

## Ćwiczenie 5

### 1. Wstęp.

Do stali specjalnych zaliczane są m.in. stale o szczególnych własnościach fizycznych i chemicznych. Są to stale odporne na różne typy korozji: chemiczną, elektrochemiczną, gazową w wysokich temperaturach jak również stale niemagnetyczne, magnetycznie twarde i magnetycznie miękkie oraz stale o szczególnych współczynnikach rozszerzalności.

### 2. Klasyfikacja i oznaczenie stali według Norm Europejskich EN.

*Stal* jest stopem zawierającym (masowo) więcej żelaza niż jakiegokolwiek innego pierwiastka, obrobionym plastycznie i cieplnie. Zawartość węgla w ilości 2% jest przyjmowana jako granica podziału między stalą a *żeliwem* (tylko nieliczne stale wysokochromowe zawierają więcej niż 2 % węgla). Stop na bazie żelaza o składzie odpowiadającym stali, lecz nie poddany obróbce plastycznej, nazywa się *staliwem*.

W normie PN-EN 10020: 2003 dokonano podziału stali na dwie klasy, mianowicie *niestopowe* i *stopowe*. Stopowymi są te stale, w których co najmniej jeden z pierwiastków osiąga lub przekracza następujące wartości (masowo): Mn = 1,65 %; Si = 0,6 %; Cr, Al, Co, W, i Ni = 0,3 %; Mo = 0,08 %; Ti i Zr = 0,05 %; V, Bi, Se, Te = 0,10 %; Cu, Pb = 0,40 %; Nb = 0,06 %; B = 0,0008 %; inne (oprócz C, P, S, N) = 0,05 %.

Ze względu na sumaryczne stężenie pierwiastków, stale stopowe dzieli się tradycyjnie na następujące grupy:

- *niskostopowe*, w których stężenie jednego pierwiastka (oprócz węgla) nie przekracza 2 %, a suma pierwiastków łącznie nie przekracza 3,5 %,
- *średniostopowe*, w których stężenie jednego pierwiastka (oprócz węgla) jest w granicach od 2 do 8 %, a suma pierwiastków łącznie nie przekracza 12 %,
- *wysokostopowe*, w których stężenie jednego pierwiastka przekracza 2 %, a suma pierwiastków łącznie nie przekracza 55 %.

Dalszy podział stali niestopowych i stopowych wyróżnia stale *jakościowe* i *specjalne*.

#### ***Stale niestopowe jakościowe***

Są to gatunki stali, co do których stawia się określone wymagania dotyczące takich właściwości jak np. ciągliwość, regulowana wielkość ziarna i/lub podatność na obróbkę plastyczną, i to na poziomie niższym niż stali niestopowych specjalnych. Z uwagi na warunki pracy w jakich mają być stosowane, stawiane im wymagania jakościowe powinny być wyższe, a proces wytwarzania prowadzony staranniej, w porównaniu z procesem wytwarzania stali podstawowych.

#### ***Stale niestopowe specjalne***

Stale specjalne charakteryzują się wyższym stopniem czystości niż stale niestopowe jakościowe, szczególnie pod względem wtrąceń niemetalicznych. Są one najczęściej przeznaczone do ulepszania cieplnego i hartowania powierzchniowego. Dzięki dokładnemu dobraniu i kontrolowaniu składu chemicznego oraz starannemu sterowaniu procesem wytwarzania, uzyskuje się różnorodne własności przetwórcze i użytkowe, np. wysoką wytrzymałość i hartowność (z równoczesną dobrą podatnością na kształtowanie), dobrą spawalność i odporność na pękanie.

Stale te spełniają jeden lub więcej poniższych warunków:

- określona minimalna udarność (praca łamania) w stanie ulepszonym cieplnie,
- określona hartowność lub twardość w stanie hartowanym i po obróbce cieplnej,
- określona mała zawartość wtrąceń niemetalicznych,

- ograniczona maksymalna zawartość S i P  $\leq 0,020\%$  dla analizy wytopowej lub  $\leq 0,025\%$  dla analizy wyrobu,
- minimalna praca łamania w temp.  $-50^{\circ}\text{C}$  na próbkach Charpy:  $KV \geq 27 \text{ J}$  określona na próbkach wzdłużnych, lub  $KV \geq 16 \text{ J}$  na próbkach poprzecznych.

