředí, které bude na danou ocel působit.[6]

2.3.1 Vhodný materiál

Volba vhodného materiálu, pro danou konstrukci, který v pracovním prostředí nekoroduje, patří k nejlevnějším a zároveň nejlepším způsobům antikorozi ochrany. Často z důvodu respektování pevnostních požadavků a cenové dostupnosti materiálu, není možné tuto metodu využít.[6]

Tab. 2.1 Korozní odolnost kovových materiálů v různých prostředích

Materiál	Popis odolnosti proti korozi	Suchý vzduch v místnosti	Venkovní atmosféra	Průmyslové ovzduší	Mořské ovzduší	Mořská voda
Nelegované a nízkolegované oceli	Malá odolnost. Bez ochrany použitelné jen v suchých místnostech	●	◐	◐	○	○
Korozivzdorná ocel (X5CrNiMo 17-12-2)	Odolná proti korozi vlhkem, nedolává agresivními chemikáliemi	●	●	◐	◐	◐
Hliník a slitiny hliníku	Odolný proti korozi. Menší odolnost mají slitiny obsahující měď.	●	◐	◐	◐	● až ◐
Měď a slitiny mědi (bronz, mosaz)	Dobře odolné, a to zvláště slitiny obsahující nikl	●	●	◐	◐	● až ◐
Význam značek: ● velmi dobrá odolnost (stálost) ◐ dobrá odolnost ◑ malá odolnost ○ nepoužitelné						

2.3.2 Snížení agresivity korozivních látek v okolí

Okolní prostředí obsahuje v mnoha případech jen jednotlivé agresivní složky, bez nichž by bylo neškodné. Jestliže tyto korozivní složky odstraníme, dosáhneme snížení korozní působnosti, někdy dojde k jejímu úplnému vyloučení. Odpovídající opatření mohou být poměrně jednoduchá. Příkladem je vlhkost ve vzduchu, v podobě vodní páry či mlhy, nebo ionty kyslíku v řezné kapalině.[6]

2.3.3 Konstrukční antikorozi pravidla

Konstruktor již při samotném návrhu, může výraznou měrou přispět ke snížení koroze, dodržováním několika pravidel.

Různé kovy by neměly být v přímém styku. V případě, že není možné použít materiál stejný, je vhodné díly izolovat a tím zabránit přímému kontaktu.

Povrch součástí by měl být hladký, např. leštěný nebo broušený.

Mechanické namáhání materiálu by mělo být v dílu rovnoměrné, bez napěťových špiček v místech vrubů, nebo ostrých hran.

Vyvarovat se spárám a dutinám, umožňující usazování vlhkosti.

2.3.4 Antikoroziční ochrana během třískového obrábění a po obrobení

Obráběcí kapaliny vytvářejí během obrábění, na součásti, okem neviditelný, několik málo molekul tenký ochranný film. Jsou to oleje, nebo soli, přidávané do obráběcí kapaliny, eliminující vliv korozivních látek. Po obrábění, je tento ochranný film odstraněn. Výrobek je dále ponořen do ochranného oleje s přísadami inhibitorů koroze a látkami, které na sebe vážou vodu, tím je chráněn do další výrobní operace. Hotové výrobky jsou po očištění a usušení zabaleny do speciálního, ochranným olejem nasáknutého papíru. Ochranný papír je někdy nahrazován tenkou vrstvou transparentního laku.[6]



Obr. 2.10 Nástroje a konstrukční díly chráněné transparentním lakem[6]

2.3.5 Antikoroziční ochranné vrstvy na výrobcích z železných kovů

Ochranné látky volíme dle typu korozivních látek, požadovaných vlastností chráněného povrchu a potřebné trvanlivosti ochrany.[6]

Antikoroziční ochrana holého povrchu ocelových částí

U součástí, které musí zůstat holé, např. kluzné plochy, vedení, části valivých ložisek a vřetena, se jako ochranné vrstvy používá olej, či tuk.[6]

Antikoroziční ochrana chemickou úpravou povrchu

Ponořením do lázně dojde ke vzniku porézní ochranné vrstvy, tenké jen několik μm . Díky této vrstvě je dobře vázán konzervační olej odpuzující vodu. Patří sem především fosfátování, brynýrování a chromátování. Brynýrování se používá hlavně k ochraně zbraní. Fosfátování pak jako základová vrstva pro nátěrový systém u automobilů.[6]

Antikoroziční nátěry

Antikoroziční nátěry slouží jako ochrana ocelových konstrukcí, krycích a nosných částí strojů. Trvanlivost nátěru se pohybuje v řádu několika let. Nátěr nanášíme stříkací pistolí, ponořeními lázně, elektrostaticky, nebo formou prášku.[6]

2.3.6 Ochranné pokovení

Žárové pozinkování

Ponořením do roztaveného zinku vzniká vrstva, která chrání ocelové plechy proti venkovním vlivům.[6]

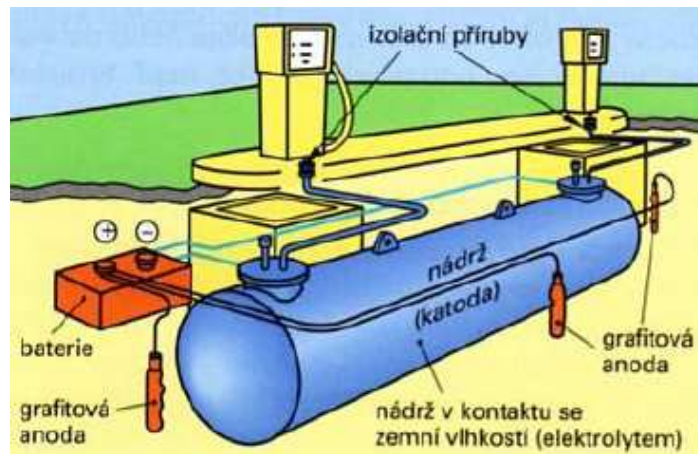
Galvanické pokovení

Používá se nejen jako antikoroziční ochrana, ale i pro dokonalejší vzhled. Na ocel nanášíme galvanicky nejprve měď a následně chrom.[6]

2.3.7 Katodová antikoroziční ochrana

Rozlišujeme metodu aktivní anody a pasivní anody. Druhá metoda využívá galvanický člunek, který vznikne spojením např. ocelového potrubí a hořčíkové desky v zemi. Potrubí tvoří katodu, je tudíž chráněné, méně ušlechtilý kov tvoří anodu a rozpadá se.[6]

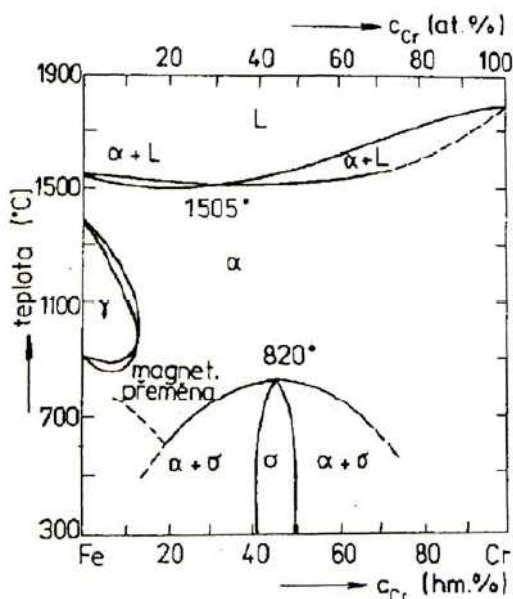
Metodou aktivní anody chráníme např. ocelové nádrže, které jsou připojeny na záporný pól zdroje. Grafitové anody, umístěné v zemi, jsou spojeny s kladným pólem zdroje obr. 2.11.[6]



