



LINCOLN®
ELECTRIC

THE WELDING EXPERTS

Materialy Spawalnicze

L Lincoln Electric Europa



W przemyśle spawalniczym możemy wyodrębnić pewne obszary, w których ze względu na występujące wymagania konieczne jest stosowanie specjalnych procesów i materiałów spawalniczych.

Głównymi dziedzinami przemysłu metalowego, wykorzystującymi proces spawania łukowego są:

- produkcja rur i budowa rurociągów
- wytwarzanie konstrukcji stalowych
platformy wiertnicze, mosty, budynki
- transport lądowy
kolej i przemysł motoryzacyjny
- przemysł stoczniowy
budowa dużych i mniejszych jednostek pływających
- produkcja elementów konstrukcyjnych
zbiorniki ciśnieniowe, rurociągi przesyłowe dla przemysłu chemicznego i spożywczego
- naprawa i regeneracja
w tym również napawanie dla potrzeb górnictwa i przemysłu wiertniczego

Różnorodne materiały konstrukcyjne, jakie występują w wymienionych dziedzinach, mogą być łączone ze sobą z wykorzystaniem procesu spawania łukowego. Proces ten jest dziś najbardziej rozpowszechniony.

Firma Lincoln Electric skupia się przede wszystkim na urządzeniach do spawania łukowego oraz na materiałach spawalniczych wykorzystywanych w tym procesie a także na urządzeniach do cięcia plazmą powietrzną.

Prezentujemy Państwu materiały spawalnicze, które są najważniejszą i mającą największy wpływ na jakość procesu spawania częścią asortymentu firmy Lincoln Electric. Dzięki szerokiej i kompleksowej ofercie produkty te są dziś powszechnie stosowane zarówno w USA, Europie jak i na całym świecie.

PRODUKCJA RUR I BUDOWA RUROCIĄGÓW

Rurociągi przesyłowe są jednym z najważniejszych składników infrastruktury przemysłu paliwowego i gazowego. W większości krajów zaopatrzenie w wodę zależy od tego środka transportu. Większość rurociągów przesyłowych jest budowana ze stali o wysokiej wytrzymałości wg klasyfikacji API od X52 do X80, o grubości od 6 do 45 mm. W warunkach podwyższonego ryzyka narażenia na korozję, do budowy rurociągów stosuje się także stal nierdzewną typu duplex z 22% dodatkiem chromu (klasa UNS S31803 i S32205).

Generalnie rury wytwarza się wykorzystując proces walcowania wzdłużnego lub skośnego. Proces spawania łukiem wielokrotnym SAW (3 do 5 łuków) jest stosowany do rur stalowych, podczas gdy spawanie metodą GTAW i proces spawania plazmowego jest stosowany do rur ze stali nierdzewnej.

Do budowy rurociągów przesyłowych mogą być także używane rury bezszwu. Spawanie w pozycji podolnej jest stosowane do połączeń dwustronnych, a połączenia jednostronne można wykonywać we wszystkich pozycjach. Elektrody otulone i zmechanizowane systemy do spawania orbitalnego mogą być stosowane do prac miejscowych. Wybór materiałów spawalniczych dla każdego z tych procesów zależy od wymagań wytrzymałościowych związanych z gatunkiem stali wykorzystywanej do produkcji rur. Dla stali stopowych pod uwagę brany jest szczególnie skład chemiczny materiału. Inne kryteria, takie jak wytrzymałość spawanego materiału, zawartość wodoru w spoinie i preferowane pozycje spawania (pionowa z góry na dół lub z dołu do góry), czynią wybór materiału bardziej kompleksowym.

Tabela 1 pomaga w doborze materiałów spawalniczych do spawania rur ze stali niestopowych i niskostopowych.

Tabela 2 prezentuje materiały spawalnicze do spawania rur wykonanych ze stali stopowych: supermartenzytycznych, austenitycznych oraz typu duplex.

Tabela 1

Rurociągi		Zastosowanie rurociągu / Warunki procesu spawalniczego					
Klasyfikacja		Spawanie wzdłużne i spiralne	Połączenia dwustronne	Spawanie obwodowe półautomatyczne lub spawanie orbitalne	Spawanie obw. ręczne	Spawanie obw. ręczne pozycja pionowa z góry na dół niskowodorowe	Spawanie obw. ręczne pozycja pionowa do góry niskowodorowe **
API 5LX	EN10208-2	SAW technika wielolukowa, 2-ściegowa; PA (1G)	SAW pojedynczy lub podwójny drut, wielościegowe; PA (1G)	FCAW, wielościegowe, wszystkie pozycje tak jak PF (5G)	SMAW, wszystkie pozycje tak jak PG (5Gd)	SMAW, wszystkie pozycje tak jak PG (5Gd)	SMAW, PF (5Gu)
X52-X56	L360-L380	L61 / 761	L61 / 860	Innershield NR 207H Outershield 71M-H Outershield 71E-H Outershield 81Ni1-H	Fleetweld 5P+		Cumulo** Conarc 49C Conarc 51
X60-X65	L415-L445	LNS 140A / P223 LNS 140A / 995	LNS 140A / 860	Innershield NR 208H Outershield 81K2-H	Shield Arc 70+* Shield Arc 80*		
X70	L480	LNS 140A / 995N LNS 167 / P223 LNS 140TB / 995N	LNS 165 / 8500	Innershield NR 208H Outershield 550-H	Shield Arc 70+* Shield Arc 90* Shield Arc 90Ni+*	LH-D80* LH-D90*	Conarc 60 Conarc 70G
X80	L550	LNS 164 / P223 LNS 140TB / 995N	LA 100 / 8500	Outershield 550-H		LH-D100*	Conarc 85

* przetop i „gorąca warstwa” (hot pass) ** typu rutyłowego, stosowane do małych rur

