



**Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową
w osłonie gazu,**

**Gas-shielded arc welding
with non-consumable tungsten electrode,**

Numer referencyjny procesu – 14

Historia wynalezienia i rozwoju metody

1926 r. – spawanie łukowe elektrodą wolframową w osłonie helu „Heliarc” i argonu „Argonarc” patenty zgłoszone przez H. M. Hobarta i P. K. Deversa, General Electric, USA.



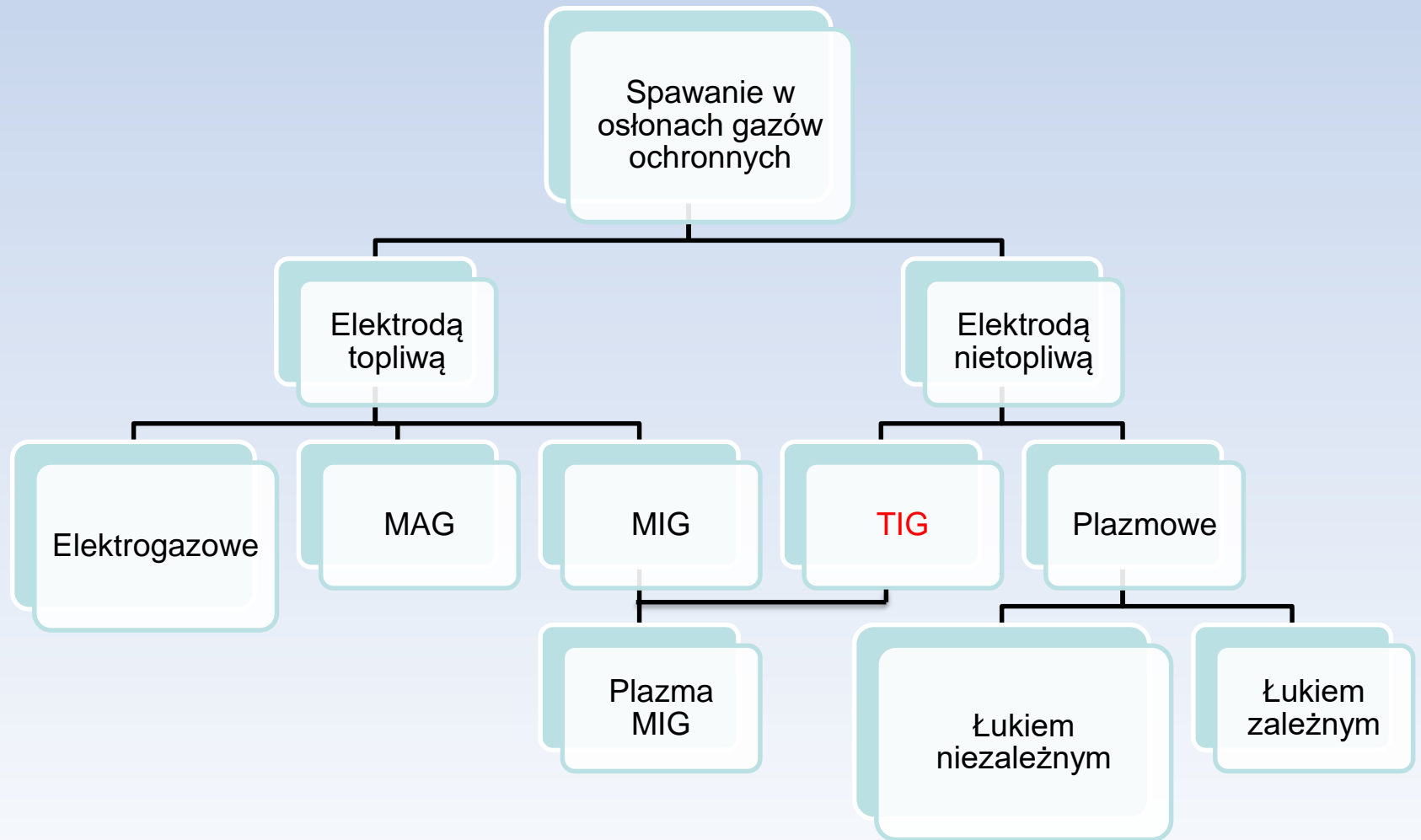
Historia wynalezienia i rozwoju metody

1941 r. – Russell Meredith z firmy Northrop Aircraft Inc. dostał zlecenie od amerykańskiego przemysłu obronnego na opracowanie technologii spawania stopów magnezu wykorzystywanych w konstrukcji samolotu XP-56,

1942 r. – R. Meredith zgłosił patent (US Patent # 2274631) zatytułowany „Spawanie magnezu i jego stopów oraz techniki spawania elektrycznego metali palnych o względnie niskiej temperaturze topnienia”,

1945 r. – firma Linde Group zakupuje prawa do technologii TIG i tworzy program badawczy mający na celu szybkie rozwinięcie tej metody spawania.

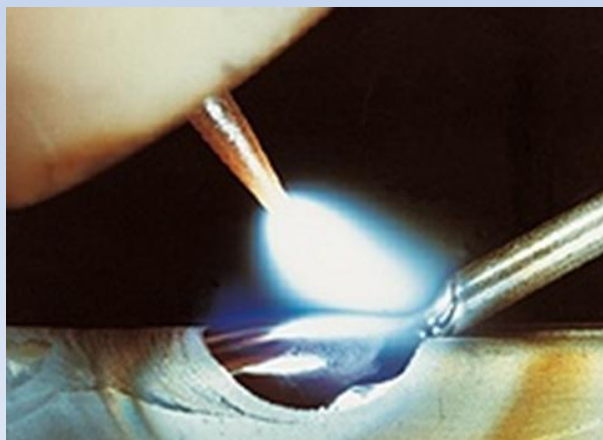
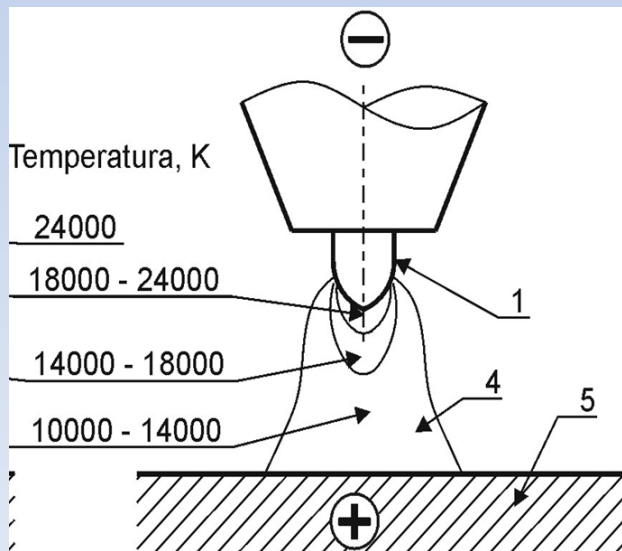
Podział metod spawania łukowego w osłonach gazów ochronnych



Spawanie metodą TIG (141) Tungsten Inert Gas



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



TIG - Tungsten Inert Gas, **GTAW** - Gas Tungsten Arc Welding,

WIG - Wolfram - Inertgas - Schweissverfahren;

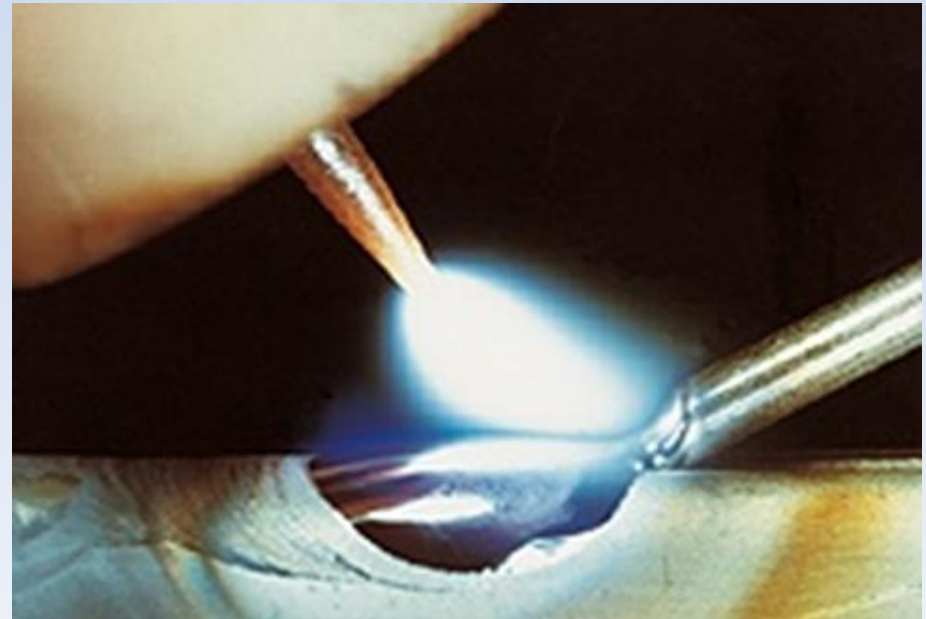
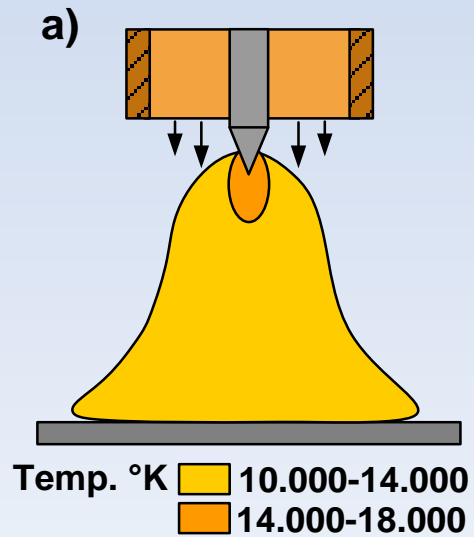
Sposób pracy - głównie ręczny, istnieje możliwość spawania półautomatycznego, automatycznego oraz zrobotyzowanego;

Źródło ciepła - łuk elektryczny;

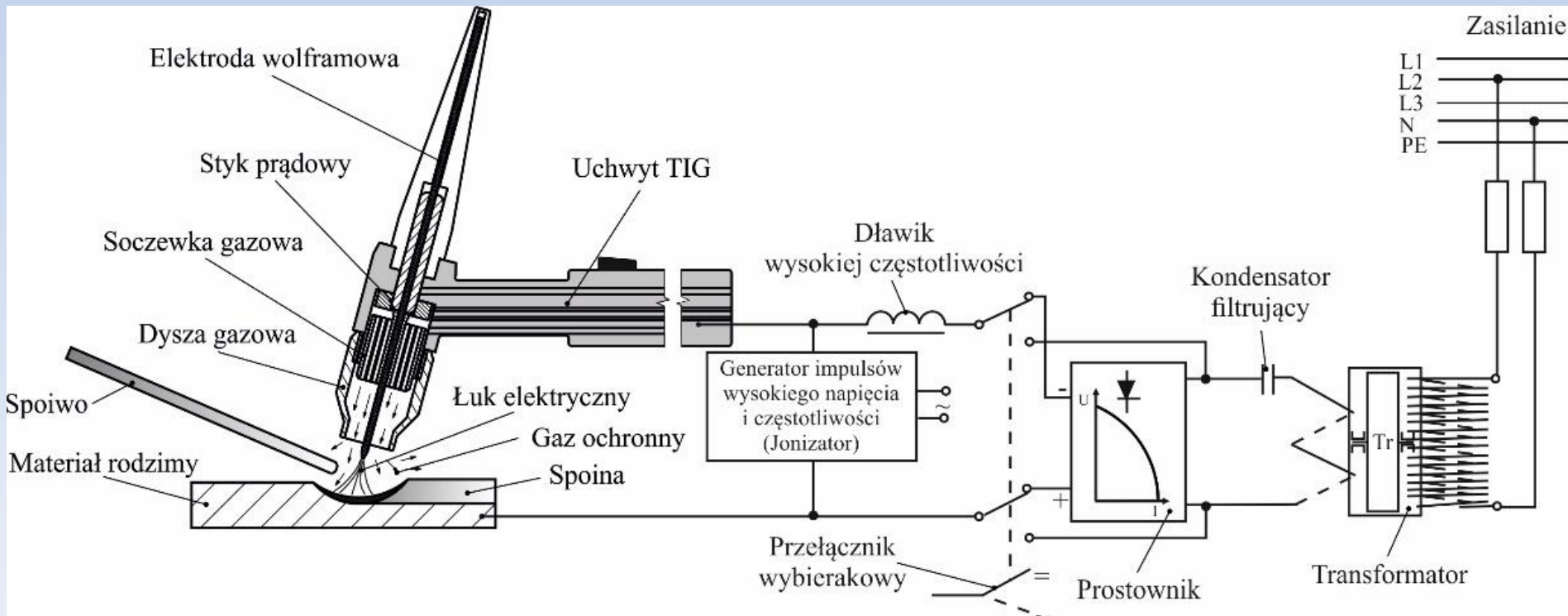
Osłona ciekłego metalu jeziora i nagrzanej strefy spawania - gaz obojętny (Ar, He lub ich mieszaniny);

Zakres natężenia prądu - 10 do 600 A.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Schemat procesu i głównych elementów urządzenia do spawania metodą TIG

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Metoda wykorzystywana do wykonywania spoiny pachwinowych, czołowych, otworowych, brzeżnych i grzbietowych w warunkach warsztatowych i montażowych, we wszystkich pozycjach spawania. W praktyce przemysłowej używa się jej do łączenia cienkich elementów, o grubościach nieprzekraczających kilku milimetrów (0,5÷5,0 mm).