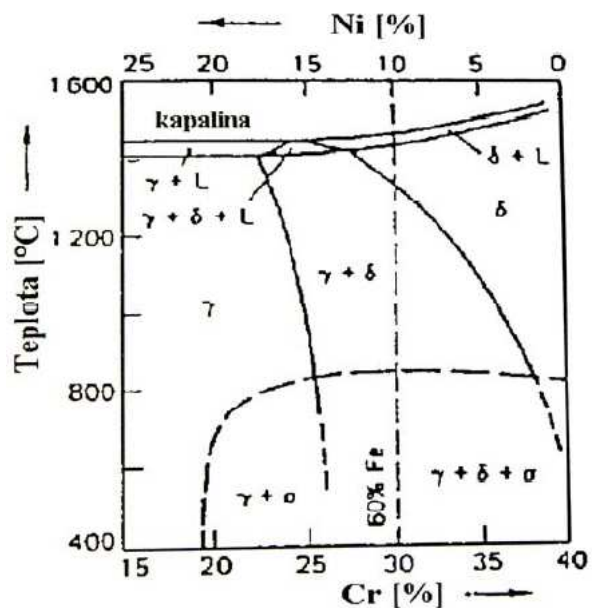
Obr. 2.11 Katodová aktivní ochrana[6]

3 KOROZIVZDORNÉ OCELI

Chróm je nepostradatelným prvkem vysokolegovaných ocelí. Pro tuto skupinu ocelí je také velmi důležitá vlastnost pasivace, která dává těmto ocelím schopnost odolávat elektrochemické korozi v oxidačním prostředí. K tomu je nezbytný obsah chrómu v tuhém roztoku vyšší než 11,5%. Po obsahu chrómu v oceli je velmi důležitý i obsah uhlíku, který tvoří s chrómem karbidy. Pro oceli korozivzdorné je typický nízký obsah uhlíku. Obsah uhlíku dosahuje obvykle hodnot nižších než 0,08%, výjimku zde tvoří martenzitické oceli. Uhlík má vyšší difuzní rychlost než chróm, proto vznik karbidů může být doprovázen vznikem heterogenity. Následkem mají místa ochuzená o chróm nižší korozivzdornost než ostatní matrice. Precipitace karbidů chrómu $M_{23}C_6$ na hranicích zrn může vést až k mezikrystalické korozi, která se vyskytuje v tepelně ovlivněné oblasti po svařování. Možnost jak zabránit mezikrystalické korozi je snížení obsahu uhlíku. Další možnost nabízí legování oceli prvky s vyšší afinitou k uhlíku než je afinita chrómu. Nejvíce používané prvky jsou Nb, Ta a Ti. Koncentrace zhruba odpovídá stechiometrickému složení karbidů NbC, TaC a TiC. Oceli s uhlíkem vázaným na karbidy prvků s vysokou afinitou k uhlíku, označujeme jako oceli stabilizované. V austenitických maticích korozivzdorných ocelí, je při pokojové teplotě rozpustnost uhlíku rovna hodnotě cca 0,03% a 0,01% v matici feritické.[4]



Obr. 3.1 Rovnovážný diagram soustavy Fe-Cr[4]



Obr. 3.2 Řez ternárním rovnovážným diagramem Fe-Cr-Ni[4]

Slitiny s obsahem chrómu více než 12% se při chladnutí nepřekrystalují, proto mají feritickou strukturu s vyloučenými karbidy. Je to způsobeno oblastí γ , která se v binárním diagramu Fe-Cr uzavírá. Ocel s koncentrací chrómu méně než 12 % je samokalitelná a austenit se běžně transformuje na martenzit. Teplota martenzitické přeměny je snížena austenitotvornými prvky Ni, C, N a Mn, které rozšiřují oblast γ . Oceli vysokolegované Cr-Ni mohou mít strukturu austenitickou. Dalším prvkem pozitivně ovlivňující korozivzdornost je nikl, po chrómu nejdůležitější prvek skupiny korozivzdorných ocelí. Řez rovnovážného diagramu Fe-Cr-Ni ukazuje obr. 3.2.[4]

Korozivzdorné oceli spadají pod normu EN 10088, která je rozděluje dle struktury na 4 základní skupiny:

- Feritické
- Martenzitické
- Austenitické
- Austeniticko-feritické, známé jako duplexní

3.1 Feritické oceli

Základní charakteristikou této skupiny nerezavějících ocelí je obsah Cr do 30% a C do 0,08%. Při tuhnutí taveniny dochází k vylučování chromového feritu. Rozpustnost uhlíku v chromovém feritu je nižší než 0,01%. Při vyšších koncentracích uhlíku dojde k tvorbě karbidů a následně křehnutí ocelí. Feritické oceli s vyššími obsahy uhlíku jsou křehké při pokojové teplotě, využívají se proto jako oceli žáruvzdorné.[4]

Obsah fosforu je omezen na 0,04%, síry na 0,015%, pouze u ocelí se zlepšenou obrobitelností je obsah síry 0,15 – 0,35%. Oceli s obsahem chromu 16 – 20% jsou legovány Mo 0,9 – 2,5%. Obsah uhlíku v oceli určuje obsah stabilizujícího prvku Nb, Ti u ocelí stabilizovaných.[4]

Feritické oceli s obsahem chromu méně než 14%, svým chemickým složením spadají do oblasti feritu a austenitu. Při chladnutí austenitu dochází k jeho přeměně na martenzit a následná struktura je potom feriticko-martenzitická. Tato ocel díky vyloučenému martenzitu vykazuje zvýšenou pevnost a tvrdost. V případě obsahu uhlíku méně než 0,1%, je pro získání feritické struktury nezbytné legovat nad 17% Cr. Feritické oceli nejsou kalitelné, což je způsobeno neměnností struktury na austenitickou při ohřevu. Při ohřevu dochází pouze k rozpouštění karbidů ve feritu, to znamená, že s rostoucí teplotou ohřevu klesá jejich křehkost. Díky tomu je vhodné feritické oceli používat jako oceli žáruvzdorné. Křehnutí se projevuje nejvíce v rozmezí teplot 350 – 550 °C, maxima při teplotě 475 °C. Toto křehnutí se dá úspěšně omezit obsahem chromu 24 – 30% a velmi nízkým obsahem uhlíku.[4]

Tab. 3.1 Chemické složení vybraných korozivzdorných feritických ocelí[4]

Označení		Chemické složení v hmotnostních %							
značkou	číslem	C max.	Si max.	Mn max.	N	Cr	Mo	Ni	Ti
X2CrNi12	1.4003	0,03	1,00	1,50	0,03	10,50 12,50		0,30 1,00	
X2CrTi12	1.4512	0,03	1,00	1,00		10,50 12,50		až 0,65	X(C+N)
X6Cr13	1.4000	0,08	1,00	1,00		12,00 14,00			
X2CrTi17	1.4520	0,025	0,50	0,50	0,015	16,00 18,00			
X2CrMoTi17-1	1.4513	0,025	1,00	1,00	0,015	16,00 18,00	1,00 1,50		0,30 0,60
X2CrMoTi18-2	1.4521	0,025	1,00	1,00	0,030	17,00 20,00	1,80 2,50		4x(C+N)+ 0,15 - 0,8
X2CrMoTi29-4	1.4592	0,025	1,00	1,00	0,045	28,00 30,00	3,50 4,50		4x(C+N)+ 0,15 až 0,8

Superferity, tak říkáme ocelím, které mají zvýšenou odolnost proti mezikrystalové korozi, koroznímu praskání, dobrou svařitelnost a přechodovou teplotu až $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vděčí za to velmi nízkému obsahu C a N, méně než 0,01%, obsahu Cr 25 – 29% a modifikaci Mo do 4%. Není možné je zušlechťovat, často slouží jako náhrada austenitických ocelí, zvýšení pevnosti je možné docílit jen tvářením.[4]

