



KURS SPAWANIA TIG 141

PROWELD
TECHNIKA SPAWALNICZA
PROWELD.INFO.PL



proweld

TECHNIKA SPAWALNICZA

Kursy spawalnicze

☎ 570 546 996

🌐 www.proweld.info.pl

✉ biuro.proweld01@gmail.com

BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY W SPAWALNICTWIE

WPROWADZENIE

Procesom spawania i cięcia termicznego towarzyszy wiele czynników, które mogą stanowić niebezpieczeństwo zagrażające obsłudze stanowisk spawalniczych oraz ich otoczeniu.

Do podstawowych zagrożeń należą:

- porażenie prądem elektrycznym,
- porażenie wzroku i skóry szkodliwym promieniowaniem,
- zatrucie szkodliwymi gazami, dymami i pyłami,
- poparzenie rozpryskami metali i żużli,
- eksplozja wybuchowych mieszanek gazowych,
- zagrożenie pożarowe,
- nadmierny hałas,
- radioaktywność i pole magnetyczne.

Rodzaj zagrożenia i stopień szkodliwości zależy od rodzaju procesu spawalniczego, rodzaju spawanego materiału, wielkości produkcji i organizacji pracy.

Braki i niedociągnięcia w zakresie zapewnienia bezpiecznych warunków pracy prowadzą często do wystąpienia wypadków oraz są przyczyną chorób zawodowych. Wśród głównych przyczyn wypadków przy pracach spawalniczych wymienia się brak doświadczenia zawodowego personelu spawalniczego (20%), niepełnosprawność pracowników (10%) i nieprzestrzeganie przepisów (70%). Zatem duże znaczenie w przeciwdziałaniu występującym zagrożeniom i powstawaniu wypadków w pracy ma zatrudnianie pracowników z wymaganymi uprawnieniami spawalniczymi oraz odpowiednie szkolenie załóg.

Odpowiedzialność za bezpieczne warunki pracy i ochronę środowiska spoczywa zarówno na pracodawcy jak i na pracownikach. Na pracodawcy ciąży obowiązek szkolenia w zakresie BHP, dopuszczanie pracowników do pracy zgodnie z ich kwalifikacjami i zapewnienie bezpiecznych warunków pracy. Pracownicy są zobowiązani do ścisłego przestrzegania obowiązujących instrukcji obsługi urządzeń, instrukcji bezpieczeństwa na stanowisku pracy oraz innych uregulowań organizacyjnych związanych ze stanowiskiem pracy.

ZAGROŻENIA PORAZENIEM PRĄDEM ELEKTRYCZNYM

Źródła zagrożeń porażenia prądem elektrycznym związane są zarówno z bezpośrednim przebiegiem procesu spawania, jak również z obsługą elektrycznych urządzeń pomocniczych wykorzystywanych w procesie spawania. Skutki oddziaływania prądu na organizm ludzki są bardzo groźne dla zdrowia, a często są zagrożeniem dla życia. Jego przepływ przez ciało ludzkie powoduje wydzielanie się dużych ilości ciepła, działa porażająco na układ nerwowy, wywołuje zjawisko

elektrolizy, a także może być przyczyną ciężkich, wtórnych urazów mechanicznych w wyniku upadku.

Wzrost temperatury ciała powyżej 50 °C, spowodowany przepływem prądu, powoduje zamieranie tkanek wskutek ścinania się białka. Natomiast prąd o dużym natężeniu może spowodować nawet zwęglenie części ciała, przez które przepływa.

Paraliż układu nerwowego, spowodowany przepływem prądu, objawia się zaburzeniami zmysłów wzroku, słuchu, równowagi, zakłóceniami pracy serca, a nawet zatrzymaniem oddechu. Szczególnie groźne dla porażonego są zakłócenia w pracy serca w postaci tzw. migotania komór serca, ponieważ w warunkach głębokiego omdlenia nie wykazuje on oznak życia i bez natychmiastowej pomocy medycznej dochodzi do śmierci.

Najsilniej na układ nerwowy oddziałuje prąd przemienny o częstotliwości 40-60 Hz, prąd stały jest pod tym względem mniej groźny. Prąd przemienny o natężeniu 0,01-0,025 A powoduje ból i skurcz mięśni ręki trzymającej przewód elektryczny uniemożliwiając jej oderwanie. Prąd przemienny większy od 0,05 A prowadzi do utraty przytomności, a powyżej 0,1 A grozi śmiercią.

Szczególnie groźne są wypadki związane z kontaktem spawacza z obwodem pierwotnym urządzeń spawalniczych, z powodu występującego tam wysokiego napięcia, co skutkuje często porażeniem śmiertelnym. Niebezpieczny też może być obwód wtórny tych urządzeń, a to z uwagi na napięcie biegu jałowego, które zależnie od urządzenia wynosi 62-100 V.

Wartość prądu elektrycznego płynącego przez organizm ludzki zależy od napięcia źródła prądu oraz oporu kontaktowego ciała. Im większy jest ten opór tym mniejszy płynie prąd. Sucha skóra i sucha odzież ma większą oporność elektryczną od wilgotnych. Natomiast wilgotne środowisko spawania, mokre i zabrudzone pyłem ubranie, wilgotna podłoga zmniejszają ogólny opór elektryczny i zwiększają przez to niebezpieczeństwo śmiertelnego porażenia prądem.

Przy użytkowaniu elektrycznych urządzeń spawalniczych i osprzętu należy w szczególności przestrzegać następujących wymagań bezpieczeństwa:

- nie dotykać gołymi rękami urządzeń pracujących pod napięciem,
- dbać o stan izolacji przewodów zasilających, ponieważ uszkodzona izolacja może być przyczyną przebicia i porażenia prądem,
- unikać pracy z urządzeniami elektrycznymi w wilgotnych pomieszczeniach lub w wilgotnym ubraniu, a w razie potrzeby nosić suchą odzież ochronną, gumowe rękawice oraz stawać na izolacyjnych matach,
- nie dotykać elektrody, jeżeli występuje kontakt z przedmiotem spawanym lub ziemią, lub innej elektrody od innego urządzenia,
- nigdy nie należy pracować pojedynczo, zawsze wymagana jest obecność drugiej osoby,
- należy wyłączyć wszystkie urządzenia, które nie są używane,
- nie przekładać spawalniczych przez swoje ciało,
- przy pracy wewnątrz zbiorników, kotłów i innych metalowych pomieszczeń, stosować oświetlenie elektryczne o napięciu 24 V,

- używać tylko urządzeń sprawnych technicznie, stosować się do instrukcji obsługi urządzenia,
- instalację, naprawy i przeglądy elektrycznych urządzeń spawalniczych powinni wykonywać pracownicy mający odpowiednie uprawnienia.

ZAGROŻENIA PROMIENIOWANIEM ŹRÓDEŁ CIEPŁA SPAWANIA

Procesom spawania łukiem elektrycznym oraz płomieniem gazowym a także cięcia termicznego towarzyszy promieniowanie świetlne widzialne i niewidzialne, którego intensywność zależy od metody spawania oraz parametrów procesu. Na jego szkodliwe skutki narażone są oczy i skóra odsłoniętych części ciała spawacza.

Promieniowanie widzialne działa oślepiająco, nie pozwalając na obserwację miejsca spawania. Widzialne promieniowanie niebieskie powoduje krótkotrwałe olśnienie wzroku, natomiast długotrwałe jego oddziaływanie powoduje podrażnienie oczu, trwałe osłabienie wzroku i bóle głowy.

Niewidzialne promieniowanie podczerwone, przenika w głąb oka i powoduje przegrzanie gałki ocznej. Długotrwałe oddziaływanie powoduje uszkodzenie siatkówki. Skóra odsłoniętych części ciała pochłania 95% promieniowania podczerwonego, powodując silny wzrost temperatury na jej powierzchni.

Niewidzialne promieniowanie nadfioletowe jest silnie pochłaniane przez soczewkę, powoduje zapalenie spojówek, rogówki i powiek. Działając fotochemicznie na soczewkę powoduje powstawanie zaćmy, a długotrwałe narażanie prowadzi do utraty wzroku. Skutki działania promieniowania nadfioletowego na oczy odczuwa się już po kilku godzinach jako przykry ból oka, światłowstręt i łzawienie. Groźne w skutkach może być oddziaływanie promieniowania nadfioletowego na odsłonięte części ciała. Powoduje ono oparzenia podobne do oparzeń słonecznych, a wielokrotna ekspozycja skóry na intensywne promieniowanie ultrafioletowe wywołuje zwłóknienie skóry i zanik naskórka. Długotrwałe działanie tego promieniowania na skórę prowadzi do wystąpienia zmian nowotworowych.

Skuteczną ochronę przed szkodliwym działaniem promieniowania mogą zapewnić indywidualne środki ochrony spawacza takie jak okulary ochronne do spawania gazowego, przyłbice spawalnicze do spawania łukowego, rękawice spawalnicze oraz odzież ochronna. Stanowisko spawania powinno być oddzielone od innych stanowisk pracy za pomocą parawanów.

ZAGROŻENIA GAZAMI, DYMAMI I PYŁAMI SPAWALNICZYMI

Podczas spawania oraz cięcia termicznego wydzielają się duże ilości gazów, dymów, pyłów oraz par metali, które mają szkodliwy wpływ na zdrowie spawacza i osób przebywających w pobliżu stanowiska spawalniczego. Źródłami emisji gazów jest termiczny rozkład i sublimacja związków chemicznych wchodzących w skład

otulin elektrod otulonych, topników do spawania łukiem krytym, topników do lutowania, rozpad i jonizacja gazów spawalniczych. Podczas topienia metali w łuku spawalniczym zachodzi także parowanie metali i utlenianie par metali. W niższej temperaturze lotne substancje kondensują tworząc cząstki o wielkości 0,1-0,5 μm .

Ilość oraz skład chemiczny powstających gazów, dymów, pyłów oraz par metali zależy od metody spawania, rodzaju spawanego materiału podstawowego i materiałów dodatkowych oraz parametrów spawania.

Gazy, które powstają przy spawaniu, cięciu, lutowaniu itp. i stwarzają zagrożenie dla zdrowia spawacza to najczęściej ozon, tlenki azotu, tlenek węgla, fosgen, fluorowodór, a także produkty rozkładu związków chlorowych.

Szczególne toksycznością odznaczają się dymy spawalnicze, które są aerozolem mieszaniną bardzo drobnych cząstek pyłu i gazów. Również pary metali i ich tlenki stwarzają duże zagrożenie dla zdrowia. Do najczęściej spotykanych, szczególnie niebezpiecznych, zalicza się związki cynku, ołowiu, kadmu, aluminium i miedzi.

Celem ochrony pracowników przed skutkami narażenia na działanie niebezpiecznych dla zdrowia substancji należy przestrzegać przepisów określających wartości dopuszczalnych stężeń poszczególnych związków w powietrzu na stanowisku pracy. Skutecznym sposobem ochrony w tym przypadku jest sprawnie działający system wentylacji ogólnej i lokalnej na stanowisku spawalniczym. Szczególnym nadzorem należy objąć spawaczy pracujących w ciasnych pomieszczeniach (zbiornikach), gdzie oprócz wentylacji może być konieczny również nawiew świeżego powietrza.

ZAGROŻENIA POPARZENIEM ROZPRYSKAMI METALI I ŻUŻLI

Stosowane w procesach spawania źródła ciepła o wysokiej temperaturze znajdują się w bezpośredniej bliskości spawacza. Z tego względu istnieje bezpośrednie niebezpieczeństwo poparzenia ciepłem łuku, ciepłem płomienia gazowego oraz odpryskami metalu i żużla.

Źródłem zagrożenia poparzeniem w procesach spawania może być rozgrzana elektroda, gorąca spoina, proces wstępnego podgrzewania przedmiotów jak również zabiegi obróbki cieplnej złączy po spawaniu. Podczas spawania części metalowe nagrzewają się wskutek przewodnictwa ciepła nawet na znacznej odległości od miejsca pracy spawacza i mogą stać się źródłem zagrożenia poparzeniem.

Niestabilność procesów spawania jest przyczyną występujących gorących rozprysków metalu i żużli, które mogą powodować poparzenie spawacza, a także mogą wywołać zapalenie się materiałów łatwopalnych podczas prowadzenia prac spawalniczych. Do ochrony przed oparzeniami należy nosić nieuszkodzoną ochronną odzież spawalniczą i rękawice spawalnicze, a w szczególnych przypadkach także skórzany fartuch.

ZAGROŻENIE EKSPLOZJĄ MIESZANEK WYBUCHOWYCH

Niebezpieczeństwo wybuchu mieszanek gazowych występuje w pracach spawalniczych, w których stosuje się butle z gazami palnymi lub butle z tlenem. Gazy palne tworzą z powietrzem lub tlenem mieszaniny wybuchowe w bardzo szerokim zakresie stężeń. Do zainicjowania wybuchu takiej mieszanki wystarczy niewielka iskra. Spalaniu wybuchowemu mieszanki towarzyszy niszcząca fala detonacyjna i wysoka temperatura, będąca przyczyną pożarów. Do powstania mieszanek wybuchowych przy pracach spawalniczych przyczyniają się następujące czynniki:

- niewłaściwa obsługa butli, np. rzucanie, przewracanie mogące uszkodzić zawór butli,
- nieszczelność zaworów butlowych lub reduktorów,
- nieszczelność instalacji gazowej,
- magazynowanie wspólne gazów palnych z tlenem, chlorem itp.

Wybuchowi mogą ulec również butle z gazami sprężonymi. Dlatego należy z butlami obchodzić się bardzo ostrożnie, unikać wstrząsów, chronić przed uderzeniami itp. Należy je również chronić przed nagrzaniem, tzn. nie wystawiać na działanie promieni słonecznych, nie stawiać w pobliżu pieców lub ognisk, aby w ten sposób nie wywołać nadmiernego ciśnienia, mogącego spowodować rozerwanie butli. Bardzo niebezpieczne jest zanieczyszczenie butli oraz instalacji sprężonego tlenu smarami, olejami czy innymi tłuszczami.

Zagrożenie wybuchem występuje również podczas prac spawalniczych przy zbiornikach, rurociągach i innych obiektach przeznaczonych do przechowywania i transportu materiałów palnych. Wówczas prace mogą być prowadzone pod szczególnym nadzorem.

ZAGROŻENIE HAŁASEM

Hałas należy do najczęściej występujących w środowisku pracy czynników oddziałujących szkodliwie na organizm ludzki, a procesy spawalnicze są jego najpoważniejszymi źródłami. Szczególnie niebezpieczne okazują się procesy cięcia termicznego oraz natryskiwanie cieplne, podczas których poziom hałasu przekracza obowiązujące normy bezpieczeństwa, w wysokości 85 dB, a często osiąga wartość 110 dB zbliżając się do progu odczuwalnego bólu.

Poziom hałasu zależy od metody cięcia i spawania oraz od stosowanych parametrów procesu takich jak parametry prądowe, rodzaj stosowanych gazów itp. Źródłami hałasu w procesach cięcia i spawania są:

- urządzenia elektryczne do spawania i cięcia,
- wypływ strumienia gazów z dyszy palnika gazowego lub plazmowego,
- układy chłodzenia urządzeń spawalniczych,
- urządzenia wentylacyjne na stanowiskach pracy.

Praca w hałasie, oddziałującym na narządy słuchu może powodować upośledzenie sprawności narządów słuchu i uszkodzenie ucha środkowego. Ryzyko uszkodzenia narządów słuchu istotnie zwiększa się wraz ze wzrostem poziomu natężenia hałasu

i długości czasu ekspozycji na hałas oraz ze wzrostem udziału dźwięków o wysokiej częstotliwości i dźwięków impulsowych. Z tego względu w warunkach zagrożenia hałasem, należy zaopatrzyć się w osłonę uszu, stosując miękkie zatyczki i nauszniki.

ZAGROŻENIA POŻAROWE

Największe zagrożenie pożarowe występuje w pracach spawalniczych nieodpowiednio przygotowanych do wykonywania takich prac. Wysoka temperatura łuku spawalniczego, płomienia gazowego, a także powstające podczas spawania, zgrzewania i cięcia rozpryski mogą stać się przyczyną zapalenia się materiałów łatwopalnych, znajdujących się w pobliżu miejsca spawania. Szczególnie niebezpiecznie, ponieważ często lekceważone, są rozpryskujące się rozżarzone cząstki metalu, które rozprzestrzeniają się niekiedy na kilka metrów od miejsca spawania czy cięcia.

Do głównych przyczyn, sprzyjających powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożarów w pracach spawalniczych, należą:

- snop rozżarzonych cząstek metalu (iskier),
- krople ciekłego metalu,
- żarzące się cząstki żużla,
- wysoka temperatura łuku elektrycznego i płomienia gazowego,
- promieniowanie cieplne,
- niesprawna instalacja i urządzenia spawalnicze,
- wykonywanie prac spawalniczych w pobliżu obiektów będących niebezpiecznymi pod względem pożarowym i nieodpowiednio zabezpieczonymi,
- nieznajomość lub lekceważenie przepisów przeciwpożarowych,
- brak odpowiedniego nadzoru nad przebiegiem prac spawalniczych.

Bardzo ważnym działaniem zapobiegającym pożarom, jest kontrola miejsc i obiektów po zakończeniu prac spawalniczych.

ZAGROŻENIA RADIOAKTYWNOŚCIĄ I POLEM ELEKTROMAGNETYCZNYM

Promienie X oraz gamma mogą u człowieka, który otrzymał niebezpieczną dawkę promieniowania, spowodować wiele groźnych chorób, takich jak rozpad czerwonych ciałek krwi, uszkodzenie gruczołów i wiele innych.

Potencjalne źródło zagrożenia radioaktywnego występuje przy spawaniu metodą TIG (z ang. Tungsten Inert Gas) z użyciem elektrod wolframowych zawierających ok. 2% tlenku toru, przy spawaniu wiązką elektronów oraz podczas kontroli radiologicznej złączy spawanych.

Tlenek toru ThO_2 jest związkiem słabo promieniotwórczym i podczas spawania występuje w niewielkich stężeniach w dymach spawalniczych. Zagrożenie nim istnieje w przypadku całkowitego braku wentylacji stanowiska spawalniczego.

Większe zagrożenie radioaktywnością występuje w spawaniu wiązką elektronów. Szczególnie niebezpiecznym źródłem promieniowania X są urządzenia do spawania WE pracujące pod napięciem większym niż 60 kV.

Największe zagrożeniem promieniowaniem jonizującym występuje podczas badania złączy spawanych metodami radiologicznymi, które wykorzystują promieniowanie rentgenowskie X oraz promieniowanie γ izotopów promieniotwórczych.

Z uwagi na duże zagrożenie radioaktywnością personel obsługujący urządzenia do spawania wiązką elektronów oraz wykonujący badania radiologiczne, musi mieć indywidualne wskaźniki napromieniowania.

W procesach spawalniczych występuje również zagrożenia polem elektromagnetycznym, którego źródłami mogą być:

- urządzenia indukcyjne do nagrzewania i topienia metali,
- zgrzewarki elektryczne odporowe,
- urządzenia i wyposażenie do spawania elektrycznego, w tym:
 - a) spawalnicze źródła prądu,
 - b) przewody spawalnicze,
 - c) łuk elektryczny.

Negatywny wpływ długotrwałego działania promieniowania elektromagnetycznego na organizm na ludzki przejawia się zwiększoną zachorowalnością na choroby układu nerwowego, a ponadto:

- bólami głowy,
- nerwową drażliwością,
- zaburzeniami czynności serca i mózgu,
- zaburzeniami rytmów biologicznych,
- uczuciem mrowienia skóry.

Ciało ludzkie wystawione na promieniowanie elektromagnetyczne adsorbuje część energii pola i zamienia ją na ciepło, co w konsekwencji prowadzi do niebezpiecznego wzrostu jego temperatury.

PRZEPISY DOTYCZĄCE BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENY PRACY W PRACACH SPAWALNICZYCH.

Obowiązujące przepisy w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w pracach spawalniczych, wydane w rozporządzeniu ministra gospodarki z dnia 27 kwietnia 2000 r. zawarte są w Dz. U. Nr 40 poz. 470. Zarządzenia oparte na podstawie Kodeksu pracy, art. 237 §2, dotyczą uregulowania zasad bezpieczeństwa i odnoszą się między innymi do:

- spawalni i stanowisk spawalniczych,
- wyposażenia i materiałów technologicznych,
- kwalifikacji personelu spawalniczego,
- wykonywania prac spawalniczych.

W ujęciu Ustawy spawalnia i stanowiska spawalnicze są rozumiane następująco:

- Stanowisko spawalnicze – jest to stanowisko pracy, na którym

są wykonywane prace przy zastosowaniu procesów spajania, takich jak spawanie, napawanie, lutowanie, zgrzewanie i cięcia termicznego metali i tworzyw termoplastycznych.

- Stałe stanowisko spawalnicze – jest to stanowisko pracy przeznaczone do powtarzalnego wykonywania prac spawalniczych, którego wyposażenie techniczne i instalacje zasilające są na stałe zainstalowane.
- Ruchome stanowisko spawalnicze – jest to stanowisko pracy przeznaczone do okresowego wykonywania prac spawalniczych, którego wyposażenie techniczne i instalacje zasilające są kompletowane doraźnie na czas wykonywania określonej pracy.
- Spawalnia – jest to pomieszczenie przystosowane lub wydzielona część pomieszczenia, w którym są zlokalizowane stałe stanowiska spawalnicze.