Spawać można prawie wszystkie metale, które topią się i nie parują pod wpływem ciepła łuku, takie jak:

- stale niestopowe i niskostopowe,
- stale odporne na korozję,
- aluminium i większość jego stopów,
- magnez i jego stopy,
- miedź i stopy miedzi,
- nikiel, stopy niklu (np. Inconel[®], Monel[®] i Hastelloy[®], stopy żaroodporne),
- tytan, cyrkon, tantal, niob, beryl, złoto, srebro i wiele innych metali.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Podstawowe zalety spawania metodą TIG to:

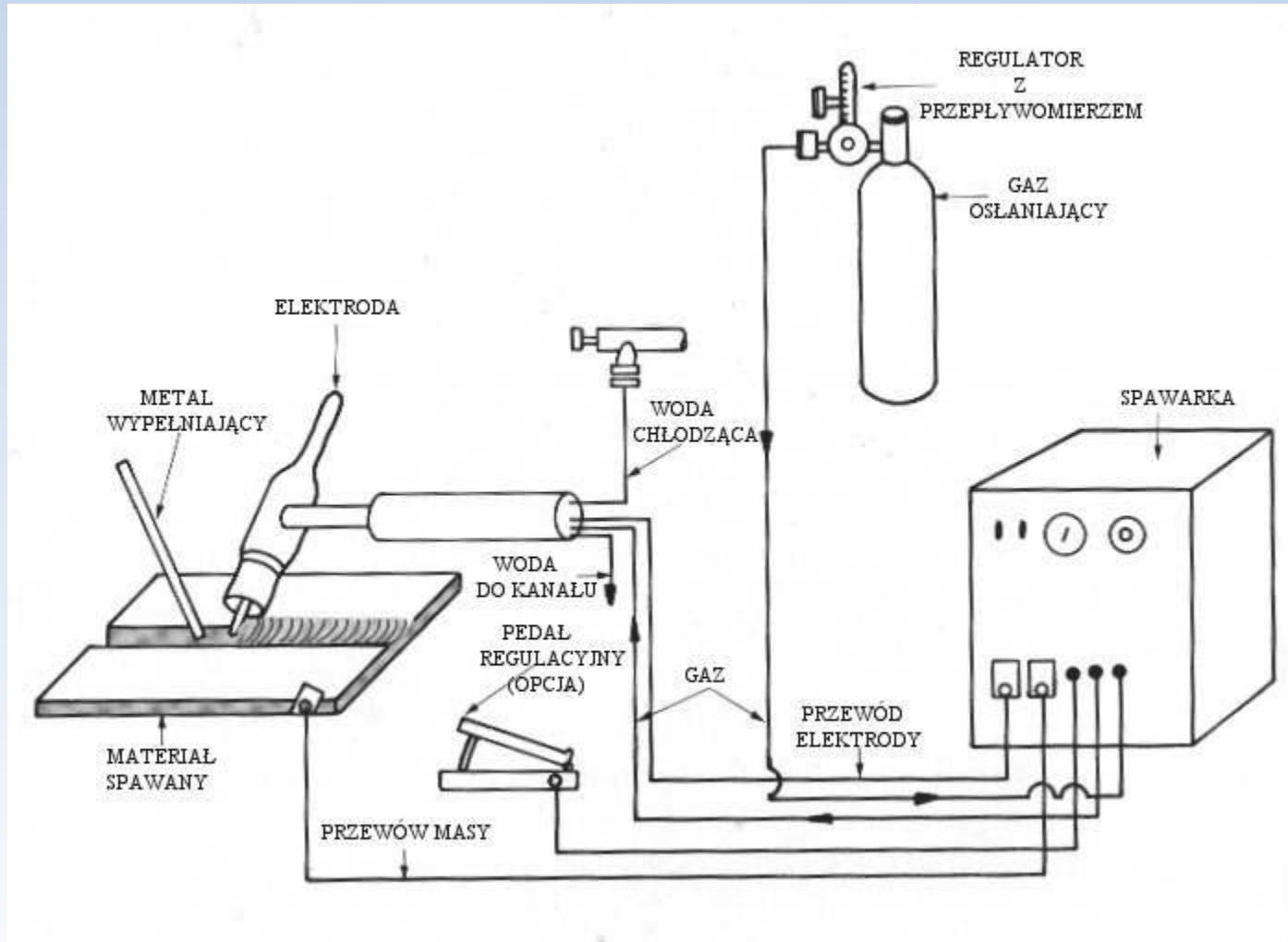
- możliwość spawania prawie wszystkich metali i stopów we wszystkich pozycjach,
- wysokie jakość i czystość metalurgiczna spoiny,
- łatwa kontrola nad jeziorkiem spawalniczym, ilością ciepła i dozowaniem spoiwa,
- krótki czas wyszkolenia spawacza, pozwalający na pełne opanowanie spawania,
- skupiona energia cieplna łuku spawalniczego, dająca wąską SWC (1,0÷3,0 mm), małą objętość kąpieli ciekłego metalu w jeziorku spawalniczym i niski udział materiału rodzimego w spoinie (5÷15%),
- łatwość mechanizacji i automatyzacji metody,
- możliwość spawania elementów o grubości nawet od 0,5 mm,
- całkowity brak rozprysku ciekłego metalu.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Do wad procesu zaliczyć można:

- względnie wysokie koszty urządzenia i oprzyrządowania spawalniczego,
- uzależnienie jakości spoiny od doświadczenia i umiejętności spawacza,
- dużą wrażliwość osłony gazowej na pracę w przestrzeni otwartej, co wymusza konieczność spawania w pomieszczeniach zamkniętych lub stosowania dodatkowej osłony przed wiatrem,
- małą wydajność stapiania spoiwa (przy spawaniu ręcznym $0,5 \div 2,0$ kg/h, przy spawaniu automatycznym do $5,0$ kg/h, a przy spawaniu gorącym drutem $5,0 \div 8,0$ kg/h) i niewielka prędkość spawania, szczególnie grubszych elementów,
- wysoki koszt gazów osłonowych,
- zakłócenia pracy innych urządzeń elektronicznych przez działanie jonizatora.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Źródła prądu do spawania metodą TIG są budową przypominają zasilacze do spawania elektrodami dotulonymi, które dodatkowo wyposażane są w:

- układ inicjujący zajarzanie łuku bez dotykania elektrodą materiału spawanego,
- układ sterujący stopniowym narastaniem prądu od zera do nastawionej wartości według zadanego programu, przy rozpoczynaniu spawania,
- układ zapewniający stopniowe obniżanie prądu spawania według zadanego programu, aż do całkowitego wyłączenia, celem wypełnienia krateru na końcu spoiny,
- układ eliminujący składową stałą przy spawaniu prądem przemiennym z sieci energetycznej,
- układ sterujący przepływem gazu osłonowego, zapewniający osłonę gazową z wyprzedzeniem (przed zajarzeniem łuku) i z opóźnieniem (po wyłączeniu prądu spawania),
- układ sterujący chłodzeniem.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Wykorzystuje się źródła prądu stałego, pulsującego, przemiennego lub zasilacza uniwersalnego. Zasilacze energetyczne łuku stosowane do spawania metodą TIG mają opadające charakterystyki zewnętrzne, tj. takie same, jak do spawania elektrodami otulonymi.

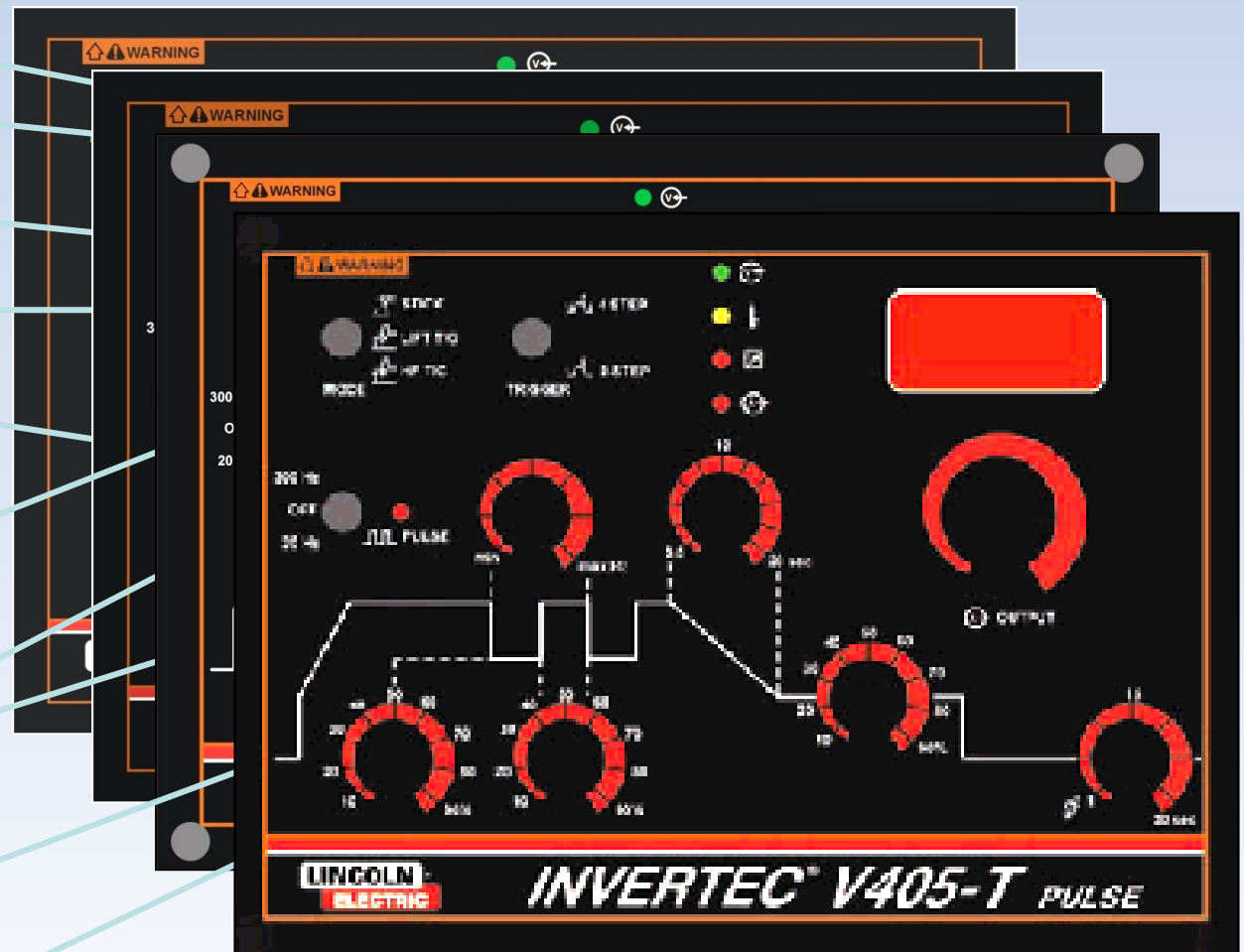
Do spawania najczęściej są stosowane prostowniki tyrystorowe lub prostowniki z podwójną przemianą częstotliwości tzw. inwertory spawalnicze, pozwalające na spawanie prądem jednokierunkowym lub pulsującym według zadanego programu. Program ten jest ustalany w zależności od wymagań procesu spawania, wynikającego z rodzaju własności fizycznych materiału oraz kształtu spawanych elementów.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

- 2/4 takt
- MMA/HF/Lift TIG
- Regulacja prądu
- Czas opadania
- Czas połukowego wypływu gazu
- Częstotliwość
- Wyświetlacz n/p
- Baza
- Czas impulsu
- Prąd wypełnienia