Tepelné zpracování probíhá ohřevem na teplotu $750 - 900\text{ }^{\circ}\text{C}$, při teplotě nad $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ již dochází k hrubnutí zrna. Následné ochlazení probíhá na vzduchu, nebo v oleji. Tepelné zpracování se používá k vyrovnání obsahu chromu na hranicích zrn, které kladně ovlivňuje náchylnost oceli k mezikrystalické korozi.[4]

Použití

Výrobky působící v oxidačním prostředí (např. v roztoku kyseliny dusičné), domácích spotřebičích, potravinářství, lehkém průmyslu a zařízení pro výměnu tepla v energetice. Feritické chromové oceli jsou velmi odolné proti korozi v agresivním prostředí, jako je kyselina dusičná, tekutý čpavek, dusičnan amonný, směsi kyseliny dusičné, fluorovodíkové a fosforečné.[6]

3.2 Martenzitické oceli

Pro zachování antikoročních schopností této skupiny ocelí jsou nutné prvky rozšiřující oblast γ . Obsah chromu začíná hodnotou 11,5%. Snižování koncentrace uhlíku končí na hodnotě 0,08%. Nikl je přísadou, která kompenzuje obsah uhlíku pod touto hodnotou. Dovolený obsah feritu je maximálně 20%. Martenzitické oceli jsou nerezavějící v zakaleném stavu. Snížení korozní odolnosti je následkem popouštění na $450 - 550\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy dochází k vylučování karbidů z martenzitu. Korozivzdornost se naopak zvyšuje při popouštění na vyšší teploty, kdy nastává difuze chromu.[4]

Nejpravděpodobnější u martenzitických ocelí je obsah chromu do 13% a uhlíku do 0,25%. Pro mále průřezy jsou dobře svařitelné, u větších průřezů je nutný předehřev. Při popouštění nad $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ se mez kluzu pohybuje okolo 400 MPa.[4]

Tab. 3.2 Chemické složení vybraných martenzitických a vytvrditelných. korozivzdorných ocelí[4]

Označení		Chemické složení v hmotnostních %						
značkou	číslem	C max.	Si max.	Mn max.	Cr	Cu	Mo max.	Ni max.
X12Cr13	1.4006	0,08 0,15	1,00	1,50	11,50 13,50			0,75
X20Cr13	1.4021	0,16 0,25	1,00	1,50	12,00 14,00			
X70CrMo15	1.4109	0,65 0,75	0,70	1,00	14,00 16,00		0,40 0,80	
X39CrMo17-1	1.4122	0,33 0,45	1,00	1,50	15,50 17,50		0,80 1,30	1,00
X90CrMoV18	1.4112	0,85 0,95	1,00	1,00	17,00 19,00		0,90 1,30	V 0,07 0,12
X3CrNiMo13-4	1.4314	0,05	0,70	1,00	12,00 14,00		0,30 0,70	3,50 4,50
X3CrNiMo16-5-1	1.4418	0,06	0,70	1,50	15,00 17,00		0,80 1,50	4,00 6,00
X5CrNiCuNb16-4	1.4542	0,07	0,70	1,50	15,00 17,00	3,00 5,00	0,60	3,00 5,00

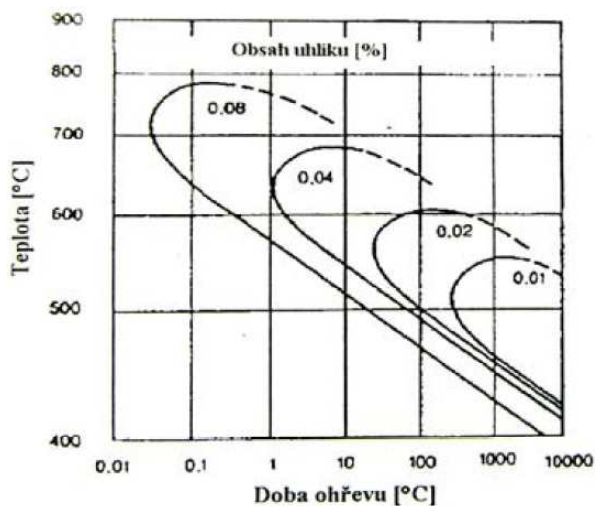
Pro martenzitické oceli bez obsahu niklu je typický obsah uhlíku 0,95 – 1,2%. Se zvýšeným obsahem uhlíku samozřejmě koresponduje i zvýšený obsah chrómu 17 – 19% a také legování Mo. Pro dosažení pevnosti až 1 600 MPa, tvrdosti 58HRC, je nutné zakalení a popuštění na 200 – 300 °C. Tento typ ocelí se proto používá jako ocel nástrojová a ocel pro valivá ložiska.[4]

Použití

Martenzitické a martenzitické-feritické oceli mají dobrou odolnost proti korozi v atmosférických podmínkách, v mírně agresivním prostředí (ve slabém roztoku solí, kyselin) a mají vysoké mechanické vlastnosti. V podstatě se používají pro výrobky působící na opotřebení řezných nástrojů, jako jsou nože, pružiny, v potravinářském, chemickém průmyslu a zdravotní technice v kontaktu s mírně agresivním prostředím.[6]

3.3 Austenitické oceli

Chróm 18 – 20%, nikl 8 – 10%, rozpustnost uhlíku v austenitu 0,03%, to jsou obsahy základních prvků austenitických ocelí. U austenitických Cr-Ni ocelí s vyšším obsahem uhlíku je nezbytné rozpouštěcí žíhání při teplotách kolem 1 050 °C, následování prudkým ochlazením, většinou ve vodě. Díky rychlému ochlazení, dojde k potlačení precipitace karbidů a austenitické struktury i u ocelí s obsahem uhlíku 0,1%. Vyšší obsah uhlíku není dobrý pro svařování. V tepelně ovlivněné zóně dochází k vylučování karbidů chrómu na hranicích zrn a k mezikrystalické korozi. Žíhání na teploty 400 – 800 °C, kde dochází k precipitaci karbidů a zároveň k ochuzení hranic zrn o chróm, nazýváme zcitlivění. Závislosti obsahu uhlíku, teploty a doby na zcitlivění korozivzdorných ocelí k mezikrystalické korozi, ukazují Rellasonovy diagramy obr. 3.3.[4]



Obr. 3.3 Rellasonovy diagramy[4]

Použití

Austenitické oceli jsou využívány převážně jako konstrukční materiály v nejrůznějších oborech techniky. Hlavní výhodou austenitických ocelí je jejich vysoká funkční charakteristika, houževnatost a odolnost proti korozi ve většině pracovních prostředí. Nevýhodou jsou nízké pevnostní charakteristiky.[6]

Tab. 3.3 Chemické složení vybraných austenitických a austenitických vytvrditelných ocelí[4]

Označení		Chemické složení v hmotnostních %					
značkou	číslem	C max.	N max.	Cr	Cu	Mo max.	Ni max.
X10CrNi18-8	1.4310	0,05 0,15	0,11	16,00 19,00		0,08	6,00 9,50
X2CrNi18-7	1.4318	0,03	0,10 0,20	16,50 18,50			6,00 8,00
X2CrNi19-11	1.4306	0,03	0,11	18,00 20,00			8,00 10,00
X2CrNi18-10	1.4311	0,03	0,12 0,22	17,00 19,50			8,50 11,50
X6CrNi18-10	1.4550	0,08	0,15	17,00 19,00			9,00 12,00
X64CrNi18-12	1.4303	0,06	0,15	17,00 19,00			11,00 13,00
X1CrNi25-21	1.4335	0,02	0,11	24,00 26,00		0,2	20,00 22,00
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	0,03	0,11	16,50 18,50		2,00 2,50	10,00 13,00
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	0,03	0,11	17,00 19,00		2,50 3,50	12,00 15,00
X2CrMnNi17-7-5	1.4371	0,03	0,15 0,20	16,00 17,00	Mn 6,0 8,0		3,50 5,50
X3CrNiCu18-9-4	1.4567	0,04	0,15	17,00 19,00	3,00 4,00		8,50 10,50
X1CrNiMoCuN25-25-5	1.4537	0,02	0,17 0,25	24,00 26,00	1,00 2,00	4,70 5,70	24,00 26,00
X2CrNiN23-4	1.4362	0,03	0,05 0,20	22,00 24,00	0,10 0,60	0,30 0,60	3,50 5,50
X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507	0,03	0,15 0,30	24,00 26,00	1,00 2,50	2,70 4,00	5,55 7,50