Tabela 2

Klasyfikacja stali na rury			Zastosowanie / Warunki procesu spawalniczego			
Klasyfikacja			Spawanie wzdłużne	Spawanie obwodowe ręczne	Spawanie obwodowe ręczne	Spawanie obwodowe półautomatyczne lub automatyczne
(UNS)	EN 10088	W.Nr.	SAW pojedynczy lub podwójny drut wielowarstwowy; PA (1G)	Przetop: GTAW wypełnienie: GTAW We wszystkich pozycjach PF (5Gu)	Przetop: GTAW wypełnienie: SMAW We wszystkich pozycjach PF (5Gu)	Przetop: GMAW-STT; wypełnienie: FCAW lub SAW; w pozycji podolnej
Stale stopowe supermartenzytyczne						
X80-11Cr2Ni	—	—	LNS 4462 - P2000	LNT 4462	P: LNT 4462 W: Jungo 4462	P: LNM 4462 W: Cor-A-Rosta 4462 W: LNS 4462 - P2000
X80-12Cr4,5Ni1,5Mo X80-12Cr6Ni2,5Mo	— —	— —	LNS Zeron 100X - P2000 LNS SD 2509 - P2000	LNT Zeron 100X	P: LNT Zeron 100X W: Jungo SD 25/09	P: LNM Zeron 100X W: Cor-A-Rosta SD 2509 W: LNS Zeron 100X-P2000
Stale stopowe austenityczne						
S 30403	X2CrNi 18-9	1.4301	LNS 304L - P2000	LNT 304LSi lub 304L	P: LNT 304LSi W: Arosta 304L lub Jungo 304L	P: LNM 304LSi W: Cor-A-Rosta 304L W: LNS 304L - P2000
S 30453	X2CrNiN 18-10	1.4311				
S 31603 S 31653	X2CrNiMo 17-12-2 X2CrNiMo 17-12-3 X2CrNiMoN 17-13-3	1.4404 1.4432 1.4429	LNS 316L - P2000	LNT 316LSi	P: LNT 316LSi W: Arosta 316L	P: LNM 316LSi W: Cor-A-Rosta 316L W: LNS 316L - P2000
Stale stopowe duplex i superduplex						
22%Cr duplex S31803 S32205	X2CrNiMo 22-5-3 X2CrNiMo 22-5-3	1.4462 1.4462	LNS 4462 - P2000	LNT 4462	P: LNT 4462 W: Arosta 4462 W: Jungo 4462	W: LNS SD 25/09 - P2000 P: LNM 4462 W: Cor-A-Rosta 4462 W: LNS 4462 - P2000
25%Cr superduplex S32550 S32750 S32760	X2CrNiMoCuN 25-6-3 X2CrNiMoN 25-7-4 X2 CrNiMoCuWN 25-7-4	1.4507 1.4410 1.4501	LNS Zeron 100X - P2000 LNS SD 2509 - P2000	LNT Zeron 100X	P: LNT Zeron 100X W: Jungo SD 25/09	P: LNM Zeron 100X W: Cor-A-Rosta SD 2509 W: LNS Zeron 100X - P2000 W: LNS SD 2509 - P2000

P – przetop, W – wypełnienie

L Lincoln Electric Europa



WYTWARZANIE KONSTRUKCJI STALOWYCH

Rury nośne, konstrukcje podestów oraz całe moduły wiertnicze są istotnymi częściami morskich platform wiertniczych wydobywających ropę i gaz. Wysokiej jakości stale konstrukcyjne klasy S355-S420-S460 i S500 są stosowane do grubości 100 mm. Niezawodność i wysoka wytrzymałość połączeń spawanych ma decydujący wpływ na własności konstrukcji. Wiele badań doprowadziło do zoptymalizowania wyrobów i szczegółowej rejestracji wyników badań. Najlepiej opracowane zestawienie materiałów dla tego segmentu przemysłu zostało przedstawione poniżej.

Innymi typowymi wyrobami konstrukcyjnymi są elementy nośne budynków i mostów. Mają tu zastosowanie stale podobnej klasy. Nowe elektrody otulone, druty rdzeniowe i kombinacje drut/topnik stały się dostępne do spawania konstrukcji ze stali o bardzo wysokiej wytrzymałości. Zapewniają one wymagane kombinacje wytrzymałości i bardzo małą zawartość wodoru w spoinie. Innym obszarem działalności w tym segmencie są niskociśnieniowe zbiorniki do przechowywania różnorodnych substancji w bardzo niskich temperaturach. W przypadku skroplonego gazu naturalnego zbiorniki wykonuje się ze stali z dodatkiem 9% niklu (klasa ASTM A553-1). Wysokiej jakości elektrody otulone i materiały do spawania łukiem krytym zostały zaakceptowane przez większość światowych firm produkcyjnych.



TRANSPORT LĄDOWY

Spawanie podwozi pojazdów samochodowych wymaga procesów spawalniczych, które pozwalają na uzyskanie estetycznych połączeń spawanych bez wad, które charakteryzują się możliwością przenoszenia dużych obciążeń w bardzo trudnych warunkach. Górna część konstrukcji wagonów, ciężarówek, tramwajów i autobusów ma wspólną cechę, a mianowicie to, że występują tam ograniczenia wynikające z wielkości spoin i jest to jedno z głównych kryteriów jakości. Robotyzacja lub przynajmniej istotna mechanizacja procesu spawania jest niezbędna dla zapewnienia wymaganej wydajności produkcji. Z tego powodu najczęstsze zastosowanie mają tutaj metody GMAW i FCAW z użyciem drutów litych i rdzeniowych. Bardzo płynne i stabilne podawanie drutu spawalniczego jest wysoko cenione przez spawaczy. Wyroby firm Lincoln Electric są projektowane ze szczególnym uwzględnieniem tego problemu. Dodatkowo duża pojemność opakowań Accutrak (250 kg) oraz doskonałe precyzyjne nawinięcie bez pętleń są kolejnym atutem tego asortymentu.