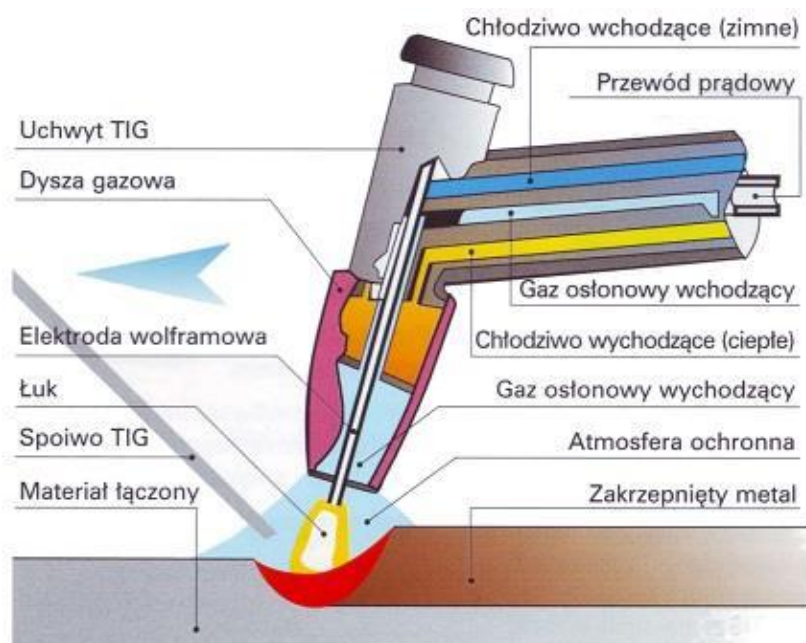
ZALECENIA I PRZEPISY BHP OBOWIĄZUJĄCE UCZESTNIKÓW LABORATORIUM

1. Do ćwiczeń laboratoryjnych studenci powinni przystąpić ubrani w fartuch ochronny oraz inne środki ochrony osobistej przewidziane do użycia na danym stanowisku spawalniczym, takie jak okulary, przyłbice, rękawice itp.
2. Zabrania się samowolnego uruchamiania urządzeń znajdujących się na spawalni. Studenci mogą uruchamiać i obsługiwać urządzenia laboratoryjne jedynie za zgodą i pod nadzorem prowadzącego ćwiczenie.
3. W szczególności, ze względu na bezpieczeństwo uczestników laboratorium, zabrania się studentom:
 - obserwacji procesów spawania bez środków ochrony wzroku,
 - dotykania rozgrzanych przedmiotów bezpośrednio po spawaniu lub cięciu,
 - dotykania przewodów będących pod napięciem,
 - kierowania płomienia lub innych źródeł ciepła na butle ze sprężonymi gazami lub inne urządzenia lub osoby,
 - opierania się o urządzenia, przewody i inne elementy stanowisk laboratoryjnych,
 - samowolnej naprawy urządzeń spawalniczych i dokonywania zmian w ich konstrukcji,
 - używania urządzeń spawalniczych do innych celów niż to przewidziano w ćwiczeniu,
 - bezmyślnego manipulowania przyciskami i pokrętkami aparatury badawczej i innych urządzeń pomiarowych,
 - zdejmowania osłon, demontażu urządzeń oraz usuwania innych elementów wyposażenia laboratorium mających wpływ na bezpieczeństwo osób przebywających na spawalni,
 - samowolnego opuszczania stanowiska laboratoryjnego w trakcie odbywania ćwiczeń,
 - samowolnego przechodzenia do innych stanowisk laboratoryjnych, lub innych grup ćwiczeniowych, a także załatwianie podczas ćwiczeń spraw nie związanych z tematem zajęć laboratoryjnych,

SPAWANIE METODĄ TIG (TUNGSTEN INERT GAS)

1. Zastosowanie metody TIG

Za pomocą metody TIG uzyskuje się niezwykle czyste, wysokiej jakości złącza. Ponieważ w procesie nie powstaje żużel, jest wyeliminowane ryzyko zanieczyszczenia spoiny jego wtrąceniami, a i gotowa spoina praktycznie nie wymaga żadnego czyszczenia. Metoda ta nadaje się do spawania niemal wszystkich metali, przy czym proces może być prowadzony ręcznie lub w sposób zautomatyzowany. Metoda TIG jest najczęściej stosowana do spawania stopów aluminium oraz do spawania stali nierdzewnych, gdzie jednorodność złącza ma krytyczne znaczenie. Jest szeroko wykorzystywana w przemyśle nuklearnym, chemicznym, lotniczym i spożywczym.



Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą TIG polega na stopieniu brzegów łączonych elementów ciepłem łuku jarzącego się między nietopliwą elektrodą (wolfram z dodatkiem toru, cyrkonu lantanu lub hafnu), a łączonym materiałem. W metodzie tej łuk spawalniczy zawsze jarzy się w osłonie gazowej obojętnej argonu, helu lub ich mieszanki. Dodatek tlenu lub dwutlenku węgla do mieszanki gazowej spowodowałby zniszczenie elektrody wolframowej. Materiał dodatkowy zazwyczaj podawany jest w sposób ręczny przez spawacza aczkolwiek czynność ta może zostać zautomatyzowana.

2. Zajarzenie łuku

W normalnych warunkach, gaz nie przewodzi prądu elektrycznego i jest izolatorem. Natomiast aby łuk mógł się normalnie jarzyć w czasie spawania, warstwa gazu w przestrzeni łukowej musi ulec zjonizowaniu, tj. musi się stać dostatecznie dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego.

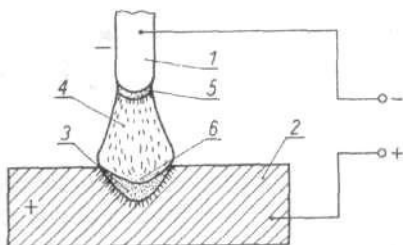
Zjonizowanie gazów w przestrzeni łuku spawalniczego następuje przez dostarczenie atomom tych gazów niezbędnej energii tzw. energii jonizacji. Energia potrzebna do wywołania jonizacji gazów może powstać pod wpływem:

- jonizacji termicznej – ogrzanie gazów do odpowiednio wysokiej temperatury,
- silnego pola elektrycznego.

3. Charakterystyka cieplna łuku spawalniczego

W łuku elektrycznym w czasie spawania wytwarza się duża ilość ciepła oraz powstaje bardzo wysoka temperatura.

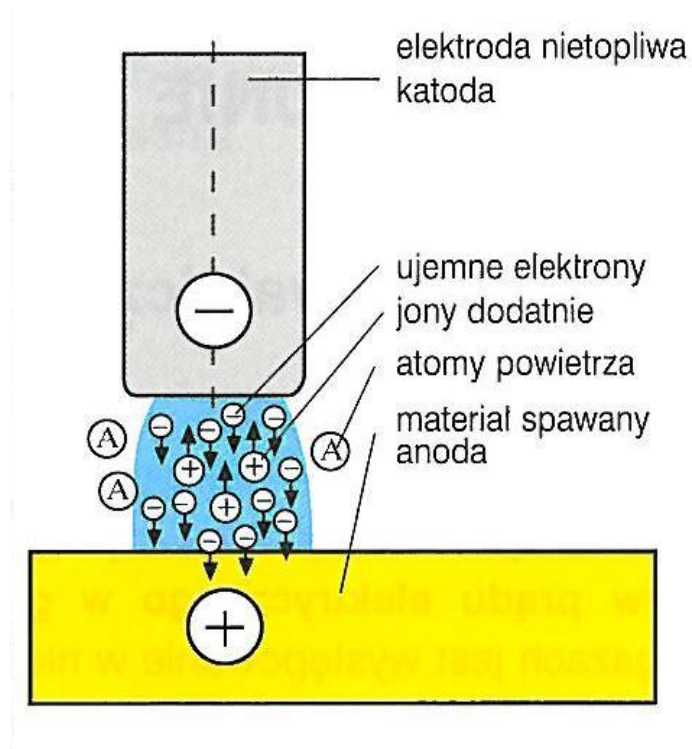
Temperatura stożka łuku jest znacznie wyższa niż temperatura katody i anody. W warunkach normalnego spawania prądem stałym o średnim natężeniu temperatura katody (elektrody stalowej) wynosi około 3000°C , a anody około 3500°C . Natomiast temperatura stożka łuku (w osi) wynosi około 5000°C . Dlatego głębokość wtopienia w materiał spawany w osi łuku jest znacznie większa niż po zewnętrznej części łuku (rysunek).



Łuk spawalniczy w czasie spawania metodą TIG może być zasilany:

- prądem stałym,
- prądem przemiennym,
- prądem pulsującym DC i AC.

Zdolności spawalnicze łuku jarzącego się w przypadku źródła prądu stałego zależą od sposobu podłączenia biegunów. Proces jonizacji przestrzeni międzyelektrodowej przy ujemnej biegunowości elektrody nietopliwej przedstawia rysunek poniżej

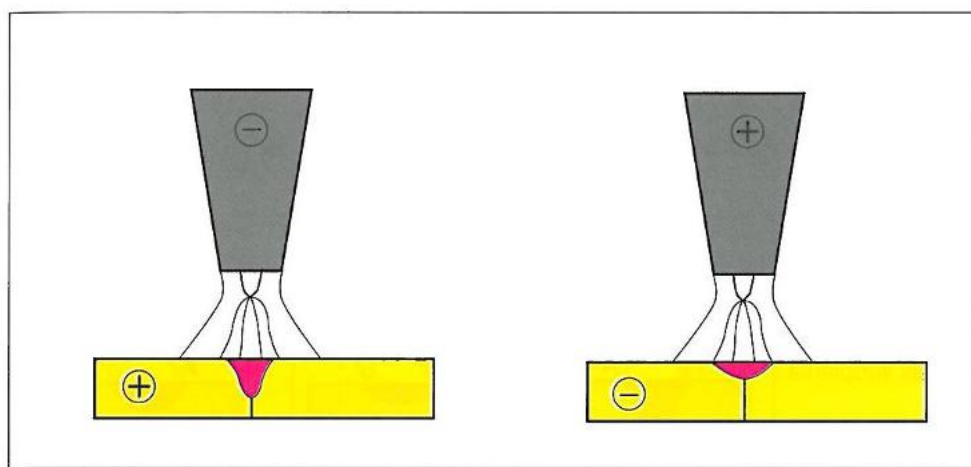


Przy spawaniu prądem stałym rozkład temperatury na poszczególnych biegunach łuku jest różny. Na biegunie dodatnim (+) wydzielą się około 70% ogólnego ciepła łuku, a na biegunie ujemnym (-) około 30%.

Na materiale spawanym przyłączonym do bieguna (+) koncentruje się więc większa ilość ciepła, wskutek czego następuje szybsze nagrzewanie i topienie spawanych blach. Z tego też względu miedź i stale nierdzewne spawa się prądem stałym, przyłączając biegun dodatni (+) do spawanego metalu, a biegun ujemny (-) do elektrody.

Zasilanie prądem stałym lub pulsującym z ujemnym biegunem na elektrodzie wolframowej stanowiącej katodę stwarza tej elektrodzie najlepsze warunki pracy pod względem obciążenia termicznego.

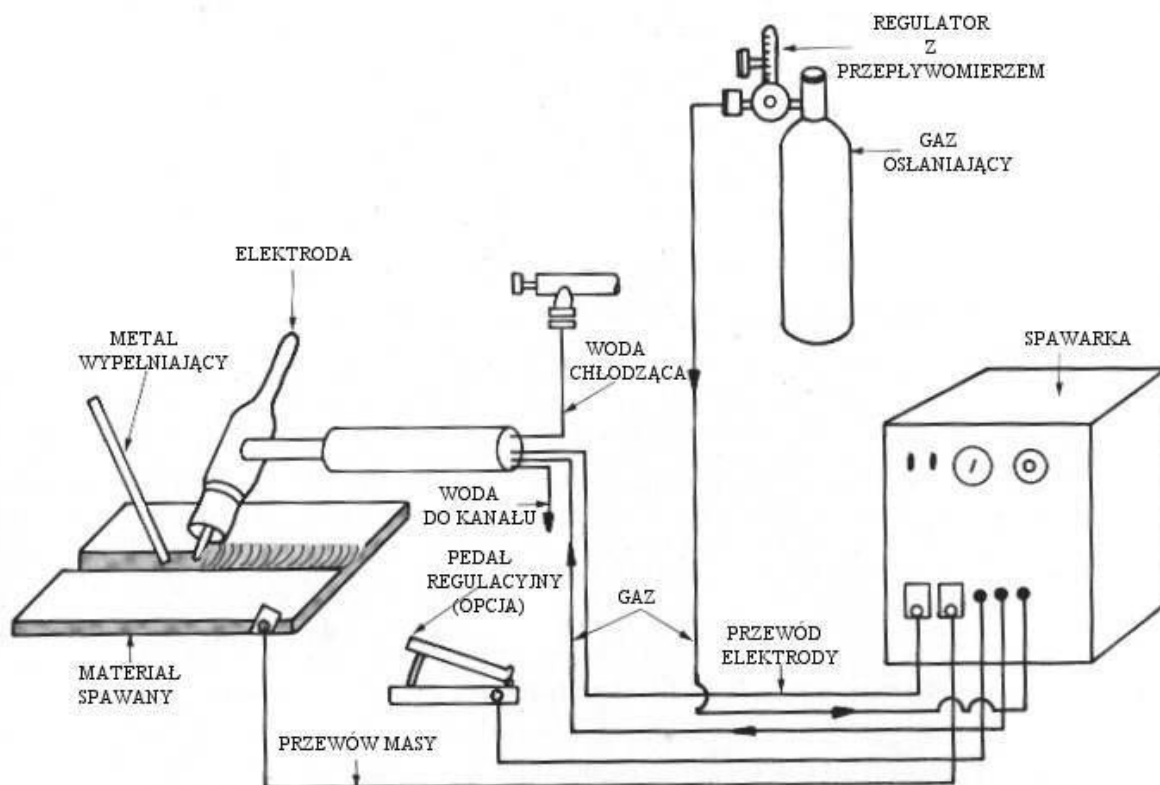
W czasie spawania prądem stałym elektroda podłączona do ujemnego bieguna pozwala na uzyskanie wąskiego i głębokiego wtopienia w materiał spawany.



4. Urządzenia do spawania

Urządzenia do ręcznego spawania elektrodami nietopliwymi (**spawarki TIG**) składają się z:

- źródła prądu stałego lub przemiennego wraz z układem sterowania. Popularne nazwy to: spawarka, **spawarka TIG**, prostownik spawalniczy, inwerty spawalniczy.
- wielofunkcyjnego przewodu z **uchwytem TIG** doprowadzający prąd spawania do elektrody, gaz osłonowy, sterowanie oraz opcjonalnie układ chłodzenia,
- **przewodu masowego** z zaciskiem łączącym spawany przedmiot ze źródłem prądu,
- źródła gazu osłonowego - **butli z gazem i z reduktorem**,
- opcjonalnie - układu wodnego chłodzenia uchwytu - **chłodnicy cieczy**.



Urządzenia do ręcznego spawania elektrodami nietopliwymi (urządzenia TIG) są oferowane jako źródła prądu stałego lub pulsującego (**TIG-DC**) o biegunowości ujemnej lub prądu przemiennego (**TIG-AC**). Praktycznie źródła prądu przemiennego mają również opcję prądu stałego/pulsującego a więc są oznaczane jako **TIG-AC/DC**.

Obecnie spotykamy dwa rodzaje spawarek TIG:

- **prostowniki spawalnicze** - są źródłem prądu stałego - TIG DC. Urządzenia te są coraz rzadziej stosowane w spawaniu TIG.
- **spawarki inwerty (prostowniki inwerty, inwerty spawalnicze)** - urządzenia te pracują jako TIG-DC oraz TIG-AC. Inwerty przekształca prąd o częstotliwości sieciowej 50Hz na prąd o wysokiej częstotliwości. Dzięki temu przemiana napięcia odbywa się w transformatorze o wysokiej częstotliwości i lekkiej konstrukcji. Spawarki inwerty są urządzeniami kosztownymi, ale dzięki swoim zaletom wyparły inne rodzaje źródeł prądu.

Podstawowe parametry i funkcje inwerty TIG

- **Maksymalny prąd spawania (amperaż)** - jest podstawowym wyznacznikiem mocy każdej spawarki. Decyduje on jak gruby materiał możemy spawać.
- **Cykl pracy** - określany jest dla danej wartości natężenia prądu spawania. Jest procentowym podziałem 10 minut na czas, przez który urządzeniem można spawać z daną wartością prądu spawania i na konieczny czas przerwy w pracy. Przerwy w pracy są konieczne ze względu na nagrzewanie się układów spawarki. Po przekroczeniu ustalonej temperatury spawarka automatycznie się wyłącza celem schłodzenia.
Cykl pracy zwiększa się wraz ze zmniejszaniem prądu spawania. Np. spawarka może spawać prądem 250A w cyklu 35% a prądem 170A w cyklu 100%.
- **Puls** - możliwość spawania prądem pulsacyjnym w TIG-DC i regulacji parametrów pulsacji prądu spawania (wartości impulsu, prądu podstawy, czas trwania impulsu, częstotliwość impulsów). Dzięki funkcji spawania pulsacyjnego i możliwości regulacji jego parametrów mamy wpływ na skupienie łuku i kształt spoiny a także możliwość spawania cienkich blach.
- **TIG HF** - jest to funkcja zapłonu łuku wysoką częstotliwością za pomocą wbudowanego jonizatora. Jest najwygodniejsza dla spawacza oraz umożliwia uzyskanie czystego początku spoiny. Należy jedynie uważać na niebezpieczeństwo zakłócenia pracy urządzeń elektronicznych w pobliżu miejsca spawania.
- **TIG Lift** - metoda zajarzenia łuku przez potarcie (podobnie jak to ma miejsce przy zajarzaniu elektrody w metodzie MMA). Wymaga większej wprawy od spawacza w porównaniu z metodą HF.
- **AC/DC** - umożliwia spawanie metodą TIG prądem przemiennym. Jest to wymagane do spawania aluminium i jego stopów.
- **MMA** - funkcja umożliwiająca spawanie metodą MMA, czyli spawanie elektrodą otuloną. Zwiększa to możliwości jak i uniwersalność urządzenia. Zobacz [dobór spawarek MMA](#).
- **Inne parametry** - w zależności od rodzaju i klasy urządzenia dostępny jest szereg dodatkowych funkcji do sterowania przebiegiem i parametrami spawania: czas narastania prądu, czas opadania prądu, czas wypływu gazu przed zajarzeniem łuku, czas wypływu gazu po zakończeniu jarzenia łuku, częstotliwość prądu AC, balans prądu AC.



Panel sterowania spawarki Magnum

1. Główny włącznik pozycja ON – włączone , pozycja OFF wyłączone
2. Wybór trybu pracy: MMA/TIG DC
3. Wybór metody spawania TIG AC/TIG DC
4. Wybór trybu pracy: 2- takt, 4 takt
5. Wybór trybu pracy: TIG DC/TIG PULS
6. Przełącznik sterowania zewnętrznego, pozycja OFF sterowanie zewnętrzne wyłączone, pozycja ON sterowanie zewnętrzne włączone
7. Kontrolka ostrzegawcza- informuje o nieprawidłowym funkcjonowaniu urządzenia,
8. Wyświetlacz parametrów spawania,
9. Regulacja prądu startu- prąd od którego zaczynamy proces spawania,
10. Regulacja prądu spawania- prąd który ustalamy w zależności od grubości spawanego materiału
11. Regulacja prądu bazy: dolna wartość prądu w funkcji PULS,
12. Regulacja prądu opadania: czas po jakim prąd opada do wartości minimalnej,
13. Regulacja częstotliwości PULSU – częstotliwość zmiany prądu bazy do prądu szczytu,
14. Regulacja częstotliwości AC – częstotliwość zmiany prądu w spawaniu aluminium, przez jej zwiększenie bardziej skupiamy łuk (spawanie pachwinowe),
15. Regulacja balansu AC –stosunek procentowy czasu trwania połówki dodatniej do połówki ujemnej- zalecane ustawienie w pozycji środkowej (50%).
16. Regulacja wypływu czasu gazu po zakończeniu spawania – studzenie elektrody,
17. Regulacja procentowego udziału trwania prądu szczytu do czasu trwania prądu bazy,
18. Gniazdo polaryzacji ujemnej
19. Podłącz przewodu gazowego
20. Podłącz sterowania lokalnego

21. *Podłącz sterowania zewnętrznego*
22. *Gniazdo polaryzacji dodatniej*



Przewód spawalniczy podłączony do spawarki



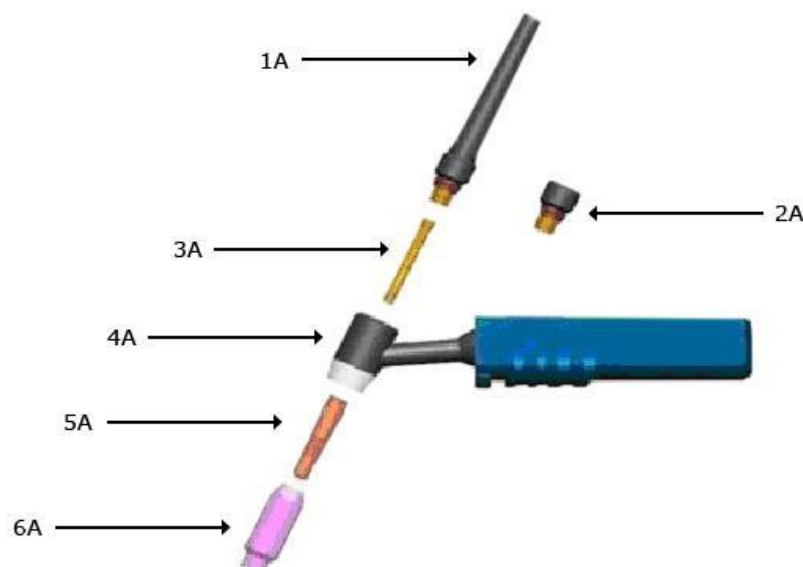
Spawarka firmy ESAB z układem chłodzenia cieczy

5. Uchwyty do spawania

Uchwyty produkowane są przez różne firmy krajowe i zagraniczne. Mają różne kształty i są przeznaczone do spawania różnymi wielkościami prądów. Wspólną ich cechą jest wymagana lekkość i wysoka sprawność elektryczna. Uchwyty do spawania prądem do 200 A są chłodzone w sposób naturalny, tj. gazem osłonowym (argonem) przepływającym wzdłuż przewodu prądowego i wokół elektrody.



Uchwyt do spawania metodą TIG



Elementy uchwytu TIG

1A-korek długi; 2A-korek krótki; 3A-tulejka zaciskowa; 4A-korpus palnika; 5A-łącznik prądowy; 6A-dysza ceramiczna

Obsługa uchwytu wymaga zamocowania elektrody wolframowej w tulejce zaciskowej za pomocą korka uszczelniającego górną część uchwytu. Dysza ceramiczna formująca strumień gazu osłonowego jest osadzona w dalszej części uchwytu.

6. Przepisy bhp i przeciwpożarowe

Roboty wykonywane przez spawaczy należą do prac odpowiedzialnych ze względu na jakość spawania, a także ze względów humanitarnych, ponieważ spawanie jest pracą szkodliwą dla zdrowia.

Ważniejsze ogólne wymagania są następujące:

- Spawanie może wykonywać osoba, która została przeszkolona w tym zawodzie i zdała egzamin z przedmiotów zawodowych (praktyki i teorii) oraz ze znajomości przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, a także przepisów przeciwpożarowych i otrzymała certyfikat o określonej specjalności.
- Spawacz powinien być zaopatrzony w odpowiedni sprzęt ochrony osobistej, tj. ubranie robocze, fartuch spawalniczy, rękawice ochronne, buty robocze, nakrycie głowy (beret lub kask) oraz tarczę spawalniczą lub przyłbicę, zaopatrzone w odpowiednie szkła (barwne i białe), a także narzędzia pomocnicze - szczotkę stalową i dziobak. Przy spawaniu na kolanach spawacz powinien mieć nakolanniki skórzane wyłożone grubą wkładką filcową.
- Z pomieszczeń zagrożonych pożarem należy usunąć materiały palne lub zabezpieczyć je materiałami niepalnymi (koce lub maty przeciwpożarowe, blachy), ewentualnie, gdy jest to możliwe, zlać wodą.
- Nie wolno wykonywać prac spawalniczych w odległości mniejszej niż w promieniu 5 m od materiałów łatwopalnych niebezpiecznych przy zetknięciu z ogniem.

Spawanie powinno być wykonywane w osobnym pomieszczeniu (spawalni), w którym powinny być spełnione następujące warunki:

- powierzchnia jednego stanowiska roboczego powinna wynosić najmniej 4 m²;
- powierzchnia podłogi nie zajętej przez urządzenia i sprzęt powinna wynosić co najmniej 2 m²;
- wysokość spawalni - minimum 3,75 m;
- objętość pomieszczenia - co najmniej 15 m³ na każde stanowisko;
- skuteczna wentylacja ogólna i stanowiskowa.

Odstępstwa od powyższej zasady dopuszczalne są jedynie w przypadkach, gdy jest to konieczne ze względu na produkcję oraz w warunkach montażowych.

Spawanie na otwartej przestrzeni jest możliwe pod warunkiem, że stanowisko robocze spawacza będzie zabezpieczone przed opadami atmosferycznymi za pomocą odpowiednich daszków lub matami nieprzemakalnymi; w razie burzy i wyładowań atmosferycznych (piorunów) spawanie, szczególnie elektryczne, musi być przerwane, a urządzenia spawalnicze odłączone od napięcia sieci elektrycznej.