3.4 Austeniticko-feritické oceli

V případě, že obsah chrómu je vysoký, 21 - 28% a obsah niklu naopak nízký, 3,5 - 7%, vzniklou strukturu nazýváme duplexní. Duplexní korozivzdorné oceli kombinují nejlepší vlastnosti austenitických a zároveň feritických ocelí. Obsahují přibližně 50% feritu a stejné množství austenitu. Díky austeniticko-feritické struktuře mají vysokou teplotní vodivost. Teplotní roztažnost je o 30 až 40% nižší než u austenitických ocelí, tzn. na úrovni běžných uhlíkových ocelí. Tepelné zpracování podobné jako u austenitických ocelí. Po rozpouštěcím žíhání a následném rychlém ochlazení je dosahovaná mez kluzu 420 – 530 MPa. Jsou lépe obrobitelné než oceli austenitické, dobrá houževnatost. Mají vyšší mez kluzu než oceli austenitické, dobře svařitelné, vysokou odolnost proti mezikrystalické korozi a zvýšenou odolnost proti korozi způsobenou chloridy.[4]

Obsah křemíku je u této skupiny omezen na max. 1%, fosfor méně než 0,035% a síra 0,015%. Vlastnosti duplexních ocelí jsou důsledkem zvláštností při jejich tuhnutí. Srovnání tuhnutí duplexních a austenitických ocelí je zobrazeno na obr. 3.2 Řez ternárním rovnovážným diagramem Fe-Cr-Ni[4]. U austenitických ocelí se při tuhnutí nejprve vylučuje austenit a na hranicích austenitických zrn směs austenitu a feritu. Následně vzniklá struktura je silně heterogenní a hrubozrnná. Tuhnutí duplexních ocelí začíná vylučováním feritu, který

následně peritektickou reakcí s taveninou dopomáhá vzniku zrn austenitu. Vytvořená struktura je oproti struktuře austenitických ocelí jemnozrnější a segregace jsou lépe rozděleny.[4]

Použití

Austeniticko-feritické oceli jsou široce používány v různých odvětvích moderních technologií, zejména v chemickém inženýrství, stavbě lodí a v letectví.[6]

Tab. 3.4 Chemické složení vybraných duplexních ocelí[4]

Označení		Chemické složení v hmotnostních %						
značkou	číslem	C max.	N max.	Cr	Cu	Mo	Ni	W
X2CrNiN23-4	1.4362	0,03	0,05 0,20	22,00 24,00	0,10 0,60	0,10 0,60	3,50 5,50	
X3CrNiMoN27-5-2	1.4460	0,05	0,05 0,20	25,00 28,00		1,30 2,00	4,50 6,50	
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	0,03	0,10 0,22	21,00 23,00		2,50 3,50	4,50 6,50	
X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507	0,03	0,15 0,30	24,00 26,00	1,00 2,50	2,70 4,00	5,50 7,50	
X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	0,03	0,20 0,35	24,00 26,00		3,00 4,50	6,00 8,00	
X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	0,03	0,20 0,30	24,00 26,00	0,50 1,00	3,00 4,00	6,00 8,00	0,50 1,00

3.5 Vliv legujících prvků na vlastnosti austenitických ocelí

Chróm je jeden z nejdůležitějších prvků v korozivzdorných ocelích. Zajišťuje tzv. pasivaci ocelí a následnou oxidační odolnost. Korozní odolnost v oxidačních prostředích roste se zvyšujícím se obsahem chrómu.[4]

Nikl zvyšuje korozní odolnost v redukčních kyselinách, za normální teploty stabilizuje austenit.[4]

Mangan je někdy používám jako náhrada za dražší nikl, je také austenitotvorný. Mangan zhoršuje obrobitelnost. V případě, že koncentrace přesahuje 3%, snižuje sklon k praskání svarů.[4]

Dusík zvyšuje pevnostní hodnoty, silně austenitotvorný. Spolu s Mo zvyšuje odolnost proti korozi bodové a štěrbinové.[4]

Křemík při koncentraci 3 - 4% odstraňuje náchylnost k mezikrystalické korozi a zároveň zvyšuje odolnost proti korozi ve vroucí kyselině dusičné. Nevýhodou křemíku je vyvolávání praskavosti svarů.[4]

Molybden je feritotvorný prvek, pro zachování austenitické struktury je nezbytné zvýšit obsah niklu, či jiného austenitického prvku. Molybden také zvyšuje odolnost pro korozi ve všech prostředích, výjimkou jsou vroucí roztoky kyseliny dusičné. Zvyšuje žárovečnost.[4]

Měď je austenitotvorný prvek, ale jen slabě. Zvyšuje korozní odolnost v prostředích kyseliny sírové a zlepšuje obrobitelnost. Využití k legování vytvrditelných ocelí.[4]

Titan a **niob** jsou karbidotvorné prvky, vysoká afinita k uhlíku a dusíku. Pro svou vysokou afinitu k uhlíku, tvoří v ocelích karbidy a tím snižují obsah uhlíku v matici. Přísada do vytvrditelných ocelí.[4]

Hliník s niklem tvoří intermediální fáze, používané k precipitačnímu vytvrzení. Zvyšuje žáruvzdornost.[4]

Síra, selen, fosfor a **olovo** zvyšují obrobitelnost, naopak snižují korozní odolnost.[4]

Bór v malém množství dopomáhá ke zvýšení žáropevnosti a zlepšuje tvářitelnost. Koncentrace vyšší zhoršují tvářitelnost a vyvolávají sklon k praskavosti svarů.[4]

4 PATINUJÍCÍ OCEL

Patinující ocel sice nepatří do skupiny korozivzdorných ocelí, ale její základní specifickou vlastností je zvýšená odolnost proti atmosférické korozi. Tuto vlastnost způsobuje tzv. patina, což je vrstva oxidů, která se tvoří na povrchu oceli při vhodných atmosférických podmínkách. Tato vrstva výrazně zpomaluje rychlost koroze. Patinující ocel známe již od roku 1933, kdy byla v USA patentována pod názvem Corten. Oceli Atmofix, které jsou srovnatelné s ocelmi Corten, byly vyvinuty v ČSSR po roce 1968. V ČR byly využity pro celou řadu nosných ocelových konstrukcí i architektonických aplikací. Nejrozšířenější použití je u mostních konstrukcí a stožárů v přenosových soustavách vysokého napětí.[7]



Obr. 4.1 Příklady konstrukcí z patinující oceli v ČR[7]

Patinující oceli patří do skupiny ocelí nízkolegovaných, obsahují malé množství Cr, Cu, Ni, P a dalších legujících prvků. Obsah legujících prvků je většinou nižší než 2%. Výjimku tvoří pouze japonské oceli s obsahem niklu až 3%. Ve světě se dnes vyrábí více než 30 typů patinujících ocelí. Norma ČSN EN 10025-5 specifikuje kvalitu těchto ocelí.[7]

Tab. 2.1 Obsah jednotlivých prvků v patinující oceli[7]