Tabela 3

Przemysł transportowy

Klasyfikacja	Materiały spawalnicze			Uwagi
Metoda spawania	Nazwa materiału	AWS	EN	
S275-S355-S420; stale konstrukcyjne				
GMAW	SupraMIG	E 70S-6	G 42 4 M G3Si1 G 38 3 C G3Si1 G 46 4 M G4Si1 G 42 3 C G4Si1	Spawanie we wszystkich pozycjach, ogólnego zastosowania
	SupraMIG Ultra	E 70S-6		Polepszone własności mechaniczne w porównaniu do SupraMIG
FCAW SAW	Outershield MC 710-H L61 - 860	E70C-6M H4 F7A2-EM12K	T 42 3 M M2 H5 S 38 2 AB S2Si	Głównie do spawania w pozycji podolnej; dobra wydajność Doskonałe wtopienie i własności mechaniczne Wysoka wydajność przy spawaniu belek
S460-S500; stale konstrukcyjne o podwyższonej wytrzymałości				
GMAW	SupraMIG Ultra	E 70S-6	G 46 4 M G4Si1 G 42 3 C G4Si1	Spawanie we wszystkich pozycjach
FCAW	Outershield 81K2-H	E81T1-K2MJH4	T 50 6 1,5Ni P M2 H5	Spawanie we wszystkich pozycjach, gładkie lico spoiny Wysoka wytrzymałość stopiwa
S690; stale o wysokiej wytrzymałości walcowane na zimno				
GMAW	LNM Moniva	ER 100S-G	G 69 4 M Mn3Ni1CrMo	Niepowtarzalny drut do materiałów o wysokiej wytrzymałości
FCAW	Outershield 690-H	E111T1-K3MJH4	T 69 4 Z PM2 H5	Płynne spawanie we wszystkich pozycjach, spoiwo o wysokiej wytrzymałości i twardości; odporne na pęknięcie
Stopy aluminium AA 5083 (AlMg4,5Mn)				
GMAW	LNM AlMg4,5Mn Superglaze 5183	R 5183 R 5183	AI 5183 AI 5183	Płynne podawanie drutu, stabilny łuk Płynne podawanie drutu, stabilny łuk