Stałe stanowisko do wykonywania spawania elektrycznego w pomieszczeniu powinno mieć wentylację ogólną i stanowiskową.

Ściany i sufity spawalni oraz ściany kabin spawalniczych powinny być pomalowane farbami matowymi.

Stanowiska spawalnicze usytuowane w różnych miejscach, w hali produkcyjnej lub poza spawalnią, muszą być osłonięte parawanami stałymi lub przenośnymi w celu zabezpieczenia osób pracujących w pobliżu przed szkodliwym działaniem promieni łukowych - parawany muszą być wykonane z materiału niepalnego. Obecnie produkowane są przesuwne ściany ochronne z zasłoną foliową, pokryte niebieską epoksydową powłoką piankową przeciwzapalną. Zasłona spawalnicza ma wysokość około 2000 mm i składa się z trzech części, z możliwością dostosowania jej do warunków spawania.

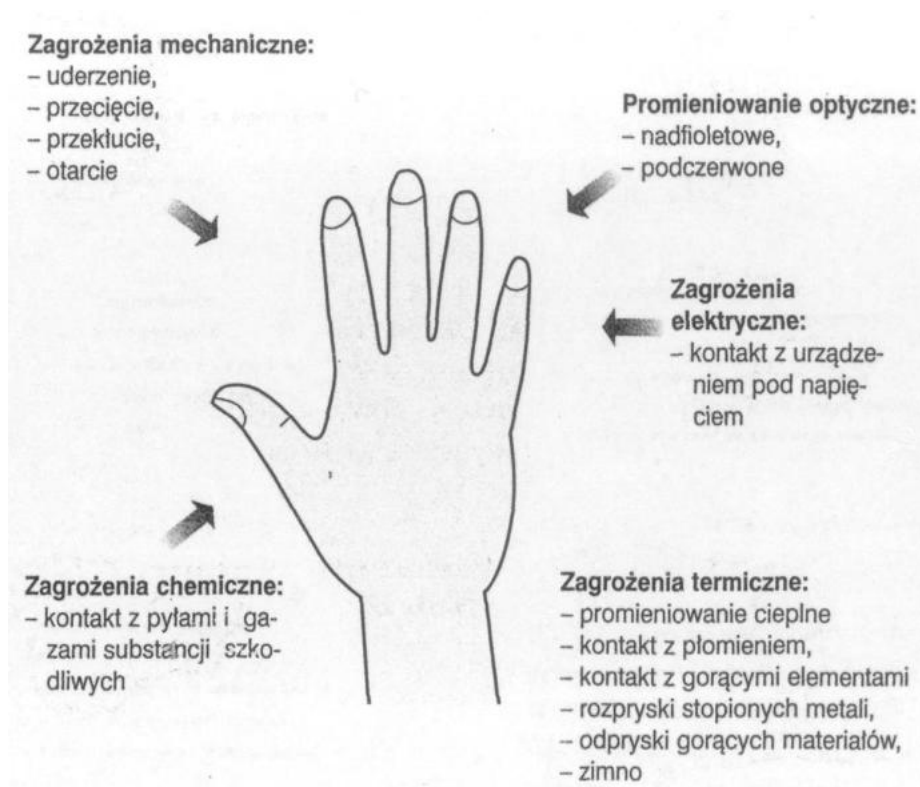
Zagrożenia rąk spawacza

Ręce stanowią jedną z najbardziej narażonych na urazy części ciała spawacza. Według szacunkowych danych urazy rąk stanowią 30 % ogółu liczby zdarzeń wypadkowych. Jest to związane z bezpośrednim kontaktem rąk ze źródłami czynników szkodliwych i niebezpiecznych, w szczególności z gorącymi i ostrymi przedmiotami

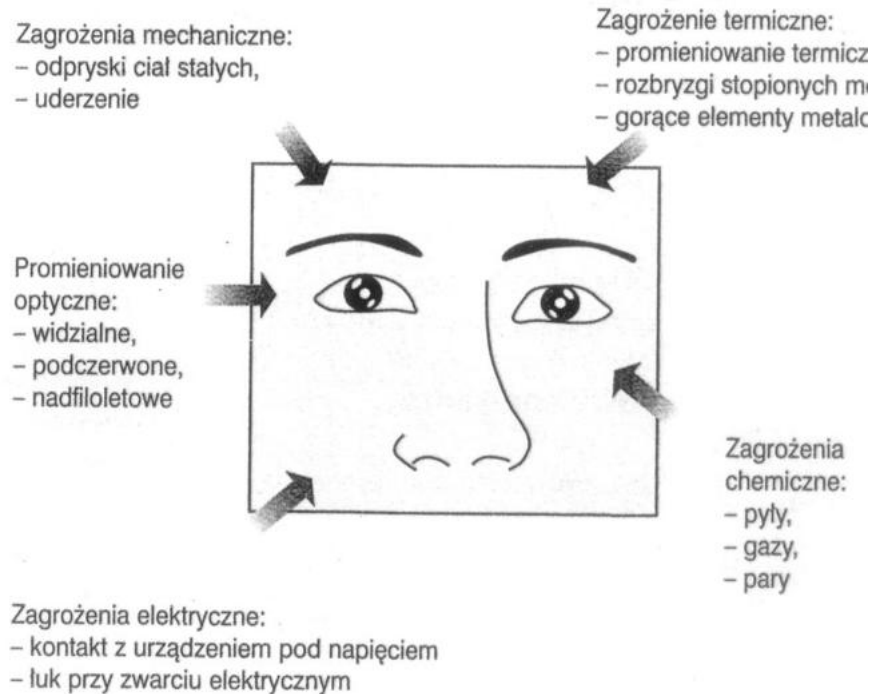
Rękawice powinny chronić spawaczy przede wszystkim przed gorącymi czynnikami termicznymi w postaci:

- otwartego płomienia z palnika do spawania, cięcia lub podgrzewania,
- rozprysków stopionych metali, kontaktu z gorącym elementem spawanym, przecinanym lub podgrzewanym,
- ciepła konwekcyjnego
- promieniowania cieplnego

Ponadto rękawice powinny również chronić ręce spawacza przed najczęściej występującymi lekkimi urazami mechanicznymi. W przypadku spawaczy łukiem elektrycznym dodatkowym wymaganiem jest zabezpieczenie spawacza przed zagrożeniem prądem elektrycznym w następstwie kontaktu z urządzeniami pod napięciem.



Zagrożenia oczu i twarzy spawacza



W procesach spawalniczych występują następujące rodzaje promieniowania optycznego:

- promieniowanie widzialne,
- promieniowanie podczerwone,
- promieniowanie nadfioletowe.

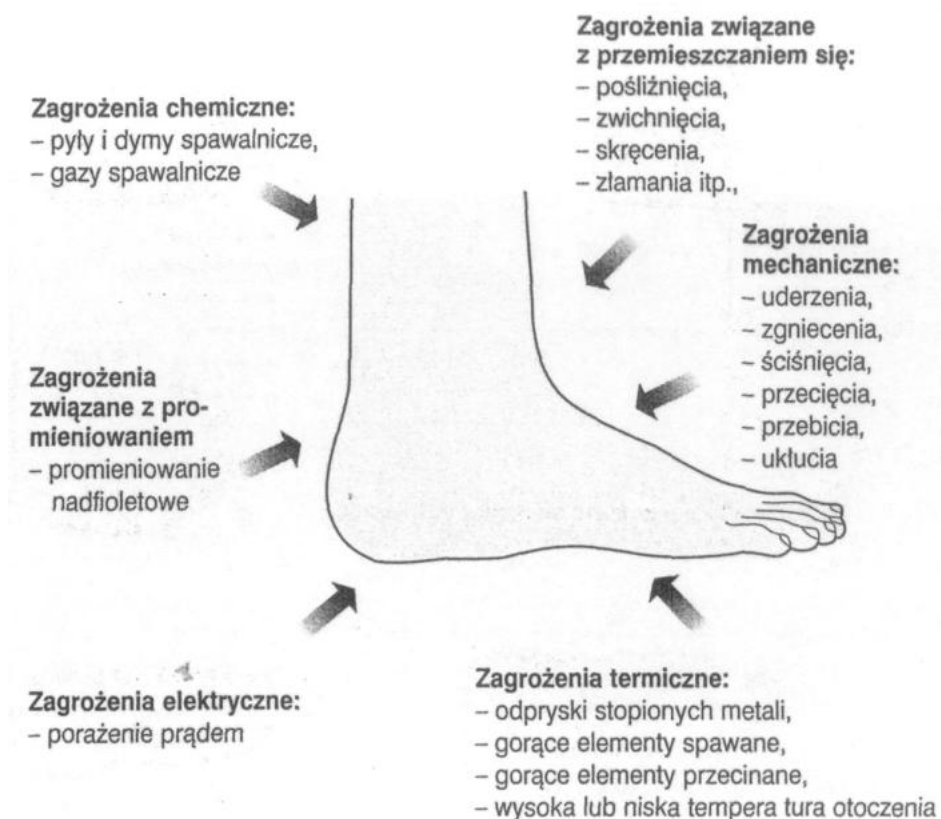
Działają one szkodliwie na oczy i dlatego spawacz obowiązany jest chronić oczy przed ich działaniem.

Do spawania łukowego i gazowego stosuje się szkła barwne wg normy PN-81/Z-53202 „Sprzęt ochrony osobistej oczu. Filtry spawalnicze”. Szkła barwne do spawania łukowego należy dobierać zależnie od wartości natężenia prądu spawania mierzonego w amperach.



Przyłbica spawalnicza z nadmuchem

Zagrożenia dla nóg spawacza



Działanie gazów spawalniczych na organizm człowieka.

W pomieszczeniach, w których wykonywane są roboty spawalnicze, powietrze zanieczyszczone jest różnymi gazami i pyłami.

Przy spawaniu, zależnie od jego rodzaju, działają gazy takie jak: tlen, azot, ozon, wodór, dwutlenek węgla i tlenek węgla.

Oprócz gazów dostają się do powietrza dymy, w których znajdują się tlenki żelaza, manganu, krzemu, azotu, miedzi i inne.

Przy większym stężeniu tych zanieczyszczeń w powietrzu u osób pracujących w takich warunkach mogą powstawać zawroty i bóle głowy, a nawet drgawki i stan zapaści.

Zwykle gazy powstające w łuku w wyniku oddziaływania promieni ultrafioletowych i podczerwonych na powietrze. W wyniku tego powstaje ozon, który powoduje podrażnienie płuc.

Kolejnymi gazami, które reagują pod wpływem ciepła i promieniowania ultrafioletowego są tlen i azot. Tworzą się wtedy tlenki azotu powodujące podrażnienie płuc, a w dużym stężeniu sinicę

Zagrożenia zdrowia spawacza występuje wtedy, kiedy na stanowiskach spawania są przekroczone najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS) pyłów i gazów w powietrzu, określone normami sanitarnymi. W procesach spawalniczych wartości te są następujące:

- ozon - $0,1 \text{ mg/m}^3$,
- tlenek węgla - $3,0 \text{ mg/m}^3$,
- tlenki azotu - $5,0 \text{ mg/m}^3$,
- pył całkowity - $5,0 \text{ mg/m}^3$.

Tab. 13. Czynniki wpływające na emisję zanieczyszczeń podczas spawania metodą TIG

Czynniki wpływające na emisję				Uwagi
Materiał spawany	Spoiwo	Parametry prądowe i technologiczne	Gazy technologiczne	
Rodzaj, wymiary, stan powierzchni	Średnica, rodzaj	Natężenie prądu, napięcie łuku, szybkość spawania, długość łuku	Rodzaj gazu osłonowego	Emisja rośnie ze wzrostem grubości blach i zabrudzeniem powierzchni

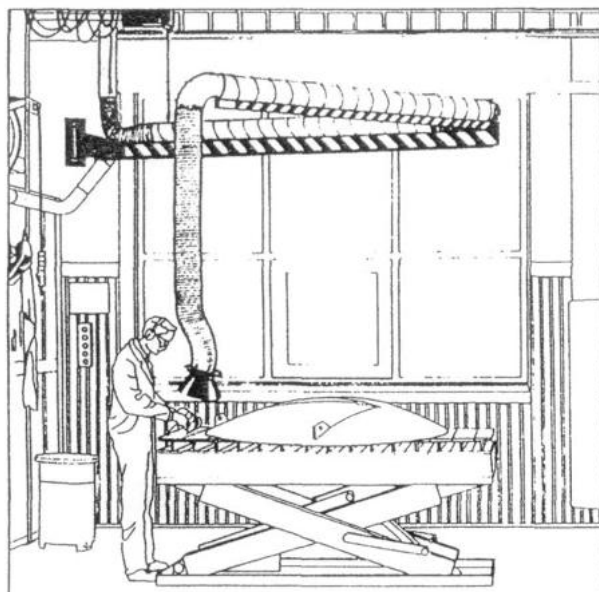
Z wyżej podanych przyczyn niezbędna jest wentylacja stanowiskowa w pomieszczeniach, w których wykonywane są roboty spawalnicze.

Wentylacja stanowisk spawalniczych

Przy wszystkich rodzajach spawania wydziela się większa lub mniejsza ilość gazów, pyłów i par metalicznych szkodliwych dla zdrowia spawaczy i otoczenia. Szkodliwość tych substancji zależy od ich stężenia w powietrzu. Przy spawaniu powstaje duże zanieczyszczenie powietrza różnymi gazami, a przede wszystkim tlenkiem węgla (CO), pochodzącym z rozpadu dwutlenku węgla ($\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + 1/2\text{O}_2$), co może narażać spawaczy na poważne schorzenia dróg oddechowych.

Wentylacja może mieć różne rozwiązania techniczne, zależnie od zakresu wykonywanej produkcji. Zazwyczaj stosuje się wentylację ogólną, umieszczoną w górnych partiach hal warsztatowych,

która odprowadza zanieczyszczenia gazowe powietrza na zewnątrz budynku. Takie rozwiązanie nie wystarczy, aby spawaczowi zapewnić prawidłowe warunki pracy pod względem bhp. Spawacz powinien mieć na stanowisku spawalniczym wentylację zapewniającą stałe odprowadzenie zanieczyszczeń gazowych powietrza od miejsca spawania.

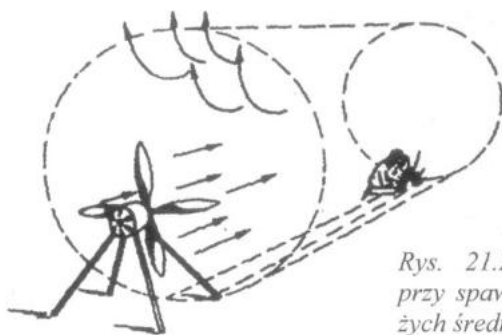


Obecnie produkowane są bardzo funkcjonalne urządzenia wentylacyjne do odciągania dymów spawalniczych z filtrami, które zatrzymują szkodliwe dla zdrowia człowieka składniki powietrza.



Wyciągi wentylacyjne przegubowe z filtrami zatrzymującymi szkodliwe składniki powietrza.

Przy pracach spawalniczych w przestrzeni ograniczonej, na przykład przy wykonywaniu remontów wewnątrz zbiorników, kotłów, rur itd., niezbędna jest wentylacja usuwająca w sposób ciągły powstające gazy oraz doprowadzająca świeże powietrze. Jeżeli zastosowanie urządzeń odpowietrzających (wentylatorów) nie jest możliwe, należy doprowadzić powietrze ze sprężarki za pomocą węża lub innego przewodu ewentualnie wykorzystać butlę ze sprężonym powietrzem.



Rys. 21.20. Ustawienie wentylatora przy spawaniu zbiorników i rur o dużych średnicach.

Używanie tlenu z butli do przewietrzania pomieszczeń jest **zabronione** gdyż tlen jest cięższy od powietrza i będzie się zbierał na dnie pomieszczenia (zbiornika). **Przy zawartości tlenu powyżej 25% w pomieszczeniu przy najmniejszej iskrze wszystkie tkaniny pala się nagle jak benzyna i spawacz znajdujący się w pomieszczeniu nie ma najmniejszej szansy na uratowanie.**

Porażenie prądem elektrycznym.

Porażenie prądem elektrycznym może się zdarzyć w przypadku nieprzestrzegania przepisów obowiązujących przy spawaniu elektrycznym. Dlatego spawacz w porozumieniu z elektromonterem powinien upewnić się, czy spawarka jest uziemiona i powinien tego przestrzegać przy każdej zmianie miejsca pracy. Nie powinien dotykać gołą ręką spawanego przedmiotu i uchwytu jednocześnie, a uchwyt powinien być dobrze izolowany w części przeznaczonej do trzymania w ręce. Nie należy zanurzać rozgrzanego uchwytu w naczyniu z wodą, nie należy dotykać uchwytem nie osłoniętej części ciała. Zmiany biegunów w spawarkach na prąd stały należy dokonywać po wyłączeniu spawarki. Do prac w zbiornikach, kotłach i innych pomieszczeniach należy używać oświetlenia o napięciu bezpiecznym 12 lub 24 V. Nie należy dokonywać żadnych napraw bez uprzedniego wyłączenia prądu sieciowego.

7. Materiały dodatkowe do spawania

Gazy ochronne do spawania TIG, to gazy obojętne Ar i He lub ich mieszanki z ewentualnym dodatkiem H_2 (tab.2). 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 podgrzania wstępnego. Inne reaktywne gazy ochronne, jak np. CO_2 , powodują szybkie zużycie elektrody lub niestabilne jarzenie się łuku. W żadnym wypadku nie należy stosować dodatku CO_2 lub O_2 do argonu lub helu, gdyż powoduje to bardzo szybkie zużycie drogiej elektrody nietopliwej.

a) Własności fizyczne gazów ochronnych. Gaz ochronny ma za zadanie nie tylko osłaniać elektrodę nietopliwą i obszar spawania przed dostępem atmosfery, ale decyduje również o energii liniowej spawania (napięcie łuku), kształcie spoiny i nawet składzie chemicznym stopiwa.

Podstawowymi własnościami fizycznymi gazów ochronnych, decydującymi o ich wpływie na proces spawania TIG, są:

- potencjał jonizacji gazu ochronnego decyduje o łatwości zajarzenia łuku, przewodzeniu prądu przez łuk (oporności łuku) i o napięciu łuku.
- przewodnictwo cieplne gazu ochronnego decyduje o kształcie ściegu spoiny.
- ciężar właściwy gazu decyduje o stopniu ochrony jeziora spawalniczego.

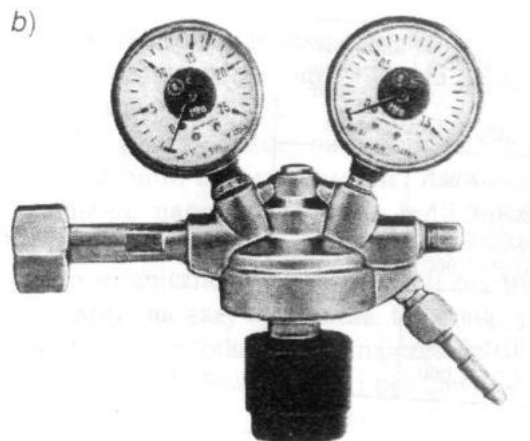
- punkt rosy gazu ochronnego - określa koncentrację wody w gazie. Im niższy jest punkt rosy, tym niższa jest zawartość wody, a przez to mniejsze niebezpieczeństwo tworzenia się pęcherzy gazowych w spoinie.
- dysocjacja i rekombinacja gazu

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 Cr-Ni Austenityczne	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

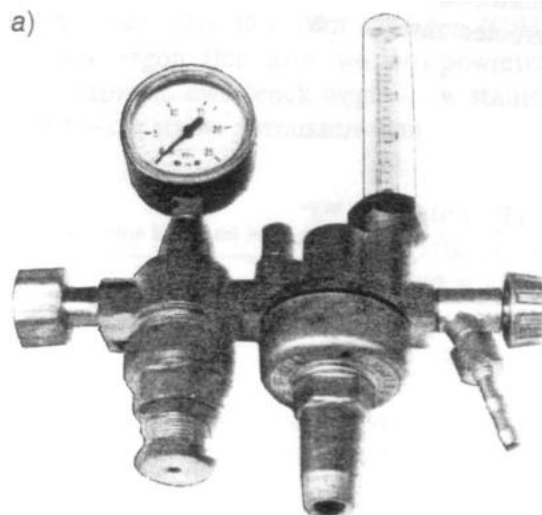
8. Reduktory

Reduktor ciśnienia jest to przyrząd do obniżania ciśnienia gazu wypływającego z butli gazowej, do ciśnienia roboczego i utrzymywania stałej wartości tego ciśnienia mimo spadku ciśnienia w butli. Gazy, znajdujące się w butli pod wysokim ciśnieniem, nie mogą być bezpośrednio użyte do spawania, gdyż wydmuchałyby płynny metal z jeziora. Gaz, wypływający z dyszy gazowej, w

uchwycie spawalniczym musi mieć kontrolowaną wydajność. Oprócz tego w miarę opróżniania się butli ciśnienie gazu spada, aby temu zapobiec stosuje się reduktory.



Reduktor dwustopniowy



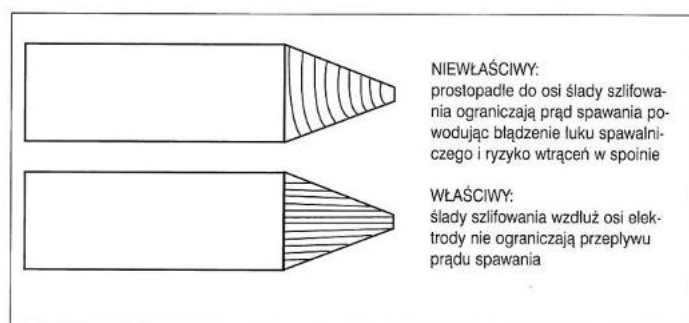
Do kontroli natężenia przepływu gazu (wydatku gazu) służą przepływomierze. Najczulszymi, a jednocześnie najprostszymi, przepływomierzami są **rotametry**.

9. Elektrody nietopliwe.

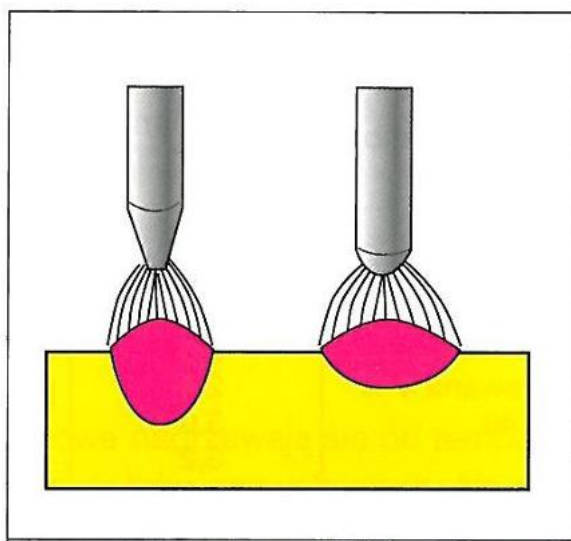
Elektrody nietopliwe do spawania TIG są podstawowym elementem obwodu spawania i od ich cech eksploatacyjnych zależy w dużym stopniu jakość spawania oraz ekonomiczność procesu. Cechy te to łatwość zajarzenia łuku i stabilność jarzenia się łuku, trwałość oraz szybkość zużycia elektrody. Elektrody nietopliwe wytwarzane są z czystego wolframu lub ze stopów wolframu. Temperatura topnienia elektrody wolframowej wynosi ok. 3400°C . Elektrody powstają przez spiekanie pyłu wolframowego, a następnie są szlifowane do pożądanego kształtu. Wolfram jest stapiany z innymi pierwiastkami w celu podniesienia temperatury topnienia, ułatwienia zajarzania i zaokrąglania końcówki itd. Różne stopy elektrodowe oznaczane są różnymi kolorami.

