Połączenia spawane stali kwasoodpornych

Połączenia spawane stali nierdzewnych austenitycznych wykonuje się elektrycznie, łukowo następującymi metodami :

MMA spawanie ręczne elektrodą otuloną
GTAW spawanie elektrodą nietopliwą w osłonie gazów: obojętnych - **TIG**
GMAW spawanie elektrodą topliwą w osłonie gazów: obojętnych - **MIG** / aktywnych - **MAG**
SAW spawanie łukiem krytym

Stopiwa do spawania stali austenitycznych wg EN ISO 3581-A/B i EN ISO 14343-A/B

stal	Metoda spawania					$Rp_{0,2}$	Rm	A_5
	MMA	TIG	MIG	MAG	SAW	MPa	MPa	[%]
304 1.4301 / **304L** 1.4306	**308L** 19 9 L	**308LSi** 19 9 LSi			**308L** 19 9 L	320	510	30
321 1.4541	**347** 19 9 Nb	**347Si** 19 9 NbSi			**347** 19 9 Nb	350	550	25
316 1.4401 / **316L** 1.4404	**316L** 19 12 3 L	**316LSi** 19 12 3 LSi			**316L** 19 12 3 L	320	510	25
316Ti 1.4571	**318** 19 12 3 Nb	**318Si** 19 12 3 NbSi			**318** 19 12 3 Nb	350	550	25
904L 1.4539	**385** 20 25 5 Cu N L	**385** 20 25 5 Cu N L			-	320	510	25

połączenia mieszane stali węglowych ze stalami austenitycznymi

stal węglowa + stal Cr-Ni	**309L** 23 12 L	**309LSi** 23 12 LSi	**309L** 23 12 L	320	510	25
stal węglowa + stal Cr-Ni-Mo	**309LMo** 23 12 2 L			350	550	25

Uwagi do norm :

Norma EN ISO 3581 obejmuje elektrody otulone do spawania łukowego stali nierdzewnych metodą MMA;
zastąpiła normy: europejską EN 1600 i amerykańską AWS 5.4

Norma EN ISO 14343 obejmuje druty elektrodowe, druty i pręty do spawania łukowego stali nierdzewnych metodą TIG / MIG / MAG / SAW ;
zastąpiła normy: europejską EN 12072 i amerykańską AWS 5.9

A – system klasyfikacji zgodny ze składem nominalnym,
oparty o poprzednie europejskie normy EN 1600, EN 12072.
Oznaczenie stopiwa składa się z liczb wskazujących zawartość w stopie [%] pierwiastków w kolejności Cr, Ni, Mo (bez chemicznych symboli). Inne pierwiastki np. Nb, N, Cu, Si są podane w formie symboli chemicznych (bez liczb wskazujących ich zawartość w stopie).
Litera L wskazuje na bardzo niską zawartość węgla.
Przykłady: 19 9 L, 19, 12 3 L, 19 12 3 Nb

B – system klasyfikacji zgodny ze rodzajem stopu, oparty o amerykańskie normy AWS 5.4 , AWS 5.9.
Oznaczenie stopiwa jest zgodne z systemem oznaczeń wg AISI / ASTM.
Przykłady: 308L , 316L, 318

Stopiwa elektrod otulonych wg EN ISO 3581-B
dla połączeń jedno- i różnoimiennych stali austenitycznych

stal	304 1.4301	304L 1.4306	321 1.4541	316 1.4401	316L 1.4404	316Ti 1.4571
304 1.4301	308L		347 *308L*	316L *308L*		318 *308L*
304L 1.4306						
321 1.4541	347 *308L*		347	318 *347, 316L*		318 *347*
316 1.4401	316L *308L*		318 *347, 316L*	316L		318 *316L*
316L 1.4404						
316Ti 1.4571	318 *308L*		318 *347*	318 *316L*		318

Legenda: **347** - stopiwo odpowiednie, zalecane
308L - stopiwo dopuszczalne

Otuliny elektrod do ręcznego spawania stali austenitycznych wg EN ISO 3581-A

Otulina	Rodzaj	Zastosowanie
R	rutylowa	powszechnie stosowana
B	zasadowa	zastosowania niskotemperaturowe i kriogeniczne

Gazy osłonowe wg EN ISO 14175 do spawania stali austenitycznych metodami: TIG / MIG / MAG

Metoda spawania	Rodzaj gazu	Skład gazu	Uwagi
TIG	**I 1**	100% Ar	-
	I 3	Ar + 0,5÷95% He	-
	R 1	Ar + 0,5÷15% H_2	Argon może być częściowo lub całkowicie zastąpiony przez Hel
MIG	**I 1**	100% Ar	-
MAG	**M 12**	Ar + 0,5÷5% CO_2	Argon może być częściowo lub całkowicie zastąpiony przez Hel
	M 13	Ar + 0,5÷3% O_2	

Topniki wg EN ISO 14174 stosowane do spawania stali austenitycznych łukiem krytym – SAW

Topnik	Charakterystyka
SA CS 2	topnik aglomerowany, wapniowo-krzemianowy, klasy 2
SA AF 2	topnik aglomerowany, gliniano-fluorkowy, zasadowy, klasy 2
SA FB 2	topnik aglomerowany, fluorkowy, zasadowy, klasy 2

Obróbka powierzchni po spawaniu

Obróbkę powierzchni po spawaniu przeprowadza się w celu :
- oczyszczenia powierzchni spawu z pozostałości żużla / zgorzeliny
- usunięcia przebarwień spawalniczych
- odbudowy warstwy pasywnej
- spełnienia specjalnych wymagań np. higienicznych związanych z chropowatością.

Obróbka wykończeniowa może obejmować następujące procesy, stosowane pojedynczo lub łącznie :
- mechaniczne : szczotkowanie, szlifowanie, polerowanie
- chemiczne : wytrawianie, pasywacja
- elektrochemiczne : elektropolerowanie

Spawalność stali kwasoodpornych

Stal	Spawalność	Możliwe problemy w strefie spoiny
austenityczna typ Cr - Ni typ Cr - Ni - Mo	bardzo dobra	- Zmniejszenie odporności na korozję międzykrystaliczną *na skutek wydzielenia się węglików chromu podczas oddziaływania temperatury 500 – 800 °C* - Pękanie na gorąco spoin grubościennych *ze względu na wysoki współczynnik rozszerzalności cieplnej i niski współczynnik przewodnictwa cieplnego* - Kruchość po długim przebywaniu w temp. 600 – 900 °C *na skutek tworzenia się twardej fazy sigma (FeCr)*
904L (1.4539)	dobra	- Pękanie spoin na gorąco - Zmniejszenie odporności na korozję wżerową i szczelinową *ze względu na skłonność do segregacji molibdenu*
duplex	dobra	- Kruchość 475°C w zakresie temperatur 300 – 500 °C *na skutek rozpadu ferrytu ma wysoko- i nisko-chromowy* - Kruchość po długim przebywaniu w temp. 600 – 950 °C *na skutek tworzenia się twardej fazy sigma (FeCr)*