Tabela 4

Stale konstrukcyjne				Metoda spawania / materiały spawalnicze						
Klasyfikacja		Materiały spawalnicze		Spoiny doczłowe		Spoiny pachwinowe		Uwagi		
Metoda spawania	Nazwa materiału	AWS	EN	PA 1G	PF 3Gu	PB 2F	PF 3F-Gu	PG 3Gd	PD 4F	
S255-S355; profile i blachy ze stali konstrukcyjnej o różnych grubościach										
SMAW rutowe	Panta	E6013	E 42 0 RC 11	X	X	X	X	X	X	Elektroda rutowa do spawania cienkich blach we wszystkich pozycjach; do urządzeń o niskim napięciu biegu jałowego
	Pantafix	E6013	E 38 0 RC 11	X	X	X	X	X	X	Spawanie rur, do urządzeń o niskim napięciu biegu jałowego
	Omnia 46	E6013	E 42 0 RC 11	X	X	X	X	X	X	Elektroda uniwersalna
	Universalis	E6013	E 42 0 RR 12	X		X				Do spawania cienkich konstrukcji
	Ferrod 135T/160T/185T	E7024	E 38 0 RR 53(73)	X		X				Wysoko wydajna elektroda do spawania w pozycji podłonej
	Baso 100/120	E7016/18-H4R	E 42 3 B12/B32 H5	X	X	X	X		X	Elektroda ogólnego zastosowania
	Baso 48SP	E7018-1-H8	E 46 3 B32 H10	X	X	X	X		X	Bardzo często stosowana ze względu na doskonałe własności spawalnicze
	LINCOLN 7018-1	E 7018-1	E 42 4 B 22 H5	X	X	X	X		X	Bardzo niska zawartość wodoru w spoinie
	Conarc 48	E7018-1-H4R	E 46 4 B32 H5	X	X	X	X		X	Uniwersalna elektroda zasadowa do spawania we wszystkich pozycjach, uzysk 130%
	Conarc 49	E7018	E 46 3 B32 H5	X	X	X	X		X	Elementy o dużych przekrojach, gładkie lico
	Conarc L150	E7028-H4R	E 42 2 B53 H5	X		X				Niska zawartość wodoru przy wykonywaniu spoin pachwinowych
	Conarc V180/V250	E7028-H4R	E 42 4 B73 H5	X		X				Wysoko wydajna elektroda zasadowa do spawania w pozycji podłonej
FCAW	Outershield 71M-H	E71T-1 J H4	T 46 2 PC 1 H5	X	X	X	X	X	X	Dłut o rdzeniu rutowym do spawania w osłonie CO ₂
	Outershield 71E-H	E71T-1 MJ H4	T 46 3 PM 1 H5	X	X	X	X	X	X	Spawanie we wszystkich pozycjach, przetop na podkładce ceramicznej
	Outershield MC 710-H	E70C-6M H4	T 42 3 MM 2 H5	X	X	X	X	X	X	Dłut z rdzeniem rutowym do spawania w osłonie mieszanki Ar/CO ₂
	Innershield NR-203Ni 1	E71T8-Ni 1	T 42 3 1Ni Y N1	X	X	X	X	X	X	Spawanie we wszystkich pozycjach, przetop na podkładce ceramicznej
SAW	L60-860	F6A2-EL12	S 35 2 AB S1	X		X				Dłut z rdzeniem metalicznym, spawanie pachwin i warstw wypełniających w pozycjach PA (1F/1G) i PB (2F)
	L61-860	F7A2-EM12K	S 38 2 AB S2Si	X		X				Dłut rdzeniowy samoosłonowy, do wszelkich zastosowań w terenie
	LNS 160 - P230	F7A8/P10-ENi1-Ni1	S 46 5 AB S2Ni1	X		X				
S420-S500; grupa materiałów wysokiej wytrzymałości do specjalnych zastosowań w temperaturach do - 40 lub - 60°C										
SMAW zasadowe	Conarc 55CT	E8018-W2-H4R	E 46 5 Mn1Ni B32 H5	X	X	X	X		X	Do spawania stali odpornych na działania atmosferyczne
	Conarc 60G	E9018M-H4	E 55 4 Z B32 H5	X	X	X	X		X	Elektroda zasadowa o wysokiej wytrzymałości do spawania we wszystkich pozycjach
	Kryo 1	E7018-G-H4R	E 50 6 Mn1Ni B32 H5	X	X	X	X		X	Najlepsza do spawania konstrukcji nadmorskich, wysoka wytrzymałość, stabilny luk
	Kryo 1N	E8016-G-H4R	E 46 6 1NiB12 H5	X	X	X	X		X	Spawanie przetopów
	Kryo 1P	E8018-G-H4R	E 50 6 1Ni B32 H5	X	X	X	X		X	Wyższa wytrzymałość, własności jak dla Kryo 1
	Kryo 1-180	E8018-G-H4R	E 50 5 1Ni B73 H5	X		X				1% Ni zwiększony uzysk
	Kryo 2	E9018-G-H4R	E 55 6 Z B32 H5	X	X	X	X		X	1,5% Ni dla zwiększenia wytrzymałości
Kryo 3	E8018-C1-H4R	E 46 8 3Ni B32 H5	X	X	X	X		X	1,5% Ni dla zwiększenia wytrzymałości	
FCAW	Outershield 71E-H	E71T-1MJ H4	T 46 3 P M1 H5	X	X	X	X	X	X	Do stali z gatunku S420
	Outershield MC 715-H	E70C-6M H4	T 42 4 M M2 H5	X	X	X	X	X	X	Do stali z gatunku S420; zwiększona wydajność
	Outershield 81Ni1-H	E81T1-Ni1MJ H4	T 50 5 1Ni P M2 H5	X	X	X	X		X	Wysoko wytrzymały drut rdzeniowy ogólnego zastosowania
	Outershield 81K2-H	E81T1-K2MJ H4	T 50 6 1,5Ni P M2 H5	X	X	X	X		X	1,5% Ni dla zwiększenia wytrzymałości
	Innershield NR-460	E71T8-Ni2	T 46 4 2Ni Y N2 H5	X	X	X	X	X	X	Do stali z gatunku S420-S460; samoosłonowy drut o wysokiej wytrzymałości
SAW	LNS 133U - P230	F7A5/P5-EH12K	S 42 5 AB S3Si	X		X				Ogólnego zastosowania, wysoka wytrzymałość
	LNS 165 - 8500	F8A8/F7P8-ENi5-Ni5	S 50 6 FB S0	X		X				1% Ni-0,2% Mo dla podwyższenia wytrzymałości i twardości
S550-S690; grupa materiałów o wysokiej wytrzymałości (-40°C) i niskiej zawartości wodoru (HDM<5ml/100g)										
SMAW zasadowe	Conarc 70G	E9018-G-H4	E554 1NiMo B32 H5	X	X	X	X		X	Stabilny luk
	Conarc 80	E11018M-H4	E695 Z B32 H5	X	X	X	X		X	Większa wytrzymałość w porównaniu do Conarc 70
	Conarc 85	E12018G-H4	E695 Mn2NiCrMoB32H5	X	X	X	X		X	Spawanie materiałów o wysokiej wytrzymałości
	Conarc 85-150	E12018G-H4	E695Mn2NiMo B53 H5	X		X				Wysoko wydajna do spawania stali z gatunku S690
FCAW	Outershield 550-H	E101T1-K3MJH4	T 55 4 Z P M1H5	X	X	X	X		X	Stabilny luk, obniżona skłonność do pęknięcia
	Outershield 690-H	E111T1-K3MJH4	T 69 4 Z P M2 H5	X	X	X	X		X	Wysoka wytrzymałość i twardość, obniżona skłonność do pęknięć
SAW	LNS 164 - P230	F9A6-EF1-F3	S 50 4 AB S3NiMo1	X		X				Odpowiedni do warunków AW, SR i N+A
	LNS 168 - MIL 800H	F10A5-EM2-M2		X		X				
	LNS 168 - 8500(H2)	F10A5-EM2-M2		X		X				Wysoka wytrzymałość, mała zawartość wodoru, obniżona skłonność do pęknięć
	LA100 - 8500	F10A6-EM2-M2	S 66 5 FB S0	X		X				Wysoka wytrzymałość, dobra udarność
	MC120S-55 - 8500	F12A6-5C9-G		X		X				Do spawania stali z gatunku HY100 i HSLA 100
Stale zawierające od 5 do 9% Ni stosowane w kriogenice										
SMAW zasadowe	NiCro 70/15Mn	ENiCrFe-3	E Ni 6182	X	X	X	X		X	Stopy na osnowie niklu do stali z 5% zawartością niklu.
	Nyloid 2	E NiCrMo-6	E Ni 6620	X	X	X	X		X	Elektrody do spawania w każdej pozycji, wysoka wytrzymałość, twardość i wydajność
	NiCro 60/20	E NiCrMo-3	E Ni6625	X	X	X	X		X	Wysoka wytrzymałość, stopy na osnowie niklu
SAW	LNS NiCro 70/19-P2000	—	R-NiCr20Nb	X		X				Głównie do stali zawierających od 3,5 do 5% Ni
	LNS NiCro 60/20-P2000	—	R-NiCr21Mo9Nb	X		X				Zalecane do stali o zawartości 3,5, 5 i 9% Ni

Lincoln Electric Europa



PRZEMYSŁ STOCZNIOWY

Klasyfikacja stali stosowanej w konstrukcjach statków morskich i barek śródlądowych jest przewidziana z podziałem na stal normalną i cieplnie obrabianą w zakresie od klasy A aż do klasy EH36.

Prace spawalnicze w istotny sposób determinują koszty i czas produkcji. Powoduje to ciągle nacisk w kierunku największej efektywności procesu w połączeniu z wysoką jakością materiałów spawalniczych. Aktualnie najczęściej stosowane metody spawalnicze to SMAW, FCAW i SAW. Tabela 5 pokazuje wybrane zestawy materiałów spawalniczych stosowanych w wielu stoczniach. Statki specjalnego zastosowania wymagają bardziej specjalistycznych materiałów lub nawet posiadają inną wewnętrzną konstrukcję, tak jak jest to w przypadku chemikaliowców, gdzie stosuje się stal nierdzewną „duplex” (NNS S31653 lub S32205).