### ***Stale stopowe jakościowe***

Stalami stopowymi jakościowymi są te gatunki stali, które powinny spełniać wymagania pod względem np. ciągliwości, regularnej wielkości ziarna i/lub podatności na obróbkę cieplną. Nie są one zazwyczaj przeznaczone do hartowania i odpuszczania lub utwardzania powierzchniowego. Wśród stali stopowych jakościowych wyróżnia się następujące grupy:

- A. Spawalne stale *konstrukcyjne drobnoziarniste* przeznaczone m.in. na zbiorniki ciśnieniowe i rurociągi, spełniające następujące warunki:
  - $R_{e \min} < 380 \text{ MPa}$  dla wyrobów o grubości  $t \leq 16 \text{ mm}$ ;
  - zawartość pierwiastków wg analizy wytopowej jest mniejsza od wartości granicznych, podanych wyżej;
  - określona minimalna wartość pracy łamania na próbkach Charpy-V w temperaturze  $-50^{\circ}\text{C}$ : dla próbek wzdłużnych  $\geq 27 \text{ J}$  lub dla próbek poprzecznych  $\geq 16 \text{ J}$ .
- B. Stale przeznaczone na szyny kolejowe, grodzie i kształtowniki na obudowy górnicze.
- C.. Stale przeznaczone na urządzenia elektryczne zawierające jako pierwiastki stopowe tylko Si lub Si+Al.
- D. Stale na wyroby walcowane na gorąco lub na zimno, przeznaczone do dalszej obróbki na zimno zawierające pierwiastki rozdrabniające ziarno (B, Nb, Ti, V i/lub Zr), oraz stale dwufazowe.
- E. Stale, których jedynym składnikiem stopowym jest miedź.

### ***Stale stopowe specjalne***

Są to stale inne niż odporne na korozję, żaroodporne, żarowytrzymałe, łożyskowe, narzędziowe, maszynowe, konstrukcyjne, które charakteryzują się precyzyjnie określonym składem chemicznym i szczególnymi warunkami wytwarzania oraz kontrolą procesu w celu zapewnienia podwyższonych własności, które często są wymagane w różnych kombinacjach i w zawężonych granicach. Stale stopowe specjalne obejmują np. stale stopowe do budowy maszyn i stale stopowe na zbiorniki ciśnieniowe, stale łożyskowe, stale narzędziowe i o specjalnych własnościach fizycznych.

**W grupie stali stopowych specjalnych są stale odporne na korozję o zawartości C  $\leq 1,2\%$  i Cr  $\geq 10,5\%$ , które pod względem zawartości niklu dzieli się na stale o Ni  $\leq 2,5\%$  i stale o Ni  $\geq 2,5\%$ . Pod względem własności klasyfikuje się je na: nierdzewne, żaroodporne i żarowytrzymałe.**

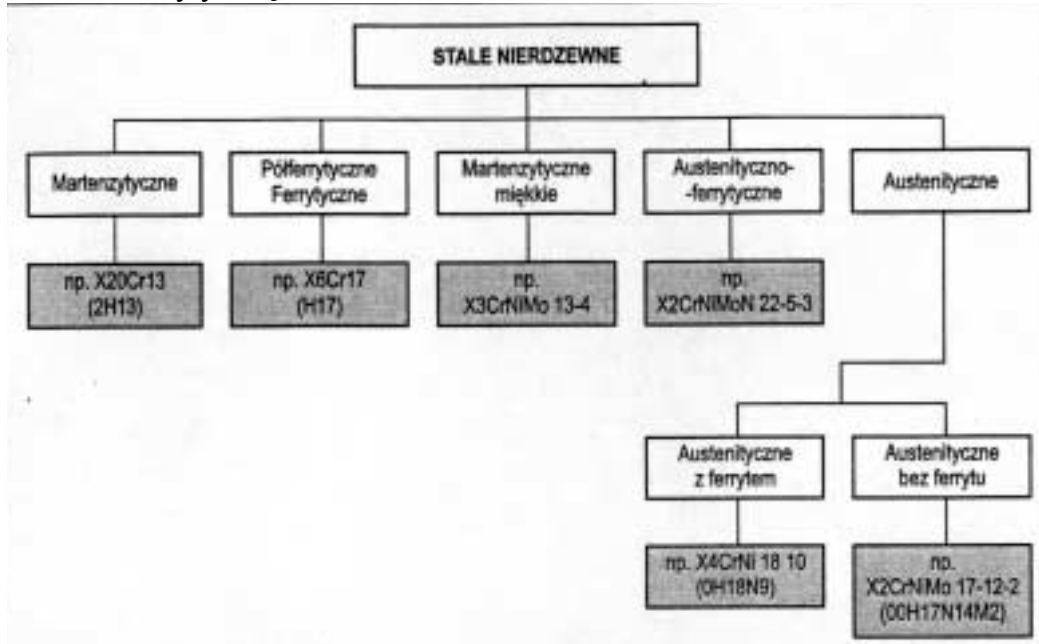
### ***Systemy oznaczenia stali według Norm Europejskich***