TYP ELEKTRODY	RODZAJ PRĄDU	ZASTOSOWANIE	STABILNOŚĆ ŁUKU	TRWAŁOŚĆ	ZAJARZANIE
WP (100% wolframu, zielona)	AC	- stopy aluminium - stopy magnezu	**	*	*
WT 20 (2% toru, czerwona)	DC	- stale niestopowe - stale niskostopowe - stale wysokostopowe	*	**	***
WC 20 (2% ceru, szara)	AC/DC	- stale niskostopowe - stale wysokostopowe - stopy aluminium	**	**	*
WL 20 (2% lantanu, niebieska)		- stopy magnezu - stopy tytanu	**	***	***
WS 20 (2% pierwiastków ziem rzadkich, błękitna)		- stopy niklu - stopy miedzi	**	***	***

* odpowiedni ** dobry *** bardzo dobry



Kierunek szlifowania elektrody nietopliwej



Wpływ kształtu końca elektrody na przekrój spoiny

Zalecane zeszlifowanie końca elektrody wolframowej na stożek o kącie $30\div 40^\circ$ powoduje skoncentrowanie łuku spawalniczego i poprawia warunki spawania.

Elektrody wolframowe produkowane są wg PN-EN 26848 mają średnice w granicach $0,5\div 10\text{mm}$ i długości 50,75,150,175mm.

10. Technika spawania metodą TIG

Podstawowe parametry procesu spawania metodą TIG

- **Rodzaj i biegunowość prądu spawania** - proces spawania metodą TIG może odbywać się **prądem stałym (TIG-DC)** lub **prądem przemiennym (TIG-AC)**. Przy spawaniu prądem stałym ilość ciepła na biegunie dodatnim stanowi około 70% całkowitego ciepła wydzielanego w łuku. Z tego względu aby uniknąć nadmiernego rozgrzewania się uchwytu i wydłużyć żywotność elektrody wolframowej przy spawaniu prądem stałym stosuje się biegunowość ujemną na elektrodzie.
Spawanie prądem stałym z biegunowością ujemną na elektrodzie nie nadaje się do łączenia aluminium i magnezu oraz ich stopów - używany jest wówczas prąd przemienny. Obecnie w metodzie TIG-DC szeroko stosuje się jednokierunkowy prąd pulsujący z możliwością regulacji jego parametrów, dzięki czemu mamy wpływ na kształt spoiny i możliwość spawania cienkich blach. Natomiast w metodzie TIG-AC w miejsce prądu przemiennego sinusoidalnego 50Hz stosowany jest prąd przemienny prostokątny, dający większą stabilność i kontrolę nad procesem spawania.
- **Natężenie prądu spawania** - jest parametrem bezpośrednio regulowanym w spawarce. Wartość natężenia prądu spawania dobierana jest w zależności od rodzaju i grubości spawanego materiału, średnicy i rodzaju elektrody nietopliwej, biegunowości prądu, rodzaju gazu osłonowego i pozycji spawania.
Natężenie prądu decyduje o głębokości wtopienia i szerokości spoiny, ale z drugiej strony oddziałuje na temperaturę końca elektrody nietopliwej. Wzrost natężenia prądu spawania zwiększa głębokość wtopienia i umożliwia zwiększenie prędkości spawania. Nadmierne natężenie prądu powoduje, że koniec elektrody wolframowej ulega nadtopieniu i pojawia się niebezpieczeństwo powstania wtrąceń metalicznych w spoinie.

Orientacyjny prąd spawania w zależności od średnicy elektrody i grubości materiału:

Prąd spawania [A]	Średnica elektrody [mm]	Grubość materiału [mm]
spawanie stali		
10÷50	0,5	0,5÷1,0
20÷80	1,0	1,0÷1,5
50÷160	1,6	1,5÷3,0
110÷250	2,4	3,0÷5,5
200÷350	3,2	5,5÷8,0

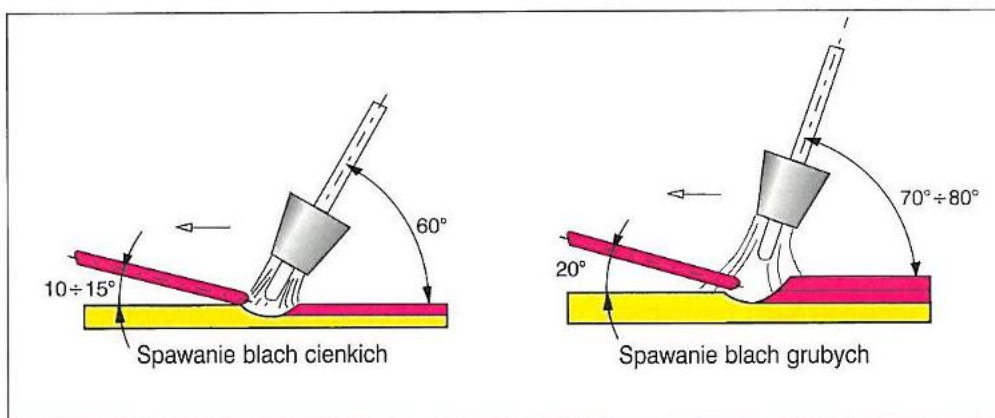
- **Rodzaj i średnica elektrody nietopliwej**
Dobór średnicy elektrody uwzględnia rodzaj, biegunowość i natężenie prądu spawania.
- **Rodzaj i natężenie przepływu gazu osłonowego** - najczęściej stosowanym gazem osłonowym jest argon lub mieszanka argon-hel, rzadziej sam hel, który podnosi energię cieplną łuku i szybkość spawania, ale pogarsza stabilność łuku.
Natężenie przepływu gazu jest związane z jego rodzajem i natężeniem prądu. W typowych warunkach natężenie przepływu argonu wynosi 8÷16 litrów/min.
- **Prędkość spawania** - to szybkość przemieszczania końca elektrody z jarzącym się łukiem. Prędkość zależy od wielu czynników i prawidłowy jej dobór zależy od umiejętności

spawacza. Prędkość spawania wpływa na głębokość przetopienia i szerokość spoiny. Zwykle mieści się w zakresie $0,1 \div 0,3$ m/min.

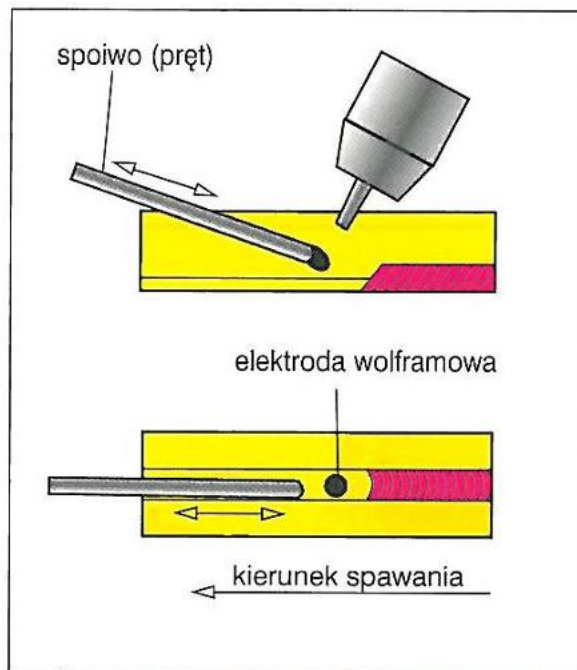
- **Rodzaj i wymiary materiału dodatkowego (spoiwa)** - spoiwo do spawania TIG może mieć postać drutu, pałeczki, taśmy lub wkładki stapianej bezpośrednio w złączu. Do spawania ręcznego stosowane są druty lub pręty proste o średnicy $0,5 \div 8,0$ mm i o długości $500 \div 1000$ mm. Jako materiały dodatkowe do spawania TIG w większości przypadków stosowane są materiały o tym samym składzie chemicznym, co spawany materiał. W niektórych przypadkach konieczne jest zastosowanie materiału dodatkowego o innym składzie chemicznym niż spawany materiał, np. do spawania stali odpornych na korozję typu 9% Ni stosuje się stopy niklu; mosiądze spawa się brązami aluminiumowymi, fosforowymi lub krzemowymi. Zazwyczaj dąży się jednak do tego, aby materiał dodatkowy miał lepsze własności niż materiał spawany.

W metodzie TIG nie zawsze wymagane jest podawanie spoiwa - możliwe jest spajanie materiału tylko za pomocą stopienia samych krawędzi spawanych przedmiotów.

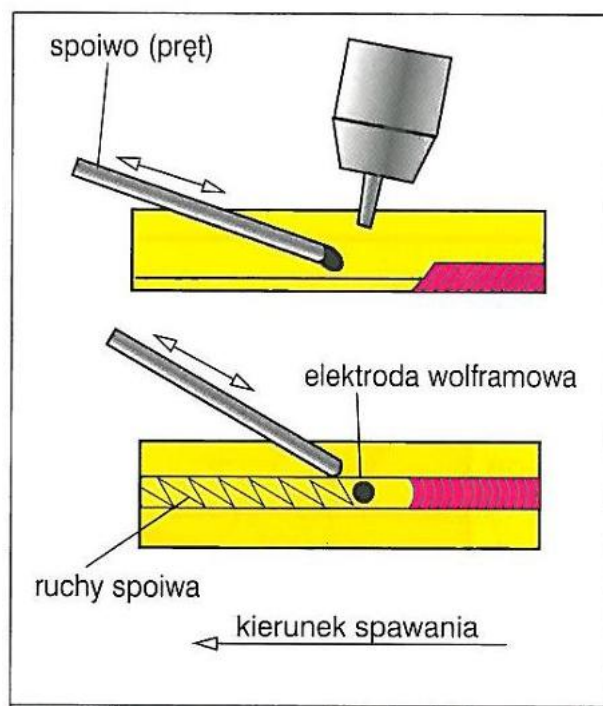
- **Pochylenie elektrody i spoiwa** - pochylenie elektrody i dodatkowego spoiwa w stosunku do wykonywanego złącza zależy m.in. od rodzaju złącza i spoiny oraz pozycji spawania.



Pochylenie uchwytu spawalniczego podczas spawania metodą TIG



Technika spawania metodą TIG elementów cienkich w pozycji podolnej PA



Technika spawania metodą TIG elementów grubszych (ukosowanych) w pozycji podolnej (PA)

W czasie spawania należy zwrócić uwagę, aby nie dotykać końcem elektrody wolframowej jeziora stopionego metalu i dodawanego spoiwa (druetu), gdyż spowoduje to odpadnięcie końca elektrody i zanieczyszczenie spoiny składnikami wolframu.

Spawanie w pozycji pionowej (PF) i naściennej (PC) nie stanowi większych trudności, gdy będą zachowane wszystkie zalecenia wyżej podane.

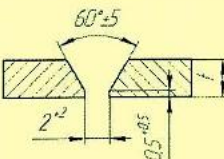
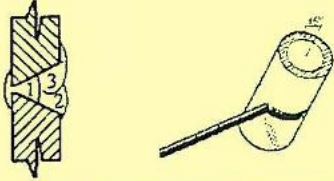
Natomiast spawanie w pozycji okapowej (PD) i pułapowej (PE) stwarza już większe trudności. Spawacz musi mieć dobrze opanowane spawanie, aby w czasie spawania krople stopionego metalu utrzymywały się w jeziorce i nie wyciekały z niego. Wyciek metalu powoduje zanieczyszczenie elektrody wolframowej, zanieczyszczenie dyszy i przerwanie spawania. Dlatego spawanie metodą TIG w pozycji PD i PE powinno być ograniczone i zastąpione inną metodą, np. MIG.

INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA SPAWANIA - WPS

ALSTOM ALSTOM Estonia AS	Quality System of Welding Works	Rev: 0 / 06.06.2006
	Quality Manual	AE / V 08 - 03
Issued by: Vitaly Selemenev; Approved by: Karl Jaanimägi.		Page 1 from 1

Welding Procedure Specification (pWPS) Nr TEST 1

WPQR No:	05601	Method of Preparation and Cleaning:	mechanical
Manufacturer:	ALSTOM Estonia AS	Parent Material Designation:	10CrMo910
Mode of metal transfer:	141	Material thickness (mm):	6
Joint Type and Weld Type:	BW	Outside diameter (mm):	38
Weld Preparation Details (Sketch)*		Welding Position:	H-L045

Joint Design	Welding Sequence
	

Welding Details

Run	Welding process	Size of Filler Material	Current (A)	Voltage (V)	Type of Current/ Polarity	Wire Feed Speed* (M/min)	Run out length/ Travel Speed* (mm)	Heat Input* (kJ/mm)
1	141	2,4	90-110	-	DC(-)	-	-	-
2	141	2,4	100-120	-	DC(-)	-	-	-
3	141	2,4	100-120	-	DC(-)	-	-	-

Filler material designation and make:

Any Special Baking or Drying:

Filler material: CrMo2 OK Tigrod 13.22

Designation Gas/Flux: - Shielding: I1 EN 439

- Backing: -

Gas Flow Rate: - Shielding: 8-12 L/min

- Backing: -

Tungsten Electrode Type/Size: 2,4 WL20

Details of Back Gouging/Backing: -

Preheat Temperature: -

Interpass Temperature: < 300 °C

Post Heating: -

Pre-heat maintenance temperature: -

Post-Weld Heat treatment and/or Ageing: -

(Time, Temperature, Method): -

Heating and Cooling Rates*): -

Other information*, e. g.:

Weaving (maximum width of run): -

Oscillation: amplitude, frequency, dwell time: -

Pulse welding details: -

Distance contact tube/work piece: -

Plasma welding details: -

Torch angle: -

.....
Manufacturer
(Name, Signature, Date)

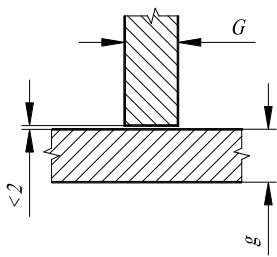
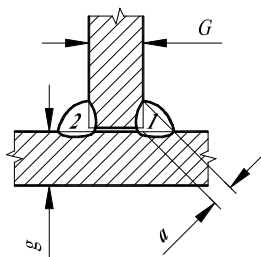
* - if required

INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA SPAWANIA (WPS)

Instrukcja technologiczna spawania: **ITSiK 1/07**
WPS nr: **2/135/07/**
WPQR nr: **Kennblatt-Nr: 00899.08/01.07**
Wytwórca: **Politechnika Światokrzyska**
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Nazwiska spawaczy wg wykazu:
Metoda spawania: **141**
Rodzaj złącza: **P / FW**

Jednostka inspekcyjna: -
Data spawania: -
Sposób przygotowania i czyszczenia: **mechaniczne**
Grupa i gatunek materiału: **8.1; 0H18N9**
Grubość materiału (mm): **g = 6; G = 6**
Średnica zewn. rury (mm): -
Pozycja spawania: **PB**

SZCZEGÓŁY PRZYGOTOWANIA DO SPAWANIA

Rysunek złącza	Kolejność spawania
	

SZCZEGÓŁY DOTYCZĄCE SPAWANIA

Ścieg	Metoda	Wymiar spoiwa ϕ /mm /	Natężenie / A /	Napięcie / V /	Rodzaj prądu Biegunowość	Prędkość poda- wania drutu / m/min /	Prędkość spawania / cm/min /
TW	141	2,0	90-110	-	DC (-)	-	-9,0
1, 2;a=3mm	141	2,0	100-120	-	DC (-)	-	-0
1, 2;a=4mm	141	2,0	100-120	-	DC (-)	-	-0

Spoiwo:

Rodzaj: drut, elektroda.
Klasa wg EN lub PN:
-drutu:
-elektrod:
Oznaczenie wytwórcy:
-drutu:
-elektrod:
Suszenie (temp. / czas):

drut
PN-EN 440
308L

ESAB Sp. z o.o.
OK. Autrod 12.51

Grań spoiny:

Żłobiona i/lub szlifowana
Na podkładce

Temperatura:

-podgrzewania wstępnego:
-międzyściegowa:

nie wymagane
<300°C

Obróbka cieplna:

Nie wymagana:
Wymagana: zgodnie z Instr. OC nr:

nie wymagana

Gaz / topnik:

Rodzaj:
Natężenie przepływu gazu:
-osłonowego:
-formującego:

gaz osłonowy PN-EN 439
argon

10 - 12 l/min.

Elektroda wolframowa:

Rodzaj:
Średnica:

WL20
2,4

Informacje dodatkowe:

TW – parametry dla spoin szczepnych,
a – grubość spoiny,
Brzegi łączonych elementów oczyścić do metalicznego połysku na szerokości 20 mm,
Po każdej warstwie dokładnie usunąć odpryski i wysypki żużla przez szlifowanie.

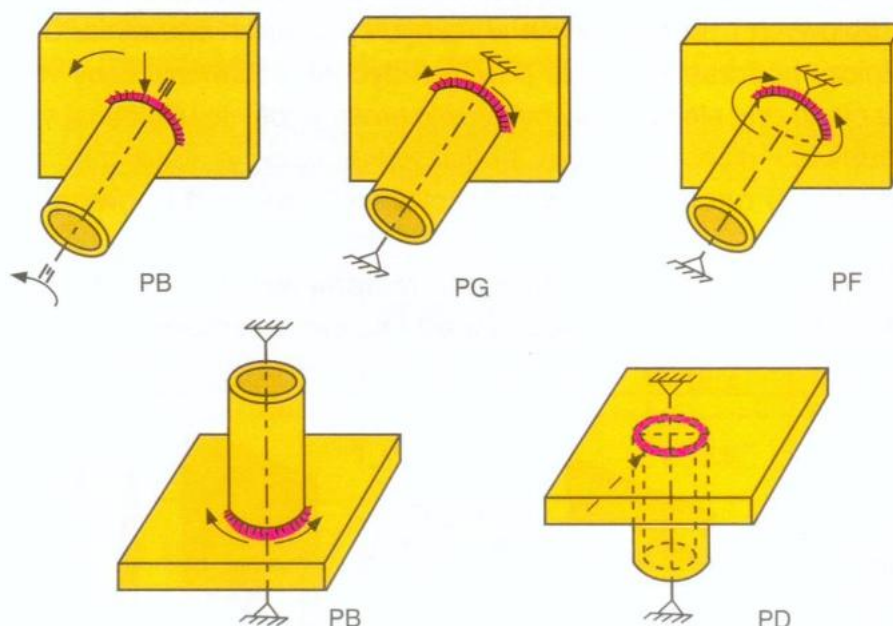
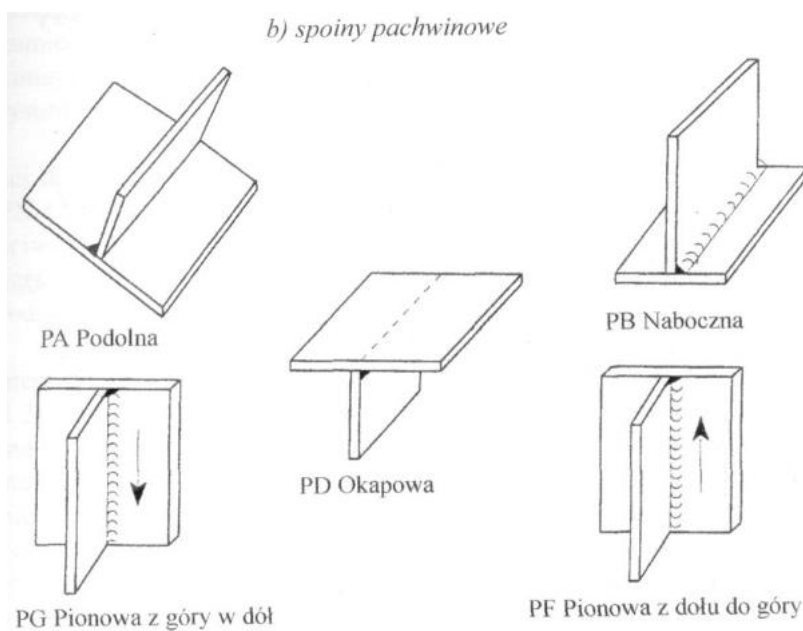
Data
(tutaj wpisać swoje nazwisko)

9. Złącze pachwinowe FW (Fillet Weld)

Pozycje spawania



PA – podolna; PB – naboczna; PF – pionowa (z dołu do góry); PG – pionowa (z góry na dół); PD – okapowa



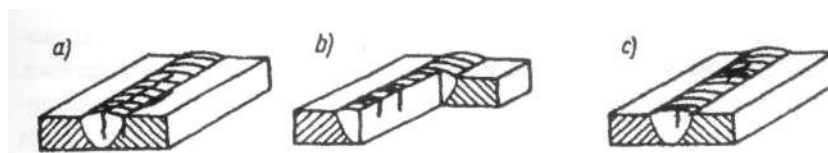
Pozycje spawania złączy rurowych spoinami pachwinowymi

10. Klasyfikacja niezgodności spawalniczych

- 1 - Pęknięcia
- 2 - Pustki
- 3 - Wtrącenia stałe
- 4 - Przyklejenie i brak przetopu
- 5 - Niezgodności spawalnicze dotyczące kształtu i wymiarów
- 6 - Niezgodności spawalnicze różne.

Pęknięcia

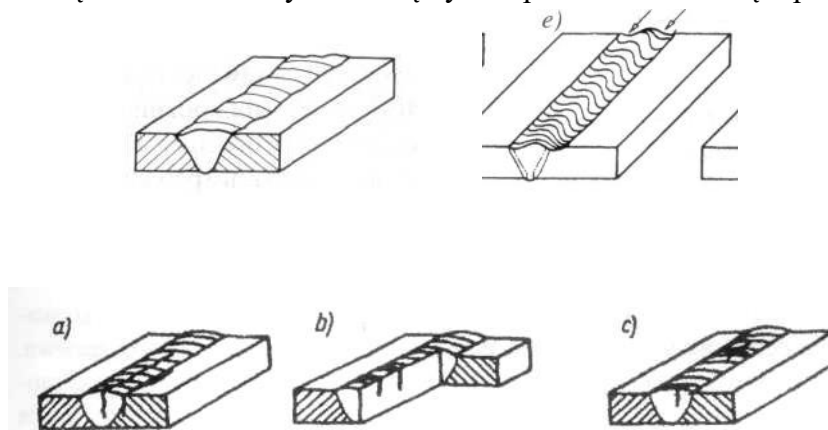
Pęknięcia mogą powstawać wskutek szybkiego chłodzenia spawanych złączy, szczególnie w przypadku spawania stali o wyższej zawartości węgla, na grubych elementach i w niskich temperaturach. W tych warunkach powstaje podhartowanie strefy wpływu ciepła, co sprzyja powstawaniu pęknięć w tej strefie. W innym przypadku pęknięcia mogą być spowodowane dużymi naprężeniami spawalniczymi, przekraczającymi granicę wytrzymałości materiału spawanego. Pęknięcia mogą mieć kształt podłużny, poprzeczny lub promieniowy, zależnie od lokalizacji wady.



Pęknięcia w spoinach: a) podłużne, b) poprzeczne, c) promieniowe.