Bardzo często na całą konstrukcję statku stosuje się stopy aluminium z gatunku AlMg4,5Mn. W tabeli 6 przedstawione są materiały spawalnicze o wysokiej klasie niezawodności zapewniające dobry wygląd zewnętrzny spoiny, które stosowane są w tego typu konstrukcjach.

Tabela 5

Budownictwo okrętowe; wszystkie typy statków oprócz chemikaliowców i transportowców do przewozu skroplonego gazu ziemnego (LNG)

Pozycja spawania / materiały spawalnicze

Klasyfikacja		Materiały spawalnicze		Spoiny doczołowe			Spoiny pachwinowe			Zastosowanie, uwagi			
Metoda spawania	Nazwa materiału	AWS	EN	PA 1G	PF 3Gu	PG 3Gd	PB 2F	PF 3Fu	PG 3Gd	PD 4F			
Stale okrętowe z gat. A-D i AH-EH; stale konstrukcyjne z gat. S275-S355; CVN min. 27J w 0°C													
SMAW	Supra Ferrod 135T Ferrod 160T Ferrod 185T Geofors	E 6012 E 7024 E 7024 E 7024 E 7024	E 38 0 RC 11 E 38 0 RR 53 E 42 0 RR 73 E 42 0 RR 73 E 38 0 RR 73			X		X	X	X	Spawanie i naprawa blach zabrudzonych, zardzewiałych i zabezpieczonych przed korozją } Wysoko wydajne spawanie w pozycji podłojnej } Wysoko wydajne wykonywanie spoin pachwinowych (system grawitacyjny)		
FCAW	Outershield 71M-H Outershield 71E-H Outershield MC 710-H Innershield NR 232 Innershield NR-203Ni 1	E 71T-1 J H4 E 71T-1 MJ H4 E 70C-6M H4 E71T-8 E71T8-Ni 1	T 46 2 PC 1 H5 T 46 3 PM 1 H5 T 42 3 MM 2 H5 T 42 2 ZY N2 T 42 3 1Ni Y N1		X		X	X		X		Drut z rdzeniem rutowym do spawania w osłonie CO ₂ Spawanie we wszystkich pozycjach, przetop na podkładce ceramicznej Drut z rdzeniem rutowym do spawania w osłonie mieszanki Ar/CO ₂ spawanie we wszystkich pozycjach, przetop na podkładce ceramicznej Drut z rdzeniem metalicznym, spawanie pachwin i warstw wypełniających w pozycjach PA (1F/1G) i PB (2F) Drut rdzeniowy samoosłonowy przeznaczony do spawania kadłubów i elementów usztywniających Drut rdzeniowy samoosłonowy, polepszona wytrzymałość	
SAW	L60 - 761 L60 - 780 L61 - 780 L61 - 860	F7A2-EL12 F7A0-EL12 F7A2-EL12K F7A2-EM12K	S 38 2 MS S1 S 4T0 AR S1 S 4T0 AR S2Si S 38 2 AB S2Si	TR:X TR:X TR:X MR:X			X						Doskonała odporność na pęknięcia, pojedynczy drut Spawanie podwójnym drutem spoin pachwinowych Spawanie podwójnym drutem spoin pachwinowych Spoiny doczołowe przy spawaniu elementów o średniej i dużej grubości
Stale okrętowe z gat. AH-EH; stale konstrukcyjne gat. S355; R_m>510MPa, CVN min. 27J w -20°C; niska zawartość wodoru w spoinie													
SMAW	Baso 26V Conarc 49 Baso G Ferrod 165A Conarc L150	E 7048 H8 E 7018 H4R E 7018-1 H4R E 7024-1 E 7028	E 42 3 B 15 H10 E 46 3 B 32 H5 E 42 5 B 32 H5 E 42 2 RA 73 E 42 2 B 53 H5						X	X			
FCAW	Outershield 71M-H Outershield 71E-H Outershield MC 710-H Innershield NR-232 Innershield NR-203Ni 1	E 71T-1 J H4 E 71T-1 MJ H4 E 70C-6M H4 E71T-8 E71T8-Ni 1	T 46 2 PC 1 H5 T 46 3 PM 1 H5 T 42 3 MM 2 H5 T 42 2 ZY N2 T 42 3 1Ni Y N1	X	X			X		X	Drut z rdzeniem rutowym do spawania w osłonie CO ₂ spawanie we wszystkich pozycjach, przetop na podkładce ceramicznej Drut z rdzeniem rutowym do spawania w osłonie mieszanki Ar/CO ₂ spawanie we wszystkich pozycjach, przetop na podkładce ceramicznej Drut z rdzeniem metalicznym, spawanie pachwin i warstw wypełniających w pozycjach PA (1F/1G) i PB (2F) Drut rdzeniowy samoosłonowy przeznaczony do spawania kadłubów i elementów usztywniających Drut rdzeniowy samoosłonowy, polepszona wytrzymałość		
SAW	L61 - 780 L70 - 780 L70 - 860 L61 - 860 L70 - 8500 LNS 133U - P230	F7A2-EM12K F8A2-EA1 F7A2/P2-EA1-A2 F7A2-EM12K F8A6-EA1 F7A5-EH12K	S 4T0 AR S2Si S 4T2 AR S2Mo S 42 2 AB S2Mo S 38 2 AB S2Si S 46 4 FB S2Mo S 42 5 AB S3Si	TR:X TR:X X X X X			X					Spawanie spoin pachwinowych, podwójny drut L70 zapewnia zwiększenie wytrzymałości Spawanie techniką TR* i MR** Spoiny doczołowe, elementy o średniej i dużej grubości Wysoka wytrzymałość i twardość, również przy jednym ściegu Uniwersalny topnik, dobra udarność TR* i MR**	

