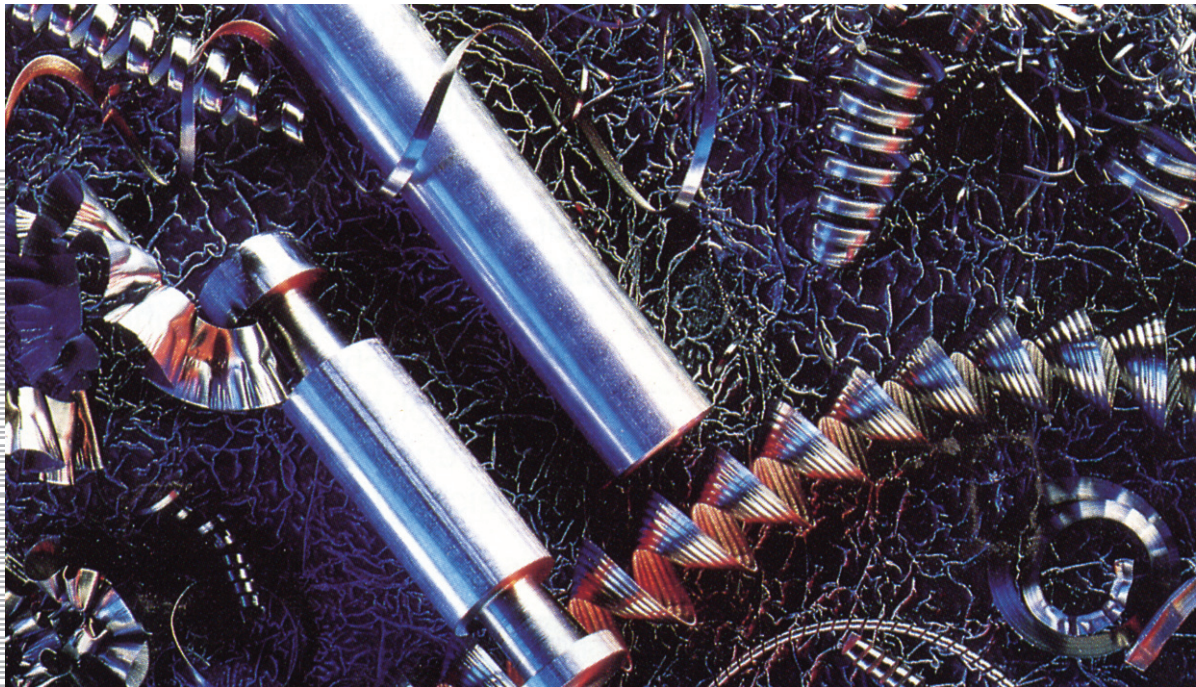


## Korozivzdorné oceli - vlastnosti



## Euro Inox

Euro Inox je evropská organizace na podporu trhu s nerezavějícími oceli.

Členy Euro Inox jsou

- evropští výrobci nerezavějících ocelí
- národní organizace na podporu trhu s nerezavějící ocelí a
- organizace na podporu trhu průmyslu legujících prostředků

Cílem Euro Inox je podporovat stávající používání nerezavějících ocelí a povzbuzovat k jejich novému uplatňování. Projektantům a uživatelům poskytuje a zpřístupňuje informace o vlastnostech korozivzdorných ocelí pro jejich praktické použití a jejich zpracování pro příslušný účel použití. Za tímto účelem

- Euro Inox vydává publikace v tištěné i elektronické formě,
- Inicjuje nebo podporuje záměry v oblastech aplikačního výzkumu a průzkumu trhu.

## Impressum

Vlastnosti korozivzdorných ocelí

Vydání 2002

© Euro Inox 2002

ISBN 2-87997-082-2

### Vydavatel:

Euro Inox

241, route d'Arlon

1150 Lucembursko

Lucembursko

Tel. +352 26 10 30 50

Fax +352 26 10 30 51

Diamant Building, Bd. A. Reyers 80

1030 Brusel, Belgie

Tel. +32 2 706 82 67

Fax +32 2 706 82 69

E-mail: info@euro-inox.org

www.euro-inox.org

Tato dokumentace vychází z referenční příručky 821 „Edelstahl Rostfrei - Eigenschaften“, kterou vydalo Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, Německo

---

## Poradenské adresy

### Plnoprávní členové

#### Acerinox

Internet: [www.acxgroup.com](http://www.acxgroup.com)

#### AvestaPolarit

**Avesta Research Centre**

Internet: [www.avestapolarit.com](http://www.avestapolarit.com)

#### ThyssenKrupp

**Acciai Speciali Terni Spa**

Internet: [www.acciaitermi.it](http://www.acciaitermi.it)

#### ThyssenKrupp Nirosta GmbH

Internet: [www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

#### Ugine & ALZ Belgium

**Groupe Arcelor**

**Ugine & ALZ France**

**Groupe Arcelor**

Internet: [www.ugine-alz.com](http://www.ugine-alz.com)

Euro Inox se velmi snažil, aby informace o bsažené v této brožuře byly technicky korektní, nicméně čtenáře upozorňujeme, že mají jen orientační charakter. Nelze z nich vyvozovat nároky na záruční plnění a na náhradu škody. Přetisky a to i jen části brožury, lze pořizovat jen se souhlasem vydavatele.

	<b>Obsah</b>	<b>Stránka</b>
1	Úvod	2
2	Rozdělení korozivzdorných ocelí	3
3	Charakteristické vlastnosti skupin ocelí	5
3.1	Feritické oceli	5
3.2	Martenzitické oceli	8
3.3	Austenitické oceli	11
3.4	Austeniticko-feritické oceli	12
4	Odolnost proti korozi	13
4.1	Obecně	13
4.2	Druhy koroze	13
4.3	Pokyny na použití	15
5	Vhodnost ke svařování	15
6	Tvařitelnost	17
7	Obrobitelnost	18
8	Provedení povrchu	19
9	Fyzikální vlastnosti	21
10	Normalizace	22

---

#### Asociovaní členové

**Arbeitsgemeinschaft Swiss Inox**  
Internet: [www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

**Centro Inox**  
Internet: [www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

**International Chromium  
Development Association (ICDA)**  
Internet: [www.chromium-asoc.com](http://www.chromium-asoc.com)

**Nickel Development Institute  
(NiDI)**  
Internet: [www.nidi.org](http://www.nidi.org)

**British Stainless Steel  
Association (BSSA)**  
Internet: [www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

**Informationsstelle  
Edelstahl Rostfrei**  
Internet: [www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

**International Molybdenum  
Association (IMOA)**  
Internet: [www.imoa.info](http://www.imoa.info)

**Polska Unia Dystrybutorów Stali  
(PUDS)**  
Internet: [www.puds.com.pl](http://www.puds.com.pl)

**Cedinox**  
Internet: [www.acerinox.es](http://www.acerinox.es)

**Institut du Développement de  
l'Inox (I.D.-Inox)**  
Internet: [www.idinox.com](http://www.idinox.com)

# 1 Úvod

Ušlechtilá korozivzdorná ocel je souhrnný výraz pro nerezavějící oceli. Tyto oceli obsahují minimálně 10,5% chrómu (Cr) a v porovnání s nelegovanými oceli vykazují výrazně lepší odolnost proti korozi. Vyšší obsahy Cra další podíly legujících prvků, jako např. nikl (Ni) a molybden (Mo) korozní odolnost dále zvyšují. Kromě toho je možné dolegovávat ještě některými jinými prvky, které pozitivně ovlivňují další vlastnosti, např.

- niob, titan (odolnost proti mezikrystalové korozi),
- dusík (pevnost, korozní odolnost) a
- síra (obrobitelnost)

Tím mají konstruktéři, zpracovatelé a uživatelé k dispozici značné množství druhů ocelí pro nejrozmanitější oblasti použití.

Od vynalezení nerezavějících ocelí v roce 1912 začali jejich výrobci a zpracovatelé pro ně užívat různá obchodní jména. Slovo ušlechtilá ocel bez dodatku „korozivzdorná“ pro jejich označování nestačí, protože k ušlechtilým ocelím patří i skupiny ušlechtilých konstrukčních ocelí, ložiskových, rychlořezných a nástrojových ocelí s úplně jinými užitečnými vlastnostmi.

Když vyjdeme z oblasti konzumního zboží, pak se prosadil pojem **ušlechtilá nerezavějící ocel**. Ušlechtilé nerezavějící oceli ve své dlouholeté historii na základě jim vlastní odolnosti proti korozi a dobrých mechanických vlastností nabývaly stále většího významu ve zpracovatelských oblastech. To se odráželo v neustálém značném zvyšování objemů jejich výroby. Zatímco celková průmyslová výroba se v zemích OECD v uplynulých 40 letech asi zčetřnásobila, výroba nerezavějících ocelí se ve stejném období zvýšila o faktor 8. I v příštích

letech se očekává neustálý růst řádově od 5 do 7 % ročně.

Korozivzdorné oceli se vyrábějí jako válcované a kované oceli a jako odlitky. Tato brožura pojednává o válcovaných a kovaných ocelích. Klade si za cíl objasnit rozdíly mezi různými druhy korozivzdorných ocelí a usnadnit jejich výběr pro daný účel použití. Na zpracování se omezuje jen pokud je to nutné z hlediska pochopení.