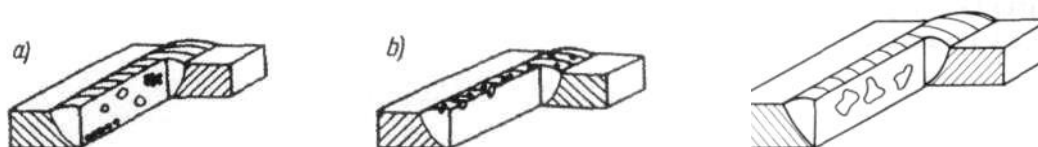
Podtopienia od strony lica i grani

Podtopienia stanowią większe lub mniejsze wgłębienia jedno-lub dwustronne między spoiną a materiałem spawanym. Najczęściej występują przy spawaniu w pozycji pionowej, naściennej i okapowej wskutek nieprawidłowej techniki i parametrów spawania. Tego rodzaju błędy popełniane przy spawaniu prowadzą do osłabienia złącza i narażają na łatwe powstawanie pęknięć, szczególnie przy obciążeniach zmiennych. Przy spawaniu konstrukcji odpowiedzialnych dopuszczalne jest nieznaczne podtopienie, które nie powinno przekraczać 0,5 mm. Jednak dla bezpieczeństwa wymagane jest łagodne przejście między materiałem i spoiną. Przy obciążeniach stałych podtopienia nie mają większego wpływu na trwałość konstrukcji. Podtopienia w złączach pracujących przy obciążeniach zmiennych muszą być zaspawane lub usunięte przez szlifowanie.



Pęcherze i pory gazowe

Pęcherze powstają wskutek rozpuszczania się w ciekłym metalu pewnej ilości gazów, które nie zawsze w porę zdążą się wydostać na zewnątrz spoiny. W przypadku gazów cięższych od powietrza oraz zbyt szybkiego stygnięcia gazy pozostają w spoinie, tworząc w niej pęcherze. Pęcherze wychodzące na powierzchnię spoin nazywamy porami.



Pęcherze i pory w spoinach: a) pęcherze gazowe wewnątrz spoiny, b) pory na zewnątrz spoiny.

Przy spawaniu w osłonie gazów główną przyczyną powstawania pęcherzy gazowych jest najczęściej nieskuteczna osłona gazowa. Inne powody to spawanie materiałów, które mają powierzchnie mokre od rosy, deszczu lub śniegu, zanieczyszczone lakierem, farbą (minią), smarem lub olejem. Substancje te, spalając się w czasie spawania, tworzą dużą ilość ciężkich gazów rozpuszczających się w spoinie i powodują powstawanie pęcherzy gazowych. Dlatego przed spawaniem należy usunąć wszelkie zanieczyszczenia z powierzchni spawanego materiału.

Wtrącenia stałe

Zażużenie zdarza się często podczas spawania i ma charakter osiadania żużla w spoinie w kształcie zwartych gniazd lub w postaci pasmowej (rys.a, b).



Zażużlenie spoiny: a) zwarte, b) pasmowe.

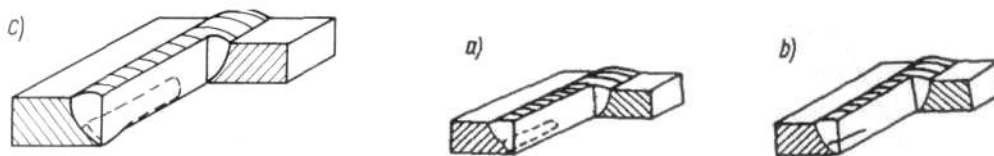
Zażużlenie może występować w dwojakiej postaci, a mianowicie:

- w postaci tlenków lub innych wtrąceń niemetalicznych, które wytworzyły się w czasie spawania i nie wypłynęły z ciekłego metalu na powierzchnię spoiny, albo mocno skorodowanej powierzchni materiału spawanego;
- w postaci cząsteczek żużla powstającego w czasie spawania, szczególnie przy stosowaniu niskiego natężenia prądu.

Przyklejenie

Przyklejenie powstaje przy spawaniu wskutek niepołączenia stapiającego się spoiwa z metalem spawanym.

Przyklejenia są skutkiem stosowania małego natężenia prądu. Mogą także powstawać przy szybkim przesuwaniu uchwyty w czasie spawania. Spoina przyklejona ma małą wytrzymałość i łatwo ulega rozdzieleniu w miejscu przyklejenia. Przyklejenia mogą występować między materiałem a spoiną (brzegowe) lub między poszczególnymi ściegami spoin (międzyściegowe).



Przyklejenia: a) brzegowe, b) międzyściegowe.

Przy spawaniu w osłonach gazowych przyklejenia mogą być spowodowane:

- małym natężeniem prądu,
- dużą prędkością prowadzenia drutu,
- nieprawidłowym pochyleniem uchwyty do elementów spawanych,

Niezgodności spawalnicze dotyczące kształtu i wymiarów:

- podtopienia,
- nalew spoiny od strony lica w spoinie czołowej,
- nadmiar metalu spoiny w licu spoiny pachwinowej,
- wyciek metalu wystający z grani spoiny,
- nadmierna asymetria spoiny pachwinowej,
- niezupełne wypełnienie rowka.

Niezgodności spawalnicze różne:

- ślad zajarzenia,
- rozprysk,
- ślad szlifowania,

11. Kontrola połączeń spawanych

Badania nieniszczące:

- badania wizualne (PN-EN 970),
- badania szczelności,
- badania penetracyjne (wg PN-EN 571-1),
- badania radiograficzne (PN-EN 1435),
- badania ultradźwiękowe,
- badania magnetyczne.

Badania niszczące (PN-EN 1320):

- próba łamania
- próba rozciągania
- próba zginania
- badania metalograficzne
 - makroskopowe
 - mikroskopowe

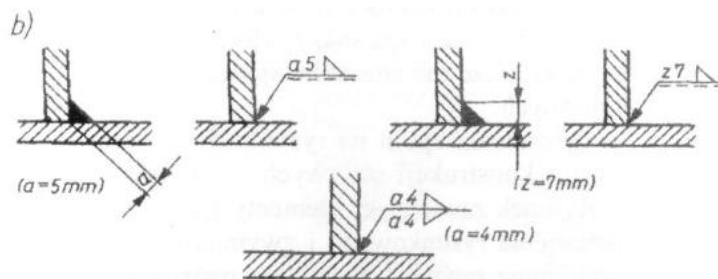
Badania wizualne (PN-EN 970)

Niektóre mniej ważne konstrukcje spawane kontrolowane są przez uprawnionego kontrolera tylko na podstawie badań wizualnych. Zakres tych badań dotyczy głównie określenia wad powierzchniowych widocznych na zewnętrznej stronie spoiny i sprawdzenia, czy jakość i wymiary wykonanych spoin są zgodne z dokumentacją. Pracownik dokonujący kontroli spoin powinien posiadać wymagane kwalifikacje kontrolera, czyli certyfikat kompetencji zgodnie z normą PN-EN 473. Powinien posługiwać się odpowiednią instrukcją opracowaną zgodnie z normą PN-EN 970 - pt. „Badania nieniszczące złączy spawanych - badania wizualne”. Do kontrolowania spoin skąż szkła powiększające (lupy) oraz przymiary metalowe, suwmiarki i spoinomierze, za pomocą których można sprawdzić wymiary spoin. Przyrząd ten został opatentowany i jest zalecany jako przymiar warsztatowy uniwersalny do szybkiego wykonania operacji kontrolno-pomiarowych. Odnacza się prostą konstrukcją i łatwością obsługi.

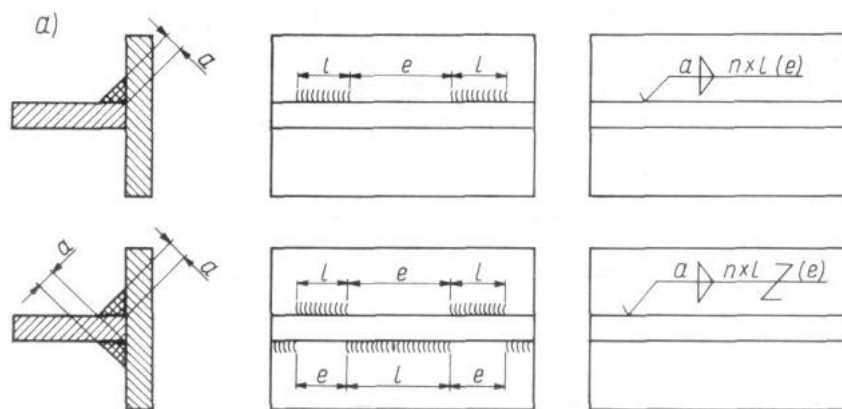
12. Oznakowanie spoin na rysunkach wg PN-EN 22553

Poprawnie wykonany rysunek techniczny jest językiem, jakim porozumiewają się między sobą konstruktor, projektant i wykonawca, który podejmuje się wykonania pracy opisanej w dokumentacji technicznej. Do tego celu niezbędne są znormalizowane znaki umowne i skróty literowo-cyfrowe, zastępujące opisy na rysunkach. Muszą one być jednakowo rozumiane przez konstruktora, mistrza, rzemieślnika i robotnika, w przeciwnym bowiem razie, zamiast ułatwić pracę, prowadziłyby do nieporozumień i wadliwego wykonania przedmiotów.

Sposoby oznaczania spoin na rysunkach technicznych części maszynowych i konstrukcji stalowych są określone w normie PN-EN 22553.



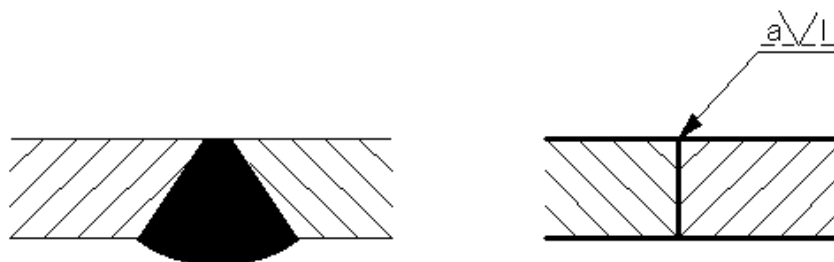
Spoiny pachwinowe jednostronne oznacza się trójkątem umieszczonym nad linią wymiarową (rys. b), a spoiny pachwinowe dwustronne - trójkątem podwójnym wpisanym w linię odniesienia. Do podstawowych znaków spoin czołowych i pachwinowych dochodzą jeszcze znaki uzupełniające, określające kształt lica spoiny oraz spoiny montażowe i obwodowe ze znakami obróbki od strony lica i grani.



Spoina pachwinowa - oznaczanie spoin przerywanych



- Gdy linia identyfikacyjna znajduje się **pod** półką linii odniesienia to grot kończący linię odniesienia wskazuje lico spoiny.

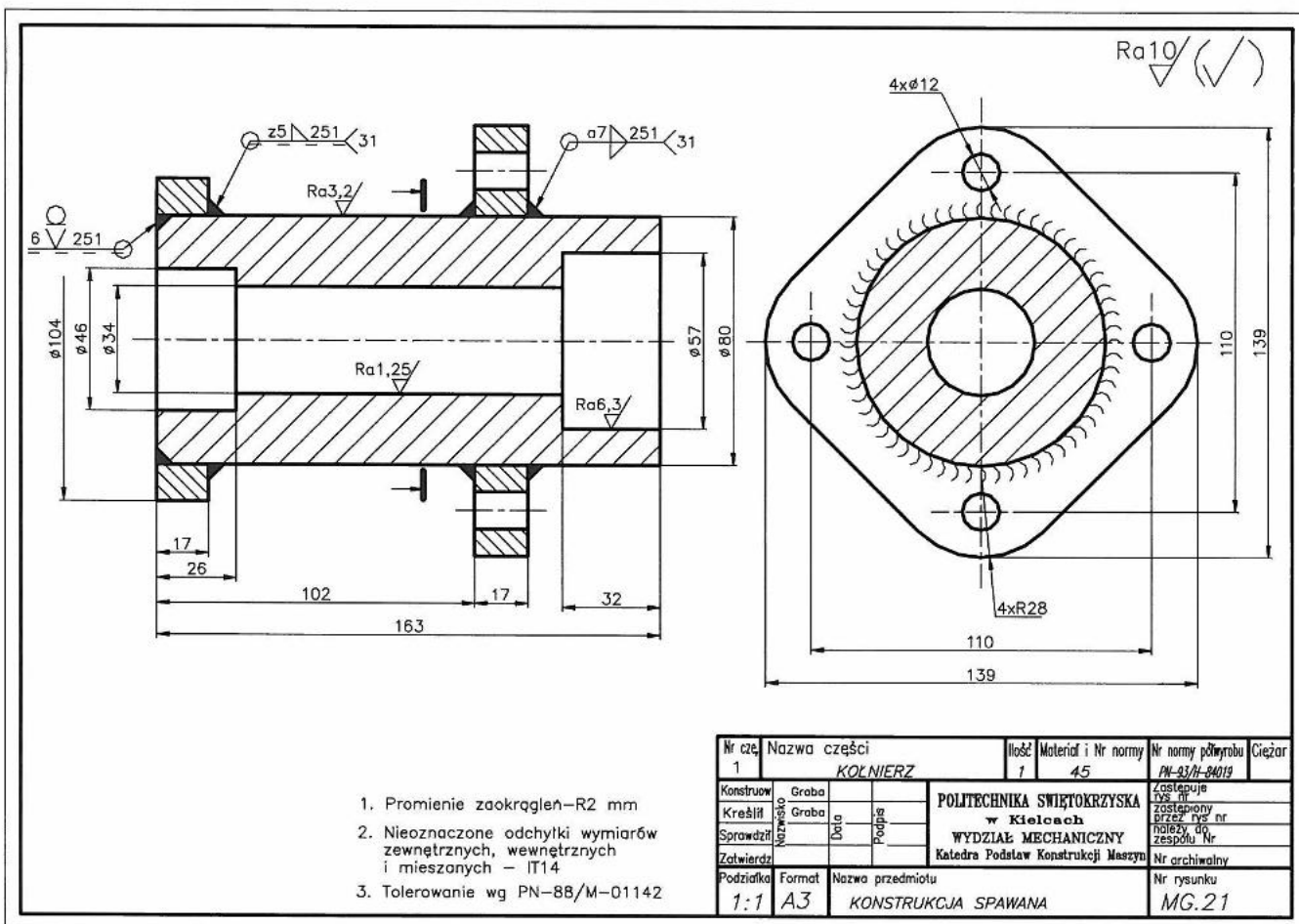


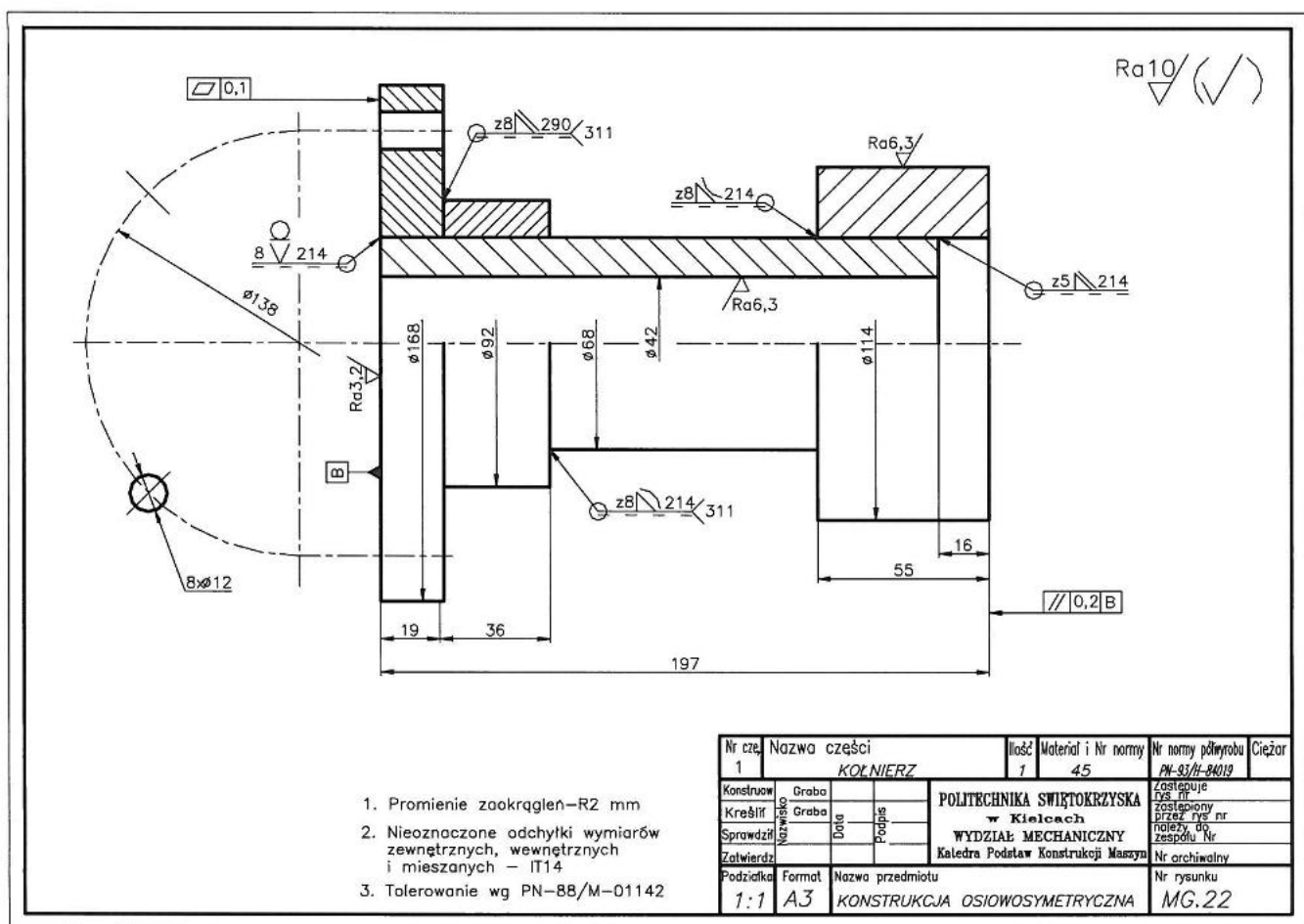
- Gdy linia identyfikacyjna znajduje się **nad** półką linii odniesienia to grot kończący linię odniesienia wskazuje grą spoiny.

Lp.	Rodzaj spoiny lub szwu spawanego	Przedstawienie uproszczone i wymiary	Miejsce wpisywania wymiarów	Objaśnienie
6	Szew spawany pachwinowy (spoina pachwinowa przerywana)		$\frac{a5}{z7} \nabla \frac{n \times l(e)}{n \times l(e)}$	a i z – wg lp. 5 n – liczba odcinków spoin szwu dla każdej strony l – długość odcinków spoin e – odległość między odcinkami spoin Z – znak przestawności odcinków spoin
7	Szew spawany pachwinowy łańcuchowy (spoina pachwinowa przerywana)		$\frac{a5}{a5} \nabla \frac{n \times l(e)}{n \times l(e)}$ $\frac{z7}{z7} \nabla \frac{n \times l(e)}{n \times l(e)}$	
8	Szew spawany pachwinowy przestawny (spoina pachwinowa przerywana przestawna)		$\frac{a5}{z7} \nabla \frac{n \times l(e)}{n \times l(e)}$ $\frac{z7}{z7} \nabla \frac{n \times l(e)}{n \times l(e)}$	
9	Szew spawany otworowy z otworami okrągłymi i podłużnymi		$\frac{d}{c} \square \frac{n \times (t)}{n \times (e)}$	d – średnica otworu lub spoiny w płaszczyźnie styku brzegów łączonych c – szerokość otworu lub spoiny w płaszczyźnie styku brzegów łączonych
10	Szew bezotworowy ze spoinami punktowymi i podłużnymi		$\frac{d}{c} \bigcirc \frac{n \times (t)}{n \times (e)}$	n – liczba spoin lub odcinków spoin l – podziałka szwu spawanego e – odległość między odcinkami spoin

Znaki uzupełniające

Znak	Przykłady zastosowania	Opis znaku
		Kreska prosta, wklęsła lub wypukła nad znakiem spoiny oznacza, że lico spoiny powinno być płaskie, wklęsłe lub wypukłe w stanie surowym.
		Kreska z kółkami nad znakiem spoiny oznacza, że nadlew spoiny należy usunąć równo z powierzchnią części łączonych.
		Kreska z kotwicą nad znakiem spoiny oznacza, że podtopienia i inne karby należy usunąć za pomocą obróbki wiórowej (np. przez szlifowanie), uzyskując łagodne przejście do metalu rodzimego.
		Odcinek koła na dolnej części znaku oznacza, że grań spoiny należy wyciąć, a miejsce wycięte ponownie spawać albo w inny sposób zapewnić pełny przetop; znak ten stosuje się także do spoin dwustronnych.
		Linia odniesienia z chorągiewką na załamaniu oznacza, że spoina powinna być wykonana podczas montażu.
		Linia odniesienia z kółkiem na załamaniu oznacza, że długość l dotyczy wszystkich spoin na obwodzie.





13. Przygotowanie złączy do spawania

Przygotowaniem brzegów złącza nazywa się operację, która polega na ukształtowaniu brzegów łączonych elementów i odpowiednim ich zestawieniu, w sensie szerszym są to skutki tej operacji. Ukosowanie to operacja polegająca na utworzeniu ścianki rowka w płaszczyźnie pod kątem do powierzchni innym niż 90° albo ścianki mającej krzywiznę.

Celem przygotowania brzegów jest zapewnienie uzyskania wymaganego przetopu i ułatwienie spawania, niezbędnych do otrzymania spoiny poprawnej pod względem kształtu i jakości. Główne czynniki, które wpływają na wybór sposobu przygotowania, są następujące:

- proces spawania (źródło ciepła, technika spawania),
- gatunek i grubość materiału spawanego,
- rodzaj złącza,
- dostęp do miejsca ułożenia spoiny i pozycja spawania,
- stopień wymaganego przetopienia,
- ograniczenie odkształceń spawalniczych,
- ilość zużytego spoiwa i materiałów dodatkowych.

Ze względu na możliwość dostępu do spoiny, stosowanie określonych metod i pozycji spawania stosuje się ukosowania jedno- i dwustronne, równokątne i nierównokątne, symetryczne i niesymetryczne. Określen tych używa się również w stosunku do spoin, nazywając je np. symetrycznymi, dwustronnymi.

Rowki większości spoin czołowych mogą być wykonywane bez progu (V, 1/2V, K, 2V) lub z progiem (Y, U, 1/2Y, 2 1/2Y, 2 1/2U) jako spoiny jednostronne z podpawaniem, na podkładce topliwej (pozostającej - M), nietopliwej (usuwalnej - R) lub jako spoiny dwustronne.

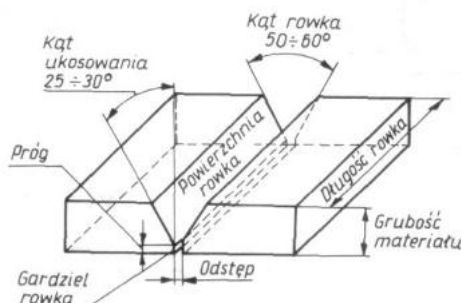
Ukosowanie brzegów bez progu ma następujące zalety: małą pracochłonność i mały koszt przygotowania brzegów, które można zukosować w jednej operacji cięcia tlenowego, plazmowego lub mechanicznie oraz ułatwia - w porównaniu z ukosowaniem z progiem - uzyskanie dobrego wtopienia w przypadku spawania na podkładce. W przypadku spawania na podkładce z progiem, szczególnie gdy odstęp między blachami jest mały, w gardzieli rowka mogą powstać pory i brak wtopienia w podkładkę topliwą. Dlatego nie zaleca się ukosowania z progiem w złączach z podkładką zarówno topliwą, jak i nietopliwą.