Obowiązujące w Polsce, a przejęte z Norm Europejskich (EN), systemy oznaczania stali określają normy PN-EN 10027-1:2004 i PN-EN 10027-2:1994. Znaki stali składają się z symboli głównych i dodatkowych - literowych i cyfrowych.. Symbole główne wskazują na podstawowe cechy stali, tj. zastosowanie, własności mechaniczne i/lub fizyczne (znaki grupy 1), względnie skład chemiczny (znaki grupy 2). Każdemu gatunkowi stali nadano znak i numer, jednoznacznie identyfikujące tylko jeden materiał.

Symbole główne uzupełnia się symbolami dodatkowymi, charakteryzującymi takie cechy stali lub wyrobów hutniczych, jak np. przydatność do pracy w wysokich lub niskich temperaturach, jakość powierzchni, warunki obróbki cieplnej, stopień odtlenienia stali.

### 3. Wybrane stale specjalne – ich charakterystyka.

- 3.1. **Stale nierdzewne** – odporne na korozję atmosferyczną, produktów spożywczych, roztworów kwasu azotowego. Zawierają powyżej 12% Cr. W zależności od ilości chromu i węgla mogą posiadać strukturę ferrytyczną, ferrytyczno – martenzytyczną lub martenzytyczną.



Klasyfikacja wysokostopowych stali odpornych na korozję ze względu na mikrostrukturę wraz z przykładami gatunków stali wg PN – EN 10088 – 1:1998.

- 3.2. **Stale kwasoodporne** – odporne na działanie licznych środowisk agresywnych w tym także wielu kwasów. Zawierają zawsze Ni a oprócz chromu, również mogą zawierać mangan, molibden, tytan.

Typowe stale 18-8 przy małej zawartości węgla 18% chromu i 8% Ni posiadają strukturę austenityczną.

Struktura stali kwasoodpornych – austenityczna bądź ferrytyczno – austenityczna.

- 3.3. **Stale żaroodporne** – odporne na korozję w środowiskach gorących gazów o temperaturze powyżej 550°C. Głównymi składnikami stopowymi stali są: chrom, krzem, aluminium, nikiel.

Stale te posiadają strukturę ferrytyczną lub (z Ni) ferrytyczno – austenityczną.

- 3.4. **Stale żarowytrzymałe** – to stale żaroodporne, a dodatkowo w warunkach korozyjnych, pod obciążeniem nie wykazują odkształceń, czyli odporne na pełzanie.

Oprócz dodatków stopowych podwyższających żaroodporność (Cr, Si, Al) wprowadzono dodatki stopowe (Ni, Mn, Zn, Cu) w celu uzyskania struktury austenitycznej. Dalszy wzrost żarowytrzymałości i wytrzymałości na pełzanie zapewniają pierwiastki Mo, W, V, które w austenitycznej osnowie tworzą węgliki stopowe o dużym stopniu dyspersji. Zawartość węgla w tych stalach nie przekracza 0,2%.

3.5. **Stale zaworowe** – to stale żarowytrzymałe przeznaczone na zawory wydechowe silników spalinowych.