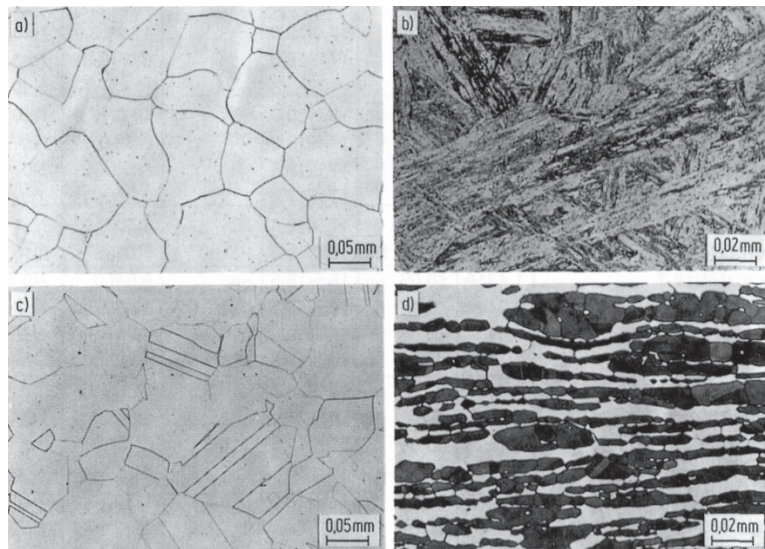
## 2 Rozdělení korozivzdorných ocelí

Tabulka 1 obsahuje chemické složení nejdůležitějších normovaných válcovaných a kovaných ocelí. Kromě toho jsou pro speciální použití k dispozici další korozivzdorné oceli, které jsou normovány v EN 10088.

Korozivzdorné oceli jsou podle jejich chemického složení v tabulce 2 rozděleny do tří skupin, které se vztahují ke struktuře (obr. 2). Kromě toho nabývá významu precipitačně vytvrditelné korozivzdorné oceli. U těchto ocelí se přidáváním Mo, příp. Cu, Nb, Al a V a

speciálním tepelným zpracováním výrazně zvyšuje pevnost a mez kluzu.

Jednotlivé druhy ocelí jsou označovány zkratkami a materiálovými čísly. Vzhledem k jejich krátkosti se právě u korozivzdorných ocelí dává přednost materiálovým číslům. Význam materiálových čísel pro korozivzdorné oceli je zřejmý z tabulky 3.



Obr. 2: Příklady typických struktur u různých druhů ocelí:

- a) materiál 1.4511 s feritickou strukturou
- b) materiál 1.4313 s martenzitickou strukturou
- c) materiál 1.4301 s austenitickou strukturou
- d) materiál 1.4462 s austeniticko-feritickou strukturou

Tabulka 2: skupiny korozivzdorných ocelí

Struktura	Hlavní legující složky
feritická	Cr
martenzitická	Cr, C nebo Ni
austenitická	Cr, Ni, Mo
austeniticko-feritická	Cr, Ni, Mo (vyšší obsahy chromu a nižší obsahy Ni než u austenitických ocelí)

Tabulka 3: Význam materiálových čísel pro korozivzdorné oceli

1.40..: } 1.41..: }	Cr-oceli s < 2,5 % Ni	bez Mo, Nb, nebo Ti s Mo, bez Nb nebo Ti
1.43..: } 1.44..: }	Cr-oceli s ≥ 2,5 % Ni	bez Mo, Nb, nebo Ti s Mo, bez Nb nebo Ti
1.45..: } 1.46..: }	oceli Cr, CrNi - nebo CrNiMo se zvláštními přísadami (Cu, Nb, Ti, ...)	



KOROZIVZDORNÉ OCELI - VLASTNOSTI

Označení podle DIN		Chemické složení v %					Norma		
		Mat. číslo	C	Cr	Mo	Ni	ostatní	EN 10088 díl 2	díl 3
feritické a martenzitické oceli									
X2CrNi12	1.4003	≤0,03	10,5/12,5			0,30/1,00	N≤0,03	x	x
X2CrTi12	1.4512	≤0,03	10,5/12,5				Ti6x (C+N) bis 0,65	x	
X2CrTi17	1.4520	≤0,025	16,0/18,0				N≤0,015Ti0,30/0,60	x	
X12Cr13	1.4006	0,08/0,15	11,5/13,5			≤0,75		x	x
X20Cr13	1.4021	0,16/0,25	12,0/14,0					x	x
X20CrMo13	1.4120	0,17/0,22	12,0/14,0	0,9/1,3		≤1,0			
X30Cr13	1.4028	0,26/0,35	12,0/14,0					x	x
X39Cr13	1.4031	0,36/0,42	12,5/14,5					x	x
X46Cr13	1.4034	0,43/0,50	12,5/14,5					x	x
X50CrMoV15	1.4116	0,45/0,55	14,0/15,0	0,50/0,80			V0,10/0,20	x	x
X55CrMo14	1.4110	0,48/0,60	13,0/15,0	0,50/0,80			V≤0,15		
X5CrNiMoTi15-2	1.4589	≤0,08	13,5/15,5	0,20/1,20	1,0/2,5		Ti0,3/0,5		
X3CrNiMo13-4	1.4313	≤0,05	12,0/14,0	0,3/0,7	3,5/4,5		N≥0,02	x	x
X4CrNiMo16-5-1	1.4418	≤0,06	15,0/17,0	0,80/1,50	4,0/6,0		N≥0,02	x	x
X6Cr17	1.4016	≤0,08	16,0/18,0					x	x
X6CrMo17-1	1.4113	≤0,08	16,0/18,0	0,9/1,4				x	x
X3CrTi17	1.4510	≤0,05	16,0/18,0				Ti4x (C+N) +0,15-0,80	x	
X3CrNb17	1.4511	≤0,05	16,0/18,0				Nb 12xC bis 1,00	x	
X14CrMoS17	1.4104	0,10/0,17	15,5/17,5	0,20/0,60			P≤0,040S0,15/0,35		x
X6CrMoS17	1.4105	≤0,08	16,0/18,0	0,20/0,60			P≤0,040S0,15/0,35		x
X17CrNi16-2	1.4057	0,12/0,22	15,0/17,0			1,5/2,5			x
X39CrMo17-1	1.4122	0,33/0,45	15,5/17,5	0,8/1,3		≤1,0		x	x
X90CrMoV18	1.4112	0,85/0,95	17,0/19,0	0,9/1,3			V0,07/0,12		x
X105CrMo17	1.4125	0,95/1,20	16,0/18,0	0,4/0,8					x
X2CrMoTi18-2	1.4521	≤0,025	17,0/20,0	1,8/2,5			Ti4x (C+N) +0,15-0,80 N≤0,03	x	
austeniticko-feritické oceli									
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	≤0,03	21,0/23,0	2,5/3,5	4,5/6,5		N0,10/0,22	x	x
X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	≤0,03	24,0/26,0	3,0/4,0	6,0/8,0		N0,20/0,30 Cu0,5/1,0 W0,5/1,0	x	x
austenitické oceli									
X5CrNi18-10	1.4301	≤0,07	17,0/19,5			8,0/10,5	N≤0,11	x	x
X4CrNi18-12	1.4303	≤0,06	17,0/19,0			11,0/13,0	N≤0,11	x	x
X8CrNiS18-9	1.4305	≤0,10	17,0/19,0			8,0/10,0	P≤0,045 S0,15/0,35 N≤0,11 Cu≤1,00	x	x
X2CrNi19-11	1.4306	≤0,03	18,0/20,0			10,0/12,0	N≤0,11	x	x
X2CrNi18-9	1.4307	≤0,03	17,5/19,5			8,0/10,0	N≤0,11	x	x
X2CrNiN18-10	1.4311	≤0,03	17,0/19,5			8,5/11,5	N0,12/0,22	x	x
X6CrNiTi18-10	1.4541	≤0,08	17,0/19,0			9,0/12,0	Ti5xC bis 0,70	x	x
X6CrNiNb18-10	1.4550	≤0,08	17,0/19,0			9,0/12,0	Nb10xC bis 1,0	x	x
X10CrNi18-8	1.4310	0,05/0,15	16,0/19,0	≤0,80		6,0/9,5	N≤0,11	x	x
X2CrNiN18-7	1.4318	≤0,03	16,5/18,5			6,0/8,0	N0,10/0,20	x	
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	≤0,07	16,5/18,5	2,0/2,5		10,0/13,0	N≤0,11	x	x
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	≤0,03	16,5/18,5	2,0/2,5		10,0/13,0	N≤0,11	x	x
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	≤0,08	16,5/18,5	2,0/2,5		10,5/13,5	Ti5xC bis 0,70	x	x
X1CrNiMoTi18-13-2	1.4561	≤0,2	17,0/18,5	2,0/2,5		11,5/13,5	Ti0,40/0,60		
X1CrNiMoN25-25-2	1.4465	≤0,02	24,0/26,0	2,0/2,5		22,0/25,0	N0,08/0,16		
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	≤0,03	16,5/18,5	2,5/3,0		11,0/14,0	N0,12/0,22	x	x
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	≤0,03	17,0/19,0	2,5/3,0		12,5/15,0	N≤0,11	x	x
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	≤0,05	16,5/18,5	2,5/3,0		10,5/13,0	N≤0,11	x	x
X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	1.4565	≤0,03	23,0/26,0	3,0/5,0		16,0/19,0	N0,30/0,50 Nb≤0,15		
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	≤0,03	16,5/18,5	4,0/5,0		12,5/14,5	Mn3,5/6,5	x	x
X1NiCrMoCuN25-20-5	1.4539	≤0,02	19,0/21,0	4,0/5,0		24,0/26,0	N0,12/0,22	x	x
X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	≤0,02	19,0/21,0	6,0/7,0		24,0/26,0	Cu1,2/2,0 N≤0,15 Cu0,5/1,5 N0,15/0,25	x	x