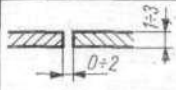
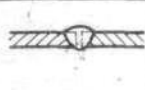
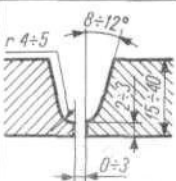
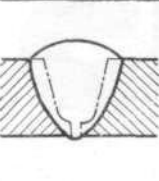
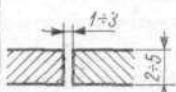
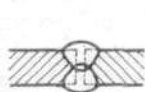
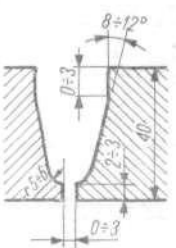
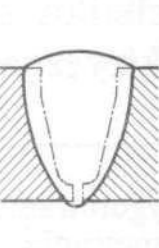
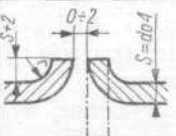
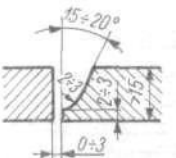
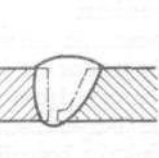
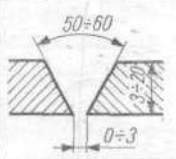
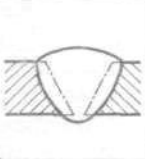
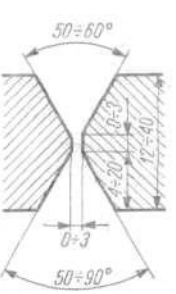
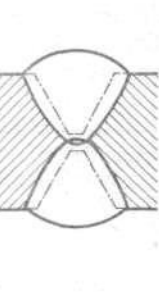
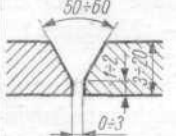
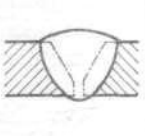
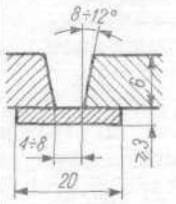
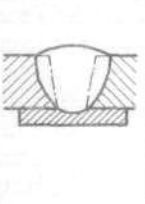
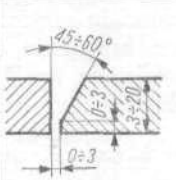
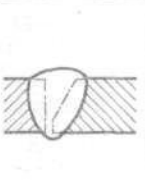
Ukosowanie bez progu sprawia, że ostre krawędzie ścianek nie są stabilnym oparciem dla dynamicznie przepływającego stopiwa, co utrudnia pracę spawaczowi. Jeżeli odstęp i kąt rowka są zbyt małe, to nie uzyska się wymaganego przetopienia, a pod warstwą graniową pozostanie żużel. Nadmierny rozstaw spowoduje przepalenie łączonych brzegów oraz nawisy w grani.

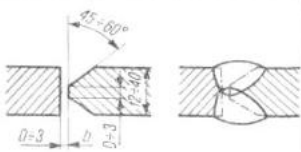
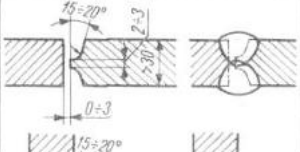
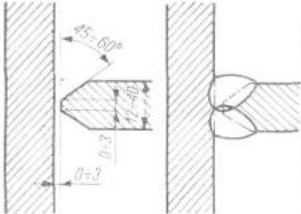
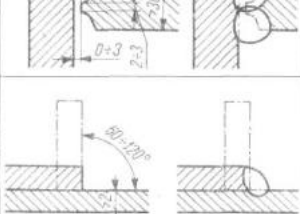
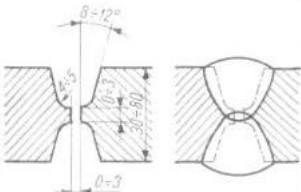
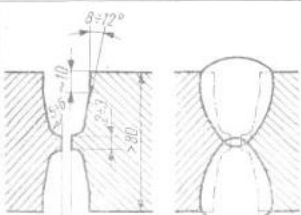
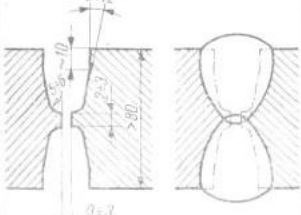
Należy zachować właściwe proporcje między wysokością progu, kątem rowka oraz odstępem. Obowiązuje tu zasada, że przy wysokim progu należy zwiększyć odstęp i odwrotnie. Również jeśli kąt rowka (ukosowania) jest mały, należy zachować zwiększony odstęp, gdyż brak swobodnego dostępu do gardzieli rowka spowoduje brak przetopu. Zbyt duży kąt rozwarcia rowka jest przyczyną dużych odkształceń kątowych. Współzależność między tymi wielkościami jest istotna, gdy nie ma dostępu do grani spoiny, np. w przypadku spawania rur o niewielkiej średnicy. Jeżeli istnieje dostęp do grani, należy wyraźnie zalecić jej usunięcie przez żłobienie i/lub szlifowanie, a następnie wykonanie podpawania. W takich przypadkach dbałość o jakość warstwy graniowej (przetopu) nie jest sprawą pierwszoplanową.

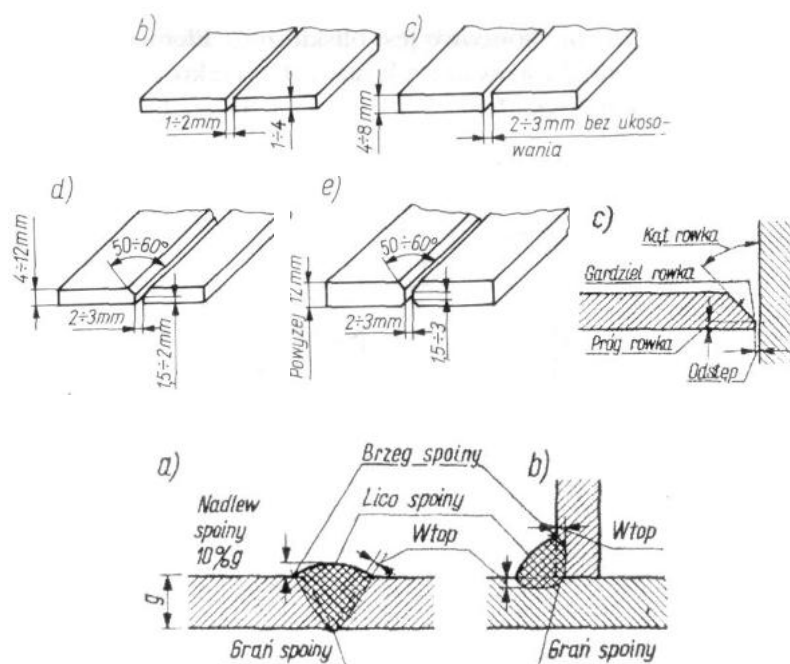
Samo podpawanie bez usunięcia części graniowej spoiny nie gwarantuje wyeliminowania braku przetopu lub innych niezgodności. Usuwanie grani nie zawsze jest wymagane przy podpawaniu łukiem krytym, które zazwyczaj charakteryzuje się głębokim wtopieniem. Spawanie tą metodą szczególnie nadaje się do wykonywania złączy dwustronnych z wysokim progiem, który jest przetapiany często bez konieczności żłobienia. Blachy grube zaleca się ukosować dwustronnie.

Przygotowanie brzegów do spawania elementów stalowych dla najczęściej stosowanych w praktyce metod: 111,131,135,141,311 zawiera norma PN-EN ISO 9692-1:2008.



lp.	Nazwa spoiny	Przekrój złącza przed i po spawaniu		lp.	Nazwa spoiny	Przekrój złącza przed i po spawaniu	
		1	2			1	2
1	Spoina I (jednostronna)			8	Spoina U		
2	Spoina I (dwustronna)			9	Spoina U zwężona		
3	Spoina I (grzbietowa)			10	Spoina J		
4	Spoina V			11	Spoina X		
5	Spoina Y						
6	Spoina Y z podkładką						
7	Spoina $\frac{1}{2}$ lub $\frac{1}{2}$ Y						

Lp.	Nazwa spoiny	Przekrój złącza przed i po spawaniu		Lp.	Nazwa spoiny	Przekrój złącza przed i po spawaniu	
1	2	3		1	2	3	
12	Spoina K			15	Spoina 2J		
							
13	Spoina 2U			16	Spoina L (pachwinowa w złączu kątowym, zakładkowym lub narożnym)		
							
14	Spoina 2U zwięźiona			17	Spoina L (pachwinowa w złączu narożnym)		
							
18	Spoina O (otworowa bez ukosowania)			19	Spoina O (otworowa z ukosowaniem)		
							



14. Dopuszczenie do egzaminu końcowego

Do egzaminu końcowego mogą być dopuszczeni uczestnicy szkolenia, którzy przeszli cykl szkolenia teoretycznego i praktycznego i wzięli udział co najmniej w 90% zajęć szkolenia teoretycznego i praktycznego. Jeśli umiejętności praktyczne lub wiedza uczestnika szkolenia nie wskazują na możliwość pomyślnego zdania egzaminu końcowego, może on nie zostać dopuszczony do egzaminu końcowego. Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest pomyślne zaliczenie wszystkich ćwiczeń przewidzianych programem kursu.

Egzamin teoretyczny

Egzamin końcowy z teorii ma na celu sprawdzenie wiedzy uczestnika szkolenia. Zakres wymaganej wiedzy ujęty jest np. w załączniku normy PN-EN ISO 9606-1:2014. Sprawdzenia wiedzy uczestników szkolenia można dokonać poprzez egzamin pisemny, ustny lub testowy.

Ze względów merytorycznych i organizacyjnych zaleca się przeprowadzenie testowego egzaminu teoretycznego obejmującego pytania z całego zakresu szkolenia. Wyniki pisemnego lub ustnego egzaminu teoretycznego ocenia komisja egzaminacyjna. Egzamin taki można uznać za zdany, jeśli egzaminowany uzyska ocenę co najmniej mierną w sześciostopniowej skali ocen.¹

Część teoretyczną testowego egzaminu końcowego można uznać za zdaną, jeśli egzaminowany odpowiedział prawidłowo na co najmniej 60% zadanych mu pytań.

Zasady oznaczania egzaminów spawaczy po kursach spawania.

Przyjęte przez Instytut Spawalnictwa zasady oznaczania egzaminów spawaczy po kursach spawania ujęte są w poniższej tabelce. Oznaczenia egzaminu wpisywane są do Książki Spawacza, którą otrzymuje spawacz po ukończeniu pierwszego podstawowego kursu spawania. Książka Spawacza ważna jest przez całe zawodowe życie jej właściciela i nie podlega weryfikacji (odnowieniu).

Przyjęte skróty „P” i „T” pochodzą z języka angielskiego, jak zresztą wszystkie skróty stosowane w spawalnictwie.

Rodzaj egzaminu		Oznaczenie
Podstawowy egzamin spawacza		IS - ① - ②
Ponadpodstawowy egzamin spawacza	blach	IS - P - ① - ②
	rur	IS - T - ① - ②

IS - egzamin według Wytycznych Instytutu W-05/IS-17; © - grupa materiałowa według PN-CR ISO 15608; © - numer procesu spawania wg PN-EN ISO 4063; P - blachy i kształtowniki; T –rury

Przykłady:

IS - 1.2 - 135 (podstawowy egzamin spawacza metodą MAG);

IS - T - 1.2 - 141 (ponadpodstawowy egzamin spawacza rur metodą TIG)

Zasady wykonywania złączy egzaminacyjnych

Część praktyczna egzaminu końcowego przewiduje wykonanie przez kursanta zestawu egzaminacyjnych złączy spawanych. Przygotowanie złączy egzaminacyjnych powinno odbywać się pod nadzorem instruktora szkolenia praktycznego, który odpowiednio oznacza każde złącze.

Komisja egzaminacyjna może przyjąć do oceny tylko oznakowane złącza egzaminacyjne. Podczas wykonywania złączy powinny być uwzględnione następujące wymagania:

- wykonanie złącza egzaminacyjnego może się odbywać tylko pod nadzorem komisji egzaminacyjnej;
- czas spawania złącza egzaminacyjnego powinien odpowiadać czasowi spawania występującemu w typowych warunkach spawania;
- w zaznaczonym miejscu złącza, w warstwie graniowej i warstwie licowej, spawacz powinien raz przerwać spawanie i ponownie je rozpocząć;
- spawacz ma prawo w złączy egzaminacyjnym usuwać zauważone niezgodności np. przeszlifowanie. Zabrania się jednak usuwania niezgodności z powierzchni spoin po zakończeniu spawania.

Badania złączy egzaminacyjnych

Wykonane złącza egzaminacyjne podlegają ocenie przez komisję egzaminacyjną na podstawie badań nieniszczących i badań niszczących. Badania złączy egzaminacyjnych przewidziane normą europejską międzynarodową przedstawia tablica

Metody badań	Spoiny czołowe blach lub rur	Spoiny pachwinowe
Badania wizualne wg EN 970	obowiązkowe	obowiązkowe
Badania radiograficzne wg EN 1435	obowiązkowe ^{1) 2) 4)}	nieobowiązkowe
Próby zginania wg EN 910	obowiązkowe	nie stosuje się
Próby łamania wg EN 1320	obowiązkowe	obowiązkowe ³⁾
¹⁾ Przeprowadzić badania radiograficzne lub zamiennie próby łamania lub próby zginania; ²⁾ Jeśli stosowane są badania radiograficzne, dla metod spawania 131, 135, 136 (druć proszkowy metaliczny) i 311 wykonać dodatkowo próby łamania lub zginania; ³⁾ Próby łamania mogą być zastąpione zglądami metalograficznymi (makro), minimum 2 zglądy; ⁴⁾ Dla stali ferrytycznych o grubości ≥ 8 mm badania radiograficzne można zastąpić badaniami ultradźwiękowymi.		

Badanie złączy egzaminacyjnych

Kryteria oceny złączy egzaminacyjnych

Złącza egzaminacyjne powinny być wykonane w poziomie jakości B według PN-EN ISO 5817 i PN-EN 30042 za wyjątkiem niezgodności:

- nadmierny nadlew spoiny czołowej,
- nadmierny nadlew spoiny pachwinowej,
- nadmierna grubość spoiny pachwinowej,
- wyciek w grani spoiny,

dla których dopuszcza się poziom jakości C.

Pierwsze kwalifikacje

Okres ważności uprawnień spawacza rozpoczyna się z dniem wykonania spawania złączy egzaminacyjnych, pod warunkiem wymagane badania zostały przeprowadzone, a uzyskane wyniki są akceptowalne. Świadectwo powinno być potwierdzone co 6 miesięcy, w innym przypadku świadectwo jest nieważne.

Ważność świadectwa egzaminu spawacza może być przedłużona jak ustalono w punkcie 9.3 PN-EN ISO 9606-1.

Potwierdzenie ważności

Kwalifikacje spawacza dla danego procesu spawania powinny być co 6 miesięcy potwierdzone przez personel nadzoru spawalniczego lub przez egzaminatora/jednostkę egzaminującą. Należy potwierdzić, że spawacz spawał w zakresie swoich kwalifikacji i przez to kwalifikacja przedłużona zostaje na dalszy okres 6 miesięcy

Przedłużanie kwalifikacji spawacza

Przedłużenia powinien dokonać egzaminator/ jednostka egzaminacyjna.

Umiejętność spawacza powinna być regularnie weryfikowana wg jednej z następujących metod.

a) Spawacz powinien powtarzać egzamin co 3 lata.

b) co dwa lata dwie spoiny wykonywane w ciągu ostatnich 6 miesięcy okresu ważności powinny być zbadane radiograficznie lub ultradźwiękowo albo przez badanie niszczące i powinny być udokumentowane. Spoiny powinny spełniać warunki dotyczące poziomów jakości dla niezgodności, które ustalone zostały w rozdziale 7 normy. Takie badania przedłużają kwalifikacje spawacza na dalsze dwa lata.

Spis treści:

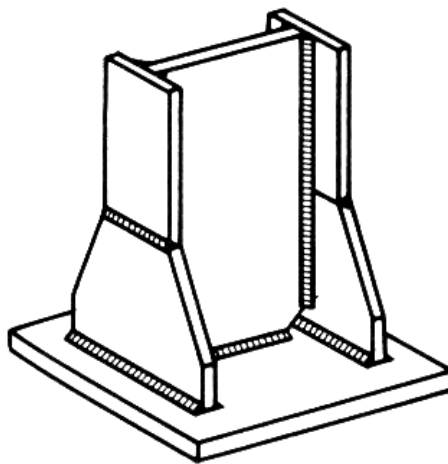
1. Zastosowanie metody TIG.
2. Zajarzenie łuku
3. Charakterystyka cieplna łuku spawalniczego
4. Urządzenia do spawania
5. Uchwyty do spawania
6. Przepisy bhp i przeciwpożarowe
7. Materiały dodatkowe do spawania
8. Reduktory
9. Złącze pachwinowe FW (**Fillet Weld**)
10. Klasyfikacja niezgodności spawalniczych.
11. Kontrola połączeń spawanych.
12. Oznakowanie spoin na rysunkach wg PN-EN 22553.
13. Przygotowanie złączy do spawania.
14. Dopuszczenie do egzaminu końcowego.

8. Rysowanie połączeń nierozłącznych □ połączenia spawane

8.1. Wiadomości wstępne

Spawanie jest procesem trwałego łączenia metalowych elementów, które wykonane są z tych samych lub podobnych materiałów. Proces ten polega na miejscowym nadtopieniu łączonych części. Miejsce bezpośredniego połączenia obu łączonych elementów nazywa się **spoiną**. Często zdarza się tak, że proces spawania wymaga użycia dodatkowego materiału, który określa się mianem **spoiwa**. Źródłem ciepła, jakie jest niezbędne do przeprowadzenia procesu spawania, tj. miejscowego stopienia łączonych części może być płomień gazowy lub łuk elektryczny. W zależności od zastosowanego źródła ciepła można mówić o **spawaniu gazowym** lub **spawaniu łukowym**.

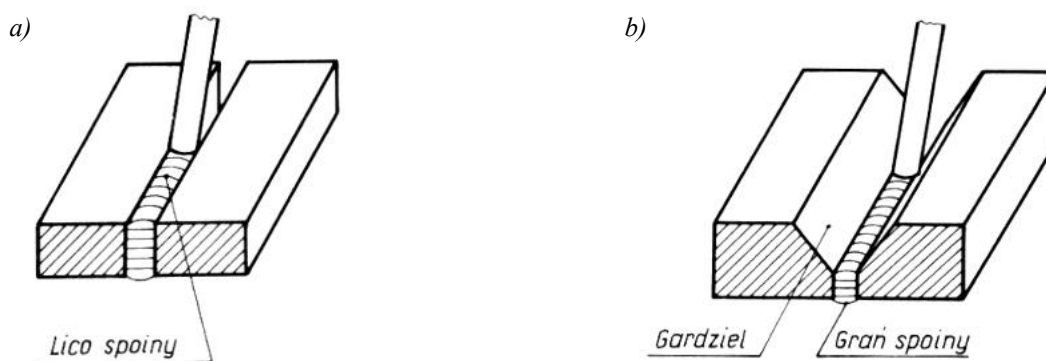
Efektem połączenia dwóch lub więcej elementów w procesie spawania jest powstanie **złącza spawanego** (połączenia spawanego), które coraz częściej określa się mianem **konstrukcji spawanej**. Przykład konstrukcji spawanej przedstawia rysunek 8.1.



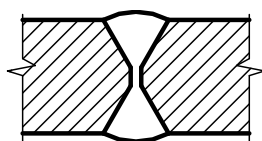
Rys. 8.1. Konstrukcja spawana [1, 2].

Próba odwzorowania konstrukcji i złącza spawanego na rysunku technicznym wymaga znajomości terminów i zasad z zakresu spawalnictwa. Najczęściej w literaturze oraz dokumentacji technicznej spotyka się następujące wyrażenia:

- **lico spoiny** □ zewnętrzna powierzchnia spoiny od strony jej układania (rys. 8.2a),
- **granie spoiny** □ przeciwległa lico zewnętrzna powierzchnia ściegu przetapiającego gardziel rowka spawalniczego, występująca w spoinach wykonywanych jednostronnie (rys. 8.2b),
- **szew spawany ciągły** □ spoina ułożona na całej długości złącza,
- **szew spawany przerywany** □ spoina ułożona z regularnymi odstępami,
- **spoina symetryczna** □ spoina mająca w przekroju poprzecznym taki sam kształt od strony lica i grani (rys. 8.3).



Rys. 8.2. Przedstawienie: a) lica spoiny; b) grani spoiny [2, 7, 14].



Rys. 8.3. Przykład spoiny symetrycznej.

8.2. Rodzaje spoin

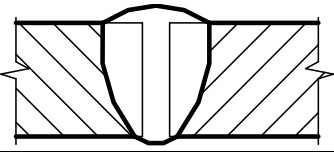
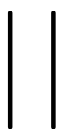
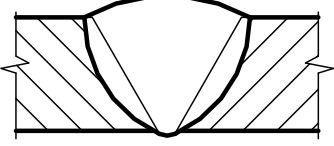
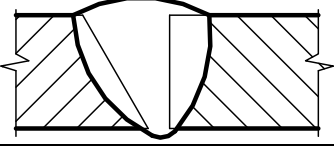
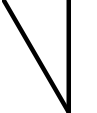
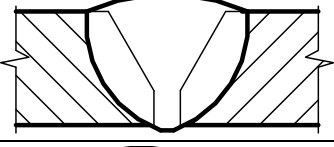
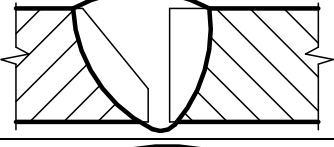
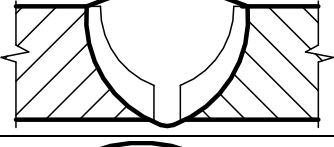
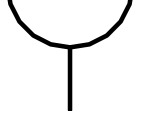
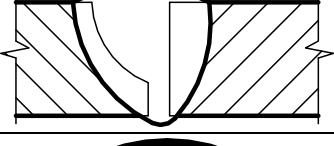
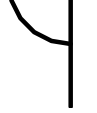
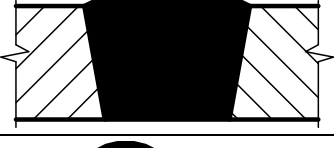
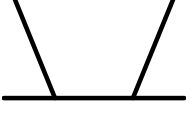
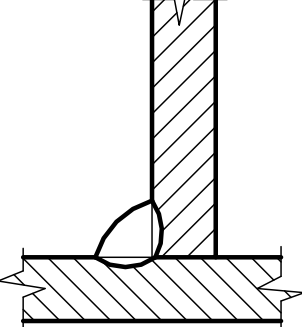
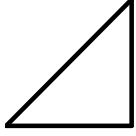
Rodzaje spoin ściśle związane są z ich kształtem oraz wyglądem. Dotyczy to zarówno wyglądu zewnętrznego, jak i widoku w przekroju. Przykładowe rodzaje spoin, złącz, ich kształty, nazwy oraz znaki umowne zamieszczono w tabeli 8.1. Linia cienka na rysunku kształtu spoiny przedstawia stan brzegów przed wykonaniem operacji spawania, a więc prezentuje sposób przygotowania brzegów elementów łączonych do spawania.