W zależności od składu chemicznego struktura tych stali jest ferrytyczna, bądź austenityczna z wydzieleniami węglików

3.6. **Stale i stopy na opory grzewcze.**

3.7. **Stale utwardzane wydzieleniowo.**

3.8. **Stale o szczególnych własnościach magnetycznych.**

4. Wyciąg z normy PN – EN oznaczeń i składu chemicznego wybranych stali.

4.1. **Stale chromowe martenzytyczne.**

Oznaczenie stali			Zawartość pierwiastka, %										
PN-EN 10088-1	nr materiału	PN-71/H-86020	C	Mn maks.	Si maks.	P maks.	S maks.	Cr	Ni	Mo	Nb	Cu	inne
X12Cr13	1.4006	1H13	0,08–0,15	1,0	1,0	0,040	≤0,015	12,0–14,0	–	–	–	–	–
X12CrS13	1.4005		0,08–0,15	1,5	1,0	0,040	0,15–0,35	12,0–14,0	–	≤0,60	–	–	–
X20Cr13	1.4021	2H13	0,16–0,25	1,0	1,0	0,040	≤0,015	12,0–14,0	–	–	–	–	–
X30Cr13	1.4028	3H13	0,26–0,35	1,0	1,0	0,040	≤0,015	12,0–14,0	–	–	–	–	–
X29CrS13	1.4029		0,25–0,32	1,5	1,0	0,040	0,15–0,25	12,0–13,5	–	≤0,60	–	–	–
X39Cr13	1.4031	4H13	0,36–0,42	1,0	1,0	0,040	≤0,015	12,5–14,5	–	–	–	–	–
X46Cr13	1.4034		0,43–0,50	1,0	1,0	0,040	≤0,015	12,5–14,5	–	–	–	–	–
X50CrMoV15	1.4116		0,45–0,55	1,0	1,0	0,040	≤0,015	14,0–15,0	–	0,50–0,80	–	–	V:0,10–0,20
X70CrMo15	1.4109		0,65–0,75	1,0	0,70	0,040	≤0,015	14,0–16,0	–	0,40–0,80	–	–	–
X14CrMoS17	1.4104		0,10–0,17	1,5	1,0	0,040	0,15–0,35	15,5–17,5	–	0,20–0,60	–	–	–
X39CrMo17-1	1.4122	3H17M	0,33–0,45	1,0	1,0	0,040	≤0,015	15,5–17,5	–	0,80–1,30	–	–	–
X105CrMo17	1.4125		0,95–1,20	1,0	1,0	0,040	≤0,015	16,0–18,0	–	0,40–0,80	–	–	–
X90CrMoV18	1.4112	H18	0,85–0,95	1,0	1,0	0,040	≤0,015	17,0–19,0	–	0,90–1,30	–	–	V:0,07–0,12
X19CrNi17-2	1.4057		0,14–0,23	1,0	1,0	0,040	≤0,015	15,5–17,5	1,5–2,5	–	–	–	–
X8CrNiMoAl15-7-2	1.4532		≤0,10	1,2	0,70	0,040	≤0,015	14,0–16,0	6,5–7,8	2,0–3,0	–	–	Al:0,70–1,5