Tabulka 1: Normované korozivzdorné oceli (výběr)

## 3 Charakteristické vlastnosti skupin ocelí

### 3.1 Feritické oceli

V hrubém rozdělení se feritické korozivzdorné oceli člení do dvou podskupin:

- obsahem asi 11 až 13 % Cr a
- obsahem asi 17 % Cr

Mechanické vlastnosti feritických ocelí (*tabulka 4*) předpokládají jemnozrnnou strukturu, které se dosahuje příslušným tepelným zpracováním těchto ocelí. V důsledku relativně nízkého obsahu chrómu je korozní odolnost **11-12 %ních chrómových ocelí** (1.4003, 1.4512) omezena např. jen na atmosférické podmínky, nebo na vodnatá média, takže tyto oceli jsou zařazovány také jako „korozně málo aktivní“. U 17%ních chrómových ocelí se díky vyššímu obsahu chrómu dosahuje vyšší odolnosti proti korozi. Dolegováním asi 1 % molybdenu se může odolnost proti korozi ještě zvýšit.

Některé oceli obsahují titan nebo niob jako karbidotvorné prvky, které na sebe váží uhlík. Takové oceli jsou stálé i po svařování bez

doplňkového tepelného zpracování, a to i v případě větších tloušťek, jsou tedy stabilní proti mezikrystalové korozi.

Zvláštní předností feritických korozivzdorných ocelí je to, že v protikladu k austenitickým CrNi ocelím vynikají vysokou odolností proti transkrystalové korozi při mechanickém napětí.



Výfuková zařízení - jedna z oblastí použití feritické korozivzdorné oceli ve výrobě automobilů

KOROZIVZDORNÉ OCELI - VLASTNOSTI

Druh oceli		Tvar výrobku <sup>1)</sup> Tloušťka nebo průměr mm max.		Mez 0,2% <sup>2)</sup> podélně      napříč N/mm <sup>2</sup> min.		Pevnost v tahu N/mm <sup>2</sup>	Tažnost <sup>3)</sup> % min.	Odolnost proti mezikrystalové korozi	
Zkratka	Materiál							v dodaném stavu	ve svařov. stavu
X2CrNi12	1.4003	SV	6	280	320	450 / 650	20	ne	ne
		TV	12	280	320	450 / 650	20		
		P	25	250	280	450 / 650	18		
		D, T	100	260	-	450 / 600	20		
X2CrTi12	1.4512	SV	6	210	220	380 / 560	25	ne	ne
		T.V.	12	210	220	380 / 560	25		
X6Cr17	1.4016	SV	6	260	280	450 / 600	20	ano	ne
		TV	12	240	260	450 / 600	18		
		P	25	240	260	430 / 630	20		
		D, T	100	240	-	400 / 630	20		
X3CrTi17	1.4510	SV	6	230	240	420 / 600	23	ano	ano
		TV	12	230	240	420 / 600	23		
X3CrNb17		SV	6	230	240	420 / 600	23	ano	ano
X6CrMo17-1	1.4113	SV	6	260	280	450 / 630	18	ano	ne
		TV	12	260	280	450 / 630	18		
		D, T	100	280	-	440 / 660	18		

<sup>1)</sup> SV - za studena válcovaný pás; TV - za tepla válcovaný pás; P - plech; T - tyčová ocel; D - drát  
<sup>2)</sup> u válcovaného drátu platí jen hodnoty pevnosti v tahu  
<sup>3)</sup> pro pás v tloušťce < 3 mm A<sub>80 mm</sub>, jinak A<sub>5</sub>

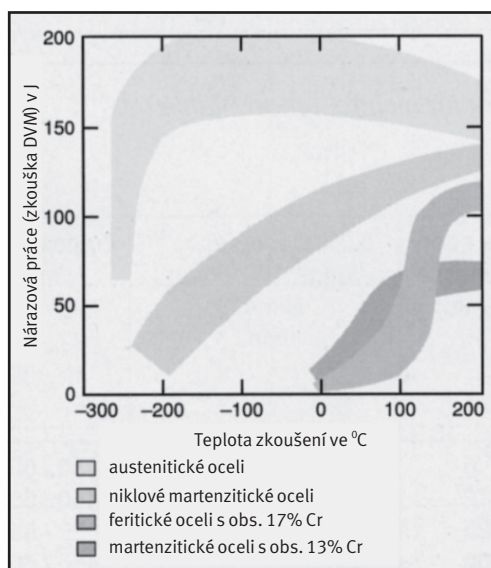
**Tabulka 4:**  
mechanické vlastnosti několika korozivzdorných feritických ocelí v žíhaném stavu při pokojové teplotě (podle EN 10088, díly 2 a 3)





## 3.2 Martenzitické oceli

V případě ocelí s 12-18% Cr a s obsahy C od 0,1% se jedná o oceli, které jsou při vysokých teplotách plně austenitické. Když se z austenitické oblasti rychle ochladí, to znamená



Obr. 3: teplotní křivky rázové práce různých korozivzdorných ocelí (podle R. Oppenheima)

za kalí, získají martenzitickou strukturu. Austenitizační teploty leží v závislosti na druhu oceli mezi 950 a 1050 °C; vytvrzování může probíhat mnohem pomaleji, než u srovnatel-

Obsah C v hmotnostních %	Tvrdość HRC
0,10	40
0,15	46
0,20	50
0,25	53
0,40	56
0,70	58
1,00	60

Tabulka 5: vliv obsahu uhlíku na tvrdość martenzitických korozivzdorných ocelí, kalených a popuštěných (Schierhold)



ných nelegovaných ocelí (např. ochlazováním vzduchem). Tvrdość ocelí je o to větší, čím vyšší je obsah C (tabulka 5).

V zušlechtěném stavu se dosahuje vysokých hodnot pevnosti. Hodnoty tažnosti martenzitických chromových ocelí jsou vyjádřeny v obr. 3.

**U niklových martenzitických ocelí** se role uhlíku ujímá nikl (např. 1.4313). Schopnost zakalení při tom zůstává zachována, aniž by se projevovaly nepříznivé účinky zvýšeného obsahu uhlíku (vylučování karbidů, vysoký nárůst tvrdości). Oblast rozměrů, které jsou schopné zušlechtování, se rozšiřuje nad průměry přesahující 400 mm. Odolnost proti korozi se ještě zvyšuje přidávkem molybdenu (1.4418).

V závislosti na tvaru výrobku se martenzitické oceli dodávají jív žíhaném nebo zušlechtěném stavu. Výrobky, dodávané ve stavu žíhaném na měkko (jako za studena a za tepla válcovaný pás a jeho dělením vyráběné plechy), mohou být zpracovávány tvarováním za tepla nebo za studena (např. ohýbáním, ražením, lisováním, tažením) dříve, než se provede zušlechtění.

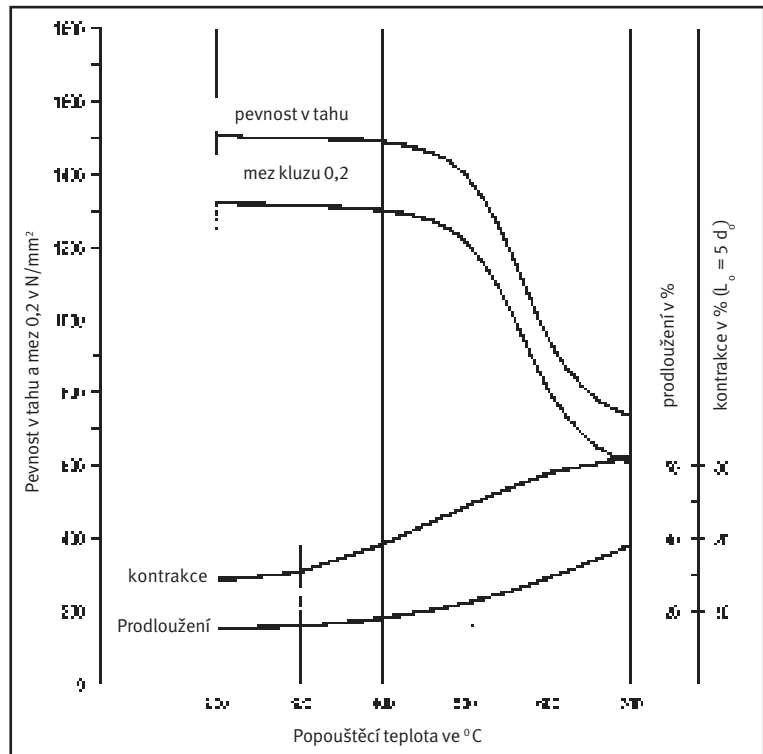
Zušlechtování zahrnuje kalení a navazující popouštění na teploty 650-750°C. Popouštěním se snižuje pevnost a zvyšuje tažnost. Z diagramu zušlechtování pro ocel 1.4021 (obr. 4), který je použit jako příklad pro tuto skupinu ocelí, je patrná velká oblast variací pevnosti, jaké se tepelným zpracováním dosahuje. Se zřetelem k lepší odolnosti proti korozi se doporučuje přesně dodržovat zadané teploty tepelného zpracování.