Obchodní označení	Obsah jednotlivých prvků v oceli [hm.%]										
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Al	Nb
Cor-Ten A	0,09	0,35	0,30	0,081	0,005	0,27	0,48	0,28		0,037	
Cor-Ten B	0,19	0,80 1,25	0,30 0,65	0,04	0,05	0,40	0,40 0,65	0,25 0,40	0,02 0,10		
Atmofix A	0,12	0,30 1,00	0,25 0,75	0,05 0,06	0,04	0,30 0,60	0,50 1,25	0,30 0,55	0,01 0,10	0,01	
Atmofix B	0,10 0,17	0,90 1,20	0,20 0,45	0,03 0,06	0,04	0,30 0,60	0,40 0,80	0,30 0,55	0,01 0,1		0,04

Korozní rychlost patinujících ocelí je z počátku přibližně stejná jako u běžných konstrukčních uhlíkových ocelí, vyšší odolnost se projeví až po určité době. Tvorba patiny je podmíněna cyklickým působením mokrých a suchých period. Ve vhodných atmosférických podmínkách vzniká postupně pevná a přilnavá vrstva korozních produktů – patina, která zpomaluje korozní proces. Plně funkční vrstva patiny se vyvíjí cca 3 až 5 let. Tloušťka vrstvy patiny dosahuje 200 μm , průměrné tloušťky jsou cca 100 μm . [7]

Vrstva patiny je složena z podvrstev, s různými mechanickými vlastnostmi. Hlavní složky korozních produktů oceli jsou goethit $\alpha\text{-FeOOH}$ (nejstabilnější fáze), akaganeit $\alpha\text{-FeOOH}$, lepidokrokit $\gamma\text{-FeOOH}$, magnetit Fe_3O_4 a také amorfní a nestechiometrické sloučeniny. Kvantitativním kritériem ochranné účinnosti patiny je PAI (Protective Ability Index), který porovnává poměr jednotlivých sloučenin ve vrstvě. Ochranná účinnost vzniklých vrstev oxidů závisí zejména na jejich schopnosti bránit proniku agresivního prostředí vrstvou. Během 3 - 4 let expozice dosahuje korozní rychlost u konstrukčních uhlíkových ocelí hodnoty 25 - 30 $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$, u patinujících ocelí hodnoty 5 - 7 $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$. [7]



Obr. 4.2 Příklad vzhledu ochranné patiny na konstrukcích v ČR po cca 25 letech expozice [7]

Patinující oceli se využívají dlouhodobě pro ocelové konstrukce, kde přináší řadu technologických a ekonomických výhod díky možnosti aplikace bez antikorozi ochrany. Nátěry se případně aplikují na vybrané plochy, bez předpokladu tvorby ochranné patiny, nebo dodatečně, lokálně v místech, s poruchou tvorby patiny. [7]

5 METALURGIE KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Skupina korozivzdorných ocelí je nejnovější a zároveň nejvíce se rozvíjející. Rozvoj probíhá především v oblasti použití těchto ocelí ve slané vodě a v korozním prostředí obsahující chloridy. Hlavní cíle vývoje jsou obsah uhlíku pod 0,03%, legování dusíkem do 0,5% u tvářených ocelí, 0,25% u ocelí na odlitky, vysoká čistota oceli dosažitelná pochody sekundární metalurgie a samotná výroba duplexních ocelí.[3]

U žáruvzdorných ocelí je požadováno vysoké odolnosti proti oxidaci, korozi a stále vlastnosti v horkých plynech. Zvýšení oxidační odolnost se dosahuje legováním oceli prvky Cr, Si, Al a Ni. Za vyšších teplot se v matici rozpouští uhlík vyloučený jako karbidy, tím se zvyšuje houževnatost oceli. Žáruvzdorné oceli obsahují více uhlíku než oceli korozivzdorné a to v řádu desetin procent.[3]

5.1 Výroba v zásaditých obloukových pecích

Z pohledu metalurgie patří výroba vysokolegovaných ocelí na bázi chromu k nelehkým úkolům. Snížení obsahu uhlíku dosahujeme oxidací kyslíkem, kterou používáme jak při výrobě korozivzdorných ocelí, tak i ocelí žáruvzdorných. Pro korozivzdorné oceli je požadován obsah uhlíku méně než 0,07 %. Energetický režim tavby je nutné volit s ohledem na ohřev lázně. Do začátku dmýchání kyslíku je nezbytné docílit teploty, při které je rovnovážná aktivita kyslíku s uhlíkem nižší než s chromem. Konec dmýchání je spojen s teplotami podstatně vyššími, než je odpichová teplota. Je proto nutné volit hmotnost vsázky tak, aby po oxidaci mohlo dojít k ochlazení lázně legujícími přísadami. Oxidace je doprovázená nasycením vyzdívky chromem nebo manganem. S tím je nutné počítat. Pro další tavby. Vhodné je výrobu provádět v tzv. kampaních. Po skončení kampaně stačí vrstvy obohacené danými prvky vybourat, nebo nežádoucí přísady odstranit.[3]

5.1.1 Hlavní metalurgické úkoly při výrobě korozivzdorných ocelí

Ocel s nízkým obsahem fosforu. U korozivzdorných ocelí je fosfor velmi nežádoucí prvek, ovšem jeho odstranění oxidací a převedení ve formě oxidu fosforečného do strusky není možné pro nízkou aktivitu FeO ve strusce. Další možností je odstranění fosforu v redukčním údobí jako fosfid vápníku Ca_3P_2 , tato metoda se zatím plně neprosadila do provozu. Velmi důležité proto zůstává věnovat velkou pozornost složení vsázky a užívat jen suroviny s prokazatelně nízkým obsahem fosforu. Totožné pravidla dodržujeme pro ferochrom užívaný k dolegování oceli. Mezi první zkouškou a výsledným složením dochází k malému zvýšení obsahu fosforu, přibližně o 0,002 – 0,005%.[3]

Nízký obsah uhlíku. Nutný kompromis mezi nízkým obsahem uhlíku a ztrátami chromu, při oxidaci taveniny. Dalším krokem je co nejnížší nauhličení grafitovými elektrodami při další fázi tavby. V obloukových pecích je nemožné úplně zamezit nauhličení grafitovými elektrodami, při korozi povrchu grafitových elektrod totiž dochází k uvolňování zrnků grafitu do strusky. Menší poměr mezi hmotností tavby a hmotností grafitových elektrod negativně působí na nauhličení lázně. Stejně následky má delší doba trvání údobí od konce oxidace do odpichu.[3]

5.1.2 Proces výroby

Obloukové pece jsou nejčastěji používány k výrobě martenzitické 13% chromové oceli s obsahem uhlíku často více než 0,1%. V případě vyššího obsahu uhlíku, cca 0,12% se přidává 1% Ni, aby došlo ke snížení podílu delta feritu. V současnosti vyráběné oceli mají obsahy 4 až 6% u Ni a 0,06% u uhlíku.[3]

Cr-Ni oceli s 19% Cr a 9% Ni jsou další skupinou často vyráběných ocelí. Mohou být stabilizované přísadou Ti nebo Nb, někdy bývají dále legovány 2 – 2,5% Mo. Nikl zde zvyšuje aktivitu uhlíku a snižuje aktivitu chromu. Výsledné obsahy uhlíku těchto ocelí vyráběných na obloukových pecích se pohybuje obvykle v rozmezí 0,05 - 0,08% C.[3]

Výchozí složení vsázky u obou skupin těchto ocelí je cca 13% Cr, 0,5% C. Podle vyráběné značky i s obsahem niklu. Pro martenzitické oceli je ve vsázce nutný nižší obsah chromu. Tento postup odpovídá výrobě v zásadité obloukové peci, hmotnost vsázky 5t a hmotnost tavby po dolegování kolem 6t.[3]