Tabela 8.1.

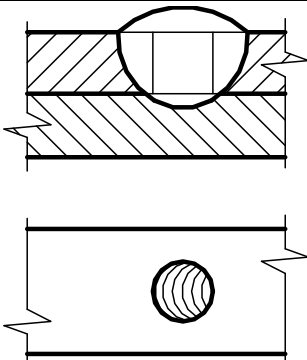
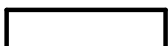
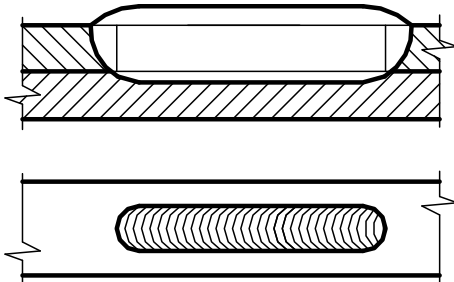
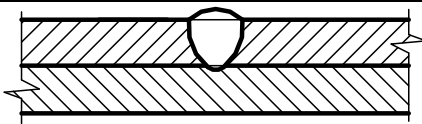
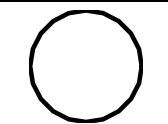
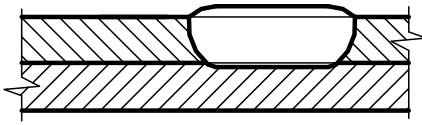
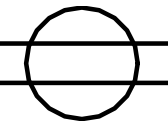
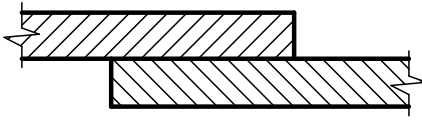
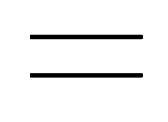
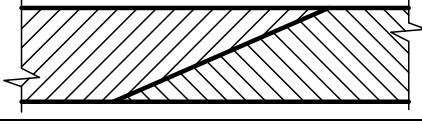
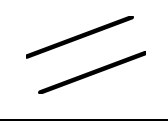
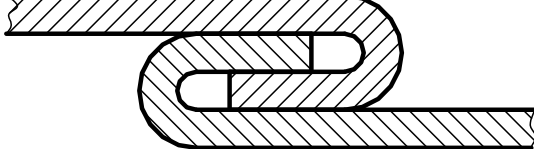
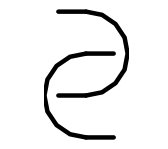
Rodzaje spoin i złącz oraz ich umowne znaki

Lp.	Nazwa spoiny	Kształt spoiny	Znak umowny
1	2	3	4
1.	Spoina brzeżna z krawędziami podwiniętymi, przetopionymi całkowicie		
2.	Spoina brzeżna z krawędziami podwiniętymi, przetopionymi częściowo		
3.	Spoina grzbietowa		

c.d. tabeli 8.1

1	2	3	4
4.	Spoina typu I		
5.	Spoina typu V		
6.	Spoina typu ½ V		
7.	Spoina typu Y		
8.	Spoina typu ½ Y		
9.	Spoina typu U		
10.	Spoina typu ½ U		
11.	Spoina typu V o stromych brzegach		
12.	Spoina typu ½ V ze stromym brzegiem		
13.	Spoina pachwinowa		

c.d. tabeli 8.1

1	2		3	4
14.	Spoina otworowa okrągła			
15.	Spoina otworowa podłużna			
16.	Spoina bezotworowa punktowa			
17.	Spoina bezotworowa liniowa			
18.	Powierzchnia napawana			
19.	Rodzaje złączy	Złącze doczołowe		
20.		Złącze doczołowe ukośne		
21.		Złącze zawijane		

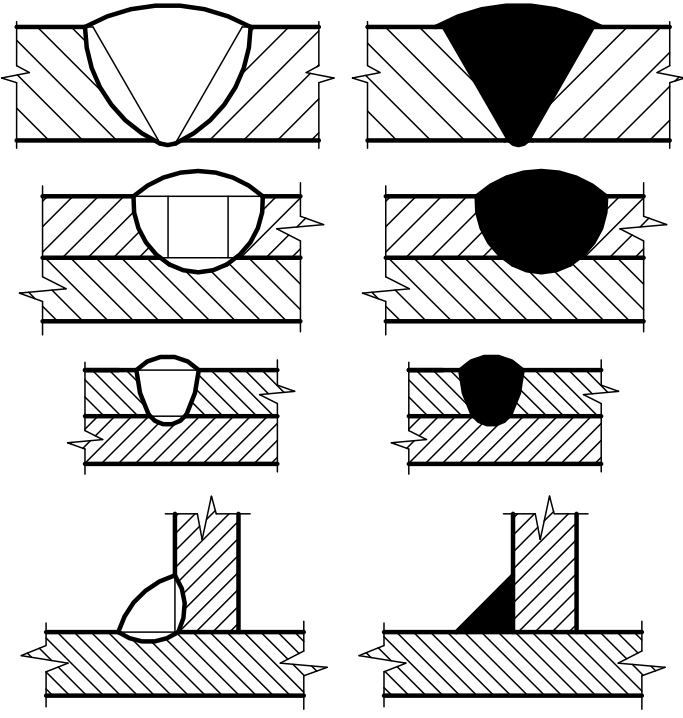
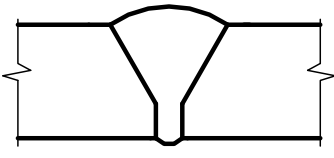
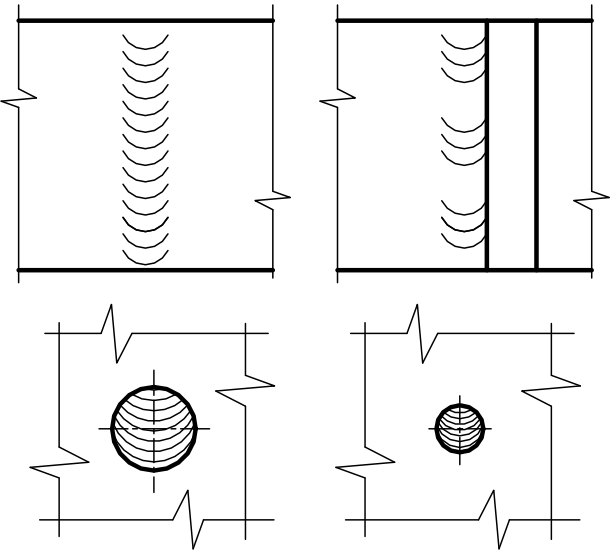
W przypadku spoin typu $\frac{1}{2} V$, $\frac{1}{2} U$ lub $\frac{1}{2} Y$ można mówić o spoinie lewo- lub prawostronnej.

8.3. Zasady rysowania spoin

Zgodnie z Polską Normą połączenia spawane, podobnie jak połączenia rozłączne gwintowe, można przedstawiać w sposób uproszczony lub umowny. Przykłady uproszczonego i umownego przedstawiania spoin zaprezentowano w tabelach 8.2 i 8.3 oraz na przykładowych rysunkach.

Tabela 8.2.

Uprozczone przedstawianie połączeń spawanych

Rodzaj rzutu	Sposób przedstawienia połączenia spawanego	Komentarz
1	2	3
Przekrój poprzeczny		Zarys spoiny rysuje się linią ciągłą grubą, a krawędzie brzegów łączonych elementów linią ciągłą cienką w obszarze zarysu spoiny. Dopuszcza się zaczernienie przekroju spoin bezotworowych i w obszarze rowka lub otworu dla przypadku pominięcia linii zarysu wtopienia.
Widok z przodu		Lico spoiny i zarys brzegów łączonych elementów rysuje się linią ciągłą grubą.
Widok z góry od strony lica		Lico spoiny rysuje się w postaci łuków liniami ciągłymi cienkimi. Należy pamiętać o zaznaczaniu kształtu spoin otworowych linią ciągłą grubą, a w przypadku spoin bezotworowych linią ciągłą cienką. Ponadto należy zwrócić uwagę na kształt spoin otworowych z otworami ukosowanymi, który powinien odpowiadać kształtowi otworów w płaszczyźnie styku części łączonych.

c.d. tabeli 8.2

1	2	3
Widok z dołu od strony grani (tj. przeciwnej do strony lica)		Grąń spoiny rysuje się linią ciągłą grubą, a niewidoczne lico liniami kreskowymi cienkimi w postaci łuków. Kształt spoin otworowych i bezotworowych zaznacza się liniami kreskowymi cienkimi.

Tabela 8.3.

Umowne przedstawianie połączeń spawanych □ przykłady

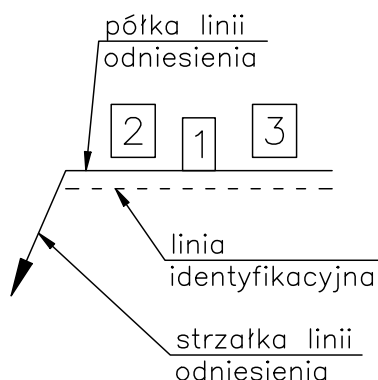
Lp.	Rodzaj połączenia spawanego	Przedstawienie połączenia spawanego
1.	Spoina: brzeżna, czołowa, pachwinowa, grzbietowa	
2.	Spoina bezotworowa liniowa	
3.	Spoiny różne i szwy spawane	

8.4. Wymiarowanie spoin i złącz spawanych

Spoiny i złącza spawane na rysunkach wykonawczych i złożeniowych należy wymiarować według *uproszczonego schematu*, prezentowanego w Polskiej Normie, który opiera się na szeregu umownych elementach graficznych. Uproszczoną budowę oznaczenia połączenia spawanego zobrazowano na rysunku 8.4.

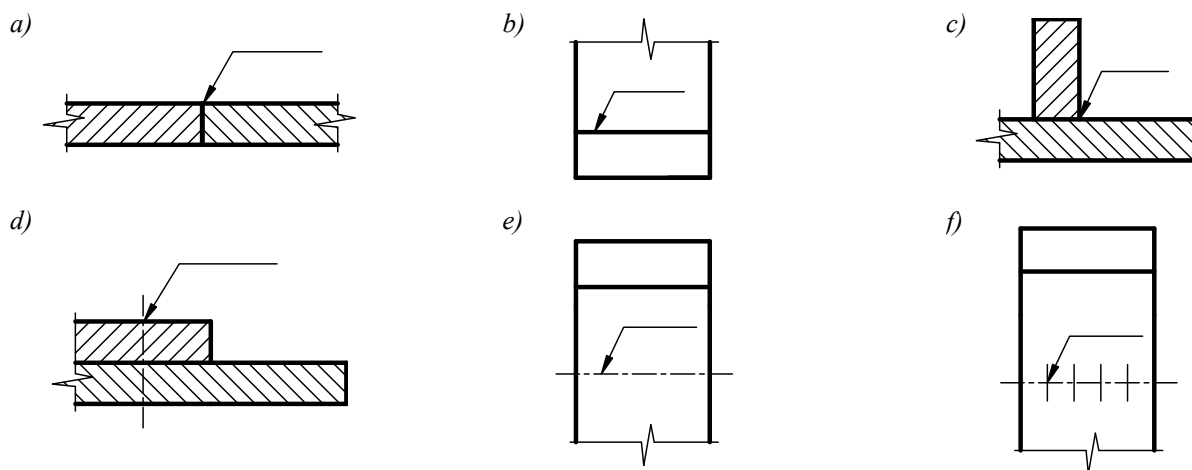
W **uproszczonym oznaczeniu połączenia spawanego** wyróżnić można:

- ★ półkę linii odniesienia,
- ★ strzałkę linii odniesienia,
- ★ linię identyfikacyjną,
- ★ umowny znak spoiny oznaczony cyfrą 1,
- ★ charakterystyczne wymiary przekroju poprzecznego, oznaczone cyfrą 2,
- ★ charakterystyczne wymiary przekroju wzdłużnego, oznaczone cyfrą 3.



Rys. 8.4. Uproszczona budowa oznaczenia połączenia spawanego.

Linia odniesienia to linia cienka ciąga załamana, zakończona strzałką, zwaną **strzałką linii odniesienia**. Strzałkę tę doprowadza się do rzutu złącza w taki sposób, aby nie powodowało to zaciemnienia rysunku i zmniejszenia jego czytelności. Przykładowe położenie linii odniesienia pokazane jest na rysunku 8.5.



Rys. 8.5. Przykładowe położenie strzałki i półki linii odniesienia.

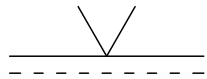
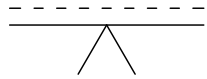
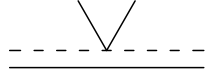
W przypadku spoin $\frac{1}{2}$ V, $\frac{1}{2}$ Y oraz $\frac{1}{2}$ U strzałka linii odniesienia powinna wskazywać brzeg zukosowny. Długość linii odniesienia powinna zapewnić konstruktorowi możliwość czytelnego i poprawnego zapisania wszystkich niezbędnych informacji, dotyczących spoiny lub złącza spawanego. **Półki linii odniesienia** należy rysować równoległe do dolnego brzegu arkusza rysunkowego.

Występująca w oznaczeniu połączenia spawanego **linia identyfikacyjna** jest linią cienką kreskową, którą rysuje się pod lub nad linią odniesienia. Położenie linii identyfikacyjnej zależy od tego, czy spoinę oznacza się po

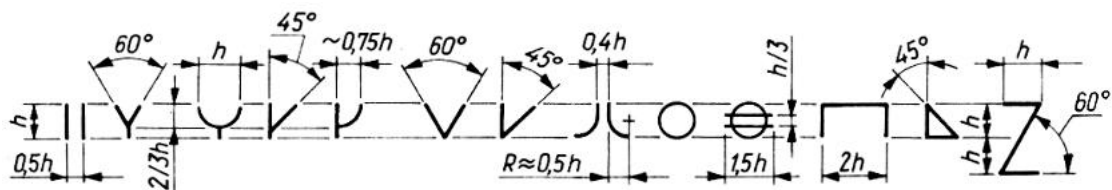
stronie lica, czy po stronie grani. Wpływ na jej położenie ma także ustawienie umownego znaku spoiny. W przypadku oznaczania spoin symetrycznych linią identyfikacyjną należy pominąć. Zasady oznaczania spoin z linią identyfikacyjną i umownymi znakami spoin przedstawiono w tabeli 8.4. Punkty 1 i 4 występujące w tej tabeli zalecane są przez Polską Normę i traktuje się je jako uprzywilejowane.

Tabela 8.4.

Zasady oznaczania spoin z linią identyfikacyjną i umownymi znakami spoin

Lp.	Opis	Przedstawienie graficzne
1.	Jeżeli spoinę oznacza się po stronie lica, to znak umowny spoiny pisze się na linii odniesienia i stawia się go w położeniu normalnym.	
2.	Jeżeli spoinę oznacza się po stronie lica, to znak umowny spoiny pisze się na linii odniesienia i stawia się go w położeniu odwróconym.	
3.	Jeżeli spoinę oznacza się po stronie grani, to znak umowny spoiny pisze się na linii identyfikacyjnej i stawia się go w położeniu normalnym.	
4.	Jeżeli spoinę oznacza się po stronie grani, to znak umowny spoiny pisze się na linii identyfikacyjnej i stawia się go w położeniu odwróconym.	

Umowny znak spoiny pisze się na linii odniesienia w miejscu oznaczonym na rysunku 8.4 cyfrą 1, zachowując jednak formę graficzną znaku zdefiniowaną w Polskiej Normie (rys. 8.6).

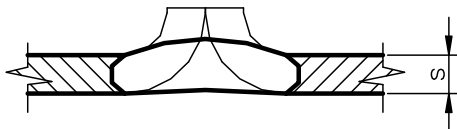
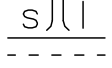


Rys. 8.6. Forma graficzna umownych znaków spoin zalecane przez Polską Normę: h – wysokość pisma przyjętego na rysunku [1, 2, 7, 23].

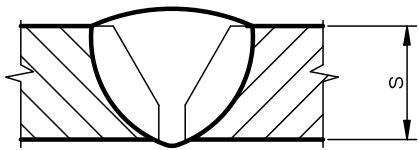
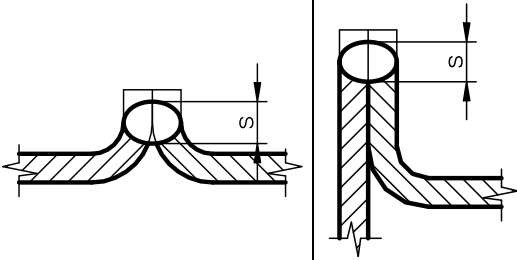
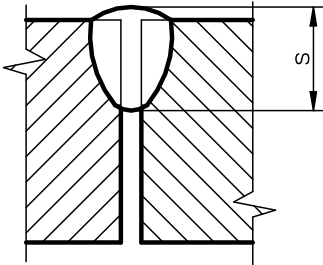
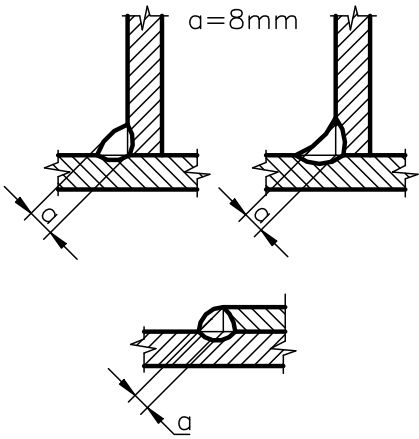
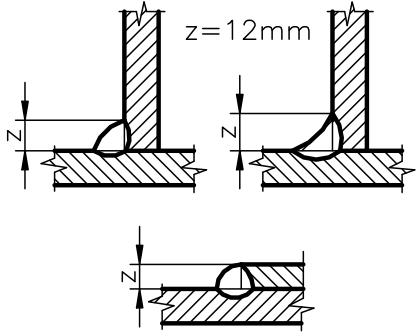
Charakterystyczne wymiary przekroju poprzecznego umieszcza się przed znakiem umownym spoiny, z jego lewej strony, w miejscu oznaczonym cyfrą 2. Natomiast charakterystyczne wymiary przekroju wzdłużnego spoin i szwów spawanych umieszcza się za umownym znakiem spoiny, z jego prawej strony, w miejscu oznaczonym cyfrą 3. W tabeli 5 podane są przykładowe sposoby wymiarowania spoin.

Tabela 8.5.

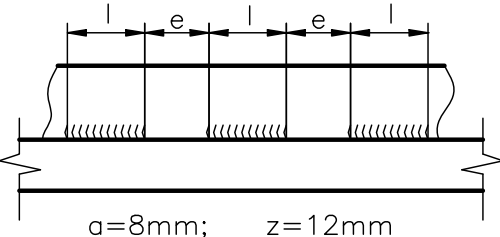
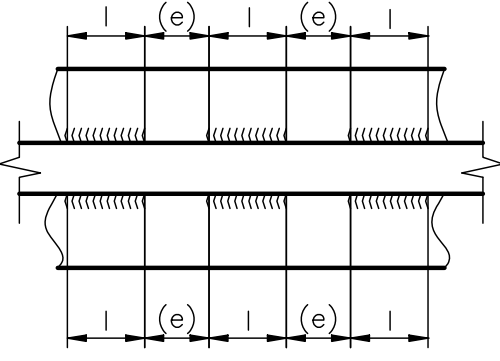
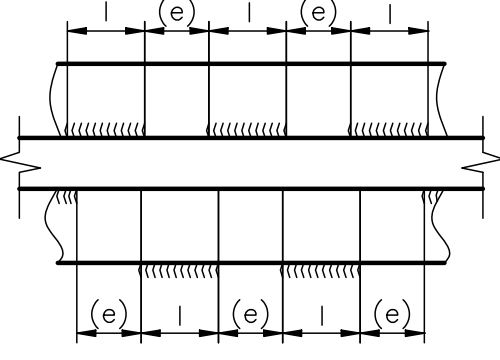
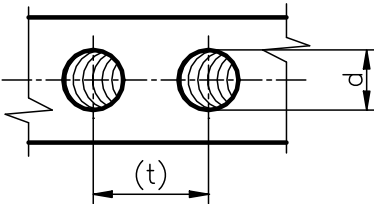
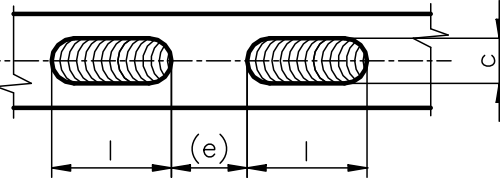
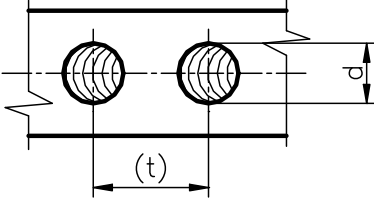
Przykładowe sposoby podawania wymiarów połączeń spawanych

Lp.	Rodzaj spoiny lub szwu spawanego	Wymiary	Miejsce wpisywania wymiarów w oznaczeniu	Objaśnienie
1	2	3	4	5
1.	Spoina brzeżna z krawędziami podwiniętymi, przetopionymi całkowicie			Grubość nominalna spoiny s jest równa grubości brzegów złącza lub grubości cieńszego brzegu złącza.

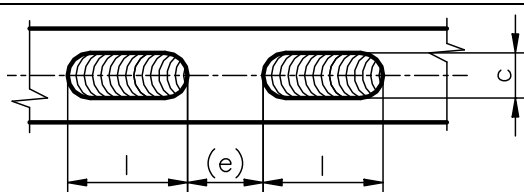
c.d. tabeli 8.5

1	2	3	4	5
2.	Spoiny czołowe		$\frac{s \nabla I}{- - -}$	Grubość nominalna spoiny s jest równa grubości brzegów złącza lub grubości cieńszego brzegu złącza. Długość nominalna spoiny l jest równa długości złącza spawanego.
3.	Spoina brzeżna z krawędziami przetopionymi częściowo lub spoina grzbietowa		$\frac{s I}{- - -}$	Grubość nominalna spoiny s jest równa odległości od zewnętrznej powierzchni spoiny do granicy wtopienia. Natomiast długość spoiny l jest równa długości złącza spawanego.
4.	Spoina typu I niepełna		$\frac{s I}{- - -}$	Grubość nominalna spoiny s jest równa odległości od powierzchni brzegów złącza spawanego do granicy wtopienia. Natomiast długość nominalna spoiny l jest równa długości złącza spawanego.
5.	Spoina pachwinowa o licu płaskim, wypukłym lub wklęsłym		$\frac{a 8 \nabla I}{- - -}$	Wymiar poprzeczny spoiny pachwinowej poprzedzony literą a jest wysokością a względem przeciwprostokątnej trójkąta prostokątnego równoramiennego, który wpisuje się w przekrój spoiny. W zasadzie jest to grubość spoiny pachwinowej według oznaczeń w starej PN. Natomiast długość nominalna spoiny l jest równa długości złącza spawanego.
6.			$\frac{z 12 \nabla I}{- - -}$	Wymiar poprzeczny spoiny pachwinowej poprzedzony literą z jest przyprostokątną z trójkąta równoramiennego wpisanego w przekrój spoiny. Długość nominalna spoiny l jest równa długości złącza spawanego.

c.d. tabeli 8.5

1	2	3	4	5
7.	Szew spawany pachwinowy □ spoina pachwinowa przerywana	 $a=8\text{mm}; \quad z=12\text{mm}$	$\frac{a8 \nabla nxl(e)}{z12 \nabla nxl(e)}$	Oznaczenie wielkości a oraz z zgodnie z punktami 5 i 6 zamieszczonymi powyżej. Pozostałe oznaczenia zgodnie z PN: n □ liczba odcinków spoin szwu dla każdej strony, l □ długość odcinków spoin, e □ odległość między odcinkami spoin, z □ znak przestawności odcinków spoin, d □ średnica otworu lub spoiny w płaszczyźnie styku brzegów łączonych elementów, t □ podziałka szwu spawanego.
8.	Szew spawany pachwinowy łańcuchowy □ spoina pachwinowa przerywana symetryczna	 $a=8\text{mm}; \quad z=12\text{mm}$	$\frac{a8 \triangleright nxl(e)}{a8 \triangleright nxl(e)}$ $\frac{z12 \triangleright nxl(e)}{z12 \triangleright nxl(e)}$	
9.	Szew spawany pachwinowy przestawny □ spoina pachwinowa przerywana przestawna	 $a=8\text{mm}; \quad z=12\text{mm}$	$\frac{a8 \triangleright nxl \nabla (e)}{a8 \triangleright nxl \nabla (e)}$ $\frac{z12 \triangleright nxl \nabla (e)}{z12 \triangleright nxl \nabla (e)}$	
10.	Szew spawany otworowy z otworami okrągłymi		$\frac{d \square nx(t)}{d \square nx(t)}$	Oznaczenia zgodnie z PN: d □ średnica otworu lub spoiny w płaszczyźnie styku brzegów łączonych elementów,
11.	Szew spawany otworowy z otworami podłużnymi		$\frac{c \square nxl(e)}{c \square nxl(e)}$	c □ szerokość otworu lub spoiny w płaszczyźnie styku brzegów łączonych elementów,
12.	Szew spawany bezotworowy punktowy		$\frac{d \bigcirc nx(t)}{d \bigcirc nx(t)}$	n □ liczba spoin lub odcinków spoin, t □ podziałka szwu spawanego, e □ odległość między odcinkami spoin.