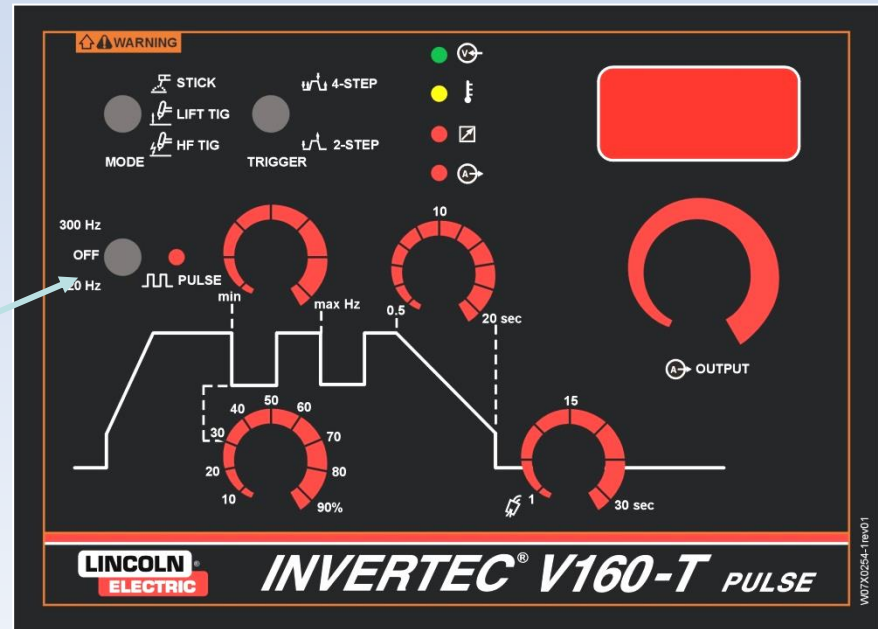
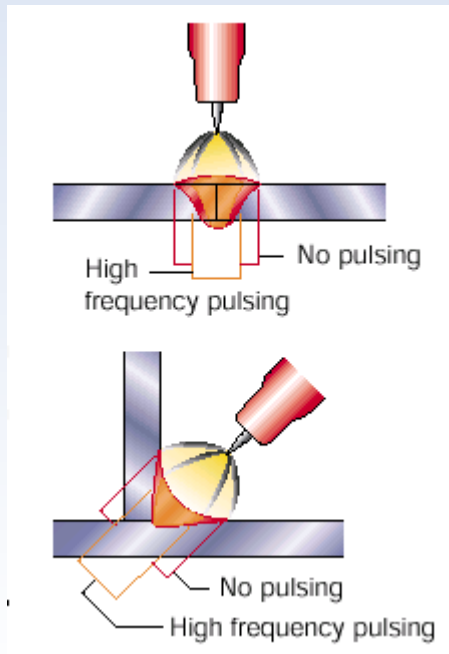


Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Wysoka/niska częstotliwość impulsu

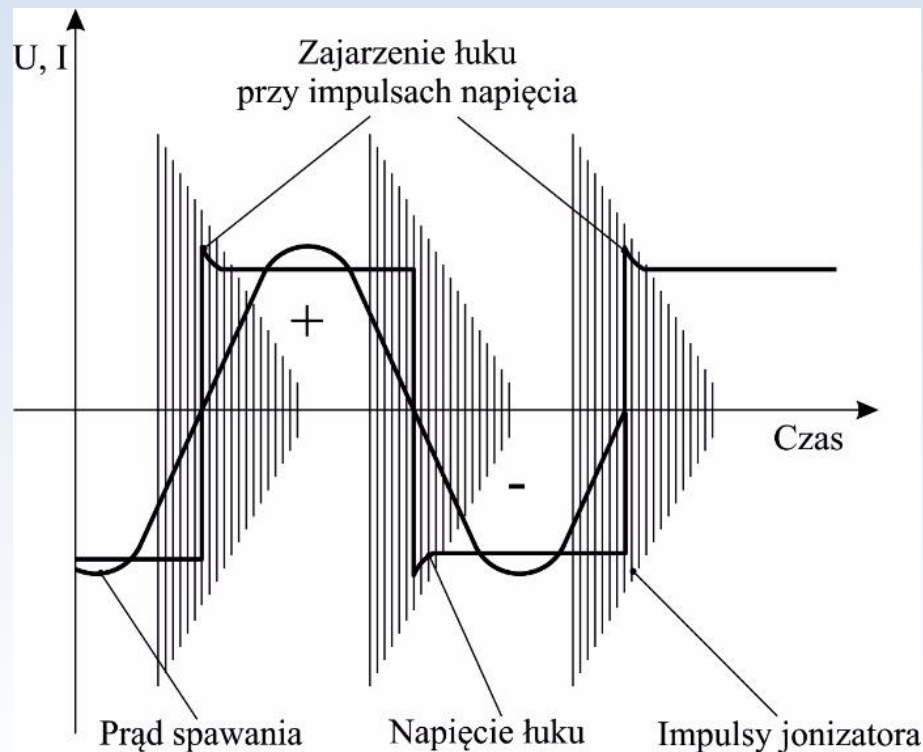
Zalety:

- skoncentrowany łuk,
- mniejsze odkształcenia,
- większa prędkość spawania.



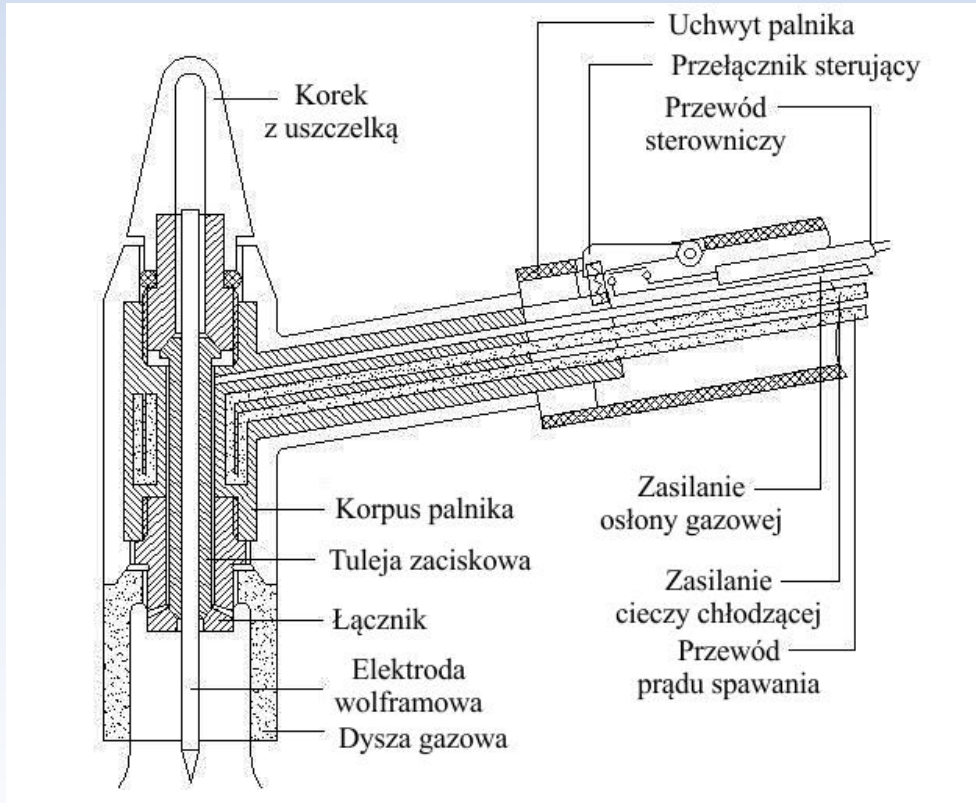
Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Zajarzenie łuku spawalniczego w metodzie TIG odbywa się bez konieczności zwierania elektrody wolframowej z materiałem spawanym, jedynie w wyniku zbliżenia jej końca na niewielką odległość od materiału i zjonizowania przestrzeni łuku przez oddziaływanie impulsów wysokiego napięcia i częstotliwości (10 kV, 2,6 MHz) wytwarzanych przez jonizator.



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Do spawania ręcznego metodą TIG przy natężeniu prądu do 250 A stosowane są uchwyty spawalnicze chłodzone gazem osłonowym przepływającym wzdłuż styku prądowego i elektrody wolframowej.



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Przepływ gazu osłonowego przez dyszę gazową uchwyty TIG wyposażonego w:
a) łącznik prądowy TIG (dyfuzor), b) soczewkę gazową

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Uchwyty maszynowe, które przeznaczone są do długich cykli pracy przy wysokim natężeniu prądu (niekiedy przekraczającym 500 A), chłodzone są w analogiczny sposób cieczą przepływającą w obiegu zamkniętym wewnątrz uchwytu spawalniczego.



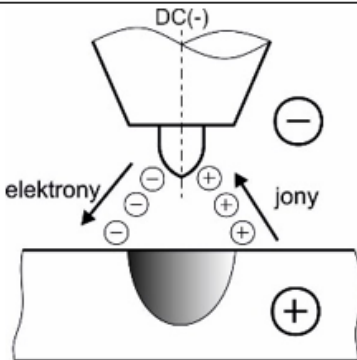
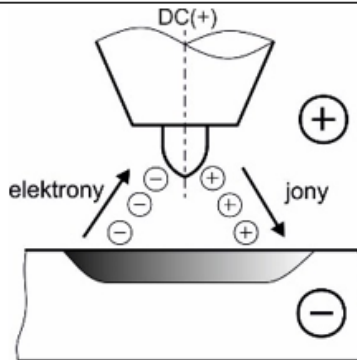
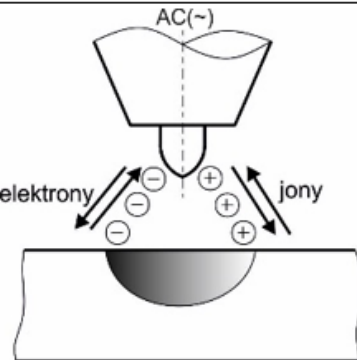
Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Podstawowe parametry technologiczne spawania metodą TIG, mające wpływ na jakość spoiny i wydajność procesu, to:

- rodzaj i biegunowość prądu spawania: DC (-), DC (+), AC (dla TIG AC częstotliwość prądu przemiennego zawiera się w zakresie 60÷200 Hz),
- balans prądu przemiennego, AC Balans = (-45)%÷(+ 45)%,
- natężenie prądu spawania w trybie ciągłym lub impulsowym, $I = 5\div 600$ A,
- napięcie łuku, $U = 10\div 30$ V,
- prędkość spawania, $V = 0,04\div 0,4$ m/min,
- rodzaj i natężenie przepływu gazu osłonowego, $Q = 5,0\div 20,0$ dm³/min,
- średnica i rodzaj elektrody wolframowej, $d_{el} = 0,5\div 10,0$ mm,
- średnica i rodzaj materiału dodatkowego (spoiwa), $d = 0,5\div 8,0$ mm

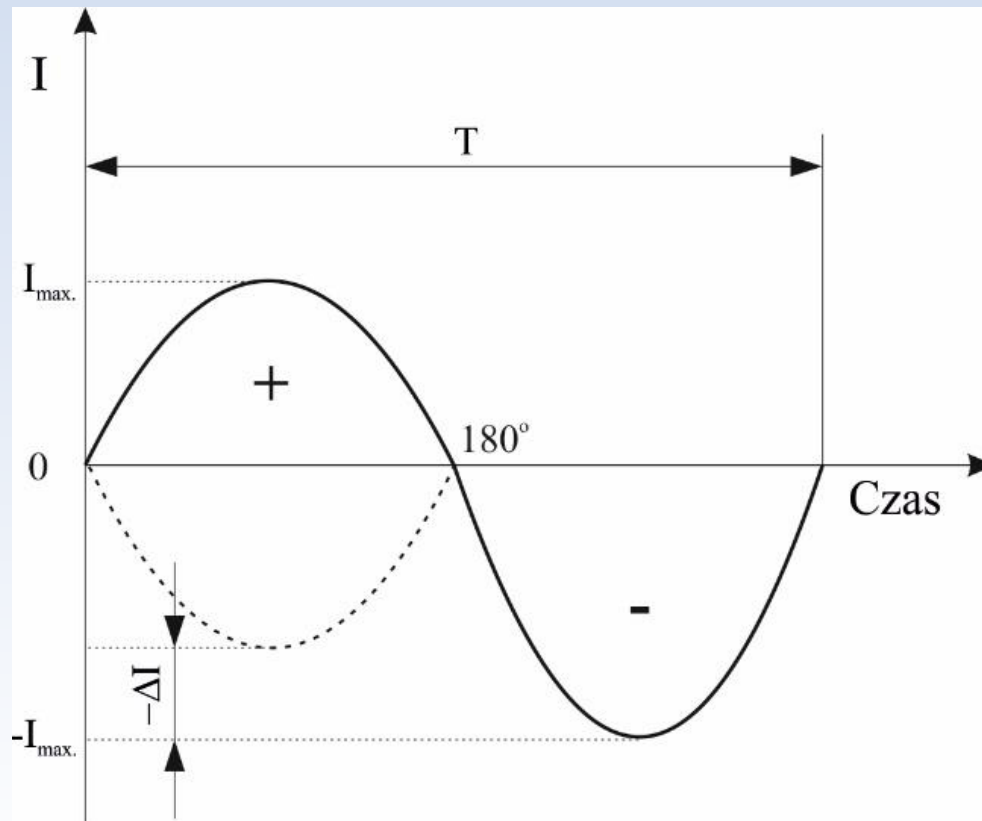
Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Wpływ sposobu podłączenia elektrody na bilans cieplny i kształt wtopienia

Rodzaj prądu	Prąd stały		Prąd przemienny
Biegunowość	Ujemna	Dodatnia	
Kształt wtopienia			
Usuwanie tlenków	Nie ma	Jest	Co pół cyklu
Bilans cieplny (orientacyjny)	70% na materiale 30% na elektrodzie	30% na materiale 70% na elektrodzie	50% na materiale 50% na elektrodzie
Wtopienie	Głębokie i wąskie	Płytkie i szerokie	Średnie
Odporność cieplna elektrody	Bardzo dobra	Zła	Dobra

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Przy spawaniu metodą TIG prądem przemiennym na skutek różnej emisji elektronów z elektrody wolframowej i materiału spawanego następuje zjawisko prostowania prądu - w obwodzie pojawia się składowa stała prądu przemiennego.