4.2. **Stale chromowe ferrytyczne.**

Oznaczenie stali			Zawartość pierwiastka, %												
PN-EN 10088	nr materiału	PN-71/H-86020	C	Mn maks.	Si maks.	P maks.	S maks.	Cr	Ni	Mo	Nb	N maks.	Ti	inne	
X20CrNi12	1.4003		0,030	1,5	1,0	0,040	≤0,015	10,5–12,5	0,30–1,00	–	–	0,015	–	–	
X20CrTi12	1.4512		0,030	1,0	1,0	0,040	≤0,015	10,5–12,5	–	–	–	–	6 × (C + N) ≤ 0,60	–	
X6CrNiTi12	1.4516		0,080	1,5	0,70	0,040	≤0,015	10,5–12,5	0,50–1,50	–	–	–	0,05–0,35	–	
X6Cr13	1.4000	0H13	0,080	1,0	1,0	0,040	≤0,015	12,0–14,0	–	–	–	–	–	–	
X6CrAl13	1.4002	0H13M	0,080	1,0	1,0	0,040	≤0,015	12,0–14,0	–	–	–	–	–	Al:0,10–0,30	
X1CrTi15	1.4520		0,015	0,50	0,50	0,040	≤0,015	14,0–16,0	–	–	–	0,015	0,25–0,40	–	
X6Cr17	1.4016	H17	0,080	1,0	1,0	0,040	≤0,015	16,0–18,0	–	–	–	–	–	–	
X3CrTi17	1.4510	0H17T	0,050	1,0	1,0	0,040	≤0,015	16,0–18,0	–	–	–	–	4 × (C + N) + 0,2 ≤ 0,75	–	
X3CrNb17	1.4511		0,050	1,0	1,0	0,040	≤0,015	16,0–18,0	–	–	12 × C ≤ 1,0	–	–	–	
X6CrMo17-1	1.4113		0,080	1,0	1,0	0,040	≤0,015	16,0–18,0	–	0,90–1,40	–	–	–	–	
X6CrMoS17	1.4105		0,080	1,5	1,5	0,040	0,15–0,35	16,0–18,0	–	0,20–0,60	–	–	–	–	
X1CrMoTi16-1	1.4513		0,015	1,0	1,0	0,040	≤0,015	15,0–17,0	–	1,0–1,5	–	0,015	0,25–0,60	–	
X2CrMoTi18-2	1.4521		0,030	1,0	1,0	0,040	≤0,015	17,0–20,0	–	1,8–2,5	–	–	4 × (C + N) + 0,2 ≤ 0,75	–	
X2CrMoTi18-2	1.4523		0,030	0,5	1,0	0,040	0,15–0,35	17,5–19,0	–	2,0–2,5	–	–	0,30–0,85	(C + N) ≤ 0,040	
X6CrNi17-1	1.4017		0,080	1,0	1,0	0,040	≤0,015	16,0–18,0	1,2–1,6	–	–	–	–	–	
X6CrMoNb17-1	1.4526		0,080	1,0	1,0	0,040	≤0,015	16,0–18,0	–	0,9–1,4	7 × (C + N) + 0,1 ≤ 1,0	0,040	–	–	
X2CrNb17	1.4590		0,030	1,0	1,0	0,040	≤0,015	16,0–17,5	–	–	0,35–0,55	–	–	Zr ≥ 7 × (C + N) - 0,15	
X2CrAlTi18-2	1.4741		0,030	1,0	1,0	0,040	≤0,015	17,0–18,0	–	–	–	–	4 × (C + N) + 0,2 ≤ 0,75	Al:1,7–2,1	
X2CrTiNb18	1.4509		0,030	1,0	1,0	0,040	≤0,015	17,5–18,5	–	–	9 × C + 0,3 ≤ 1,0	–	0,10–0,60	–	
X1CrMoTi29-4	–1.4592		0,025	1,0	1,0	0,030	≤0,010	28,0–30,0	–	3,5–4,5	–	0,045	4 × (C + N) + 0,2 ≤ 0,75	–	

### 4.3. Stale austenityczne.

Tablica 6.48. Chromowo-niklowe stale o strukturze austenitycznej wg PN-EN 10088-1:1998