Holící žiletky z martenzitické korozivzdorné oceli

Předpokladem pro dostatečnou korozní odolnost je ale také vhodná úprava povrchu, jakého se dosahuje následným mořením nebo jemným broušením a leštěním.

Tato skupina ocelí nachází použití v mnohých oblastech, kde se vyžaduje vysoká odolnost proti opotřebení a trvanlivost bříty.

Obr. 4: zušlechťovací diagram oceli 1.4021; Kalení: 1000 °C/olej, popouštění: 2 h/vzduch (podle Schierholda)



Druh oceli	Tvar výrobku <sup>1)</sup> Tloušťka nebo průměr mm max.	Mez 0,2 % <sup>2)</sup>		Pevnost v tahu N/mm <sup>2</sup>	Tažnost <sup>3)</sup> % min (napříč)	Odolnost proti mezikrystalové korozi v			
		podélně	napříč			dodaném stavu	ve svařov. stavu		
Zkratka	Materiál	N/mm <sup>2</sup> min.							
X5CrNi18-10	1.4301	SV	6	230	260	540/750	45	ano	ne
		TV	12	210	250				
		P	75	210	250				
		D, T	160	190	-				
X4CrNi18-12	1.4303	SV	6	220	250	500/650	45	ano	ne
		D, T	160	190	-				
X8CrNiS18-9	1.4305	SV	75	190	230	500/700	35	ne	ne
		D, T	160	190	-				
X2CrNi19-11 X2CrNi18-9	1.4306 1.4307	SV	6	220	250	520/670	45	ano	ano
		TV	12	200	240				
		P	75	200	240				
		D, T	160	180	-				
X2CrNiN18-10	1.4311	SV	6	290	320	550/750	40	ano	ano
		TV	12	270	310				
		P	75	270	310				
		D, T	160	270	-				
X6CrNiTi18-10	1.4541	SV	6	220	250	520/720	40	ano	ano
		TV	12	200	240				
		P	75	200	240				
		D, T	160	190	-				
X6CrNiNb 18-10	1.4550	SV	6	220	250	520/720	40	ano	ano
		TV	12	200	240				
		P	75	200	240				
		D, T	160	205	-				
X10CrNi18-8	1.4310	SV	6	250	280	600/950	40	ne	ne
		D, T	40	195	-				



## KOROZIVZDORNÉ OCELI - VLASTNOSTI

Druh oceli		Tvar výrobku <sup>1)</sup> Tloušťka nebo průměr mm max.		Mez 0,2 % <sup>2)</sup>		Pevnost v tahu N/mm <sup>2</sup>	Tažnost <sup>3)</sup> % min (napříč)	Odolnost proti mezikystalové korozi	
Zkratka	Materiál			podélně	napříč			v dodaném stavu	ve svařov. stavu
				N/mm <sup>2</sup> min.					
X2CrNiN18-7	1.4318	SV	6	350	380	650/850	35	ano	ano
		TV	12	330	370	650/850	35		
		P	75	330	370	630/830	45		
X5CrNiMo 17-12-2	1.4401	SV	6	240	270	530/680	40	ano	ne
		TV	12	220	260	530/680	40		
		P	75	220	260	520/670	45		
		D, T	160	200	-	500/700	40		
X2CrNiMo 17-12-2	1.4404	SV	6	240	270	530/680	40	ano	ano
		TV	12	220	260	530/680	40		
		P	75	220	260	520/670	45		
		D, T	160	200	-	500/700	40		
X6CrNiMoTi 17-12-2	1.4571	SV	6	240	270	540/690	40	ano	ano
		TV	12	220	260	540/690	40		
		P	75	220	260	520/670	45		
		D, T	160	200	-	500/700	40		
X1CrNiMoTi 18-13-2	1.4561	PV	20		190	490/690	40	ano	ano
X1CrNiMoN 25-25-2	1.4465	PV T D	30 160 20		260	540/740	35	ano	ano
X2CrNiMo 17-13-3	1.4429	SV	6	300	330	580/780	35	ano	ano
		TV	12	280	320	580/780	35		
		P	75	280	320	580/780	40		
		D, T	160	280	-	580/800	40		
X2CrNiMo 18-14-3	1.4435	SV	6	240	270	550/700	40	ano	ano
		TV	12	220	260	550/700	40		
		P	75	220	260	520/670	45		
		D, T	160	200	-	500/700	40		
X3CrNiMo 17-13-3	1.4436	SV	6	240	270	550/700	40	ano	ne
		PV	12	220	260	550/700	40		
		P	75	220	260	530/730	45		
		D, T	160	200	-	500/700	40		
X2CrNiMnMo NbN25-18-5-4	1.4565	PV T D	30 160 20		420	800/950	35	ano	ano
X2CrNiMoN 17-13-5	1.4439	SV	6	290	320	580/780	35	ano	ano
		TV	12	270	310	580/780	35		
		P	75	270	310	580/780	40		
		D, T	160	280	-	580/800	35		
X1NiCrMoCu N25-20-5	1.4539	SV	6	240	270	530/730	35	ano	ano
		TV	12	220	260	530/730	40		
		P	75	220	260	520/720	45		
		D, T	160	230	-	530/730	40		
X1NiCrMoCu N25-20-7	1.4529	P	75	300	340	650/850	40	ano	ano
		D, T	160	300	-	650/850	40		
X2CrNiMo N22-5-3	1.4462	SV	6		480	660/950	20	ano	ano
		TV	12		480	660/950	25		
		P	75		480	640/840	25		
		D, T	160	450		650/880	25		

<sup>1)</sup> SC - za studena válcovaný plech; TV - za tepla válcovaný plech; P - plech; PV - plochý výrobek; D - drát; T - tyčová ocel

<sup>2)</sup> u válcovaného drátu platí jen hodnoty pevnosti v tahu

<sup>3)</sup> pro pás v tloušťce < 3 mm A<sub>80mm</sub>, jinak A<sub>5</sub>

Tabulka 6: mechanické vlastnosti normovaných korozivzdorných austenitických ocelí a austeniticko-feritické oceli 1.4462 v dodávaném stavu při pokojové teplotě (podle EN 10088, díly 2 a 3)

### 3.3. Austenitické oceli

Austenitické CrNi oceli s 8% Ni skýtají obzvlášť příznivou kombinaci zpracovatelnosti, mechanických vlastností a odolnosti proti korozi. Jsou proto vhodné pro mnoho účelů použití a jsou nejvýznamnější skupinou korozivzdorných ocelí.

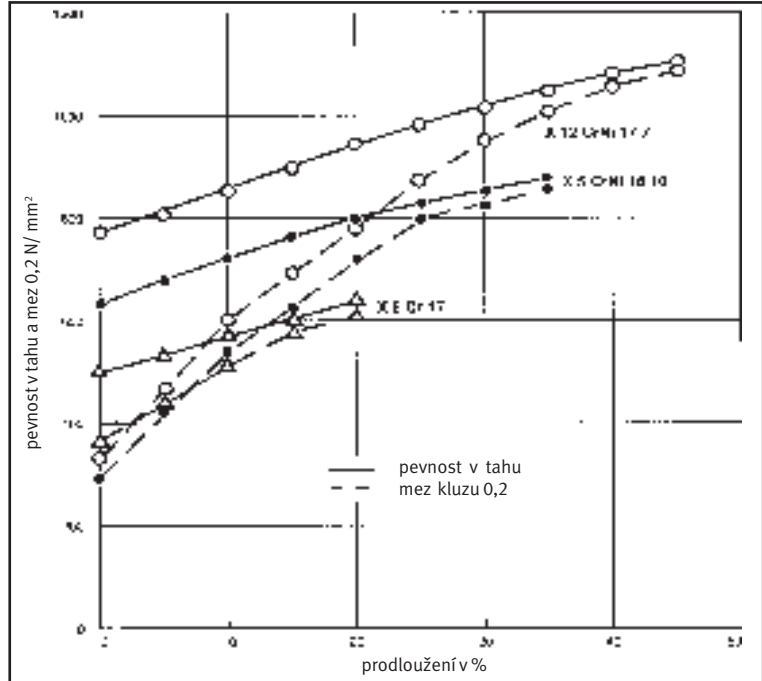
Nejdůležitější vlastností této skupiny ocelí je vysoká korozní odolnost, která se s narůstajícím obsahem legur zvyšuje. Jejím zvyšování napomáhají zejména chróm a molybden (viz *tabulka 1* a kapitola 4.2).