První zkouška se odebírá po roztavení a slouží k určení hlavně C, Cr, Ni, P, S, Mo. V případě potřeby dojde k upravení obsahu uhlíku, chromu a niklu. Pro úpravu obsahu chromu je možné použít silikochróm, pouze v přiměřeném množství. Lázeň se ohřívá na teplotu 1620 °C, při obsahu C kolem 0,50%. Před počátkem dmýchání se kontrolují elektrody. Pokud je na konci elektrody vsuvka, musí se odstranit, aby se zabránilo případnému nauhličení lázně.[3]

Pro dmýchání je nutné, aby kyslík měl tlak vyšší než 1 MPa a při dmýchání tlak neklesal pod 0,6 MPa. K dmýchání kyslíku se používá ocelová trubka, většinou o průměru 3/4“, která je chráněna šamotovými trubkami. U větších pecí se může dmýchat dvěma trubkami současně. Uhlíkový var by měl ideálně začít ihned po oxidaci křemíku, tzn. za 1 - 2 minuty. Je zřetelný z plamenů, které jsou viditelné nad otevřenými dvířky sázečního otvoru pece. První trubka se dmýchá obvykle při zapnutí pece.[3]

Po první trubce se zkouškou stanovuje obsah uhlíku. Ideálně by mělo dojít k poklesu obsahu uhlíku z 0,5 na 0,15% - 0,2%, po první trubce. Při výměně trubek nesmí dojít k přestávce ve dmýchání, jinak se zpomalí uhlíkový var. Proto je vhodnější používat trubky dvě. Zkracující se plameny nad pecí oznamují obsah uhlíku pod 0,10%. Dmýchání končí začátkem houstnutí strusky. Houstnutí strusky signalizuje oxidaci chromu. Dosahované obsahy uhlíku, na konci dmýchání jsou 0,05 - 0,08%, dle teploty lázně. Pro dosažení obsahu uhlíku pod 0,05% je nutné ukončit dmýchání při teplotách nad 1900 °C. Obsah chromu v oceli klesá během oxidace o 2 - 3%. To je následek nevhodného energetického režimu během dmýchání. Tepelná bilance by měla být navržena pro každou tavbu tak, aby se požadované výsledné teploty oceli dosáhlo bez nutnosti oxidovat chrom. Nejvýznamnější v této bilanci je teplo získané oxidací křemíku.[3]

K dezoxidaci strusky je vhodný silikochróm. Množství silikochrómu určuje obsah křemíku. Křemík ze silikochrómu musí odpovídat jeho obsahu v oceli, tzn. 1 - 2%. Díky tomuto křemíku dochází k dezoxidaci oxidů chromu a chrom následně přechází do oceli. Vhodné je proto použití silikochrómu s vysokým obsahem chromu. Silikochróm je nejlevnějším zdrojem chromu. Obsah křemíku v oceli po dezoxidaci má být 0,6 - 0,8%. Dezoxidovat strusku je nutné ihned po skončení dmýchání. Po rozpuštění silikochrómu se struska zamíchá a částečně se stahuje, aby zůstalo jen množství nutné k pokrytí celé hladiny lázně. Třetí zkouška se odebírá po stažení strusky, po odběru se ochlazuje lázeň nasypáním části ferochromu do lázně. Zkouška slouží k určení obsahu všech legujících prvků a uhlíků. Na základě výsledků zkoušky se provádí dolegování tavby.[3]

Dezoxidací tavby dochází k zvýšení obsahu uhlíku o 0,01 - 0,03%. K dolegování se využívá ferochrom který má obsah uhlíku méně než 0,06%. Následuje čtvrtá zkouška k určení obsahu uhlíku.[3]

U taveb stabilizovaných titanem se přidává ferotitan až na konci tavby, nejlépe do proudu kovu. Propal ferotitanu bývá asi 50%. Předepsaný obsah titanu pro stabilizaci určujeme $Ti = (\%C - 0,03) \cdot 5$, nebo $Ti = 4 \cdot \%C$. Titan negativně ovlivňuje některé slévárenské vlastnosti, nejvíce zabíhavost. Doporučuje se, u taveb stabilizovaných titanem, výsledný obsah uhlíku nižší než 0,09 %. Při překročení koncentrace titanu 0,35%, dochází k nemalému zhoršení plastických vlastností a houževnatosti. Stabilizování niobem se provádí přidáním feroniobu do dezoxidované oceli před odpichem. Využití niobu je často více než 90%.[3]

5.2 Výroba v elektrických indukčních pecích

Korozivzdorné a žárovzdorné oceli patří k nejčastěji vyráběným vysokolegovaným ocelím v indukčních pecích. Využitím indukčních pecí, pro výrobu korozivzdorné oceli je možné docílit, obsahu uhlíku méně než 0,03%.[3]

U pecí které používají kyselou výdusku, je běžná reakce mezi chromem a výduskou. Jestliže ocel obsahuje přibližně 18% Cr, obsah křemíku je nižší než 0,4%, může reagovat vyzdívka s chromem v oceli. Během tavení za nízkých teplot chrom nereaguje s výduskou, protože vsázka obsahuje více než 0,40% Cr. Při odpichových teplotách, které jsou u těchto ocelí 1620 - 1670 °C, je nutné počítat s rostoucím obsahem křemíku. Proto je tavba ohřívána těsně před odpichem a po dosažení odpichové teploty ihned odlita do pánve. Oxidy železa ve vsázce negativně ovlivňují propal chromu, k jejich snížení je vhodné ocelový odpad ve vsázce otryskat.[3]

5.2.1 Proces výroby v elektrických indukčních pecích

Ve slévárnách oceli jsou nejčastěji vyráběny austenitické oceli s 19% Cr, 9% Ni, martenzitické oceli 13% Cr, 1 - 6% Ni a austeniticko-feritické oceli 21% Cr, 5% Ni. Tyto tři skupiny vysokolegovaných ocelí mohou být vyráběny jako varianty s Mo do 2,5%, nebo stabilizované Ti, výjimečně Nb + Ta. Možná je i varianta s Mo, která je stabilizovaná Ti, nebo Nb + Ta. Mo přispívá ke zvýšení korozivzdornosti v některých prostředích u austenitických a austeniticko-feritických ocelí. U martenzitických ocelí zvyšuje Mo navíc odolnost proti popouštěcí křehkosti. Stabilizační prvky slouží u austenitickým a austeniticko-feritickým ocelím k vázání uhlíku do stabilních karbidů, to způsobuje zvýšenou odolnost proti mezikrystalické korozi.[3]

Jako vsázky se obvykle používá vratného materiálu, nízkouhlíkového odpadu a feroslitin. Zvykem je počítat složení vsázky zvlášť pro každou tavbu.[3]

Počítá se 100% využití Ni a Mo jak z vsázky, tak i feroslitin. U chromu se počítá s celkovým snížením jeho obsahu oproti výpočtu o 1 - 2 %. Vsázka obsahuje až 60% vratného materiálu. Vyšší podíl vratného materiálu může být příčinou bublin ve vyrobených odlitcích. Z vratného materiálu se do oceli dostává především Si, C, P, vodík a dusík. Nelegovaný odpad má mít co nejnižší koncentrace výše uvedených prvků.[3]

Během tavení vsázky jsou nutné kontroly přehřátí taveniny. Přehřátím dojde k vytvoření velkého množství strusky, to může vést k tzv. zamrznutí tavby. V případě zamrznutí tavby je nutné kelímek odstavit, nechat vychladnout a následně vybourat. Proražení zamrzlé strusky, nebo dokonce další ohřev lázně, by vedlo k celé řadě vážných úrazů. Do vsázky se nejprve na

dno pece syne Ni a FeCr, následuje nelegovaný odpad a na konec se přidává vratný materiál.
[3]

První zkouška pro chemický rozbor se odebírá po roztavení. U taveb vyráběných na EIP je k dispozici přesné chemické složení tavby těsně před dolegováním. Je proto možné dosáhnout požadovaného chemického složení.[3]