Oznaczenie stali			Zawartość pierwiastka, %											
PN-EN 10088	nr materiału	PN-71/H-66020	C	Mn	Si	P maks.	S	Cr	Ni	Mo	Nb	N	Ti	Cu
X9CrNi 18-8	1.4310	1H18N9	0,05-0,12	≤ 2,0	≤ 2,0	0,045	≤ 0,015	16,0-19,0	6,0-9,5	≤ 0,80	-	-	-	-
X2CrNiN 18-7	1.4318		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	6,0-8,0	-	-	0,10-0,20	-	-
X2CrNi 18-9	1.4307		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,5-19,5	8,0-10,0	-	-	-	-	-
X2CrNi 19-11	1.4306	0H18N9	≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	18,0-20,0	10,0-12,0	-	-	-	-	-
X2CrNiN 18-10	1.4311		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,0-19,0	8,5-11,5	-	-	0,12-0,22	-	-
X4CrNi 18-10	1.4301	0H18N9	≤ 0,060	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,0-19,0	8,0-11,0	-	-	-	-	-
X8CrNiS 18-9	1.4305		≤ 0,100	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	0,15-0,35	17,0-19,0	8,0-10,0	-	-	-	-	≤ 1,0
X6CrNiTi 18-10	1.4541	1H18N9T	≤ 0,080	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,0-19,0	9,0-12,0	-	-	-	5 × C ≤ 0,80	-
X6CrNiNb 18-10	1.4550	0H18N12Nb	≤ 0,080	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,0-19,0	9,0-12,0	-	10 × C ≤ 1,0	-	-	-
X4CrNi 18-12	1.4303		≤ 0,060	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,0-19,0	11,0-13,0	-	-	-	-	-
X1CrNiSi 18-15-4	1.4361		≤ 0,015	≤ 2,0	3,7-4,5	0,025	≤ 0,010	16,5-18,5	14,0-16,0	≤ 0,20	-	-	-	-
X12CrMoNiN 17-7-5	1.4372		≤ 0,150	5,5-7,5	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,0-18,0	3,5-5,5	-	-	0,05-0,25	-	-
X2CrMoNiN 17-7-5	1.4371		≤ 0,030	6,0-8,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,0-17,0	3,5-5,5	-	-	0,15-0,20	-	-
X12CrMoNiN 18-9-5	1.4373		≤ 0,150	7,5-10,5	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,0-19,0	4,0-6,0	-	-	0,05-0,25	-	-
X3CrNiCu 19-9-2	1.4560		≤ 0,035	1,5-2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	18,0-19,0	8,0-9,0	-	-	-	-	1,5-2,0
X8CrNiCuS 18-9-2	1.4570		≤ 0,080	≤ 1,0	≤ 1,0	0,045	0,15-0,35	17,0-19,0	8,0-10,0	≤ 0,60	-	-	-	1,4-1,8
X2CrNiCu 18-9-4	1.4567		≤ 0,040	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,0-19,0	8,5-10,5	-	-	-	-	3,0-4,0
Stale o strukturze całkowicie austenitycznej z molibdenem														
X1CrNi 25-21	1.4335		≤ 0,020	≤ 2,0	≤ 0,25	0,025	≤ 0,010	24,0-26,0	20,0-22,0	≤ 0,20	-	-	-	-
X2CrNiMo 17-12-2	1.4404	00H17N14M2	≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	-	-	-	-
X2CrNiMoN 17-11-2	1.4406		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	10,0-12,0	2,0-2,5	-	0,12-0,22	-	-
X4CrNiMo 17-12-2	1.4401	0H17N12M2T	≤ 0,060	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	-	-	-	-
X1CrNiMoN 25-22-2	1.4406		≤ 0,020	≤ 2,0	≤ 0,70	0,025	≤ 0,010	24,0-26,0	21,0-23,0	2,0-2,5	-	0,10-0,16	-	-
X6CrNiMoTi 17-12-2	1.4571	1H18N10MT	≤ 0,080	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	10,5-13,5	2,0-2,5	-	-	5 × C ≤ 0,80	-
X6CrNiMoNb 17-12-2	1.4580		≤ 0,080	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	10,5-13,5	2,0-2,5	10 × C ≤ 1,0	-	-	-
X2CrNiMo 17-12-3	1.4432		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	11,0-12,5	2,5-3,0	-	-	-	-
X2CrNiMoN 17-13-3	1.4429		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	11,0-14,0	2,5-3,0	-	0,12-0,22	-	-
X4CrNiMo 17-13-3	1.4436		≤ 0,060	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	11,0-14,0	2,5-3,0	-	-	-	-
X2CrNiMo 18-14-3	1.4435		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,0-19,0	12,5-15,0	2,5-3,0	-	-	-	-
X2CrNiMoN 17-12-3	1.4434		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	10,5-13,5	3,0-3,5	-	0,08-0,18	-	-
X2CrNiMo 18-15-4	1.4438		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	17,5-19,5	13,0-16,0	3,0-4,0	-	-	-	-
X3CrNiCuMo 17-11-3-2	1.4578		≤ 0,040	≤ 1,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-17,5	10,0-11,0	2,0-2,5	-	-	-	3,0-3,3
X1NiCrMoCu 71-27-4	1.4563		≤ 0,020	≤ 2,0	≤ 0,70	0,035	≤ 0,015	26,0-28,0	30,0-32,0	3,0-4,0	-	-	-	0,70-1,5
Stale o strukturze całkowicie austenitycznej z zawartością powyżej 4% molibdena														
X2CrNiMoN 17-13-5	1.4439		≤ 0,030	≤ 2,0	≤ 1,0	0,045	≤ 0,015	16,5-18,5	12,5-14,5	4,0-5,0	-	0,12-0,22	-	-
X1NiCrMoCu 25-20-5	1.4539		≤ 0,020	≤ 2,0	≤ 0,70	0,035	≤ 0,015	19,0-21,0	24,0-26,0	4,0-5,0	-	≤ 0,15	-	1,2-2,0
X1CrNiMoCuN 25-25-5	1.4537		≤ 0,020	≤ 2,0	≤ 0,70	0,035	≤ 0,015	24,0-26,0	24,0-27,0	4,7-5,7	-	0,17-0,25	-	1,0-2,0
X1CrNiMoCuN 20-18-7	1.4547		≤ 0,020	≤ 1,0	≤ 0,70	0,035	≤ 0,015	19,5-20,5	17,5-18,5	6,0-7,0	-	0,18-0,25	-	0,50-1,0
X1NiCrMoCuN 25-20-7	1.4529		≤ 0,020	≤ 2,0	≤ 1,0	0,035	≤ 0,015	19,0-21,0	24,0-26,0	6,0-7,0	-	0,10-0,25	-	0,50-1,5