Jak u feritických, tak i u austenitických ocelí je pro dosažení dobrých technologických vlastností (*tabulka 6*) nezbytná jemnozrná struktura. Jako konečné tepelné zpracování se provádí rozpouštěcí žíhání při teplotách mezi 1000 a 1150°C s následným ochlazením ve vodě nebo na vzduchu. Austenitické oceli nejsou na rozdíl od martenzitických ocelí kalitelné.

Pro určité oblasti použití se požadují austenitické oceli s vyšší pevností. Zvýšení meze průtažnosti je možné dosahovat na příklad tvářením za studena. V závislosti na stupni přetváření je možné dosáhnout různých stupňů zpevnění. Sklon ke zpevnění austenitických ocelí tvářením za studena v porovnání s feritickými oceli znázorňuje *obr.5*. Při tvářením za studena může docházet k doplňkové tvorbě deformačního martenzitu.

Jinou možností je zpevnění tuhého roztoku opatřeními v oblasti legovací techniky. Vliv nejdůležitějších legujících prvků na mez 0,2 ukazuje *obr. 6*. Největší účinek vykazují prvky uhlík (C) a dusík (N). Avšak přidávání uhlíku se z korozně-chemických důvodů zříkáme.

Dolegovávat dusíkem má v porovnání s uhlíkem tu výhodu, že zároveň se zlepšováním pevnosti se zlepšuje i korozní odolnost. **Dusík**



Obr 5: poměr zpevnění několika korozivzdorných ocelí

**obsahující** austenitické oceli s vyššími hodnotami pevnosti jsou na příklad oceli 1.4311, 1.4318, 1.4406 nebo 1.4439. Důsledným sládním obsahu legur je možné dosáhnout zvýšení meze 0,2 až na hodnoty převyšující 400 N/mm (1.4565).

Vysoké poměrné prodloužení při přetržení - hodnoty tažnosti austenitických ocelí (viz *tabulka 6*) jsou téměř dvojnásobné než u feritických ocelí - vede k velmi dobré tvařitelnosti za studena. Z toho resultuje příznivá hlubokotažnost a nebo schopnost přetahování, stejně jako dobrá schopnost ohýbání.

Zvláštní význam mají také vyšší hodnoty při rázové zkoušce, které jsou vysoké i při velmi nízkých teplotách (*obr. 3*). Proto mohou být nerezavějící za studena tažené oceli používány na zařízení, která pracují při teplotách až -269 °C.



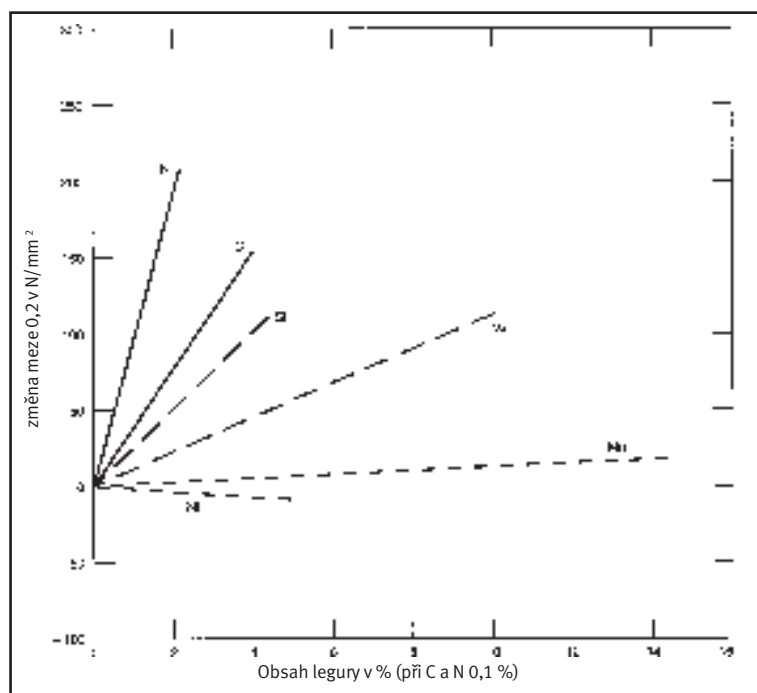
### 3.4 Austeniticko-feritické oceli

Austeniticko-feritické oceli, které se vzhledem k jejich dvěma složkám struktury také často označují jako duplexní oceli, získávají stále na významu. To platí především pro ocel X2CrNiMoN22-5-3 (mat. čís. 1.4462). Ocel 1.4462 obsahuje asi 22 % Cr, ca. 5 % Ni, ca. 3 % Mo a dusík (viz *tabulka 1*). To vede k získání austeniticko-feritické struktury (zpravidla 50:50).

Z *tabulky 6* je zřejmé, že mez průtažnosti 0,2 je výrazně vyšší než u austenitických ocelí. Při tom se dosahuje dobrých hodnot houževnatosti. Dále je třeba zdůraznit dobrou únavovou pevnost oceli, a to i v korozivních médiích.

Svařitelnost austeniticko-feritických ocelí nečiní při respektování předpisů pro postup svařování žádné problémy: pro jejich celkový dobrý profil vlastností existuje široké spektrum jejich použití s hlavním těžištěm ve výrobě zařízení pro chemický průmysl, v zařízeních na ochranu životního prostředí a v technice pro moře a pobřeží.

V poslední době byly vyvinuty tak zvané „superduplexní oceli“ s dále zlepšenou odolností proti korozi. Tyto oceli obsahují asi 25 % Cr, 7 % Ni, 3,5 % Mo a dusík a ještě i některé další přísady.



Obr. 6: vliv několika legujících prvků na mez 0,2 austenitické oceli (podle V. J. Mc Neely a D. T. Liewellyna)

Při pozorování korozní odolnosti austeniticko-feritických korozivzdorných ocelí je tu v porovnání s austenitickými oceli třeba zdůraznit lepší odolnost proti napěťové korozi vyvolávané chloridy.

## 4 Korozní odolnost

### 4.1 Obecně

Jak je známo, nerezavějící oceli vykazují v porovnání s nelegovanými a s nízkolegovanými oceli výrazně lepší odolnost proti korozi. Jsou odolné proti celé řadě agresivních médií a nepotřebují žádnou další úpravu povrchu proti korozi. Tato pasivita je dána přilegovaním minimálně 10,5% Cr do železa. Při mechanickém poškození pasivní vrstvy se tato opět spontánně obnovuje. Odolnost nerezavějících ocelí proti korozi je závislá v první řadě na chemickém složení oceli, a vedle toho také na jejich povrchu a struktuře. Proto je pro korozní odolnost velmi důležitá správná volba druhu oceli se správným tepelným zpracováním a se správným opracováním povrchu.

### 4.2 Druhy koroze

#### Rovnoměrná plošná koroze

Rovnoměrná plošná koroze se vyznačuje stejnoměrným, nebo přibližně stejnoměrným rozpouštěním oceli po celém povrchu. Za dostatečnou plošnou korozní odolnost se při tom považuje úbytek pod 0,1 mm ročně. Pro objemy ztráty hmoty na jednotku plochy platí pro korozivzdorné oceli vztah  $1 \text{ g/h} \times \text{m}^2 = 1,1 \text{ mm/r}$ . K rovnoměrné plošné korozi může u korozivzdorných ocelí docházet jen v kyselinách a v silných loužích. Je určována v podstatě chemickým složením. Tak například 17%ní chromové oceli jsou výrazněji odolnější než 13%ní chromové oceli. Ještě vyšší odolnost proti plošné korozi vykazují austenitické chrom-niklové oceli. Doplnkově se v řadě případů může korozní odolnost zvýšit přilegováním molybdenu.

#### Důlková koroze (Pitting)

K důlkové korozi může docházet v případech,

kdy se místně poruší pasivní vrstva. Když jsou přítomny chloridové ionty, a to zejména při zvýšených teplotách, mohou na těchto místech často jen o velikosti vpichu jehly vzniknout důlky. Usazeniny, cizorodá rez, zbytky strusky a náběhové barvy na povrchu nebezpečí důlkové koroze zvyšují.

Dalším zvyšováním obsahu chromu, především však přidáváním molybdenu a částečně i dusíku se odolnost nerezavějících ocelí proti důlkové korozi zvyšuje. To je vyjádřeno tak zvaným

#### úhrnným účinkem

$$W = \% \text{Cr} + 3,3 \times \% \text{Mo}$$

Pro vysokolegované austenitické a feriticko-austenitické oceli do tohoto vztahu úhrnného účinku s rozdílnými faktory patří také legující prvek dusík.

#### Štěrbínová koroze

Štěrbínová koroze - jak již samo jméno napovídá - je vázána na výskyt trhlin a spár. Ty mohou vzniknout konstrukčně nebo provozem (na př. usazeniny). Protože štěrbínová koroze je založena v podstatě na stejných mechanismech jako koroze důlková, platí tu stejný výklad včetně vlivu legur a úhrnného účinku.

#### Koroze při mechanickém napětí

U tohoto druhu koroze vznikají trhliny, které u korozivzdorných ocelí zpravidla probíhají mezi krystalově. Koroze při mechanickém napětí je možná jen v případě, kdy existují současně tři podmínky:

- povrchy konstrukčního dílu jsou vystaveny napětí v tahu,
- působení nějakého specificky působícího média (většinou chloridových iontů),
- sklon materiálu ke korozi při mechanickém napětí.