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Suma algebraiczna prądu spawania I_{\max} i $(-I_{\max})$ jest różna od zera. Różnica ta $(-\Delta I)$ skutkuje pojawieniem się składowej stałej prądu spawania, co powoduje:

- zmniejszenie efektu czyszczenia katodowego i usuwania warstewki tlenków powierzchniowych,
- podmagnesowanie rdzenia transformatora, w wyniku czego wzrasta prąd po jego stronie pierwotnej, a to niekorzystnie wpływa na urządzenie spawalnicze,
- zróżnicowanie przebiegu napięcia w obu połówkach, pogarszające stabilność jarzenia się łuku.

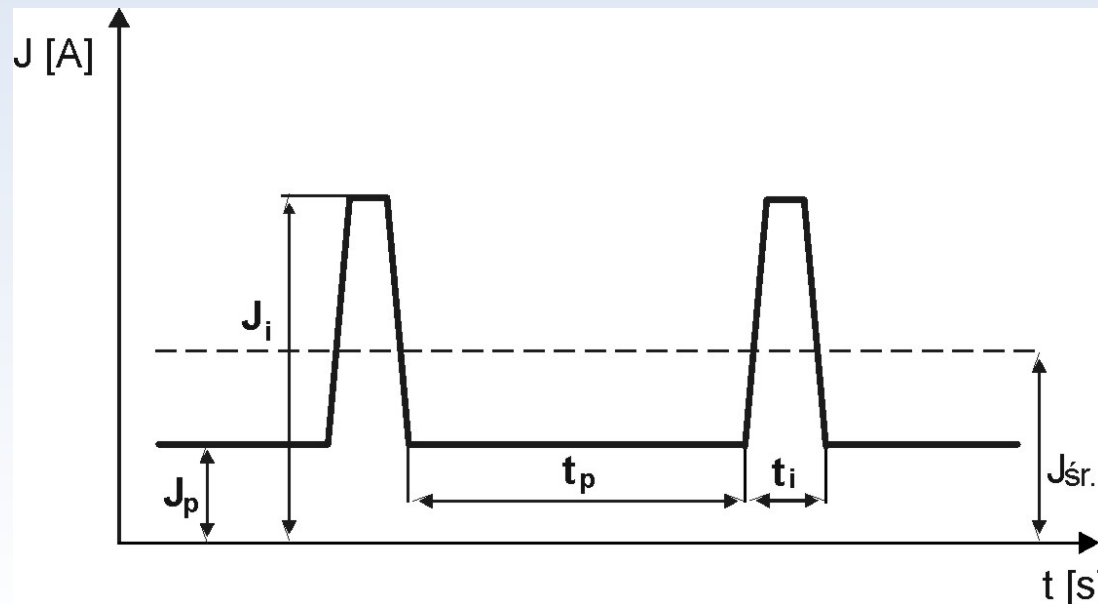
Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Likwidację składowej stałej prądu spawania uzyskuje się przez wprowadzenie w obwód spawania układów elektronicznych wytwarzających prąd przeciwnie skierowany niż składowa stała, np.:

- baterii kondensatorów elektrolitycznych o dużej pojemności (rzędu 100000 μF),
- układu półprzewodnikowego, np. dioda-rezystor, dioda-tyrystor, tyrystor-tyrystor.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

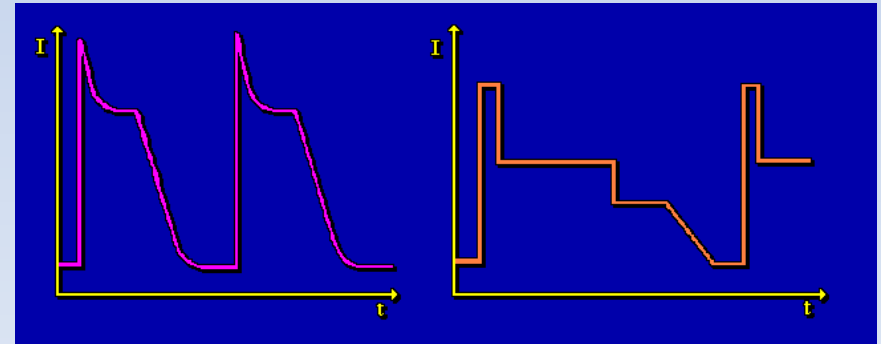
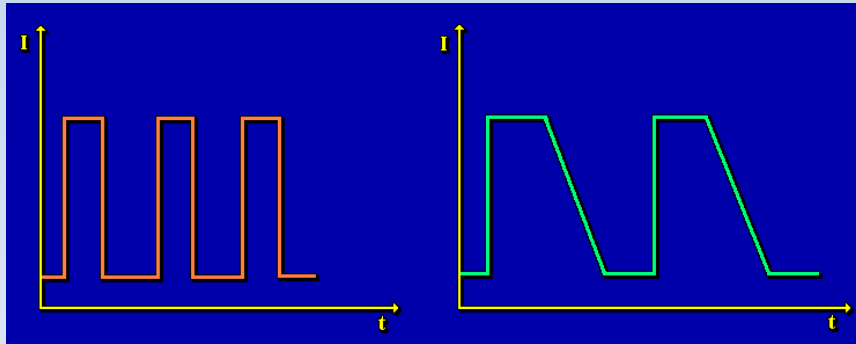
Spawanie prądem pulsującym przyczynia się do zmiany w czasie mocy cieplnej łuku spawalniczego. Między elektrodą wolframową a materiałem spawanym jarzy się łuk o małej mocy cieplnej, zasilany tzw. prądem podstawowym na który nakładane są impulsy o znacznym natężeniu prądu z określoną częstotliwością i o określonym czasie trwania. Łuk o małej mocy, jarzący się w czasie przerw między impulsami, ma znaczenie pomocnicze jako stabilizator przeciwdziałający wygaszaniu łuku.



i_i – prąd impulsu,
 i_p – prąd podstawowy,
 t_i – czas trwania impulsu,
 t_p – czas trwania prądu podstawowego.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Podstawowe kształty impulsów prądowych stosowanych przy spawaniu TIG



Zalety spawania prądem pulsacyjnym w stosunku do spawania prądem stałym i zmiennym:

- silniej skoncentrowany łuk, który wpływa na zmniejszenie szerokości SWC,
- dobre kształtowanie spoiny dzięki krótkiemu czasowi przebywania metalu jeziora w stanie ciekłym,
- brak wycieków, nawisów itp.,
- łatwiejsze spawanie w pozycjach przymusowych,
- możliwość spawania z większą prędkością,
- mniejszy stan naprężeń i odkształceń spawalniczych w złączach.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Własności fizyczne gazów osłonowych stosowanych w metodzie TIG

Własności fizyczne gazów	Ar	He	H ₂	N ₂
Gęstość w normalnych warunkach [kg/m ³]	1,78	0,178	0,098	1,25
Potencjał jonizacji [eV]	15,7	24,6	15,4	14,5
Energia dysocjacji [J/mol]	-	-	4,3x10 ⁵	9,4x10 ⁵
Pojemność cieplna [J/mol] °C	21	21	35	-
Współczynnik przewodności cieplnej przy 6000 KW/m °C	0,17	1,5	2,0	-
Temperatura wrzenia °C	-185,5	-268,9	-259	-196

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Argon

- jest cięższy od helu 10 razy (i o 25% cięższy od powietrza), wobec czego przy jednakowych warunkach spawania zużycie argonu jest mniejsze od zużycia helu o 30 do 50%,
- przy spawaniu w osłonie argonu długość łuku ma mniejsze znaczenie niż przy spawaniu w osłonie helu. Niewielka zmiana długości łuku w osłonie argonu nie powoduje zmiany w głębokości przetopienia metalu, podczas gdy przy spawaniu w osłonie helu ma to miejsce. Dlatego argon ułatwia ręczne spawanie,
- w osłonie argonu łatwiej spawa się blachy cienkie m. in. dlatego, że napięcie łuku w argonie jest mniejsze, niż w helu przy tym samym natężeniu prądu. Ponadto przy tym samym prądzie w łuku jarzącym się w osłonie argonu wydziela się mniej ciepła niż w osłonie helu, a zmiana natężenia prądu powoduje mniejszą zmianę ilości ciepła wydzielonego w łuku,

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

- w osłonie argonu łatwiej zajarza się łuk, co wynika z wyższej wartości prądu niż w przypadku osłony z helu przy tej samej ilości ciepła wprowadzonego do przedmiotu spawanego,
- straty ciepła przy spawaniu w osłonie argonu są mniejsze, ponieważ moc cieplna łuku w argonie jest mniejsza niż w helu.

Oprócz zalet argon posiada i ujemne strony, do których należą:

- mniejsza prędkość spawania z powodu mniejszej ilości ciepła wydzielającego się w łuku, spowodowanej niższym napięciem łuku,
- trudności przy automatycznym spawaniu.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Zalecenia:

- przy ręcznym spawaniu elementów o małej grubości korzystniejszy jest argon:
 - stale austenityczne Cr-Ni – dopuszcza się wykonywanie połączeń o grubości od 2 do ponad 10 mm,
 - stale ferrytyczne – zaleca się grubości połączeń do 5 mm, odpowiedni także dla połączeń o grubości ponad 10 mm,
 - stale martenzytyczne Cr – zalecana grubość połączeń do ponad 10 mm,
 - stale konstrukcyjne węglowe, niskostopowe – zalecana grubość połączeń do 6 mm, dopuszczalne wykonywanie połączeń o grubości do ponad 10 mm,
- w innych przypadkach, szczególnie przy spawaniu automatycznym z elektryczną regulacją długości łuku, korzystniej jest stosować hel.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Stosowane są również mieszanki argonu i helu z ewentualnym dodatkiem H_2 . Wodór w mieszance z argonem zmienia charakterystykę łuku i zwiększa oporność łuku i w ten sposób zwiększa energię liniową spawania, umożliwiając zwiększenie głębokości wtopienia nawet o 50% w stosunku do spawania w osłonie czystego argonu. Dodatek wodoru do osłony argonu lub helu jest jednak niedopuszczalny przy spawaniu takich metali jak aluminium, magnez, miedź oraz ich stopów, z uwagi na niebezpieczeństwo tworzenia się pęcherzy i pęknięć.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

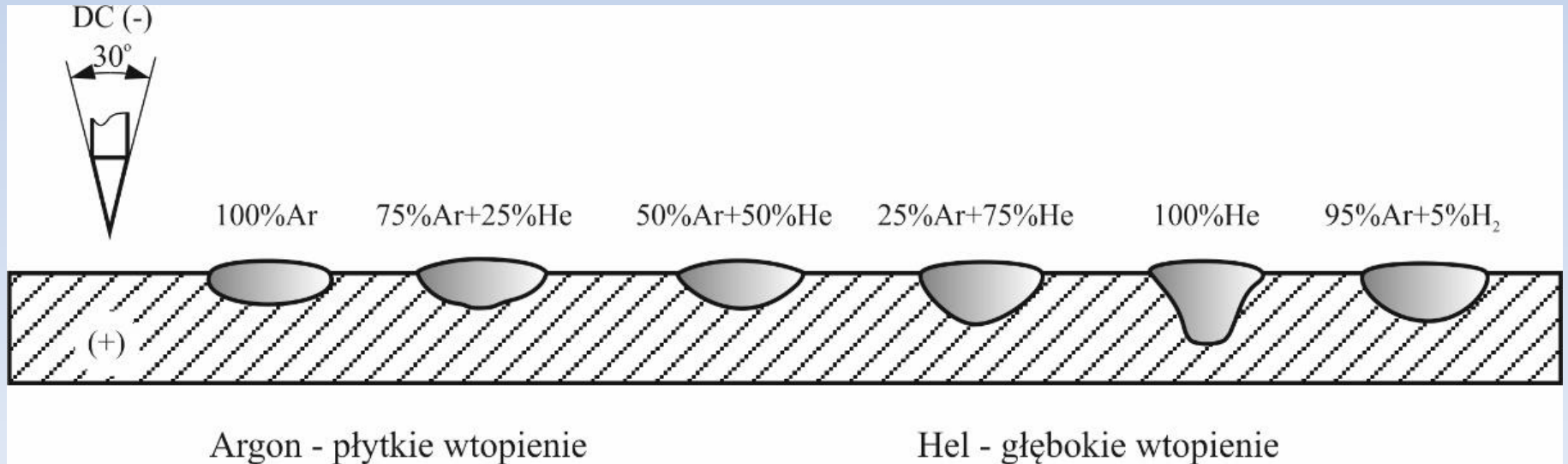
Niekiedy do gazu obojętnego dodawany jest azot, którego zadaniem jest podwyższenie temperatury łuku i umożliwienie dzięki temu spawania z dużymi prędkościami miedzi i jej stopów, często bez podgrzewania wstępnego.