* TR – spawanie dwuściegowe ** MR – spawanie wielościegowe

Tabela 6

Budownictwo okrętowe, specjalistyczne materiały stosowane do budowy chemikaliowców i transportowców do przewozu skroplonego gazu ziemnego (LNG)										
Klasyfikacja		Materiały spawalnicze		Spoiny doczołowe		Spoiny pachwinowe			Zastosowanie, uwagi	
Metoda spawania	Nazwa materiału	AWS	EN (ISO)	PA 1G	PF 3Gu	PB 2F	PF 3Fu	PG 3Gd	PD 4F	
Stale stopowe AISI 316LN										
SMAW	Arosta 316L	E 316L-16	E 19 12 3 L R12	X	X	X	X		X	Elektroda otulona ogólnego zastosowania do spawania we wszystkich pozycjach; Mo≥2,7% Elektroda rutyłowa, gładkie lico spoiny
	Limarosta 316L	E 316L-16	E 19 12 3 L R12	X	X	X	X		X	
	Limarosta 316L-130	E 316L-16	E 19 12 3 L R53	X		X				Optymalna elektroda do wyk. spoin pachwinowych
	Vertarosta 316L	E 316L-15	E 19 12 3 L R21					X		Do spawania w poz. pionowej z góry na dół
	Arosta 4439	–	E 18 16 5 NL R32	X	X	X	X		X	Do spawania we wszystkich pozycjach, wysoka wytrzymałość, mat. spoiny całkowicie austenityczny
FCAW	Cor-A-Rosta 316L	E316LT0-1/-4	T 19 12 3 L R C/M 3	X		X				Dobre wtopienie i wygląd spoiny; wysoka wydajność
	Cor-A-Rosta P316L	E316LT1-1/-4	T 19 12 3 L P C/M 2	X	X	X	X		X	Wersja P do spawania w poz. pionowej z dołu do góry
SAW	LNS 316L / P2000	ER316L / topnik	S 19 12 3 L - S A AF 2 63 DC	X		X				Standardowa kombinacja drut/topnik do spawania spoin pachwinowych i TR*
	LNS 4439Mn - P2000	–	S 18 16 5 N L - S A AF2 63 DC	X		X				Spoino całkowicie austenityczne, spawanie TR* i MR** Wysoka odporność na pęknięcie na gorąco
Stale stopowe duplex 22% Cr										
SMAW	Arosta 4462	E 2209-16	E 22 9 3 N L R 32	X	X	X	X		X	Uniwersalna rutyłowa elektroda do stali duplex
	Jungo 4462	E2209-15	E 22 9 3 N L B 22	X						Wysokowytężalne stopiwo, doskonała do spoin montażowych
	Arosta 4462-145	E 2209-16	E 22 9 3 N L R 53	X		X				Wysokowydajne wykonywanie spoin pachwinowych
FCAW	Cor-A-Rosta 4462	E2209T0-4	T 22 9 3 N L R M 3	X		X				Dobre wtopienie i wygląd spoiny; wysoka wydajność
	Cor-A-Rosta P4462	E2209T1-4	T 22 9 3 N L P M 2		X		X		X	Wersja P do spawania w poz. pionowej z dołu do góry
SAW	LNS 4462 / P2000	ER2209 / topnik	S 22 9 3 N L - S A AF 2 63 DC	X		X				Pewne spoiny doczołowe przy spawaniu stali duplex techniką TR* i MR**
Łączenie stali stopowych ze stalami okrętowymi; połączenia różnoimienne										
SMAW	Arosta 309S	E 309L-16	E 23 12 L R 32	X	X	X	X		X	Gładkie lico przy spoinach doczołowych
	Nichroma 160	E309Mo-26	E 23 12 2 L R 53	X		X				Wysoko wydajne spawanie pachwin
FCAW	Cor-A-Rosta 309L	E309LT0-1/-4	E 23 12 L R C/M 3	X		X				Dobre wtopienie i wygląd spoiny; wysoka wydajność
	Cor-A-Rosta P309L	E309LT1-1/-4	E 23 12 L P C/M 2		X		X		X	Wersja P do spawania w poz. pionowej z dołu do góry
SAW	LNS 309L - P2000S	ER309L / topnik	S 24 12 L - S A AF 2 64Cr DC	X		X				Do spoin doczołowych wykonywanych techniką TR* i MR**
Aluminium okrętowe/gatunek AlMg4,5Mn, AC 5083										
GTAW	LNTAlMg4,5 Mn	ER 5183	Al 5183	X	X	X	X		X	Wysoka odporność na działanie wody morskiej dobre własności wytrzymałościowe i uduerność w niskich temperaturach
	LNTAlMg4,5 MnZr	ER 5087	Al 5087	X	X	X	X		X	Dodatek Zr zwiększa odporność na pęknięcie
GMAW	LNMAIMg4,5 Mn	R 5183	Al 5183	X	X	X	X		X	Wysoka odporność na działanie wody morskiej;
	LNMAIMg4,5 MnZr	–	Al 5087	X	X	X	X		X	Dobra uduerność w niskich temperaturach Dodatek Zr zwiększa odporność na pęknięcie
Transportowce LNG wykonane ze stali o zawartości 3,5; 5 lub 9% Ni										
SMAW	Nyloid 2	E NiCrMo-6	E Ni 6622	X	X	X	X		X	Wysoko wydajne spawanie we wszystkich pozycjach, dobra wytrzymałość i twardość
	NiCro 60/20	E NiCrMo-3	E Ni 6625	X	X	X	X		X	Spawanie we wszystkich pozycjach, wysoka wytrzymałość
SAW	NiCro 60/20 - P2000	ERNiCrMo-3 / topnik	R-NiCr21Mo9Nb-S A AF 2 63 DC	X		X				Do spawania w pozycjach 1G i 2G, wysoka wytrzymałość Niska odporność na pęknięcie

* TR – spawanie dwuścigowe ** MR – spawanie wielościgowe

L *incoln Electric Europa*



PRODUKCJA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

W tym segmencie produkcji bierze się pod uwagę konstrukcje spawane dla energetyki jak również przemysłu chemicznego i spożywczego.