Při tahových napětích je lhostejné, zda se jedná o vně působované tahové či o hybové napětí, nebo o vnitřní pnutí (např. v důsledku svařování, válcování za studena nebo hlubokého tažení).

Standardní austenitické CrNi a CrNiMo oceli jsou v chloridových lázních k napěťové korozi náchylnější, než oceli feritické a austeniticko-feritické. U austenitických ocelí lze odolnost proti napěťové korozi výrazně zlepšit zvýšením obsahu niobu.

### Koroze za únavy

Při čistém kmitavém namáhání (bez zatěžování korozi) existuje dolní střídavé namáhání, pod kterým již nejsou žádné trhlinky pozorovány: mez únavy při kmitavém namáhání. Při únavové korozi nelze mez únavy stanovit podle definice, nýbrž při daném namáhání jen počet cyklů do zlomení, protože při korozním namáhání může u oceli docházet k trhlinkám i pod touto hranicí.

Na rozdíl od koroze při mechanickém napětí, ke které dochází jen ve specificky působících médiích, může ve spojení se střídavým namáháním k únavové korozi v zásadě docházet ve všech korozně působících médiích. Odolnost proti únavové korozi stoupá

- se zvyšující se odolností materiálu proti korozi v daném médiu,
- se zvyšující se pevností oceli.

Tento druh koroze se v mnohých oblastech, například ve stavebnictví a v oblasti konzumního zboží, prakticky vůbec nevyskytuje.

### Mezikrystalová koroze

Mezikrystalová koroze při vhodné volbě materiálu již dnes nepředstavuje žádný problém. K mezikrystalové korozi může docházet, když se působením tepla (mezi 450 a 850°C u

austenitických ocelí, nad 900°C u feritických ocelí) na hranicích zrn vylučují karbidy chromu. Takové působení tepla se vyskytuje např. při svařování v blízkosti svarového spoje (přechodové pásmo). To způsobuje místní ochuzování o chrom v okolí vyloučených karbidů chromu.

V praxi se mezikrystalová koroze u austenitických ocelí čelí tím, že se výrazně snižuje obsah uhlíku, nebo že se uhlík váže na přidávaný titan nebo niob.

Ve feritických ocelích je rozpustnost uhlíku daleko menší. Proto se nedá při ochlazování z teploty rozpouštěcího žíhání u těchto ocelí vylučování karbidů chromu potlačit. Ochuzování o chrom na hranicích zrn a sklon k mezikrystalové korozi je možné potlačovat stabilizačním žíháním při 750 až 800°C. Protože tyto materiály se s takovým tepelným zpracováním dodávají, jsou proti mezikrystalové korozi odolné, při nějakém ovlivnění teplem (např. při svařování) ale k pozdějšímu vyloučení karbidů chromu může dojít. Ale i tomu lze předcházet přidávkou titanu nebo niobu. Dostatečné odolnosti proti mezikrystalové korozi nelze u feritických ocelí dosahovat pouhým snížením obsahu uhlíku.

### Kontaktní koroze

Kontaktní koroze může vzniknout, když se dostanou do vzájemného kontaktu dva rozdílné kovové materiály a jsou smáčeny nějakým elektrolytem. Málo ušlechtilý materiál (anoda) je na místě kontaktu napadán a přechází do lázně. Ušlechtilejší materiál (katoda) napadán není. V praxi jsou korozivzdorné oceli v porovnání s jinými metalickými materiály, jako jsou nelegované, nebo nízkolegované oceli, případně hliník, ušlechtilejšími materiály.

Ke kontaktní korozi může docházet obzvláště

## 5 Způsobilost ke svařování

vtěch případech, když povrchy ušlechtilejšího materiálu jsou v poměru k povrchům méně ušlechtilých materiálů velké.

### 4.3 Odkazy na používání

Oceli 1.4301 a 1.4541 jsou v normální venkovní atmosféře odolné a proto jsou stejně vhodné jak pro vnitřní, tak i vnější použití.

Oceli 1.4401 a 1.4571 jsou při pokojové teplotě dostatečně odolné i v atmosféře obsahující chloridy, případně kysličníky síry, a proto nacházejí použití v průmyslových atmosférách a v blízkosti pobřeží.

Korozní odolnost oceli 1.4016 je menší, než je odolnost výše uvedených CrNi(Mo) ocelí, takže ocel 1.4016 se používá přednostně ve vnitřních prostorách.

O korozní odolnosti nerezavějících ocelí v různých médiích/chemikáliích podávají informace tabulky a diagramy výrobních závodů.

## 5 Způsobilost ke svařování

V mnohých oblastech použití korozi vzdorných ocelí je svařitelnost jednou z nejdůležitějších vlastností pro jejich zpracování. Vedle požadovaných vlastností pevnost a tažnost svarových spojů musí korozní odolnost svarových spojů a přechodového tepelně ovlivněného místa odpovídat korozní odolnosti základního materiálu. Bezpečnost a životnost celé svařené konstrukce závisí na jakosti svarového spoje.

Ke splnění těchto požadavků se musí vedle vhodných přídavných materiálů pro svařování používat i optimalizované techniky svařování ve spojení s navazujícím pečlivým dokončovacím opracováním spoje. Velkou většinu korozi vzdorných ocelí lze v praxi spojovat tav-

nými i odporovými svařovacími postupy. Používání autogenního svařování se nedoporučuje.

**Feritické oceli** jsou v ke svařování vhodné, musí se ale při něm počítat s poklesem tažnosti. Při vysokých požadavcích na odolnost proti korozi se dává přednost použití stabilizovaných ocelí. Všechny feritické oceli mají v teplem ovlivněné zóně sklon k silnému růstu zrna a měly by se proto svařovat s co možná nejmenším přívodem tepla.

Vzhledem ke snižování tažnosti v blízkosti svarového spoje u tlustostěnných konstrukčních dílů nejsou feritické oceli vhodné na konstrukce, které jsou vystavovány vibračním a střídavému namáhání. U tenkostěnných za studena válcovaných plechů a pásů je tato újma menší než u větších průřezů, zejména když se při svařování do oblasti sváru přivádí pokud možno málo tepla. U oceli 1.4003 lze nebezpečí hrubnutí zrna ve značné míře zabraňovat jinými opatřeními při legování. Na základě příznivých transformačních vlastností je pak možné bez tepelného zpracování svařovat i větší průřezy. Ocel v tepelně ovlivněném pásmu také vykazuje dobrou odolnost proti dlouhodobému cyklickému namáhání, dobře se chová při namáhání na pevnost a při namáhání v ohybu.

Spolehlivost proti mezikrystalové korozi ve svařovaném stavu skýtají stabilizované feritické oceli 1.4509, 1.4510, 1.4511, 1.4512, 1.4520, 1.4521 a 1.4589.

Zatímco **martenzitické oceli** s nízkými obsahy uhlíku jsou ke svařování vhodné jen podmíněně, oceli s vysokými obsahy uhlíku se nesvařují.

Jako feritických, tak i u martenzitických ocelí

se pro spojovací svařování doporučují austenitické svařovací přídatné materiály (DIN 85 56). S ohledem na korozní odolnost může být účelné svařovat krycí vrstvy stejného druhu.

**Austenitické** korozivzdorné oceli se svařují snadněji, než oceli feritické, avšak i zde je nutné dbát několika zvláštností:

- koeficient tepelné roztažnosti je o asi 50 % vyšší, což podporuje vznik deformací a zbytkových pnutí,
- tepelná vodivost je o asi 60 % nižší; tím se teplo koncentruje do oblasti svařovací zóny. Toto teplo může být účinně odváděno měděnými podložkami.

Austenitické oceli se s ohledem na požadavky na stejně dobrou korozní odolnost základního materiálu i svarového kovu spojují přídatnými materiály stejného druhu, nebo materiály výšelegovanými. Ty mají chemické složení sladěné

tak, aby byly při svařování bezpečné i proti vzniku trhlin za tepla. Druhy ocelí stabilizované Ti nebo Nb a oceli se sníženým obsahem uhlíku jsou ve svařovaném stavu odolné proti mezi-krytalové korozi (viz kapitola 4.2). Pokud je tloušťka větší než 5 mm, pak je nutné obsah uhlíku omezit na hodnoty pod 0,03 %.

Svařitelnost austeniticko-feritických (duplexních) ocelí s přídatnými materiály je určována hlavně vlastnostmi přechodového pásma. Proto by se v těchto případech měla používat odsouhlasená svařovací technika. Ke svařování se doporučuje svařovací přídatný materiál se zvýšeným obsahem niklu.

Náběhovým barvám je třeba zabránit, nebo se po svaření musí chemicky případně mechanicky pečlivě odstranit, a by se zajistila korozní odolnost svarového spoje.



## 6 Tvařitelnost

Korozivzdorné oceli zpravidla vykazují dobrou tvařitelnost, takže přicházejí v úvahu pro použití v nejrůznějších oblastech. Význam tu mají především ploché výrobky z korozivzdorných ocelí, které svojí užitnou hodnotu v mnohých případech získávají teprve až po následném procesu přetváření.

