

Ferrytyczne stale nierdzewne

Feryt posiada strukturę krystaliczną regularną przestrzennie centrowaną i jest magnetyczny oraz kruchy poniżej charakterystycznej temperatury przejścia w stan kruchy. Nierdzewne stale ferrytyczne wykazują strukturę ferrytyczną po wyżarzaniu i charakteryzują się dobrą formowalnością oraz ciągliwością.

Głównym pierwiastkiem stopowym w ferrytycznych stalach odpornych na korozję (nierdzewnych) jest chrom, który w stężeniu powyżej 13% powoduje zmianę potencjału elektrochemicznego stali z ujemnego na pasywny. Chrom stabilizuje fazę ferrytyczną ograniczając występowanie austenitu. Przy stężeniu większym od 12% Cr w stopach Fe-Cr ferryty jest trwały w całym zakresie od temperatury pokojowej do temperatury solidusu. Stale o małym stężeniu węgla poddaje się wyżarzaniu w temperaturze 680-1050°C z chłodzeniem w powietrzu lub wodzie, aby uniknąć tworzenia się austenitu. Stale tej grupy wykazują dobrą odporność na korozję i wytrzymałość na rozciąganie od 380 do 750MPa. Ze względu na obecność węgla w stalach o strukturze ferrytycznej mogą występować węgliki, w wysokiej temperaturze ulegające rozpuszczeniu w roztworze stałym. Sprzyja to powstawaniu niewielkich ilości austenitu, który ulega następnie przemianie w martenzyt podczas chłodzenia. Zmniejsza to plastyczność i spawalność tych stali, powodując pęknięcia. W celu uniknięcia tego zjawiska do stali ferrytycznych dodaje się stabilizujący dodatek tytanu w stężeniu około pięciokrotnie większym od łącznego stężenia węgla i azotu. Węgliki tytanu są trwałe do znacznie wyższej temperatury - około 1150°C, co uniemożliwia tworzenie się austenitu podczas obróbki cieplnej. Oddziaływanie podobne jak tytan mają dodatki Nb i Zr. Niektóre gatunki stali o strukturze ferrytycznej zawierają również dodatek 0,1-0,3% Al, stabilizujący ferryt, co także zapobiega niekorzystnemu powstawaniu austenitu podczas obróbki cieplnej. Gatunki mające podwyższone stężenie siarki ponad 0,15% cechują się dużą skrawalnością, ale ich odporność na korozję jest obniżona.

Stale ferrytyczne zwykle wykazują słabą spawalność z powodu wrażliwości na korozję międzykrystaliczną oraz kruchość strefy wpływu ciepła.

W normach ASTM gatunki ferrytyczne stali nierdzewnych są sklasyfikowane grupie 400.

Orientacyjny skład chemiczny (tab. 1), warunki obróbki cieplnej oraz wybrane własności mechaniczne (tab. 2) i fizyczne (tab. 3) ferrytycznych stali nierdzewnych opracowano na podstawie norm PN-EN 10088-1÷3: 2007.

Literatura

- [1]. PN-EN 10088-1÷3: 2007, Stale odporne na korozję.
- [2]. L.A. Dobrzański, Metaloznawstwo opisowe stopów żelaza, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.

Tablica 1**Orientacyjny skład chemiczny oraz zamienniki ferrytycznych stali nierdzewnych**

