

Stale nierdzewne typu duplex

MAREK ŁANGALIS

Produkcja stali nierdzewnych ciągle się rozwija. Obecnie na zachodzie Europy oraz w najbardziej rozwiniętych krajach azjatyckich dużą popularnością cieszą się austenityczno-ferrytyczne stale duplex. Od dobrych kilku lat obecne również w Polsce – większość dużych dystrybutorów oraz przedstawicielstwa zagranicznych hut mają je już w swojej ofercie. Warto poznać, do czego i jak je używać.

Nierdzewne stale duplex swoją nazwę wzięły z podobieństwa pod względem obróbki oraz właściwości fizycznych (tab. 1) do stali ferrytycznych oraz pod względem składu chemicznego oraz doskonałej odporności na korozję (tab. 2) do stali austenitycznych. W skład rodziny duplex wchodzi już ponad 40 gatunków stali, które ciągle są rozwijane. Mieszanka chromu, molibdenu, azotu oraz wolframu zapewnia odporność na korozję znacznie lepszą niż w przypadku kwasoodpornych stali wg normy AISI 314, a do tego stale te charakteryzują się większą wytrzymałością (w temperatu-

rze pokojowej prawie dwukrotnie większą odporność na rozciąganie).

Pierwszy patent stali duplex został zarejestrowany we Francji w 1936 roku. Początkowo stal ta była wykorzystywana do produkcji zbiorników, pomp oraz wymienników ciepła. Prawdziwą popularność zaczęła zdobywać na przełomie lat 70. i 80. przy instalacjach rurociągów podmorskich oraz gazociągów (np. na Morzu Północnym). Ich lepsza (niż stali austenitycznych) odporność korozyjna oraz większa wytrzymałość powodują, że można było używać rur o cieńszych ściankach (niż ze stali AISI 316),

dzięki czemu były lżejsze, łatwiejsze w instalacji oraz tańsze.

To właśnie skład chemiczny decyduje o doskonałych właściwościach stali duplex. Co najmniej dwudziestoprocentowy udział chromu kształtuje ferryt oraz ma dobry wpływ na wytrzymałość w wysokich temperaturach. Duży udział chromu wpływa jednak na to, że potrzeba więcej niklu (by móc formować austenit).

ODPORNOŚĆ NA KOROZJĘ

Stale duplex mają znacznie lepszą odporność na korozję od austenitycznych stali nierdzewnych oraz kwasoodpornych. Mieszanka wysokiej zawartości chromu, niklu oraz molibdenu pozwalała na dobrą odporność na korozję przed środowiskiem wysokiego zakwaszenia. Natomiast chrom, molibden oraz azot pozwalają uniknąć korozji wżerowej oraz powstawania różnych szczelin na konstrukcji.

Stale duplex zapewniają dobrą odporność na korozję w środowiskach średniej



Norma EN	Granica plastyczności Re (Rp 0.2) N/mm ² min.	Wytrzymałość na rozciąganie RM N/mm ²	Wydłużenie przy zerwaniu A5 % min	Twardość Hb maks.	Gęstość przy 20°C [kg/dm ³]	Moduł sprężystości przy 20 °C [Gpa]	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m·K)]	Ciepło właściwe przy 20 °C [J/(kg·K)]	Opór właściwy [(Ωmm ²)/m]
1.4362	450	600-850	20	290	7,8	200	15	500	0,80
1.4410	550	750-1000	15	310	7,8	200	15	500	0,80
1.4460	460	620-880	20	260	7,8	200	15	500	0,80
1.4462	500	660-950	20	293	7,8	200	15	500	0,80

Tab. 1. Właściwości fizyczne i mechaniczne stali duplex; Źródło: www.nierdzewka.com