K nejdůležitějším postupům přetváření plochých výrobků patří **hluboké tažení**. Podle existujícího stavu napjatosti se rozeznává „pravé“ hluboké tažení (např. kalíškovací hluboké tažení) a přetahování. Při „pravém“ hlubokém tažení je možné přirez táhnout průvlakem, zatímco při přetahování se upevňovacím držákem udržuje v nehybném stavu. Přetváření v tomto případě probíhá jen z tloušťky plechu. Mnohé reálné lisované díly, zejména díly s komplikovanou geometrií, představují kombinaci „pravého“ hlubokého tažení a protahování.

V případě plochých výrobků je často používaným postupem tvarování **ohýbání**. To se může provádět buď na ohýbacím lisu v zápusťce, nebo pomocí profilování válečky ve válcovacích stolicích. Příkladem pro poslední uvedený způsob je například profilování za studena a výroba podélně svařovaných trubek.

U dlouhých výrobků z korozivzdorných ocelí se v první řadě používá **objemové tvarování za studena**. K tomu patří protlačování za studena a petchování za studena. Dalším používaným postupem tvarování je tažení. Cílem tohoto postupu je, dát výrobku požadovaný rozměr (na př. průměr drátu). V řadě případů se ale požaduje s tvarováním spojené zpevnění za studena. Typickými příklady jsou tažení pružinového drátu a tažení při výrobě přesných trubek.

**Feritické** korozivzdorné oceli se pokud jde o potřebné přetvárné síly chovají přibližně stejně jako nelegované oceli. V porovnání s nelegovanými hlubokotažnými ocelmi je ale jejich plasticita omezená, protože jejich nejdůležitější požadovanou prioritou mezi vlastnostmi není tvařitelnost, nýbrž odolnost proti korozi.

Při kalíškovacím hlubokém tažení dosahují feritické korozivzdorné oceli vysokého mezního poměru ( $\sigma_{max} > 2,0$ ). Při namáhání přetahováním jsou naopak schopné tvarování jen v omezeném rozsahu. I přes toto omezení nacházejí ferity použití v celé řadě případů. Běžnými tvarovanými díly jsou například zastřešovací prvky a obklady v architektuře, pláště myček nádobí, ploché zboží, ozdobné lišty automobilů, skořepinové konstrukce katalyzátorů a podélně svařované trubky.

**Austenitické** korozivzdorné oceli vykazují v porovnání s nelegovanými ocelmi a feritickými korozivzdornými ocelmi podstatně větší zpevnění za studena. To má za následek potřebu podstatně větších sil při tvarování. Obvyklé austenitické materiály se během tvarování přeměňují na martenzit. Martenzitická transformace se ale projevuje negativně jen při vícenásobném tažení. Jestliže je toho zapotřebí, může být martenzit odstraněn meziřeháním. Při kalíškovacím hlubokém tažení austenitické korozivzdorné oceli se dosahuje přibližně stejného mezního poměru jako u feritické korozivzdorné oceli. Podstatně lépe se austenity naopak chovají při namáhání přetahováním. Geometricky komplikované díly se proto vyrábějí přednostně z austenitických ocelí. Na příklad vnitřní dveře a dna myček nádobí, dřezy, duté výrobky a trubky.

## 7 Obrobitelnost

Při obrábění korozivzdorných ocelí platí za těžkoobrobitelné především austenitické oceli. Obrobitelnost těchto ocelí je nepříznivě ovlivňována jejich velkým sklonem ke zpevňování za studena, nízkou tepelnou vodivostí a dobrou houževnatostí. Nejdůležitějším prvkem, který přispívá ke zlepšení obrobitelnosti korozivzdorných ocelí, je síra.

Korozivzdorné oceli určené k třískovému obrábění je možné rozdělit, jak ukazuje *tabulka 7*, do dvou skupin. Pro speciální použití jsou ved-

určité újmy na odolnosti proti korozi. Oceli druhé skupiny o obsahují přísady síry v množství 0,015 až 0,030% a tyto obsahy jsou ještě pod mezní hodnotou normy. Nastavením definované velikosti, počtem a rozložením sulfidů v příčném průřezu materiálu se v porovnání se standardními oceli s výrazně nižšími obsahy S dosahuje vyšší řezné rychlosti a o více než 100% delší trvanlivost nástroje. V porovnání s klasickými automatovými oceli jsou ale tyto hodnoty nižší.

Druh oceli		Obsah síry v %
Zkratka	Materiál	
Automatové oceli		
X14CrNoS17 X6CrMoS17 X8CrNiS18-9	1.4104 1.4105 1.4305	0,15 až 0,35
Standardní oceli se zlepšenou obrobitelností <sup>1)</sup>		
X5CrNi18-10 X2CrNi19-11 X2CrNi18-9 X6CrNiTi18-10 X5CrNiMo17-12-2 X2CrNiMo17-12-2 X6CrNiMoTi17-12-2	1.4301 1.4306 1.4307 1.4541 1.4401 1.4404 1.4571	0,015 až 0,030
<sup>1)</sup> Výběr typických ocelí		

Tabulka 7:  
rozdělení korozivzdorných ocelí na skupiny podle obrobitelnosti



le toho k dispozici také s speciálními automatovými oceli. **Automatové oceli** obsahují zpravidla 0,15 až 0,35% S. Síra tvoří ve spojení s manganem sulfid manganu, jehož pozitivní účinek na obrobitelnost spočívá v lámavosti na drobné třísky, v hladkém povrchu obrobku a v menším opotřebení nástrojů (*obr. 7*).

U automatových ocelí je nutné si povšimnout

Obr. 7: příklady tvorby třísek při rozdílném obsahu síry

## 8 Provedení povrchu

Kovově čisté povrchy jsou základním předpokladem nerezavějících ocelí pro jejich odolnost proti korozi. Zokuzené povrchy je tedy nejdříve nutné do tohoto stavu přivést tryskáním, broušením, kartáčováním nebo/a mořením.

VEN 10088, část 2 a 3, jsou v příslušné tabulce uvedeny druhy provedení a jakosti povrchu výrobků z nerezavějících ocelí. Shrnutí druhů povrchů a porovnání s dřívějším označováním podle DIN je možné vyčíst z *tabulky 8*.

**Lesklý hladký povrch ve stavu 2R** je určen především pro plechy a pásy do tloušťky max. 3 mm a pro tažené výrobky. Pro velkoplošná použití je toto provedení zpravidla méně vhodné (reflexní zkreslení). Zde se dává přednost **difusně hladkému, jemně matnému stavu 2B**, který je vzhledem k jeho jemnému vzhledu povrchu také vhodnější pro hluboké tažení, než 2R.

U **broušeného stavu G** není brusná kresba, např. "zrnitost 180" dostačující. Vhodné je dodávání po předchozím vzorkování. Olejové broušení poskytuje obecně hladší povrchy, které jsou při tom méně náchylné k zašpinění, než povrchy broušené na sucho.

**Leštěný stav P** se realizuje většinou až u dalšího zpracovatele. Vedle mechanického leštění se používá také leštění elektrolytické. I tímto způsobem dosahované velmi lesklé povrchy mohou - při jinak mnohonásobně osvědčeném používání - u velkých ploch mírně ovlivňovat reflexní zkreslování.

U **pylově-spektrálního postupu** vznikají elektrolytickým ošetřením na povrchu průhledné až 0,3 μm silné filmy, na kterých vznikají interferencí světla v závislosti na tloušťce barevné efekty od modré, zlaté, červené až po zelenou barvu. Tyto barvy nejsou citlivé na UV

záření, na světle jsou dokonale stálé a velmi odolné proti působení atmosféry. Při vyšších teplotách, jaké vznikají na příklad při pájení nebo svařování, se tato vrstva místně narušuje.

Obzvlášť zajímavým utvářením vzhledu povrchu korozivzdorných ocelí jsou **kreslení a válcování vzorů**: na za studena válcované pásy se při hladícím válcování jednostranně nebo oboustranně zaválcovávají vzory. S těmito plechy je možné dosahovat půvabných efektů. Povrchy odrážejí málo světla a nejsou citlivé na poškrábání; skvrny a otisky prstů nejsou opticky viditelné.