EN 10088		Zamiennik			Stężenie pierwiastków, % ⁽¹⁾							
Znak stali	Numer	AISI/ASTM	PN	GOST	C	Cr	Ni	Mo	Si	Mn	N	Inne
X6Cr13	1.4000	403; 410S	0H13	08Ch13	≤0,08	12,00 - 14,00	-	-	≤1,00	≤1,00	-	-
X6CrAl13	1.4002	405	-	-	≤0,08	12,00 - 14,00	-	-	≤1,00	≤1,00	-	Al: 0,10 - 0,30
X2CrNi12	1.4003	-	-	-	≤0,030	10,50 - 12,50	0,30 - 1,00	-	≤1,00	≤1,50	≤0,030	-
X6Cr17	1.4016	430	H17	12Ch17	≤0,08	16,00 - 18,00	-	-	≤1,00	≤1,00	-	-
X6CrNi17-1	1.4017	-	-	-	≤0,08	16,00 - 18,00	1,20 - 1,60	-	≤1,00	≤1,00	-	-
X6CrMoS17	1.4105	430F	-	-	≤0,08	16,00 - 18,00	-	0,2 - 0,60	≤1,50	≤1,50	-	S: 0,15 - 0,35
X6CrMo17-1	1.4113	434	-	-	≤0,08	16,00 - 18,00	-	0,90 - 1,40	≤1,00	≤1,00	-	-
X2CrTiNb18	1.4509	441	-	-	≤0,030	17,50 - 18,50	-	-	≤1,00	≤1,00	-	Ti: 0,10 - 0,60; Nb: [(3xC) + 0,30] - 1,00
X3CrTi17	1.4510	439; 430Ti	0H17T	08CM7T	≤0,05	16,00 - 18,00	-	-	≤1,00	≤1,00	-	Ti: [4x(C+N) + 0,15] - 0,80
X3CrNb17	1.4511	-	-	-	≤0,05	16,00 - 18,00	-	-	≤1,00	≤1,00	-	Nb: (12xC) - 1,00
X2CrTi12	1.4512	409	-	-	≤0,030	10,50 - 12,50	-	-	≤1,00	≤1,00	-	Ti: [6x(C+N)] - 0,65
X2CrMoTi17-1	1.4513	-	-	-	≤0,025	16,00 - 18,00	-	0,80 - 1,40	≤1,00	≤1,00	≤0,020	Ti: 0,30 - 0,60
X6CrNiTi12	1.4516	414	-	-	≤0,08	10,50 - 12,50	0,50 - 1,50	-	≤0,70	≤1,50	-	Ti: 0,05 - 0,35
X2CrTi17	1.4520	-	-	-	≤0,025	16,00 - 18,00	-	-	≤0,50	≤0,50	≤0,015	Ti: 0,30 - 0,60
X2CrMoTi18-2	1.4521	444	-	-	≤0,025	17,00 - 20,00	-	1,80 - 2,50	≤1,00	≤1,00	≤0,030	Ti: [4x(C+N) + 0,15] - 0,80
X2CrMoTiS18-2	1.4523	-	-	-	≤0,03	17,50 - 19,00	-	2,00 - 2,50	≤1,00	≤0,50	-	Ti: 0,30 - 0,8; S: 0,15 - 0,35; (C+N) ≤ 0,040
X6CrMoNb17-1	1.4526	436	-	-	≤0,08	16,00 - 18,00	-	0,80 - 1,40	≤1,00	≤1,00	≤0,040	Nb: [7x(C+N) + 0,10] - 1,00
X5CrNiMoTi15-2	1.4589	-	-	-	≤0,08	13,50 - 15,50	1,00 - 2,50	0,20 - 1,20	≤1,00	≤1,00	-	Ti: 0,30 - 0,50
X2CrNbZr17	1.4590	-	-	-	≤0,030	16,00 - 17,50	-	-	≤1,00	≤1,00	-	Nb: 0,35 - 0,55; Zr: ≥ 7 x (C+N) + 0,15
X2CrMoTi29-4	1.4592	-	-	-	≤0,025	26,00 - 30,00	-	3,50 - 4,50	≤1,00	≤1,00	≤0,045	Ti: [4x(C+N) + 0,15] - 0,80
X1CrNb15	1.4595	-	-	-	≤0,020	14,00 - 16,00	-	-	≤1,00	≤1,00	≤0,20	Nb: 0,20 - 0,60

⁽¹⁾ S: ≤ 0,010-0,015; P: max. 0,040;

Tablica 2

Warunki obróbki cieplnej oraz wybrane własności mechaniczne ferrytycznych stali nierdzewnych w stanie wyżarzonym