Materiały są podzielone w zależności od odporności na pełzanie (stale chromowo-molibdenowe), wytrzymałości w wysokich temperaturach (stopy na bazie niklu), odporności na korozję, w temperaturze otoczenia lub w temperaturze podwyższonej. Większość z tych materiałów jest spawana z użyciem indywidualnie opracowanych materiałów spawalniczych, jednakże są wyjątki, gdzie efekt niejednorodności stopu może pogarszać dopasowanie metalu spawanego i wtedy stosowane są stopy na bazie niklu. Jednym z przykładów może być spawanie stali nierdzewnej z 6% dodatkiem molibdenu. Innym przykładem mogłaby być sytuacja, gdzie należy uwzględnić wytrzymałość np.: do spawania stali supermartenzytycznej należy wybrać materiały dodatkowe typu superduplex.



Tabela 7 przedstawia materiały powszechnie stosowane (lub stale platerowane) i zapewnia pomoc przy wyborze właściwych materiałów spawalniczych dla odpowiedniego procesu spawalniczego (SMAW, GTAW, GMAW, (STT), FCAW, SAW) i spawania plazmowego. Przy łączeniu materiałów różnoimiennych dobór materiałów spawalniczych wymaga bardzo dokładnego rozważenia.



Tabela 7

Produkcja lekkich i ciężkich elementów konstrukcyjnych: przemysł chemiczny i spożywczy, energetyka			Metoda spawania / materiały spawalnicze					
Klasyfikacja UNS	EN 10088	W.Nr.	SMAW			GTAW albo GMAW	FCAW	SAW
Stale CrMo odporne na pękanie			SL			LNT	LNM	LNSxxx - topnik
K11422 (T/P11)	16 Mo 3	1.5415	12G			12		L70 - P230
K11564(T/P12)	13 CrMo 4-5	1.7335	19G	19 (STC)		19		LNS 150 - P230
K21590(T/P22)	10 CrMo 9-10	1.7380	20	20 (STC)		20		LNS 151 - P230
—			22G			22		
K51545 (T/P5)		-	502			502		
K90901 (T/P91)			9Cr (P91)			9Cr (P91)		
Stale stopowe			AROSTA			LNT	LNM	COR-A-ROSTA (LNS) - topnik P2000
			LIMAROSTA	JUNGO	inne			
S 30403	X2 CrNi 18-8	1.4310	304L	304L	VERTAROSTA LIMAROSTA xx-130 VERTAROSTA LIMAROSTA xx-130	304LSi	304L lub P304L	304L
S31603	X2 CrNiMo 17-12-2	1.4404	316L	316L	VERTAROSTA LIMAROSTA xx-130	316LSi	316L lub P316L	316L
S31603	X2 CrNiMo 17-12-3	1.4432	316L	316L		316LSi	316L lub P316L	316L
S31603	X2 CrNiMoN 17-3-3	1.4429	4439	4439		4439Mn		4439Mn
Stabilizowane Ti lub Nb								
S32100	X6CrNiTi 18-10	1.4541	347	347		347Si	304L	347
S34700	X6 CrNiNb 18-10	1.4550						
22% Cr duplex								
S31803	X2CrNiMo 22-5-3	1.4462	4462	4462		4462	4462 lub P4462	4462
S32205								
25% Cr superduplex								
S32550	-	-		Zeron 100X SD 25/09		Zeron 100X	—	Zeron 100X SD 25/09
S32750	X2CrNiMoN 25-7-4	1.4410						
S32760	X2 CrNiMoCuWN 25-7-4	1.4501						
Austenityczne								
N08904	X1 NiCrMoCu	1.4539 1.4465		4500		4500		4500
-	X1 CrNiMoN 25-22-2	1.4466		4465		4465	—	4465
Superaustenityczne								
S31254	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547			NiCro 60/20 NiCroMo 59/23	NiCro 60/20 NiCroMo 59/23	—	NiCro 60/20 NiCroMo 59/23
Stopy na bazie Ni								
N06600	NiCr15Fe	2.4816			NiCro 70/15 NiCro 70/15Mn NiCro 70/19 NiCro 60/20	NiCro 70/19	—	NiCro 70/19
N06601	NiCr23Fe	2.4851						
N06625	NiCr22Mo9Nb	2.4856				NiCro 60/20	—	NiCro 60/20
N10276	NiMo16Cr15W	2.4819						
N06455	NiMo16Cr16Ti	2.4610			NiCroMo 59/23	NiCroMo 59/23	—	NiCroMo 59/23
N06022	NiCr21Mo14W	2.4602						
N04400	NiCu30Fe	2.4360			NiCu 70/30	NiCu 70/30	—	NiCu 70/30
N02201	LC-Ni99	2.4068			Nickel 96	NiTi	—	NiTi

L Lincoln Electric Europa

Tabela 8

Konserwacja i naprawa

Material podstawowy	Material spawalniczy SMAW	FCAW	Zastosowanie
Stale niestopowe	Omnia Supra	Innershield NR 203MP Outershield 71M-H lub 71E-H Innershield NR 232	Łączenie cienkich płyt. Łączenie płyt, również zanieczyszczonych.
Stale o wysokiej wytrzymałości	Conarc 49C	Outershield 71M-H lub 71E-H	Łączenie i regeneracja.
Stale trudno spawalne	Conarc 49C RepTec 29	— —	Łączenie i regeneracja na gorąco. Łączenie stali stopowych lub z dużą zawartością C ze stalami stopowymi austenitycznymi/ferrytycznymi.
Staliwo	Conarc 49C	Outershield 71M-H lub 71E-H Innershield NR 232	Łączenie i regeneracja.
Stal stopowa	RepTec 210	Cor-A-Rosta P309L	Łączenie, również materiałów różnoimiennych (ze stalami niestopowymi i niskostopowymi).
Stopy niklu	RepTec 7	—	Łączenie, platerowanie, różnorodne złącza spawane.
Stopy aluminium	RepTec AISi5 lub AISi12	—	Łączenie i naprawa pęknięć.
Brązy aluminiowe	RepTec Cu8	—	Spawanie i platerowanie brązów aluminiowych bez porów w spoinie, platerowanie stali.
Żeliwo, staliwo	RepTec Cast 1 lub Cast 31	—	RepTec Cast 1 do żeliwa szarego; Cast 31 do pozostałych gatunków żeliwa oraz do łączenia ze stalą.