	EN 10088 Značka <sup>1)</sup>	Způsob provedení <sup>2)</sup>	Stav povrchu <sup>2)</sup>	Tvar výrobku <sup>3)</sup>			
				PV	VD	T P	PŘ
Za tepla válcovaný, příp. za tepla tvarovaný	1U	za tepla tvarovaný, tepelně nezpracovaný, neodokujený	okuje	X	X	X	X
	1C	za tepla tvarovaný, tepelně zpracovaný, neodokujený	okuje	X	X	X	X
	1E	za tepla tvarovaný, tepelně zpracovaný, mechanicky odokujený	bez okují	X	X	X	X
	1D	za tepla tvarovaný, tepelně zpracovaný, mořený	bez okují	X	X	X	
	1X	za tepla tvarovaný, tepelně zpracovaný, mořený, hrubovaný (loupaný nebo nahrubo osoustružený)	kovově čistý			X	
Za studena válcovaný, příp. za studena dále zpracovaný	2H	za studena zpevněný	lesklý	X		X	
	2C	za studena válcovaný, tepelně zpracovaný, neodokujený	hladký, okuje po teplném zpracování	X			
	2E	za studena válcovaný, tepelně zpracovaný, neodokujený	drsňý, matný	X			
	2D	dále za studena zpracovaný, tepelně zpracovaný, mořený	hladký	X		X	
	2B	tepelně zpracovaný, opracovaný (loupaný), mechanicky hlazený	hladší než 2D			X	
	2B	za studena válcovaný, tepelně zpraco- vaný, mořený, po hladícím válcování	hladší než 2D	X			
	2R	za studena válcovaný, leskle žíhaný	odrazivý (slepý)	X			
	2Q	za studena válcovaný, kalený a popuštěný, bez okují	bez okují	X			
Zvláštní provedení, příp. zvláštní finální zpracování	1G nebo 2G	broušený		X		X	
	1J nebo 2J	kartáčovaný nebo matně leštěný		X			
	1K nebo 2K	jemně matně leštěný		X			
	1nebo 2P	leštěný, jemně naleštěný		X		X	
	2F	za studena válcovaný, tepelně zpracovaný, hlazený válc. za studena se zdrsněnými válci	matný	X		X	
	1M nebo 2M	vzorkovaný		X			
	2W	vlnitý		X			
	2L	zabarvený		X			
	1S nebo 2S	opatřen povrchovou vrstvou		X			

<sup>1)</sup> První místo 1 = za tepla válcovaný příp. tvarovaný; 2 = za studena válcovaný příp. dále zpracovaný  
<sup>2)</sup> Přesnější definice a rámcové podmínky viz EN 10088, části 2 a 3  
<sup>3)</sup> PV = plochý výrobek; VD = válcovaný drát; P = profily; PŘ = předvalky

Tabulka 8: porovnání druhů provedení a vlastností povrchu korozivzdorných ocelí podle EN 10088, díly 2 a 3 a DIN 17440/41

## 9 Fyzikální vlastnosti

Fyzikální vlastnosti některých vybraných druhů ocelí jsou shrnuty v *tabulce 9*. Povšimnout si je třeba větší tepelné roztažnosti a menší tepelné vodivosti austenitických ocelí. Jejich elektrický odpor je vzhledem k jejich obsahu legur vyšší, než u nelegovaných ocelí.

Charakteristickým rozdílným znakem mezi feritickými/martenzitickými chrómovými ocelemi a austenitickými chróm-niklovými ocelemi je magnetovatelnost. Na rozdíl od magnetovatelných chrómových ocelí se austenitické oceli ve stavu po rozpouštěcím žhání chovají značně nemagneticky.

Tvarování za studena může u austenitických ocelí vést ke změnám struktury (tvorba deformačního martenzitu), takže dochází k částečné magnetizovatelnosti. Avšak obsah niklu magnetizovatelnost austenitických korozivzdorných ocelí výrazně ovlivňuje, takže při vyš-

ších obsazích niklu může být schopnosti magnetizování i ve stavu po tvarování za studena zcela zabráněno. K dispozici jsou rovněž nemagnetizovatelné oceli s hodnotami permeability max. 1,001.

Druh oceli		Měrná hmotnost kg/dm <sup>3</sup>	Modul pružnosti při 20°C kN/mm <sup>2</sup>	Tepelná roztažnost mezi 20°C a 100°C      400°C 10 K <sup>-1</sup>		Tepelná vodivost při 20°C W/(m x K)	Měrná tepelná kapacita při 20°C J/(kg x K)	Elektrický odpor při 20°C W x mm <sup>2</sup> /m
zkratka	materiál							
X6Cr17	1.4016	7,7	220	10,0	10,5	25	460	0,60
X2CrNi12	1.4003	7,7	220	10,4	11,6	25	430	0,60
X5CrNi18-10	1.4301	7,9	200	16,0	17,5	15	500	0,73
X6CrNiTi18-10	1.4541	7,9	200	16,0	17,5	15	500	0,73
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	8,0	200	16,0	17,5	15	500	0,75
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	8,0	200	16,5	18,5	15	500	0,75
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	7,8	200	13,0	-	15	500	0,80

Tabulka 9: orientační údaje o fyzikálních vlastnostech některých ocelí podle EN 10088, část 1



## 10 Normování

Dosavadní národní normy zcela nahradila EN 10088 “Korozivzdorné oceli”.

EN 10088 se člení na:

- Část 1: seznam korozivzdorných ocelí,  
 Část 2: technické dodací podmínky pro plech a pás pro všeobecné použití,  
 Část 3: technické dodací podmínky pro sochory, tyče, válcovaný drát a profily pro všeobecné použití.

V části 1 je uvedeno chemické složení 83 evropských druhů korozivzdorných ocelí. K nim patří

- 20 feritických ocelí
- 20 martenzitických a vytvrditelných ocelí,
- 37 austenitických ocelí,
- 6 austeniticko-feritických ocelí.

Tím je evidována celá paleta korozivzdorných ocelí, počínaje oceli s min. 10,5 % Cr až po vysokolegované oceli, které hraničí s niklovými slitinami.

Chemické složení, které je v EN 10088 stanovené, platí i pro všechny ostatní EN a CEN, které s korozivzdornými oceli souvisí; odchylky jsou povoleny jen ve zdůvodněných případech. To je důležité proto, aby se zabránilo zbytečné rozmanitosti členění. Část 1 kromě toho obsahuje i údaje o fyzikálních vlastnostech ocelí, odkazy na rozdělování druhů ocelí a definice pojmů.

Ve výrobních normách (díly 2 a 3) jsou - z hlediska **použitelnosti** - uvedeny i rozdíly mezi **standardními a speciálními** jakostmi.

Zcela nový je systém označování **druhu provedení příp. vlastností povrchu** (viz *tabulka 8*). Abecední systém platí stejně pro ploché i dlouhé výrobky. Všechny za tepla válcované výrobky jsou označeny 1 a všechny za studena válcované výrobky 2. K tomu se přidávají rozlišovací písmena pro příslušné druhy provedení, příp. vlastností povrchu. Podchycena jsou rovněž speciální provedení, jako broušený (G), kartáčovaný (I), jemně matně leštěný (K), na leštěný (P). K zabránění chybných údajů by se měl každý prodejce i na kupující s novým systémem seznámit.

K lepšímu využití pevnosti, která je pro výrobek charakteristická, se v této co do množství nejvýznamnější výrobkové skupině v dílu 2 rozlišuje nejdůležitější mechanicko-technologická vlastnost plochých výrobků, **mez průtažnosti 0,2**, mezi za studena válcovaným pásem (6 mm), za tepla válcovaným pásem (12 mm) a za tepla válcovaným plechem (75 mm).

V **dílu 3** jsou popsány mechanicko-technologické vlastnosti dlouhých výrobků. I pro dlouhé výrobky platí nový systém označování vlastností povrchu (viz *tabulka 8*). Pro některé druhy provedení jsou udány informativní poukazy na přiřazené třídy tolerancí IT (částečně rozmezí IT), které jsou ale závazné až poté, když jsou v objednávce dohodnuty. Požadavky na vlastnosti povrchu za tepla válcovaných tyčí a za tepla válcovaného drátu je možné případně dohodnout podle EN 10221 - třídy jakosti povrchu.

Pro za studena válcované ploché výrobky byly schváleny nové EN-normy pro **tolerance rozměrů** a to:

- EN 10258 pro studený pás, rozměrovým tolerancím řídí EN 10029, za tepla
- EN 10259 pro studený široký pás a válcovaný pás EN 10048 a EN 10051. plech.

Za tepla válcované plechy se ve vztahu k

Výrobek	Oblast platnosti	EN	(Předpokládaný) začátek platnosti
za studena a za tepla válcovaný pás za tepla válcovaný plech	všeobecné použití	EN 10088-2	1995 - 08
předvalky, tyče, válcovaný drát, profily	všeobecné použití	EN 10088-3	1995 - 08
za studena a za tepla válcovaný pás za tepla válcovaný plech	tlakové nádoby	EN 10088-7	2000 - 03
tyče	tlakové nádoby	EN 10272	2000 - 03
Trubky a fitinky	transport vodnatých tekutin vč. pitné vody	Pr EN 10392	Pr EN 1999 - 1
bezešvé trubky	tlakové nádoby	EN 10216-5	
svařované	tlakové nádoby	EN 10217-7	
výkovky	všeobecné použití	EN 10250-4	2000 - 02
výkovky	tlakové nádoby	EN 10222-5	2000 - 02
válcovaný drát, tyče	upevňovací prostředky pěchování za studena a protlačování za studena	EN 10269 EN 10263-5	1999 - 11 Pr EN
drát	pružiny lanový drát	Pr EN 10270-3 EN 10264-4	Pr EN 1996 - 01 Pr EN 1995 - 10
za studena a za tepla válcovaný pás za tepla válcovaný plech předvalky, tyče, válcovaný drát, profily	žárovzdorné oceli a slitiny	EN 10095	1999 - 07
odlitky z korozivzdorné oceli	všeobecné použití	EN 10283	1998 - 12
odlitky z korozivzdorné oceli	tlakové nádoby	EN 10213-4	1996 - 01

Tabulka 10: přehled o nových EN pro výrobky z korozivzdorných ocelí





ISBN 2-87997-082-2