Norma EN	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Mo	Ni	Inne
1.4362	<0,03	<1,0	<2,0	<0,035	<0,015	0,05-0,20	22,00-24,00	0,1-0,6	3,5-5,5	Cu: 0,1-0,6
1.4410	<0,03	<1,0	<2,0	<0,035	<0,015	0,24-0,35	24,00-26,00	3,0-4,5	6,0-8,0	
1.4460	<0,05	<1,0	<2,0	<0,035	<0,015	0,05-0,20	25,00-28,00	1,3-2,0	4,5-6,5	Cu: 0,1-0,6
1.4462	<0,03	<1,0	<2,0	<0,035	<0,015	0,10-0,22	21,00-23,00	2,5-3,5	4,5-6,5	

Tab. 2. Skład chemiczny (w %) stali duplex; Źródło: www.nierdzewka.com

reklama



35 ▽ kwasowości (roztwory o zawartości do 15% kwasu). Są często używane do konstrukcji przy kwasach zawierających chlorki, przy kwasie azotowym lub innych silnych kwasach organicznych. Wysoka zawartość chromu zapewnia, że przy umiarkowanych temperaturach szybkość korozji postępuje znacznie wolniej niż przy gatunkach austenitycznych (AISI 316).

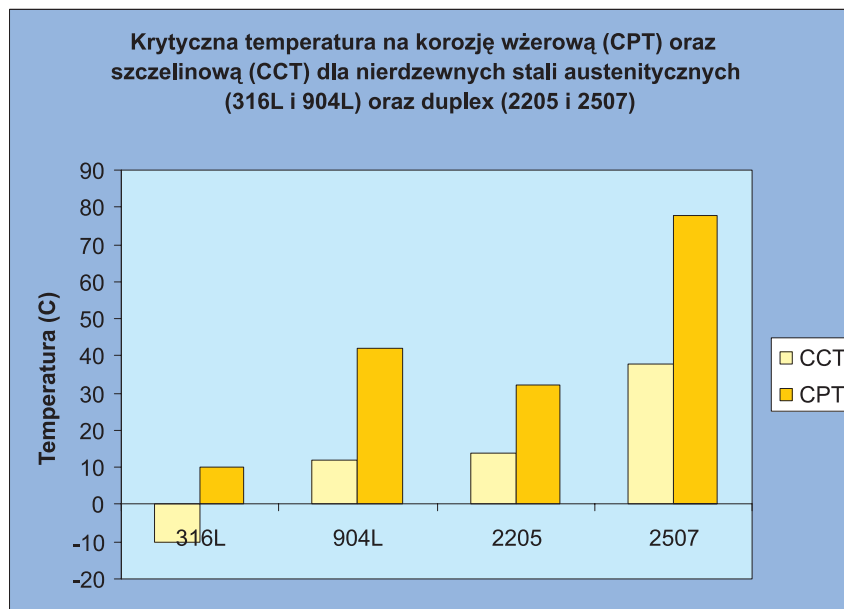
Dla wytłumaczenia, jak odporna na korozję jest stal duplex w porównaniu ze stalami austenitycznymi warto wprowadzić dwa pojęcia – krytyczną temperaturę korozji wżerowej (CPT – *critical pitting temperature*) oraz krytyczną temperaturę korozji szczelinowej (CCT – *critical crevice temperature*). Obrazują one moment temperatury, kiedy korozja w środowisku kwasowym (chlorek) rozpoczyna działanie. Dodatki stopowe zawarte w stalach duplex (molibden, azot oraz chrom) zapewniają jej najlepszą odporność na działanie chlorków spośród nawet najdroższych stali austenitycznych (wg normy AISI 904L). Właściwości najpopularniejszej stali kwasoodpornej (316) nie są nawet w połowie tak dobre, jak stali duplex (patrz wykres).

ZASTOSOWANIE STALI DUPLEX

Dzięki niższym kosztom i zwiększonej odporności na korozję stale duplex znajdują zastosowanie **przy odsiarczaniu spalin**. Wysokie wymagania środowiskowe powodują, że istnieje duży nacisk administracyjny na zmniejszanie emisji dwutlenku siarki. Specjalne nowoczesne instalacje (ze stali duplex) odpowiadają za przepłukiwanie i zmniejszanie nawet o 90% spalin SO₂.