K závěrečné dezoxidaci oceli v pánvi se používá hliník. V případě austenitických ocelí se k dezoxidaci přidává 1 - 1,5 kg. dezoxidačního hliníku do pánve. Zbytkový hliník u martenzitických ocelí ovlivňuje houževnatost, především u ocelí, k jejichž výrobě bylo použito kyselých indukčních pecí. U martenzitických ocelí je doporučený obsah zbytkový hliníku 0,02 - 0,03%. Přidání vápníku kladně působí na houževnatost a čistotu.[3]

Ferotitan používaný ke stabilizaci se přidává do kelímku, až po stažení strusky těsně před odpichem, nebo až do pánve. Titan způsobuje snížení plastických vlastností oceli, slévárenské vlastnosti a hlavně houževnatosti. Ocel legovaná titanem se špatně odlévá, což často vede ke zvyšování lící teploty. Cílem je vyrábět stabilizované oceli s co nejnižším obsahem titanu, alespoň nižším než 0,3%. K dosažení této hodnoty obsahu titanu, je nutné snížit obsah uhlíku v oceli pod 0,07%. Niob a tantal nepůsobí při stabilizaci oceli tak negativně jako titan. Přesto je však doporučeno obsah uhlíku snížit u obou těchto stabilizujících prvků.[3]

6 POUŽITÍ

6.1 Použití ve strojírenství

6.1.1 Ultra duplexní ocel pro aplikaci ve slané vodě, Sandvik SAF 3207 HD



Obr. 6.1 Těžební věž[8]

Tento nový materiál je používán pro kabely, které spojují kontrolní věž s ústím vrtu, který leží na mořském dně. Běžně pracují v hloubkách větších než 2 500 m a při tlaku 100 MPa. Důvodem vývoje tohoto materiálu bylo především dosažení větší pevnosti, delší životnosti a zároveň zvýšit korozní odolnost.[8]

Tyto kabely se používají nejen pro ovládání zařízení ale i pro dopravu chemikálií, plynu a samozřejmě ropy. Kabel se skládá z několika ocelových trubek, lan a plastového krytí. Doposud byl nejpoužívanějším materiálem SAF 2507, taktéž od firmy Sandvik. Tento materiál je znám od roku 1993 a je vhodný do hloubek max. 2 500m. V případě potřeby použití ve větších hloubkách materiál dosáhne bodu, kdy již není schopen unést sám sebe a je proto ve větších hloubkách nepoužitelný.[8]



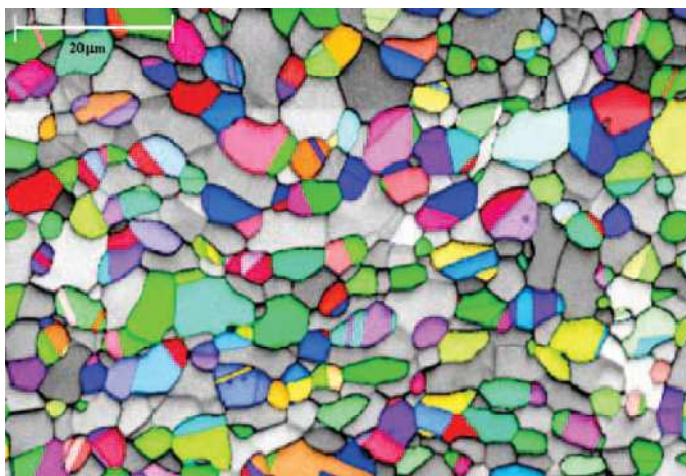
Obr. 6.2 Schematický řez těžebním kabelem [8]

Tab. 6.1 Obsah jednotlivých prvků[8]

Grade	UNS	C_max	Cr	Ni	Mo	N	PRE
Sandvik SAF 3207 HD	S32707	0.03	32	7	3.5	0.5	50
Sandvik SAF 2507	S32750	0.03	25	7	4	0.3	42.5

Z tabulky tab. 6.1 je patrné že se zvýšil obsah chrómu o 7%, dusíku o 0,2%. Obsah molybdenu se snížil o 0,5%. Díky těmto změnám vzrostla hodnota PRE na 50. PRE (Pitting Resistance Equivalent) označuje koncentraci prvků zvyšujících odolnost proti důlkové korozi. $PRE = [\%Cr] + 3,3 \cdot [\%Mo] + 16 \cdot [\%N]$. Sandvik SAF 3207 HD má vyváženou kompozici struktury, obsahuje 50% austenitu i feritu.[8]

Nový materiál Sandvik SAF 3207 HD má o 20% vyšší mez kluzu. Dobrá kombinace vysoké pevnosti a tažnosti umožňuje snížení tloušťky, což vede ke snížení hmotnosti a následně také ceny. Použitím materiálu Sandvik SAF 3207 HD jako náhrady za Sandvik SAF 2507, dojde ke snížení tloušťky stěny o 21% a celkové hmotnosti o 22%. [8]



Obr. 6.3 Struktura v materiálu Sandvik SAF 3207HD. Barevné části představují austenit(3,6μm), šedé potom ferit(5,1μm)[8]

6.2 Použití ve stavebnictví

Ve stavebnictví se používá především austenitických, feritických nebo duplexních korozivzdorných ocelí. Pouze dráty a tyče se někdy vyrábějí z martenzitických ocelí.



Obr. 6.4 Empire State Building[9]

Korozivzdorných ocelí se ve stavebnictví používá ve formě plechů na konstrukce, střešní krytiny, fasády, obklady, osvětlovací prvky, podlahy, kovové příslušenství a vybavení, kouřové trubky atd. Z trubek se vyrábějí konstrukce, potrubí, topení, klimatizace a balustrády. Z tyčoviny jsou mřížoví, příhradové nosníky, kotvicí prvky, táhla a vzpěry či výztuž do betonu, z drátů pak kabely. Také se používají na výrobu spojovacích a úchytných prvků, vrutů a šroubů, sešívacích drátků nebo přípravků na ukotvení skleněných panelů.[9]

Výhradně na střešní krytiny se rovněž používá oboustranně pocínovaných plechů z korozivzdorné oceli. Povlak zde plní důležitou úlohu tím, že pokrývačům usnadňuje pájení a povrchu dodává matný vzhled, jaký se jinak vytváří během let jako přirozená patina. [9]

Různí výrobci pak vyvíjejí tkané produkty a síťovinu z antikoroového drátu, které již vyústily v řadu technických inovací – korozivzdorné oceli jsou opravdu již materiálem zosobňujícím současnou architekturu.[9]

Opravdový nástup korozivzdorných ocelí v architektuře zajistilo jejich použití na dvě stavby v New Yorku – Chrysler Building v r. 1930 a Empire State Building v r. 1931. Na parapety, balustrády, věž, dveře a vstupní halu Chrysler Building bylo použito přibližně 5500 m² plechů z korozivzdorné oceli, což výrazně přispělo k nevídanému vzhledu tehdy nejvyšší budovy světa. Korozivzdorná ocel byla použita na svislé sloupové fasády Empire State Building.[9]

Po druhé světové válce tyto oceli ve spojení se sklem okamžitě získaly oblibu jako materiál na stavbu zavěšených fasád. Lever House v Chicagu, postavený v r. 1952, se stal jedním z prvních vzorů tohoto nového designu s odlehčenými prosklenými fasádami. S pokrokem válcovacích technologií koncem 50. let, se začalo korozivzdorných ocelí používat na okapní žlaby, zastřešení a vnější obklady. Korozivzdorné oceli se dále velmi energicky prosazovaly v 80. letech, což odráželo snahu architektury “high-tech” o zvýraznění užívaných materiálů. Příkladem jsou fasády a venkovní schodiště ředitelství pojišťovny Lloyd’s of London, které dostaly v roce 1984 obložení z korozivzdorné oceli.[9]