W żadnym przypadku nie wolno stosować dodatku CO₂ lub O₂ do argonu lub helu, gdyż wtedy następuje bardzo szybkie zużycie drogiej elektrody nietopliwej.

Duży wpływ na prędkość spawania i jakość spoin wywiera czystość gazu ochronnego. Szczególnie wrażliwe na zanieczyszczenia są metale trudnotopliwe: tytan, cyrkon, tantal i niob.

W celu uniknięcia zanieczyszczenia powietrzem silnie nagrzanego metalu spoiny od strony grani, przy spawaniu ściegu graniowego złącza należy zapewnić dodatkową osłonę gazową tego obszaru. W przypadku wszystkich metali spawanych metodą TIG do osłony grani wystarczy zastosować czysty argon lub hel. Niekiedy stosuje się azot lub mieszanki Ar-H₂.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Wpływ gazu ochronnego na kształt i głębokość wtopienia spoiny wykonanej metodą TIG prądem stałym z biegunowością ujemną

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Obciążenie prądowe elektrod wolframowych

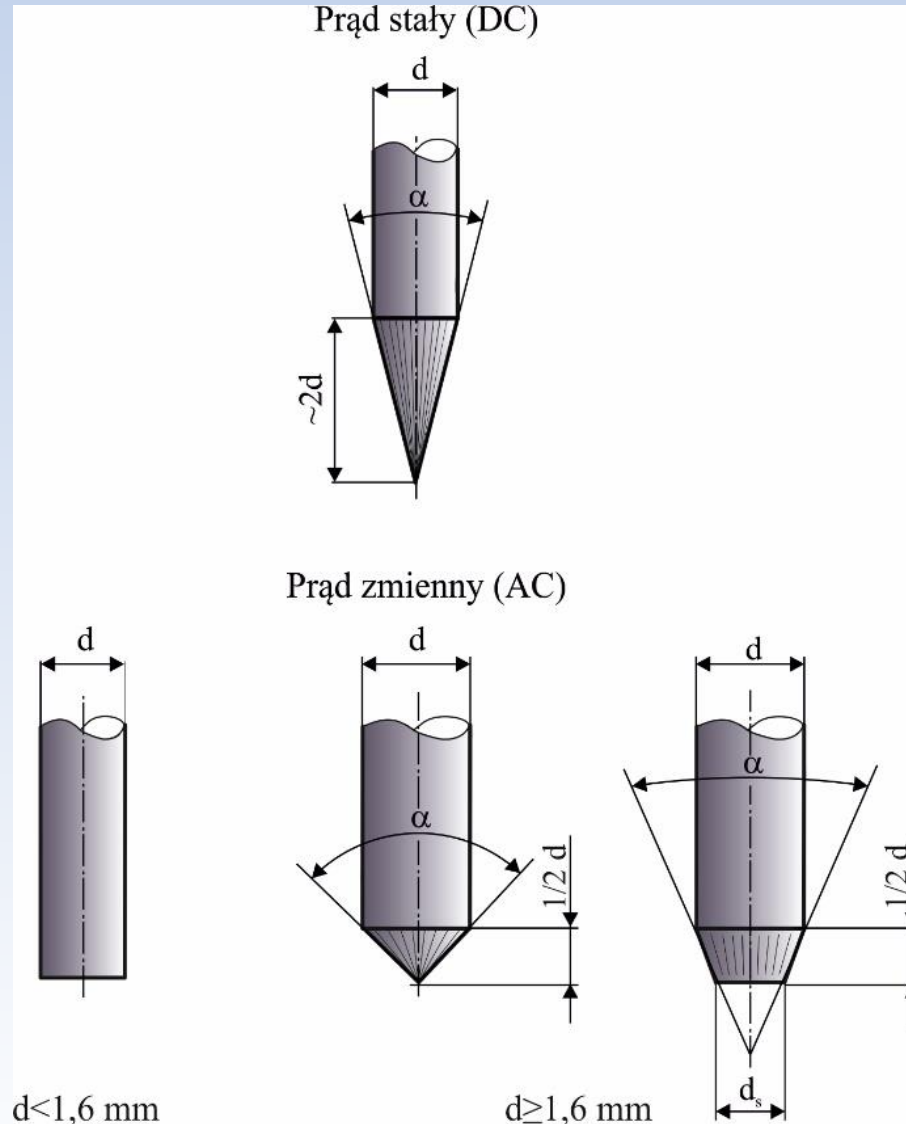
Rodzaj prądu	Gaz ochronny	Średnica elektrody-mm; natężenie prądu- A				
		1-2	3	4	5	6
Przemienny	Argon	20-100	100-160	140-220	200-280	250-360
	Hel	10-60	60-100	100-160	160-200	200-250
Stały (+)	Argon	10-30	20-40	50-70	40-80	60-100
	Hel	10-20	15-30	20-40	30-70	40-80
Stały (-)	Argon	65-150	140-280	250-430	300-400	350-450
	Hel	50-110	100-200	200-300	250-350	350-400

Symbol (klasyfikacja wg ISO 6848)	Wymagany skład chemiczny				Kolor oznaczenia elektrody, wg RGB
	Główny tlenek	Udział masy głównego tlenku,%	Udział masy zanieczyszczeń,%	Udział masy wolframu,%	
WP	Brak	Nie dotyczy	Max. 0,1	Min. 99,9	Zielony AC #008000
WCe20	CeO ₂	1,8÷2,2	Max. 0,1	Reszta	Szary DC lub DC/AC (dawniej pomarańczowy) #808080
WLa10	La ₂ O ₃	0,8÷1,2	Max. 0,1	Reszta	Czarny DC lub DC/AC #000000
WLa15	La ₂ O ₃	1,3÷1,7	Max. 0,1	Reszta	Złoty DC lub DC/AC #FFD700
WLa20	La ₂ O ₃	1,8÷2,2	Max. 0,1	Reszta	Niebieski DC lub DC/AC #0000FF
WTh10	ThO ₂	0,8÷1,2	Max. 0,1	Reszta	Żółty DC #FFFF00
WTh20	ThO ₂	1,7÷2,2	Max. 0,1	Reszta	Czerwony DC #FF0000
WTh30	ThO ₂	2,8÷3,2	Max. 0,1	Reszta	Fioletowy #EE82EE
WZr3	ZrO ₂	0,15÷0,50	Max. 0,1	Reszta	Brązowy #A52A2A
WZr8	ZrO ₂	0,7÷0,8	Max. 0,1	Reszta	Biały AC #FFFFFF
WG (np.WY)	Producent musi określić wszystkie dodatki	Producent musi podać nominalną ilość dodatków	Max. 0,1	Reszta	Producent może wybrać dowolny inny od już

Materiał spawany	Typ elektrody									
	WP	WCe20	WLa10	WLa15	WLa20	WTh10	WTh20	WTh30	WZr3	WZr8
Stal niestopowa	-	+	+	++	+	++	+	+	○	○
Stal stopowa	-	++	○	+	++	○	+	++	○	○
Miedź i jej stopy	-	+	+	+	+	○	+	-	○	○
Nikiel i jego stopy	-	++	-	+	++	○	+	++	○	○
Aluminium i jego stopy	++	○	+	○	○	+	-	-	+	++
Magnez i jego stopy	-	○	+	○	○	+	-	-	+	++
Tytan i jego stopy	-	+	-	+	+	-	+	++	-	-
Cyrkon	-	+	-	+	+	○	+	++	-	-
Tantal	-	+	-	++	++	○	+	++	-	-
Wolfram	-	+	-	++	++	○	○	++	-	-
Zajarzanie łuku	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Radioaktywność ¹⁾	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie
Rodzaj prądu	AC	AC/DC	AC/DC	AC/DC	AC/DC	DC	DC	DC	AC/DC	AC/DC

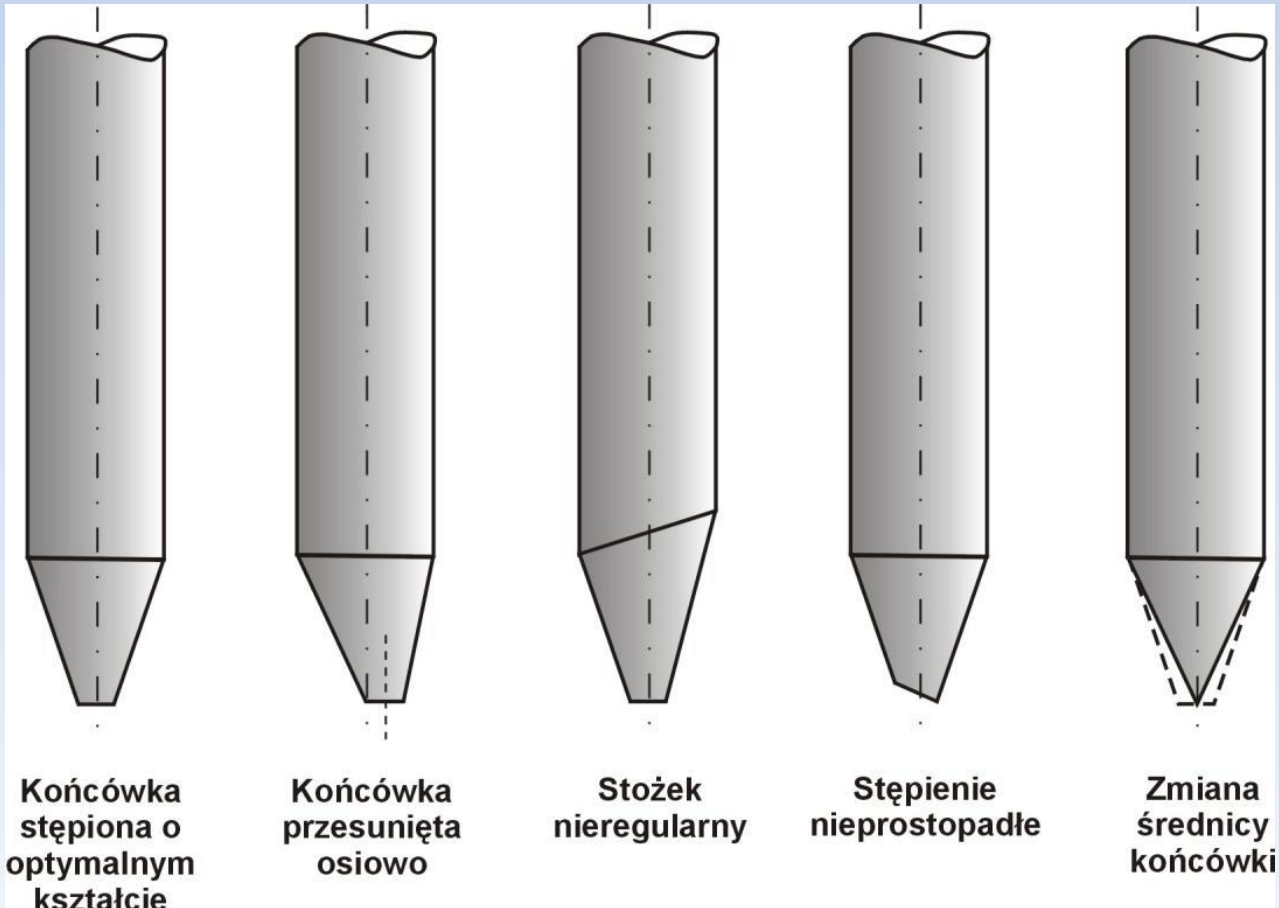
Ocena zastosowania i zalet: „++” bardzo dobry, „+” dobry, „○” dostateczny, „-” niedostateczny. Uwaga: ¹⁾ użytkowanie elektrod wolframowych torowanych (WTh10, WTh20 i WTh30), z uwagi na lekką radioaktywność toru, wymaga bezwzględnego przestrzegania zaleceń bhp. Podczas przygotowywania elektrod do spawania należy stosować specjalnie przystosowane do tego ostrzałki oraz maski przeciwpyłowe