### 4.4. Stale austenityczno – ferrytyczne (typu duplex).

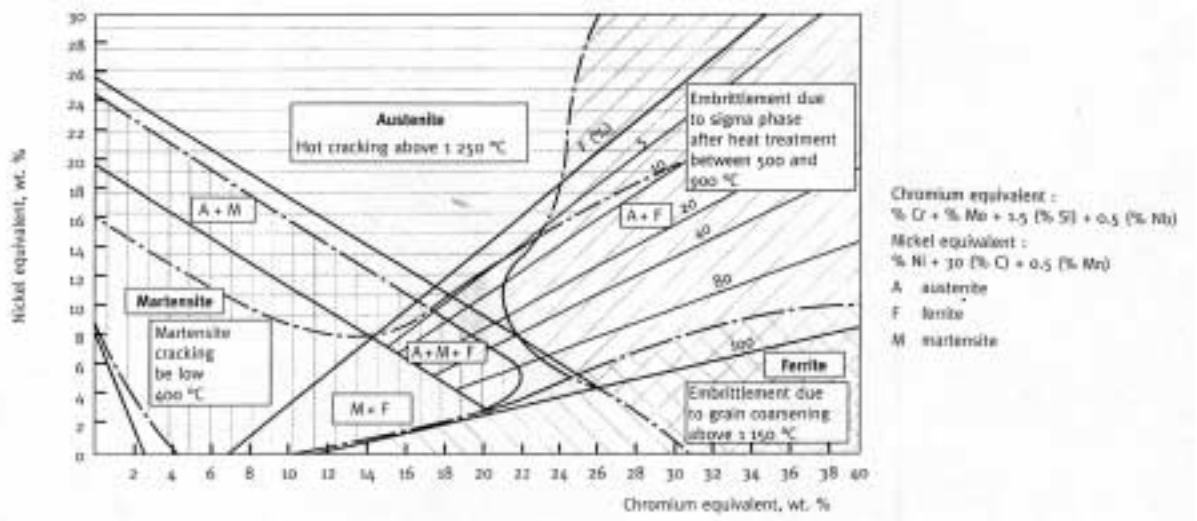
Tablica 6.49. Dwufazowe stale austenityczno-ferrytyczne odporne na korozję wg normy PN-EN 10088-1:1998

Oznaczenie stali			Zawartość pierwiastka, %										
PN-EN 10088-1	nr materiału		C maks.	Mn maks.	Si maks.	P maks.	S maks.	Cr	Ni	Mo	N	Cu	W
X2CrNiN 23-4	1.4362		0,030	2,0	1,0	0,035	0,015	22,0-24,0	3,5-5,5	0,10-0,60	0,05-0,20	0,10-0,60	-
X3CrNiMoN 27-5-2	1.4460		0,050	2,0	1,0	0,035	0,015	25,0-28,0	4,5-6,5	1,3-2,0	0,05-0,20	-	-
X2CrNiMoN 22-5-3	1.4462		0,030	2,0	1,0	0,035	0,015	21,0-23,0	4,5-6,5	2,5-3,5	0,10-0,22	-	-
X2CrNiMoCuN 25-6-3	1.4507		0,030	2,0	0,70	0,035	0,015	24,0-26,0	5,5-7,5	2,7-4,0	0,15-0,30	1,0-2,0	-
X2CrNiMoN 25-7-4	1.4410		0,030	2,0	1,0	0,035	0,015	24,0-26,0	6,0-8,0	3,0-4,5	0,20-0,35	-	-
X2CrNiMoCuWN 25-7-4	1.4501		0,030	1,0	1,0	0,035	0,015	24,0-26,0	6,0-8,0	3,0-4,0	0,20-0,30	0,50-1,0	0,50-1,0