NAPRAWA I REGENERACJA



W razie przypadkowego uszkodzenia ciężkiego sprzętu lub drogiego narzędzia może powstać konieczność naprawy z użyciem procesu spawalniczego. Innym przypadkiem jest regeneracja i odtworzenie zużytych podzespołów maszyn pracujących w szczególnie trudnych warunkach, takich jak obróbka stali, przeróbka minerałów czy transport drogowy.

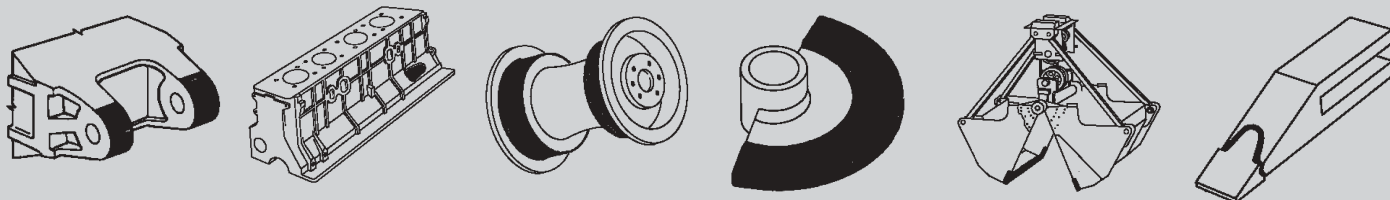
Naprawa w takim przypadku zazwyczaj wymaga zastosowania specjalnej technologii spawalniczej. Dlatego też procedury naprawy i regeneracji powinny być przeprowadzone wyjątkowo starannie. Najlepsze typy materiałów i warunki zużycia przedstawione są w tabeli 9.

Proces spawania najczęściej prowadzony jest ręcznie elektrodą otuloną lub drutami rdzeniowymi samoosłonowymi. Jednakże dla elementów o regularnych kształtach, jak np.: tłoki czy koła, najbardziej efektywnym procesem jest spawanie łukiem krytym przy użyciu produktów Lincore.



Tabela 9

Napawanie				
Przypadki zużycia		Produkty Wearshield® SMAW	Produkty Lincore® FCAW (SAW)	Zastosowanie, uwagi
Wszystkie przypadki zużycia				
	regeneracja/nanoszenie	BU BU-30	BU i BU-G 33	Do stali niestopowych i niskostopowych. Napawanie zużytych powierzchni w celu podniesienia ich twardości. Do wykonywania warstwy buforowej przed napawaniem.
Metal - metal				
	+ tarcie o metal (martenzytyczne)	MM lub MM40	40-O lub 55	Obróbka cieplna dla uzyskania struktury martenzytycznej. Używane do kół dźwigów, rolek prowadzących, kół łańcuchowych, kół zębanych.
	+ temperatura	T&D	T&D	Wykrojniki i matryce, noże tnące, walce. Dostępny również w wersji Gridur F.
	+ uderzenie	MI (e)	55	Maszyny do robót ziemnych i sprzęt rolniczy.
Ostre uderzenia				
	napawanie z umocnieniem przez zgniot	Mangjet (e) 15CrMn Frogmang	M 15CrMn Frogmang-G	Napawanie austenitycznych stali manganowych i platerowanie stali węglowych. Stosowany do młotków kruszarek, elementów maszyn. Do łączenia stali manganowych oraz stali manganowych ze stalami węglowymi; wysoka odporność na uderzenia i pęknięcia. Specjalnie zaprojektowany do rozjazdów i skrzyżowań torowych.
Ścieranie				
	+ uderzenie	ABR 44	50	Uniwersalna elektroda gwarantująca dobrą odporność na ścieranie i uderzenia. Stosowana do regeneracji zębów, ostrzy, czerpaków i nadwozi maszyn. Odporność na ścieranie i uderzenia w temperaturach do 600°C; dobra odporność na wykruszenia przy dwóch lub więcej warstwach.
	+ uderzenie + korozja	420 C6 C21	420+topnik 802	Elementy pogłębiarek i pomp płuczkowych. Stopy na osnowie kobaltu z wydzieleniami węglików odporne na działanie wysokich temperatur, ścieranie i uderzenia oraz oddziaływanie metal - metal. Zapobiega kawitacji i korozji czarnej. Stop CoCrMoNi; odporny na oddziaływanie metal - metal w ostrym środowisku korozyjnym w temperaturach pokojowych i wysokich. Używany do gniazd zaworów i wszędzie tam gdzie pojawia się problem zatarcia.
Metal - minerał				
	ścieranie + uderzenie	ME (e)	50	Układany na warstwę buforową wykonaną Wearshield BU lub 15CrMn lub także RepTec 129. Stosowany na wieńce zębate, ostrza skrawające, rolki kruszarek i łopatkki mieszadeł.
Ostre ścieranie				
	ścieranie	50MC		Wysoka odporność na ścieranie w temperaturze do 600 °C. Stosować maksymalnie 2 warstwy. Trwała struktura, również odporna na korozję. Stosowany do regeneracji zębów koparek, elementów kruszarek i zsyków urobku.
	+ temperatura	60 (e) 70	60-O 65-O	Bardzo wysoka odporność na ścieranie już po nałożeniu 2 warstw. Bardzo wysoka odporność na ścieranie w temperaturach do 760 °C.
	wysoka temperatura + uderzenie	C1		Bardzo wysoka odporność na ścieranie w wysokich temperaturach (>600 °C).
Bardzo ostre ścieranie				
		WC	—	Warstwa napawana zawiera węglik wolframu dające wysoką odporność na ścieranie w trudnych warunkach pracy: oddziaływanie piasku, żwiru, kamieni i cementu.





BESTER SA

a Lincoln Electric Company

ul. Jana III Sobieskiego 19a

58-263 Bielawa 4

Tel. 074/64 61 100 (centrala)

Fax 074/64 61 080, 64 61 082

e-mail: bester@bester.com.pl

Przedstawicielstwo Lincoln Electric w Polsce

ul. Nowowiejska 39/8

02-010 Warszawa

Tel. 022/825 63 33, 625 63 63

Fax 022/825 75 55

e-mail: gmrozowski@lincolnelectric.nl