Stale duplex znajdują również zastosowanie tam, gdzie występuje duża ilość chloru, czyli np. **przy odsalaniu wody**. Zanim zastosowano przy odsalaniu wody (szczególnie w krajach arabskich i północnoafrykańskich) stale duplex używano austenitycznej stali wg normy AISI 314. Jednak z powodu znakomitych właściwości fizyczno-mechanicznych stali duplex można było używać dwa razy cieńszych materiałów, dzięki czemu koszty inwestycji zmniejszyły się.

W **ropociągach i gazociągach** stale duplex znajdują zastosowanie przy wszelkiego rodzaju elementach połączeniowych (pręty, kolanka, odkuwki) oraz



Wyk. 1. Krytyczna temperatura na korozję wżerową oraz szczelinową dla nierdzewnych stali austenitycznych oraz duplex; Źródło: *Practical Guidelines for the Fabrication of Duplex Stainless Steel*. International Molybdenum Association. London 2009, s. 15

przy różnego rodzaju przepompowniach oraz wszelkiej hydrauliki.

Duża ilość etanolu powoduje, że duplex może być używany przy produkcji **biopaliw**. Na przykład w amsterdamskim porcie zrobiono całą instalację (zbiorniki i rury) wykonane ze stali duplex do produkcji bioetanolu.

Ponadto stale duplex stosowane są często zamiennie ze stalami austenitycznymi, czyli mogą być używane **w przemyśle spożywczym lub chemicznym**, gdzie wymagana jest większa odporność na korozję. XXI wiek przyniósł również zastosowanie stali duplex w dużych i prestiżowych budowach (np. most w porcie w Hongkongu, gdzie wykorzystano 570 ton stali duplex lub największe skupisko stali duplex w jednym miejscu – 1700 ton – dach terminala na lotnisku w Doha w Katarze).

OBRÓBKA STALI DUPLEX

Inne właściwości fizyczne sprawiają, że obróbka stali duplex różni się nieznacznie od obróbki stali austenitycznych. Cięcie wymaga znacznie mocniejszych maszyn niż w przypadku stali węglowych czy austenitycznych. Ostrza muszą być silne (najlepiej zębate) przy dość dużym zużyciu chłodziwa (najlepiej przenoszonego na obrabianą powierzchnię). Z powodu wyższej wytrzymałości na ścinanie, stale duplex wymagają większej siły ścinania. Z tego

samego powodu tłoczenie wymaga więcej pracy oraz bardzo doświadczonego pracownika. Na szczęście stale duplex podlegają w takim samym stopniu jak stale austenityczne wypalaniu plazmowemu lub laserem.

Spawanie stali duplex dzięki jej właściwościom (wysoka zawartość ferrytu) może być nawet łatwiejsze niż stali austenitycznych. Mają bardzo dobrą odporność na pęknięcie, w związku z czym przy wysokich temperaturach (jak przy spawaniu) rzadko powstają jakieś pęknięcia przy spawie. Być może stale duplex wymagają większego nakładu pracy przy obróbce, ale jej właściwości (możliwość stosowania cieńszych rozwiązań) równoważą tę niedogodność.

Wydaje się, że stale duplex mogą wkrótce w Polsce znaleźć bardzo dużo nowych zastosowań. Duże inwestycje w branży paliwowej (program inwestycyjny 10+ realizowany przez LOTOS w Gdańsku) czy energetyce mogą spowodować, że popyt na tę stal będzie z czasem rósł. Tym bardziej że ceny stali duplex u niektórych oferentów są porównywalne z cenami stali austenitycznych 316. □

Piśmiennictwo

1. *Practical Guidelines for the Fabrication of Duplex Stainless Steel*. International Molybdenum Association. London 2009.