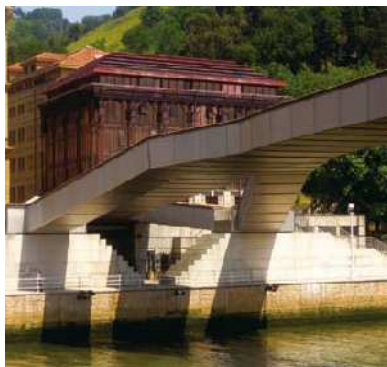
Dnes se používá pro konstrukce skleněných zastřešení, fasád, výtahů a pojízdných schodů a stále častěji i všechny další kovové součásti budov. Mřížoví z korozivzdorné oceli se ve velkém rozsahu bezprecedentně uplatnilo r. 1995 na budově Francouzské národní knihovny (architekt Dominique Perrault).[9]



Obr.6.5 Chrysler Building[9]

6.2.1 Mostní konstrukce

Duplexní oceli se ve stavebnictví používají také na mostní konstrukce. Je to především pro jejich vysokou mez kluzu a dobrou svařitelnost. Příkladem je povrch lávky Pedro Arrupe v Bilbau, ve Španělsku, obr. 6.4[9], který je vyroben z duplexní oceli. Obr. 6.5[9] lávka ve Stockholmu, Švédsko, z duplexní korozivzdorné oceli vysoké pevnosti.[9]



Obr. 6.4 Lávka Pedro Arrupe, Bilbao[9]



Obr. 6.5 Lávka Stockholm[9]

6.2.2 Oxygen

Děrováním a lisováním z korozivzdorné oceli se vyrábějí Kazety Oxygen. Užívají se jako odstiňující obložení, nebo na esteticky působící olemování. Osvětlením těchto jedinečných forem dojde ke zvýraznění třetího rozměru. Kazety jsou uchyceny na vodících tyčích. Tento systém vyvinutý ve spolupráci s architekty je nyní k dispozici v provedení z korozivzdorné oceli EN 1.4301 (AISI 304) s leskle žíhaným povrchem.[9]



Obr. 6.6 Kazeta Oxygen[9]

6.2.3 Další příklady využití ve stavebnictví

Eiffelova věž – postavena 1889, celková hmotnost 7 000 tun oceli, z toho 5 000 tun profilů a 2 000 t nýtů. Při využití dnešních ocelí by vážila jen 2 000 tun.[1]



Obr. 6.7 Eiffelova věž [1]

Dánský most - 6,8 km dlouhý ocelový most spojující dánský ostrov Zealand s pevninou. Dva hlavní kabely vyrobeny z taženého drátu mají průměr 826 mm.[1]



Obr. 6.8 Most v Dánsku [1]

Vlakový terminál – další ukázkou ocelových konstrukcí ve stavebnictví je mezinárodní vlakový terminál Waterloo, Londýn.[1]



Obr. 6.9 Vlakový terminál Waterloo [1]

6.3 Další použití

6.3.1 Ocel 316L

Ocel 316L, známa spíše pod označením chirurgická ocel, je jedním z nejoblíbenějších materiálů v oblasti výroby šperků a hodinek. Je to dáno především vlastnostmi této oceli, jako je pevnost, stálost vzhledu, korozivzdornost a hlavně zdravotní nezávadnost. Tato ocel obsahuje 17% chrómu a kolem 10% niklu.[10]



Obr. 6.10 Hodinky Nixon z oceli 316L[11]



Obr. 6.11 Přívěšek z oceli 316L[10]

7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracování rešerše na téma progresivní antikorozi kovové materiály. Práce je rozdělena do několika kapitol. První kapitoly jsou věnované obecným faktům o ocelích. Jsou zde popsány důvody nepřestávající oblíbenosti a důležitosti oceli pro výrobu nástrojů, strojů, stavebních konstrukcí a spousty dalších předmětů denní potřeby.

Následuje kapitola věnovaná korozi. Jsou zde vysvětleny principy elektrochemické koroze a koroze za vysokých teplot. Popsány jsou také rozmanité druhy koroze jako např. plošná, kontaktní, štěrbinová a další. Ochranné pokovení, antikorozi ochranné vrstvy, katodová antikorozi ochrana a další metody uzavírají tuto kapitolu.

Feritické, martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické oceli jsou předmětem následující kapitoly. U každé skupiny ocelí je uveden obsah chromu, uhlíku a případně minimální, či naopak maximální obsah dalších prvků, jako molybden, nikl, síra a fosfor. Nechybí samozřejmě základní mechanické charakteristiky a možnosti využití v různých korozních prostředích. Malá část práce patří i patinujícím ocelím. Ty sice nepatří do skupiny korozivzdorných ocelí, ale díky patině, korozi omezují. V druhé polovině práce je popsán proces metalurgie korozivzdorných ocelí. Popis výroby v obloukových pecích, které jsou nejčastěji používány pro výrobu martenzitické 13% chromové oceli a chrom-niklové oceli s 19% Cr a 9% Ni. K výrobě austenitické oceli s 19% Cr, 9% Ni, martenzitické oceli s 13% Cr, 1 - 6% Ni a austeniticko-feritické oceli 21% Cr, 5% Ni jsou používány elektrické indukční pece.

Závěr práce prezentuje skutečné využití korozivzdorných ocelí po celém světě a v širokém spektru odvětví. Nejprve se věnuje oblasti stavebnictví a architektury. Vlakový terminál Waterloo v Londýně, lávka Pedro Arrupe v Bilbao ve Španělsku a především části budov Empire State Building a Chrysler Building. Pro šperky a hodinky využívaná ocel 316L, zakončuje tuto kapitolu a zároveň celou práci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1]. KLIBER, J., Základy tváření kovů, 2. vyd. skripta VŠB-TU Ostrava, 1998. ISBN 80-7078-978-6
- [2]. *Technik ihned: Ocel je tradiční a perspektivní zároveň* [online]. 5/2004 [citováno 2010-05-20]. Dostupné z WWW: [http://technik.ihned.cz/index.php?p=800000_d&&article\[id\]=14343160](http://technik.ihned.cz/index.php?p=800000_d&&article[id]=14343160)
- [3]. ŠENBERGER, Jaroslav. aj. Metalurgie oceli na odlitky. 1. vyd. Brno: VUT v Brně – Nakladatelství VUTIUM, 2008. 311 s. ISBN 987-80-214-3632-9.
- [4]. PTÁČEK, Luděk. a kol. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 391 s. ISBN 80-7204-248-3.
- [5]. *Mve energetika: Abeceda malých vodních pohonů* [online]. 2010 [citováno 2010-05-20]. Dostupné z WWW: <http://mve.energetika.cz/uvod/pudlovna.htm>
- [6]. DILLINGER Josef a kol. Moderní strojírenství pro školu a praxi. 1.vyd. Praha: Nakladatelství Europa-Sobotáles cz, 2007. 612 s. ISBN 978-80-86706-19-1
- [7]. *Atmofix: Patinující ocel* [online]. 2010 [citováno 2010-05-20]. Dostupné z WWW: http://www.atmofix.cz/ocel_cz.php
- [8]. Guocai CHAI, Ulf KIVISAKK, John TOKARUK and Josefin EIDHAGEN. *Stainless steel world: Hyper duplex stainless steel for deep subsea applications* [online]. 3/2009 [citováno 2010-05-20]. Dostupné z WWW: http://www.stainless-steel-world.net/pdf/SSW_0903_SANDVIK.pdf
- [9]. ARCELORMITTAL. *Korozivzdorné oceli ve stavebnictví* [online]. 2010 [citováno 2010-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.arcelormittal.com>
- [10]. AICO. *Chirurgická ocel 316L* [online]. 2010 [citováno 2010-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.aico.cz/chirurgicka-ocel-316l/infobox/>
- [11]. NIXON. *Hodinky z oceli 316L* [online]. 2010 [citováno 2010-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.blackcomb.cz/>