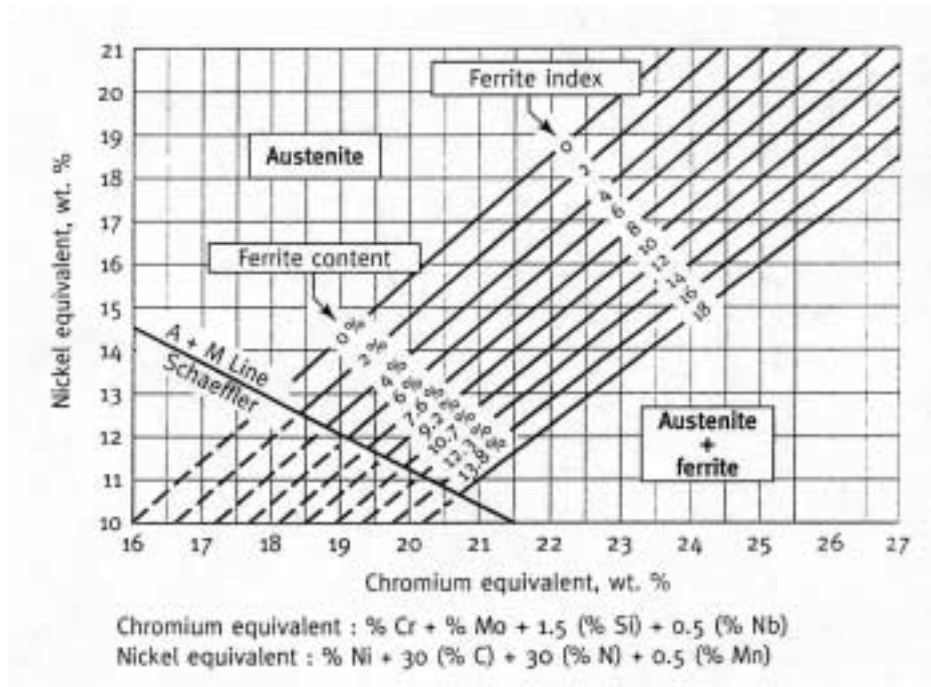
## 5. Określenie struktury stali specjalnych na podstawie składu chemicznego.

Do określania składu fazowego stali wysokostopowych istnieje szereg kryteriów, spośród których najważniejsze praktyczne znaczenie posiada kryterium Schaefflera i Delong'a.

Znając skąd chemiczny ze wzorów empirycznych oblicza się równoważnik chromu (jako głównego składnika ferrytotwórczego) oraz równoważnik niklu (jako głównego składnika austenitotwórczego). Następnie na wykresach Schaefflera lub Delong'a wyznacza się punkt, który znajduje się w obszarze o określonym składzie fazowym.



Wykres Schaefflera.



Wykres Delong'a

6. Cel ćwiczenia.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze strukturą wybranych stali specjalnych.

7. Przebieg ćwiczenia.

- 7.1. Obliczenie na podstawie składu chemicznego równoważników Cr i Ni i określenie z wykresów struktury stali.
- 7.2. Obserwacja mikroskopowa struktur przygotowanych.
- 7.3. Opis struktur.
- 7.4. Opracowanie sprawozdania.

## 8. Sprawozdanie.

**8.1. Opis obserwowanych struktur.**

**8.2. Określenie struktury i identyfikacja stali na podstawie składu chemicznego.**

**8.3. Wnioski.**

## 9. Przygotowane próbki. (z wybranych stali)

- Stal austenityczna.
- Stal typu „duplex”.
- Stal ferrytyczna.
- Stal martenzytyczna.
- Stal zaworowa.
- Stal żaroodporna i żarowytrzymała.
- Korozja międzykrystaliczna.
- Korozja naprężeniowa.