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



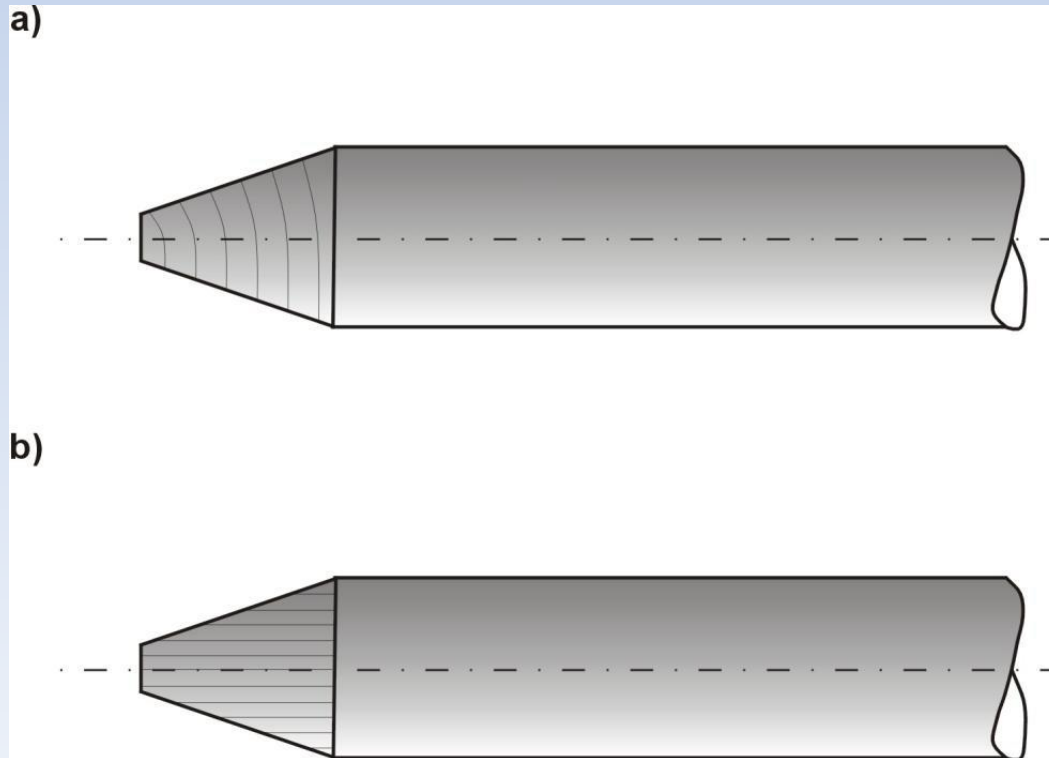
Sposób przygotowania końca elektrody wolframowej do spawania metodą TIG

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Typowe odchylenia od optymalnego kształtu końca elektrody

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Kierunek szlifowania elektrod wolframowych: a) – nieprawidłowy, b) prawidłowy

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Elektrody wolframowe charakteryzuje:

- średnica i kąt zaostrenia,
- odporność erozyjna,
- zdolność zajarzenia łuku.

Wymiary oraz sposób oznaczenia elektrod nietopliwych opisuje norma PN EN 26848. Wymiary elektrod wg tej normy są następujące:

- średnice elektrod, mm: 0,5; 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0

odchyłki wymiaru średnicy:

dla średnic < 2,5 mm: 0,05 mm

dla średnic 2,5 mm: 0,1 mm

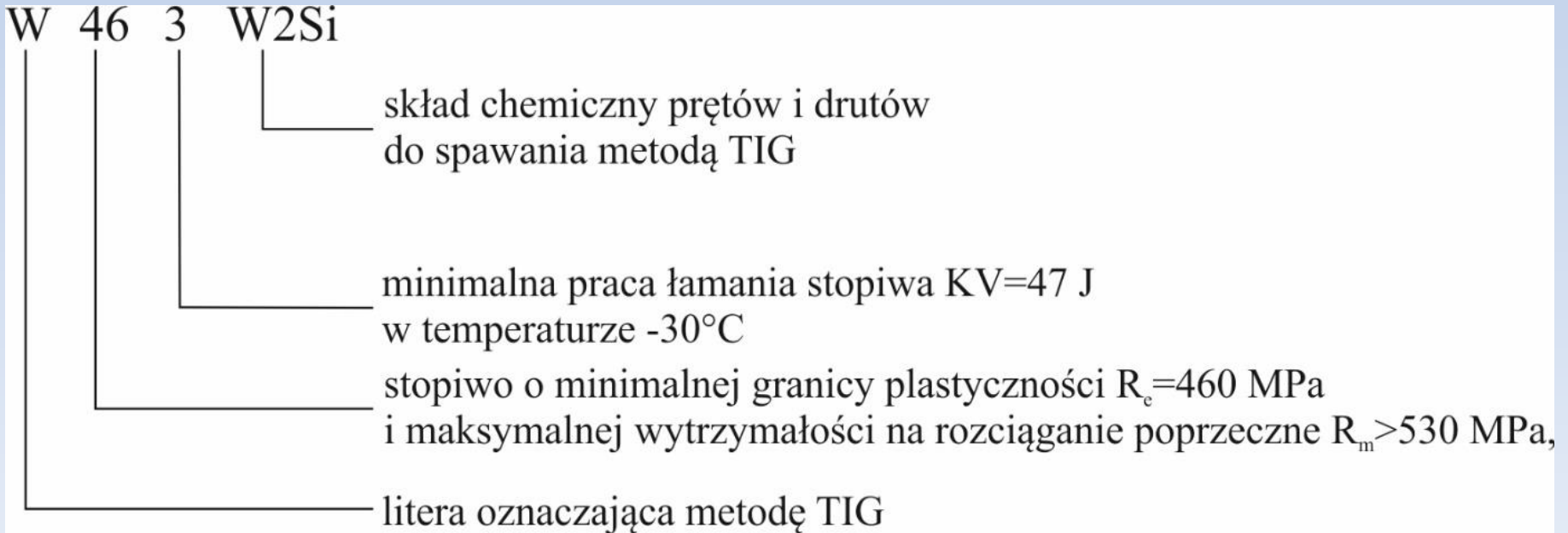
- długość elektrod, mm: 50; 77; 150; 175

odchyłka długości: 1 mm.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

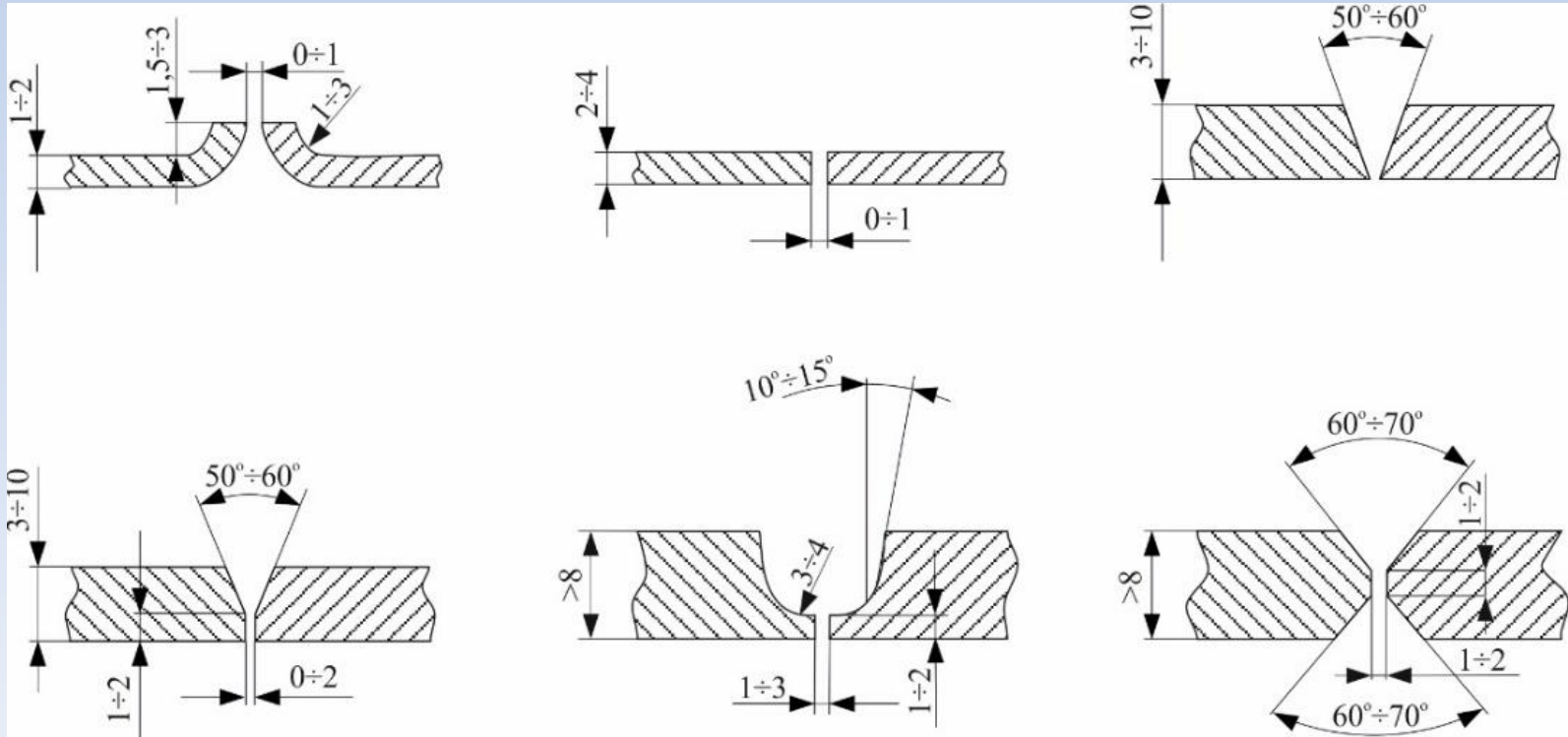
Spawanie metodą TIG może odbywać się bez dodatku spoiwa (łączenie cienkich elementów), albo z jego dodatkiem (łączenie elementów grubszych) podawanym ręcznie lub w sposób zmechanizowany. Rodzaj spoiwa dobiera się w zależności od gatunku materiału podstawowego oraz warunków pracy połączeń. Zazwyczaj dąży się do tego, aby materiał dodatkowy miał lepsze własności niż spawany materiał. W przypadku ręcznego podawania spoiwa używa się zazwyczaj spoiw w postaci prętów o średnicy od 0,6 do 8 mm i długości ok. 800 mm podawanych do jeziorka spawalniczego pod kątem ok. 15°. Spoiwo używane do spawania musi być metalicznie czyste, pozbawione wszelkich zanieczyszczeń które mogą być źródłem porowatości złączy spawanych. Do spawania TIG do każdego materiału dobiera się odpowiednie spoiwo (drut).