EN 10088		Temperatura wyżarzania, °C	Umowna granica plastyczności w temp. 20°C, R _{p0,2} MPa min.	Wytrzymałość na rozciąganie R _m MPa	Wydłużenie po zerwaniu A% min. (wzdł.)	Moduł sprężystości w temp., GPa	
Znak stali	Numer					20°C	400°C
X6Cr13	1.4000	750 - 800	230	400 - 630	20	220	195
X6CrAl13	1.4002	750 - 810	230	400 - 600	17	220	195
X2CrNi12	1.4003	680 - 740	260	450 - 600	20	220	195
X6Cr17	1.4016	750 - 850	240	400 - 630	20	220	195
X6CrNi17-1	1.4017	750 - 810	330	500 - 750	12	220	195
X6CrMoS17	1.4105	750 - 850	250	430 - 630	20	220	195
X6CrMo17-1	1.4113	750 - 850	280	440 - 660	18	220	195
X2CrTiNb18	1.4509	750 - 850	200	420 - 620	18	220	195
X3CrTi17	1.4510	770 - 830	230	420 - 600	23	220	195
X3CrNb17	1.4511	750 - 850	200	420 - 620	20	220	195
X2CrTi12	1.4512	770 - 830	210	380 - 560	25	220	195
X2CrMoTi17-1	1.4513	820 - 880	200	400 - 550	23	220	195
X6CrNiTi12	1.4516	790 - 850	280	450 - 650	23	220	195
X2CrTi17	1.4520	750 - 850	200	420 - 620	20	220	195
X2CrMoTi18-2	1.4521	820 - 880	300	420 - 640	20	220	195
X2CrMoTiS18-2	1.4523	1000 - 1050	280	430 - 600	15	220	195
X6CrMoNb17-1	1.4526	800 - 860	300	480 - 680	15	220	195
X5CrNiMoTi15-2	1.4589	750 - 800	400	550 - 750	16	220	195
X2CrNbZr17	1.4590	870 - 930	280	400 - 550	23	220	195
X2CrMoTi29-4	1.4592	900 - 1000	430	550 - 700	20	220	195
X1CrNb15	1.4595	770 - 830	210	380 - 560	25	220	195

⁽¹⁾ Rodzaj chłodzenia: powietrze

Tablica 3*Wybrane własności fizyczne ferrytycznych stali nierdzewnych*

EN 10088		Średni współczynnik rozszerzalności cieplnej w temperaturze między, $10^{-6} \times K^{-1}$		Przewodność cieplna w temp. 20°C, W/m x K	Jednostkowa pojemność cieplna w 20°C, J/kg x K	Elektryczny opór właściwy w temp. 20°C, $\Omega \times mm^2/m$	Gęstość w temp. 20°C, kg/cm ³
Znak stali	Numer	20°C - 200°C	20°C - 400°C				
X6Cr13	1.4000	11,0	12,0	30	460	0,60	7,7
X6CrAl13	1.4002	11,0	12,0	30	460	0,60	7,7
X2CrNi12	1.4003	10,8	11,6	25	430	0,60	7,7
X6Cr17	1.4016	10,0	10,5	25	460	0,60	7,7
X6CrNi17-1	1.4017	-	-	30	460	0,70	7,7
X6CrMoS17	1.4105	10,5	10,5	25	460	0,70	7,7
X6CrMo17-1	1.4113	10,5	10,5	25	460	0,70	7,7
X2CrTiNb18	1.4509	10,0	10,5	25	460	0,60	7,7
X3CrTi17	1.4510	10,0	10,5	25	460	0,60	7,7
X3CrNb17	1.4511	10,0	10,5	25	460	0,60	7,7
X2CrTi12	1.4512	11,0	12,0	25	460	0,60	7,7
X2CrMoTi17-1	1.4513	10,5	10,5	25	460	0,70	7,7
X6CrNiTi12	1.4516	-	-	30	460	0,60	7,7
X2CrTi17	1.4520	10,8	11,6	20	430	0,70	7,7
X2CrMoTi18-2	1.4521	10,8	11,6	23	430	0,80	7,7
X2CrMoTiS18-2	1.4523	10,8	11,6	23	430	0,80	7,7
X6CrMoNb17-1	1.4526	-	-	30	440	0,70	7,7
X5CrNiMoTi15-2	1.4589	11,0	12,0	25	460	0,60	7,7
X2CrNbZr17	1.4590	-	-	26	460	0,60	7,7
X2CrMoTi29-4	1.4592	-	-	17	440	0,67	7,7
X1CrNb15	1.4595	10,8	11,6	30	460	0,60	7,7
Stale magesowalne							