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



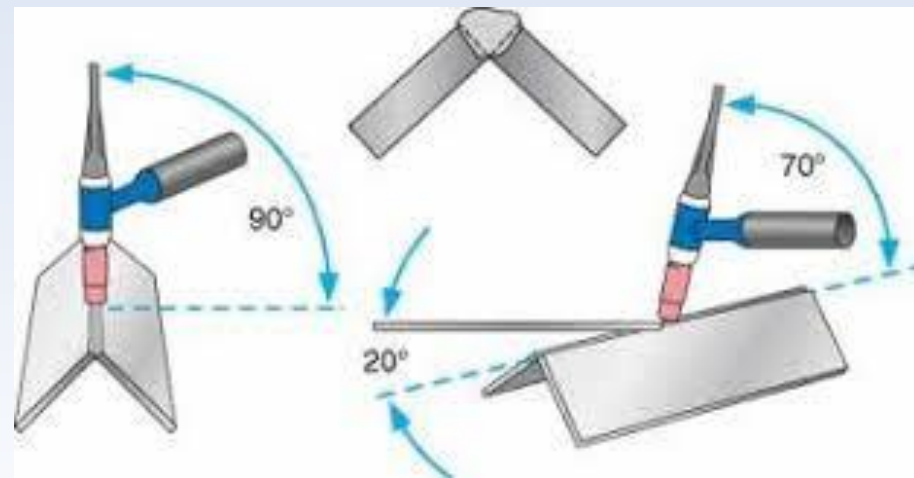
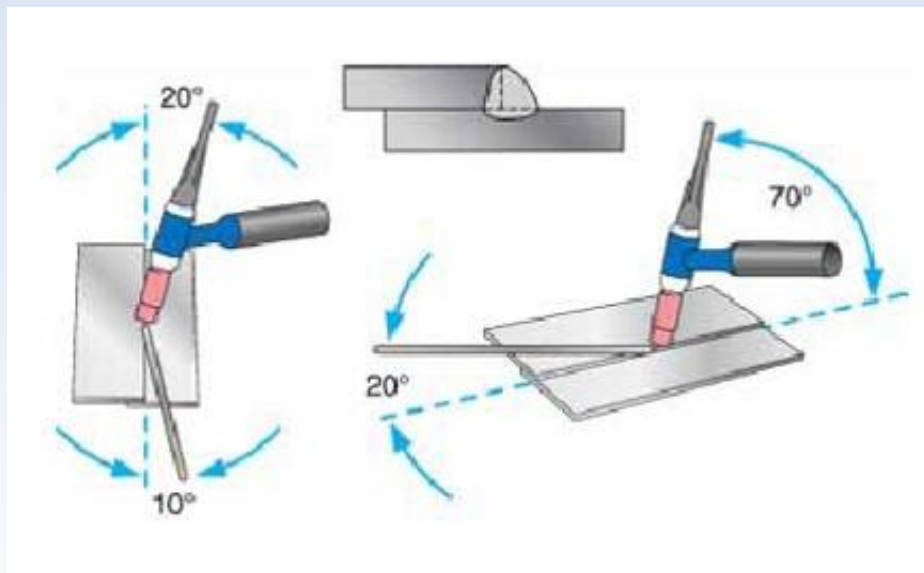
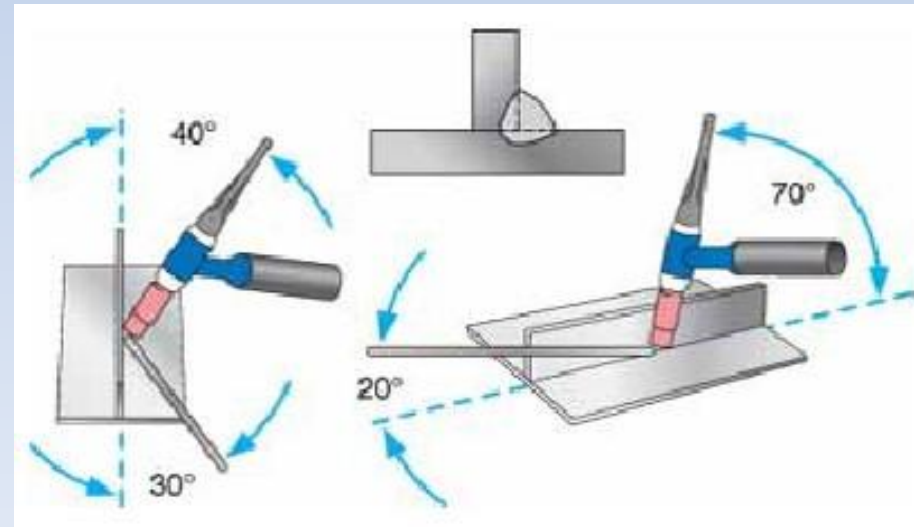
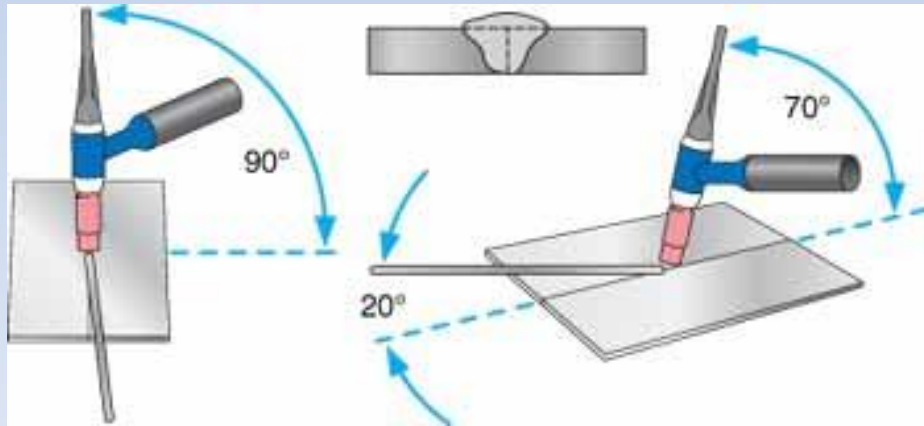
Przykład symbolu oznaczającego pręty, druty i stopiwa do spawania elektrodą wolframową
w osłonie gazu obojętnego stali niestopowych i drobnoziarnistych

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Zalecane sposoby przygotowania brzegów blach stalowych do spawania TIG złączy doczołowych

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)



Rodzaj metalu spawanego	Rodzaj procesu spawania	Rodzaj gazu ochronnego	Opis podstawowych własności
Aluminium i stopy aluminium	Ręczne	Ar	Łatwe zajarzenie łuku i duża czystość spoiny
	Automatyczne	He, He+Ar	Duże prędkości spawania, możliwość spawania bez podgrzewania wstępnego
Magnez i stopy magnezu	Grubość złącza poniżej 1,5mm	Ar	Łatwość regulacji przetopienia i duża czystość spoiny
	Grubość złącza powyżej 1,5mm	He	Dobre przetopienie, najlepsze wyniki przy spawaniu prądem stałym
Stal węglowa	Ręczne	Ar	Łatwość regulacji kształtu spoiny i zajarzenia łuku, możliwość spawania we wszystkich pozycjach
	Automatyczne	Ar+He	Zwiększone przetopienie i szybkość spawania
Stale austenityczne Cr-Ni	Ręczne	Ar	Ułatwiona regulacja przetopienia cienkich blach
	Automatyczne	Ar+He	Zwiększona głębokość przetopienia i szybkość spawania
		Ar+max 35% H ₂	Unika się podtopień, wymagane jest mniejsze natężenie przepływu niż czystego Ar
		He	Największe głębokości przetopienia i energie liniowe spawania
Cu, Ni i ich stopy	Ręczne i automatyczne	Ar	Duża łatwość spawania cienkich blach i ściągów graniowych cienkich rur
		Ar+He	Zapewnione wyższe energie liniowe spawania
		He	Możliwość spawania grubych blach z dużymi prędkościami bez podgrzewania wstępnego
Tytan i jego stopy	Ręczne i automatyczne	Ar	Duża czystość spoiny
		He	Większa głębokość przetopienia przy spawaniu grubych blach

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Do odmian spawania metodą TIG zalicza się:

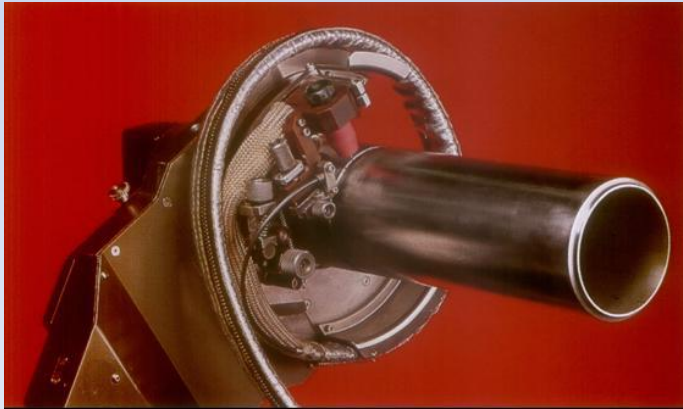
- spawanie łukiem zanurzonym – stosowane do wykonywania złączy doczołowych spawanych jednostronnie blach z tytanu, aluminium i stali nierdzewnych, o grubości rzędu 3÷10 mm,
- spawanie punktowe ręczne lub automatyczne – realizowane przy zastosowaniu specjalnych uchwytów pistoletowych wyposażonych w charakterystyczną dyszę gazową chłodzoną wodą, umożliwiającą oparcie uchwytu bezpośrednio na spawanym przedmiocie,
- spawanie wąskoszczelinowe – stosowane do łączenia blach o dużej grubości oraz rur grubościennych o średnicy do 100 mm, wykonanych ze stali niestopowych i wysokostopowych,

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

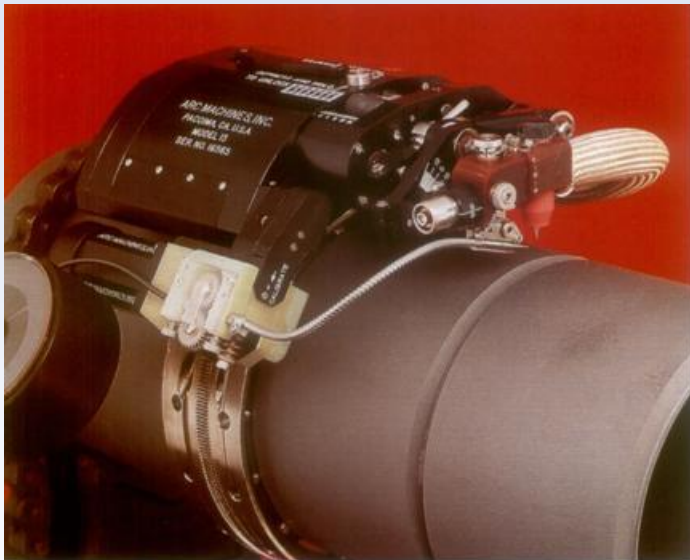
- spawanie rur w dnie sitowym zarówno od zewnątrz, jak i od wewnątrz dna sitowego – wykonywane w sposób automatyczny, przy użyciu specjalnej głowicy wyposażonej w podajnik drutu (spoiwa). Ustawienie głowicy realizowane jest za pomocą specjalnych trzpieni centrujących, bazujących na otworze spawanej rury lub na otworach sąsiednich. Urządzenie umożliwia spawanie rur o średnicy zewnętrznej 12÷60 mm,
- spawanie orbitalne – zautomatyzowana metoda łączenia doczołowego rur za pomocą głowicy przemieszczającej się wzdłuż zewnętrznego obwodu rury po specjalnym pierścieniu odpowiadającym średnicy rury,
- spawanie metodą A-TIG – w której stosuje się dodatkowo topnik aktywujący наносzony przed spawaniem na powierzchnie brzegów łączonych elementów. Topnik powoduje: wzrost głębokości wtopienia, zmniejszenie odkształceń spawalniczych, zwiększenie wydajności spawania i oszczędność energii. Metodę stosuje się do łączenia stali wysokostopowych i wysokowytrzymałych oraz niklu, tytanu i ich stopów.

Techniki spawania metodą TIG

Spawanie orbitalne



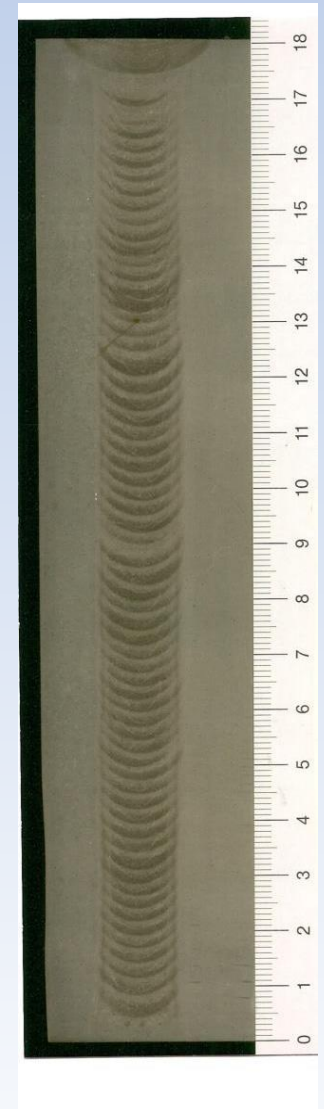
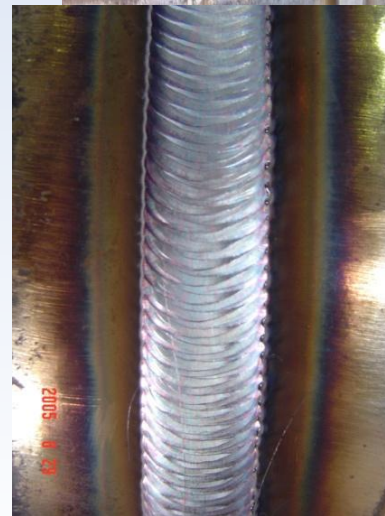
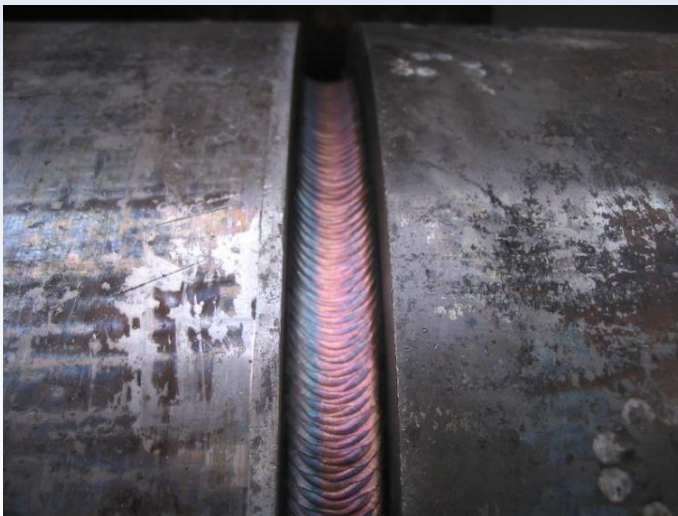
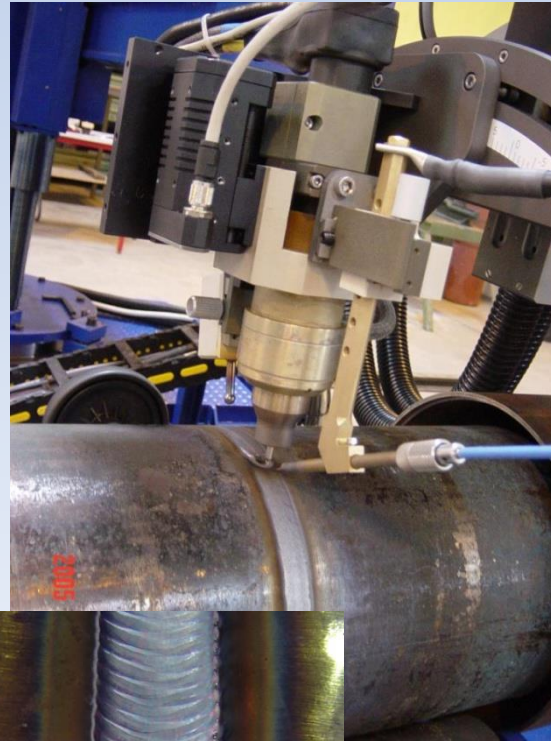
Widok urządzenia do spawania orbitalnego TIG z głowicą zintegrowaną z uchwytem zamocowanym na jednej ze spawanych rur. Możliwe jest spawanie techniką z materiałem dodatkowym, złączy doczołowych rur o średnicy od 16,0 [mm] do 170,0 [mm] i grubości ścianki do 10,0 [mm]



Widok urządzenia do spawania orbitalnego TIG z głowicą przemieszczającą się po obwodzie złącza, z jednoczesnym ruchem oscylacyjnym palnika TIG. Możliwe jest spawanie techniką z materiałem dodatkowym złączy doczołowych rur o średnicy od 150,0 [mm] do dowolnie dużej średnicy [mm] i dowolnej grubości ścianki

Techniki spawania metodą TIG

Spawanie wąskoszczelinowe



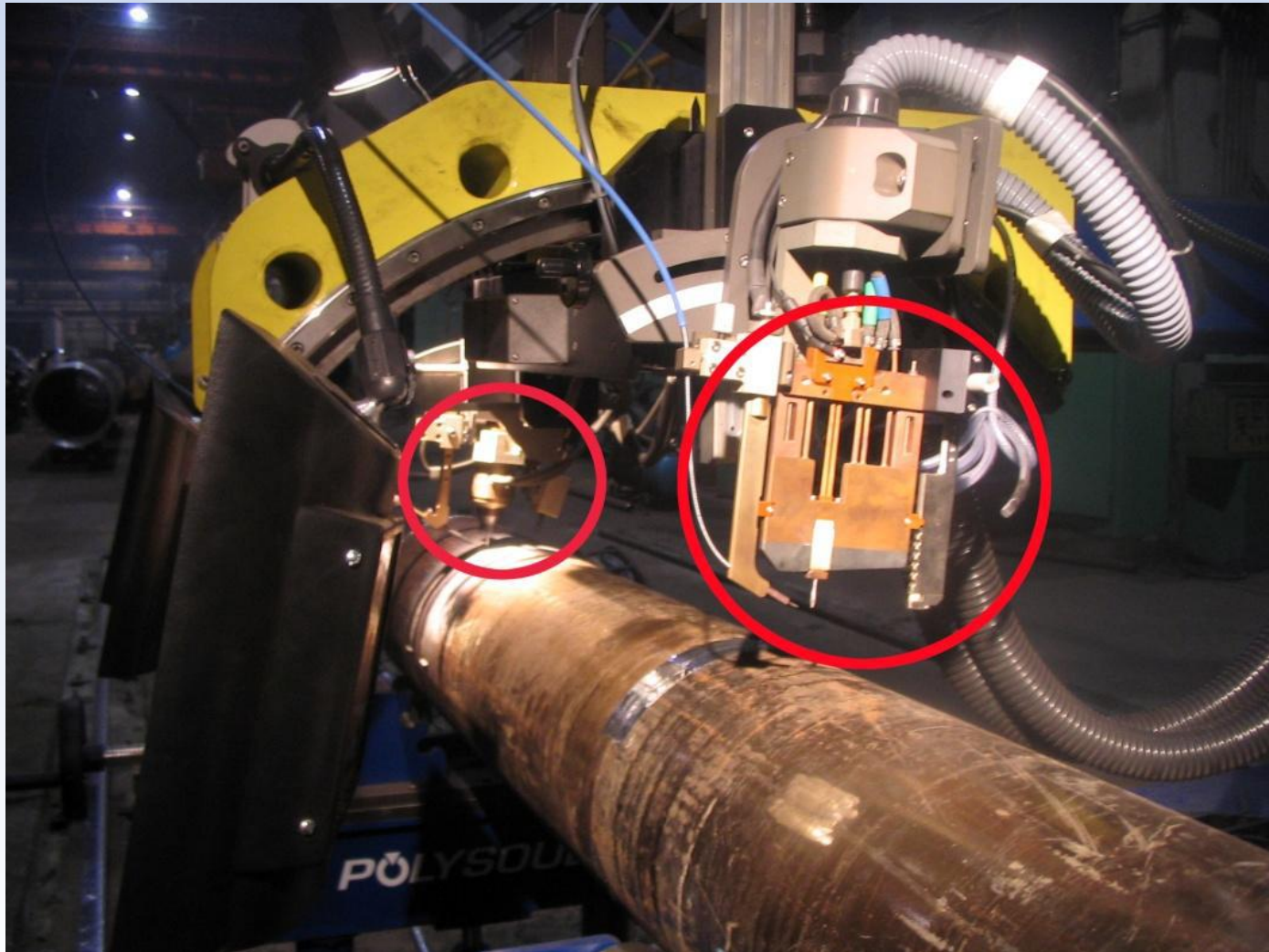
Praktyczne zastosowania spawania metodą TIG (141)



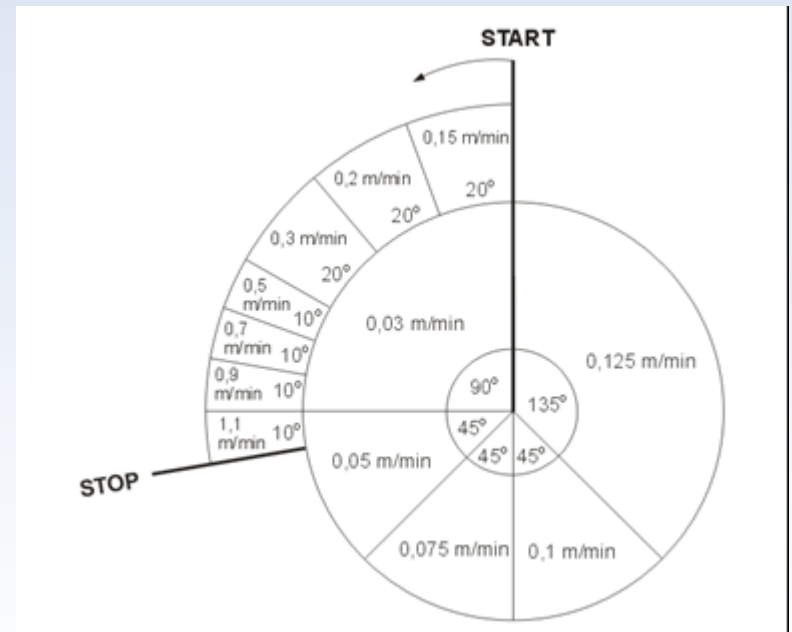
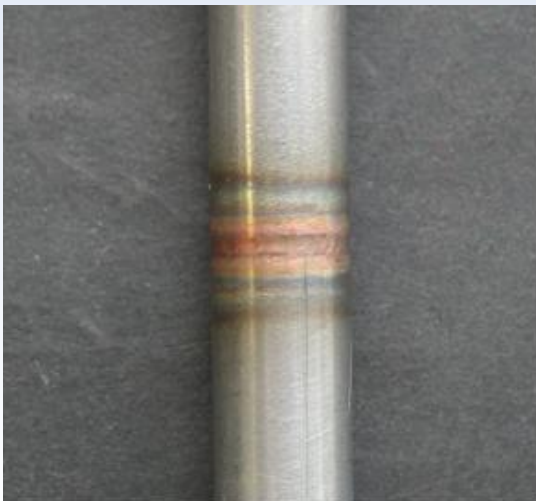
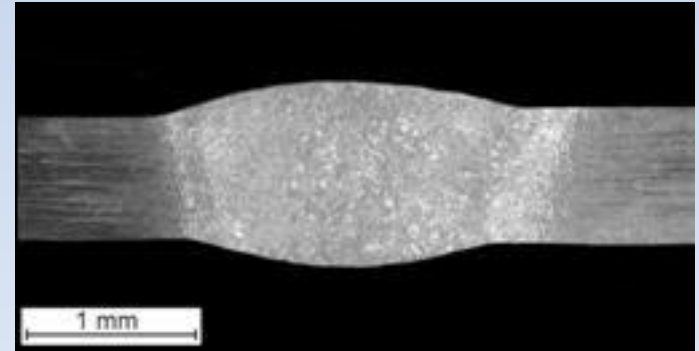
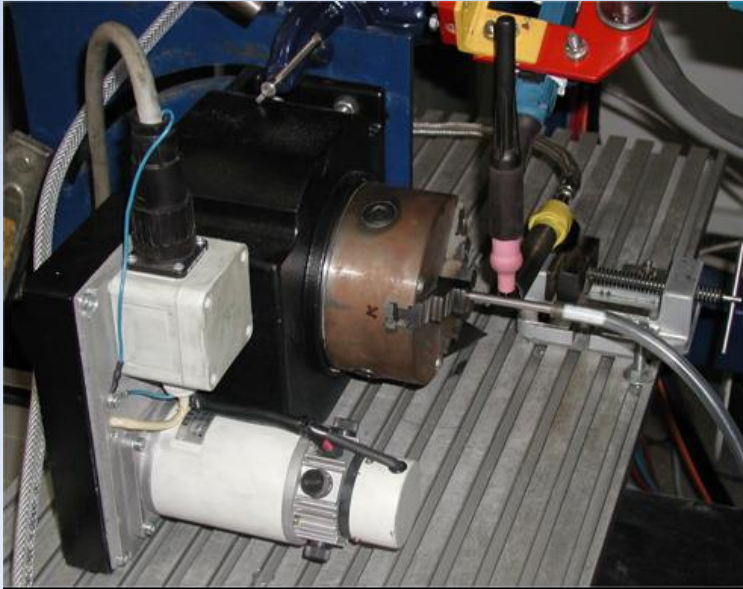
Praktyczne zastosowania spawania metodą TIG (141)



Praktyczne zastosowania spawania metodą TIG (141)



Praktyczne zastosowania spawania metodą TIG (141)



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Do wad zewnętrznych złączy spawanych metodą TIG należą:

- brak przetopu,
- nadmierny przetop,
- nierówność lica,
- nadmierny nadlew,
- podtopienie lica,
- podtopienie grani,
- krater,
- przepalenie,
- wklęsnięcie lica,
- niesymetryczna spoina.

Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą wolframową w osłonie gazu - TIG (141)

Do wad wewnętrznych złączy spawanych metodą TIG zalicza się takie wady, których nie da się stwierdzić przy oględzinach zewnętrznych. Są to:

- pęknięcia:
 - zimne,
 - gorące;
- porowatość;
- zażużlenia;
- przyklejenie;
- przegrzanie;
- utlenianie i nawęglanie;
- wtrącenie obcego metalu.