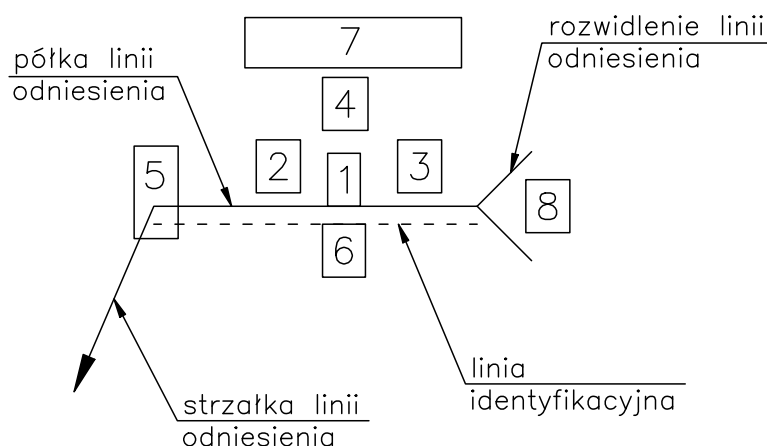
c.d. tabeli 8.5

1	2	3	4	5
13.	Szew spawany bezotworowy liniowy		$c \ominus n \times l(e)$	

Zazwyczaj w opisie i wymiarowaniu spoin na rysunkach wykonawczych (czasami także na rysunkach złożeniowych) stosuje się przedstawiony powyżej umowny sposób oznaczania i opisywania spoin oraz złączy spawanych. Bardziej profesjonalne wydaje się być stosowanie i wykorzystywanie pełnego oznaczenia połączenia spawanego, zalecanego w Polskiej Normie, dzięki czemu podaje się znacznie więcej informacji o złączu spawanym. Budowa pełnego oznaczenia połączenia spawanego przedstawiona jest na rysunku 8.7.

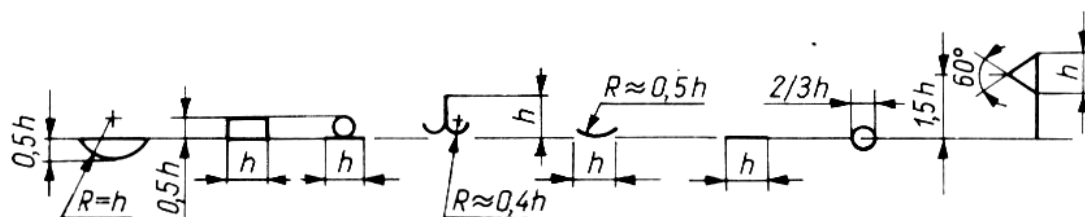
W **pełnym oznaczeniu połączenia spawanego** wyróżnić można:

- ★ półkę linii odniesienia,
- ★ strzałkę linii odniesienia,
- ★ linię identyfikacyjną,
- ★ umowny znak spoiny oznaczony cyfrą 1,
- ★ charakterystyczne wymiary przekroju poprzecznego, oznaczone cyfrą 2,
- ★ charakterystyczne wymiary przekroju wzdłużnego, oznaczone cyfrą 3,
- ★ znaki dodatkowe, występujące na pozycjach oznaczonych cyframi 4, 5 oraz 6,
- ★ wymiary brzegów przygotowanych do spawania (tj. rowków, otworów, itp.), które oznaczono cyfrą 7,
- ★ inne dane: numer pozycji spoiny, oznaczenie numeryczne metody spawania, dane jakościowe, oznaczenie normy dotyczącej przygotowania brzegów do spawania, oznaczenia instrukcji spawania, które oznaczono cyfrą 8.



Rys. 8.7. Budowa pełnego oznaczenia połączenia spawanego.

Wspomniane powyżej znaki dodatkowe są również zdefiniowane w Polskiej Normie, która określa ich wygląd, znaczenie i sposób umieszczania. Rysunek 8.8 przedstawia formę graficzną znaków dodatkowych spoin, natomiast tabela 8.6 przedstawia ich opis, zasady umieszczania i krótką charakterystykę.



Rys. 8.8. Forma graficzna dodatkowych znaków spoin zalecane przez Polską Normę: h □ wysokość pisma przyjętego na rysunku [1, 2, 7, 23].

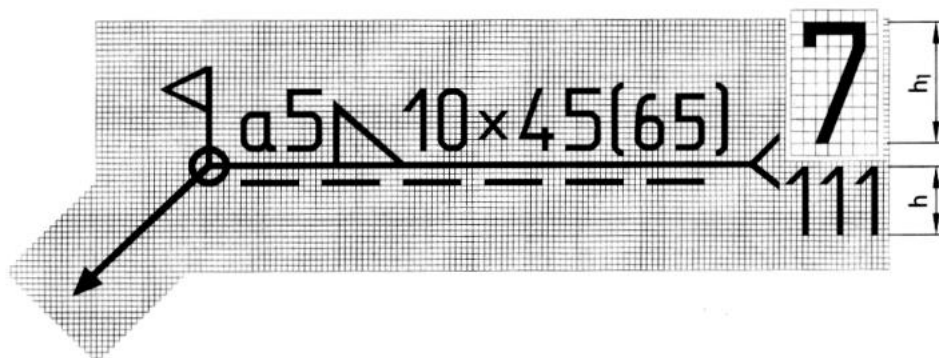
Tabela 8.6.

Przykładowe sposoby podawania wymiarów połączeń spawanych

Lp.	Nazwa znaku	Znak	Znaczenie znaku	Miejsce zapisu	Przykładowe zastosowanie
1.	Kreska	—	Płaskie lico spoiny	Przy umownym znaku spoiny	
2.	Łuk wklęsły	⌒	Wklęsłe lico spoiny		
3.	Łuk wypukły	⌒	Wypukłe lico spoiny		
4.	Okrąg z kreską	○	Usunięcie nadlewu spoiny równo z powierzchnią brzegów	Przy znaku umownym lub przy znaku lica	
5.	Kotwica	⌒	Usunięcie podtopień i korbów z łagodnym przejściem do metalu rodzimego	Przy znaku umownym lub przy znaku lica	
6.	Chorągiewka	△	Wykonanie spoiny w montażu lub w miejscu planowanej eksploatacji konstrukcji	Na załamaniu linii odniesienia	
7.	Okrąg	○	Ciągłość spoiny na całym obwodzie		
8.	Odcinek koła	◐	Pełny przetop spoiny w obszarze rowka	Po stronie przeciwnej znaku umownego, tj. pole oznaczone cyfrą 6	
9.	Prostokąt	□	Spawanie na podkładce spawalniczej usuwanej po wykonaniu spoiny □prostokąt zawiera litery □MR□ Spawanie na stałej podkładce spawalniczej □ prostokąt zawiera literę □M□		

Grubość linii znaków, liter i cyfr oznaczenia spoiny (poza cyframi numeru pozycji spoiny), powinna być taka sama, jak grubość pisma przyjętego na rysunku do opisywania innych wymiarów.

Rysunek 8.9 prezentuje przykładowy opis pełnego oznaczenia złącza spawanego wraz z określeniem grubości linii, znaków i cyfr.



Rys. 8.9. Grubość linii znaków i cyfr pełnego oznaczenia spoiny wraz z wyjaśnieniem wszystkich znaków: Szew spawany, przerywany $[10 \times 45 (65)]$, w którym należy wykonać 10 odcinków spoiny pachwinowej (∇), o grubości $a = 5$ mm i długości jednego odcinka $l = 45$ mm, w odległości $e = 65$ mm pomiędzy nimi. Spoina ma być wykonana na całym obwodzie złącza spawanego ($\odot$), w czasie montażu konstrukcji (∇). Szew należy wykonać metodą łukową z użyciem elektrody otulonej (111), a w dokumentacji rysunkowej jest on zapisany pod pozycją siódmą (7) [2, 7, 10].

Występujące na rysunku 8.9 oznaczenie metody spawania (111) należy do zbioru numerycznych oznaczeń metod spawania, których przykłady zamieszczono w tabeli 8.7.

Tabela 8.7.

Wykaz numeryczny metod spawania [4, 23]

Oznaczenie numeryczne	Nazwa metody spawania	Oznaczenie numeryczne	Nazwa metody spawania
11	Spawanie łukowe elektrodą metalową bez osłony gazów	15	Spawanie plazmowe
111	Spawanie łukowe elektrodą otuloną	31	Spawanie gazowo-tlenowe
115	Spawanie łukowe elektrodą oplataną	311	Spawanie acetylenowo-tlenowe
12	Spawanie łukiem krytym	312	Spawanie propanowo-tlenowe
13	Spawanie łukowe w osłonie gazów ochronnych	32	Spawanie gazowo-powietrzne
14	Spawanie łukowe elektrodą nietopliwą w atmosferze gazu ochronnego	75	Spawanie wiązką promieni świetlnych
149	Spawanie łukowo-wodorowe	751	Spawanie laserowe

8.5. Rysunki wykonawcze złączy spawanych

Przedmiot spawany składa się z co najmniej dwóch elementów. Ułożenie wszystkich spoin sprawia, że zespół kilku lub kilkunastu elementów staje się jednolitą konstrukcją lub zespołem maszynowym. Można wtedy mówić o złączy lub konstrukcji spawanej. Rysunki wykonawcze złączy spawanych wykonuje się zgodnie z ogólnie panującymi zasadami rysunku technicznego. Jedynie wymiarowanie takich rysunków związane jest z przestrzeganiem szczególnych zaleceń. Wymiarując rysunek złącza spawanego należy podać:

- ✓ wymiary określające wielkość lub rozmiary poszczególnych elementów, wchodzących w skład wyrobu spawanego,
- ✓ wymiary określające wzajemne położenie spawanych elementów,
- ✓ wymiary i pełne oznaczenia spoin.

W tabeli 8.8 zaprezentowano przykładowe uproszczone i umowne oznaczenia spoin według Polskiej Normy, które wykorzystuje się przy wykonywaniu rysunków wykonawczych złączy spawanych.

Tabela 8.8.

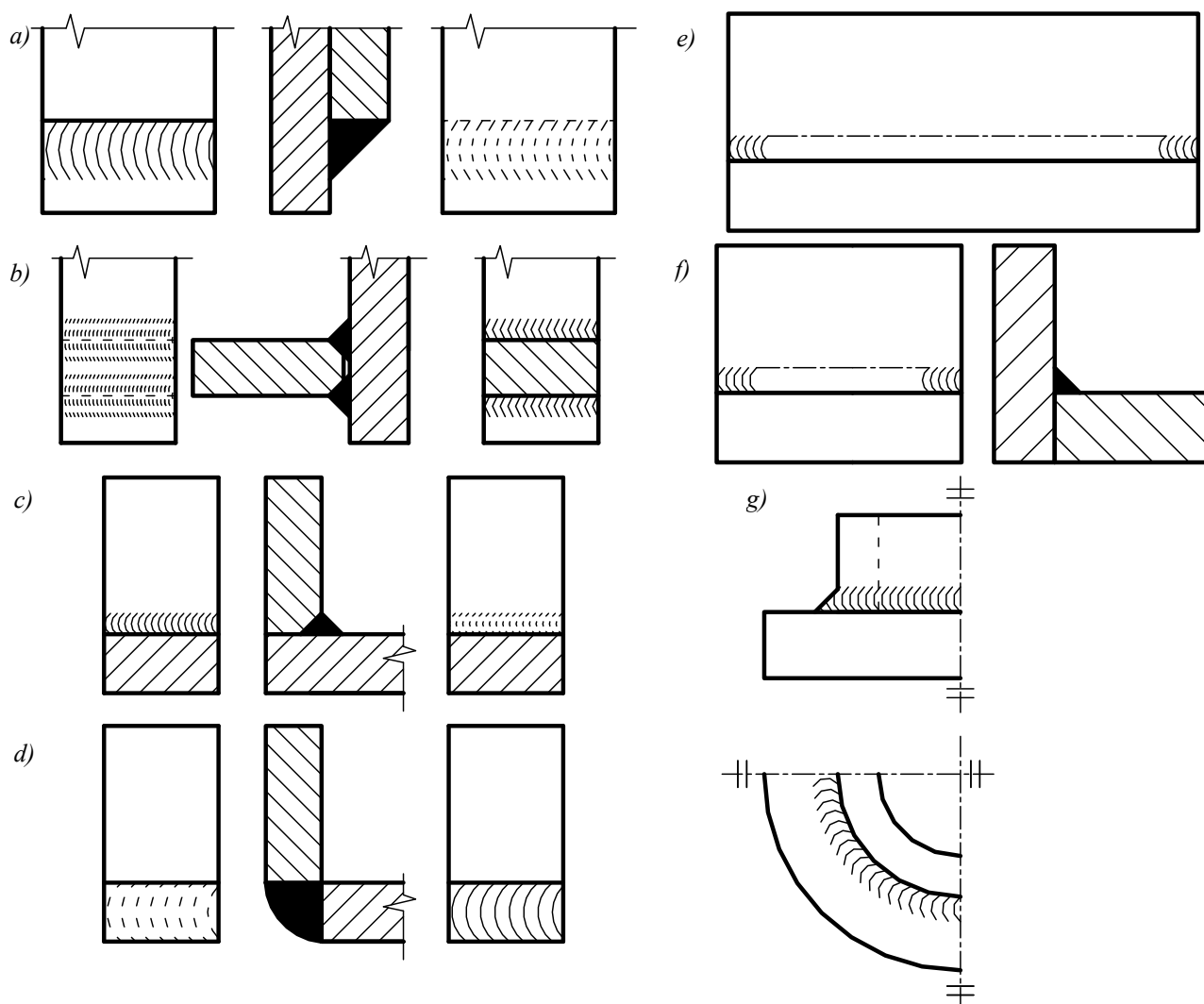
Przykładowe oznaczenia spoin na rysunkach wykonawczych według PN [2, 7, 10, 23]

Lp.	Znak umowny spoiny	Uprozczone przedstawienie połączenia spawanego		Uprozczone przedstawienie połączenia spawanego	
		rzut aksonometryczny	europejska metoda rzutowania E	w widoku	w przekroju poprzecznym
1	2	3	4	5	6
1.	✓				
2.					
3.	✓				
4.					
5.					
6.	⌋				
7.	K				

c.d. tabeli 8.8

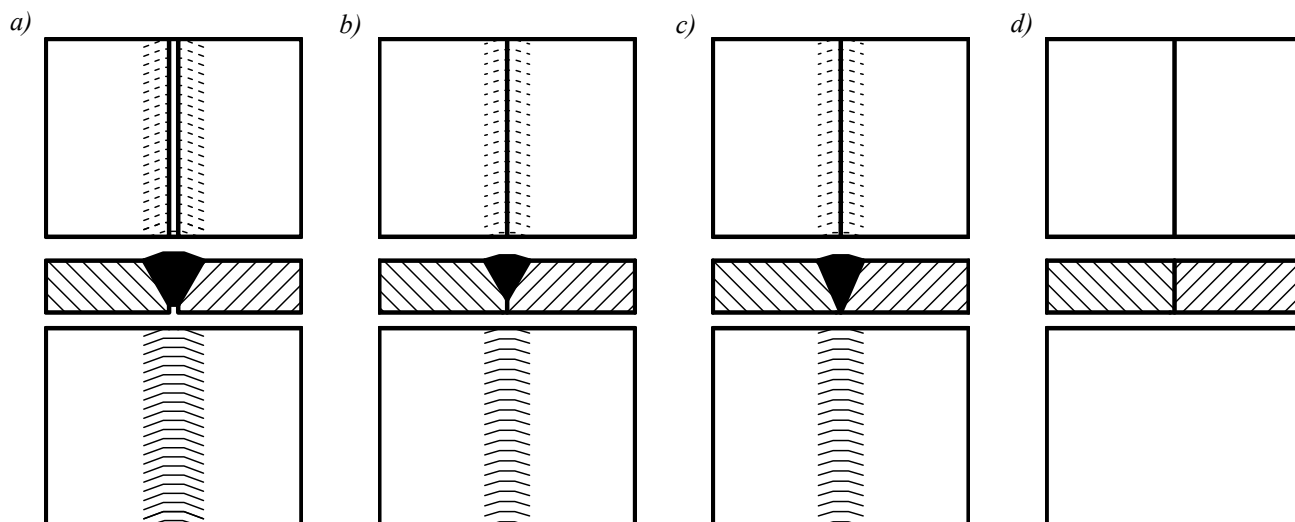
1	2	3	4	5	6
8					
9					

Rysunek 8.10 ilustruje przykładowe sposoby rysowania spoin dla płyt i elementów łączonych, które są względnie do siebie położone w sposób równoległy lub prostopadły. Oprócz standardowego przekroju przez połączenie spawane pokazane są także rzuty od strony lica i grani lub od strony samego lica.



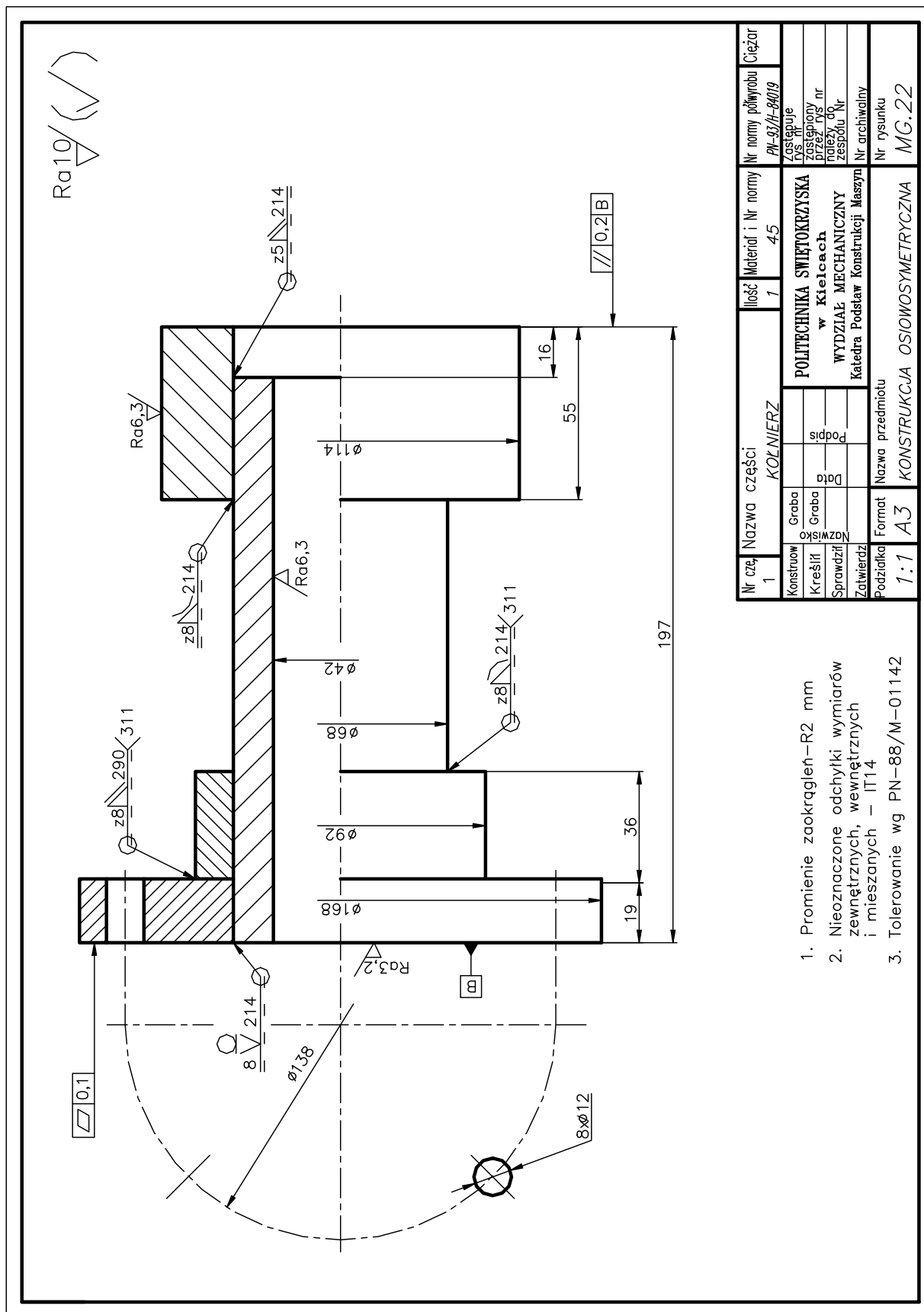
Rys. 8.11. Przykładowe sposoby łączenia płyt: a) dwie płyty równoległe połączone spoiną pachwinową; b) dwie prostopadłe do siebie płyty połączone dwiema spoinami pachwinowymi; c) dwie płyty wzajemnie prostopadłe połączone spoiną pachwinową; d) dwie płyty połączone na kształt litery $\square$; e) szew spawany dla dwóch prostopadłych płyt; f) połączenie dwóch płyt prostopadłych spoiną pachwinową; g) płyta połączona z rurą spoiną pachwinową.

Natomiast na rysunku 8.11 (przypadki *a*, *b*, *c*) przedstawiono trzy warianty połączenia dwóch płyt spoiną doczołową, przy czym w każdym z przypadków występuje spoina typu V. W pierwszym przypadku (rys. 8.11a) płyty nie stykają się ze sobą, a spoina nie przebiega przez całą grubość łączonych płyt. Drugi wariant (rys. 8.11b) prezentuje dwie stykające się płyty oraz spoinę równą grubości obu płyt. W trzecim przypadku (rys. 8.11c) można mówić o standardowej spoinie doczołowej typu V. O ile dla wszystkich wariantów rzuty uproszczone nieznacznie się różnią, to w przypadku rzutów umownych omówione połączenia przedstawia się w ten sam sposób (rys. 8.11d).

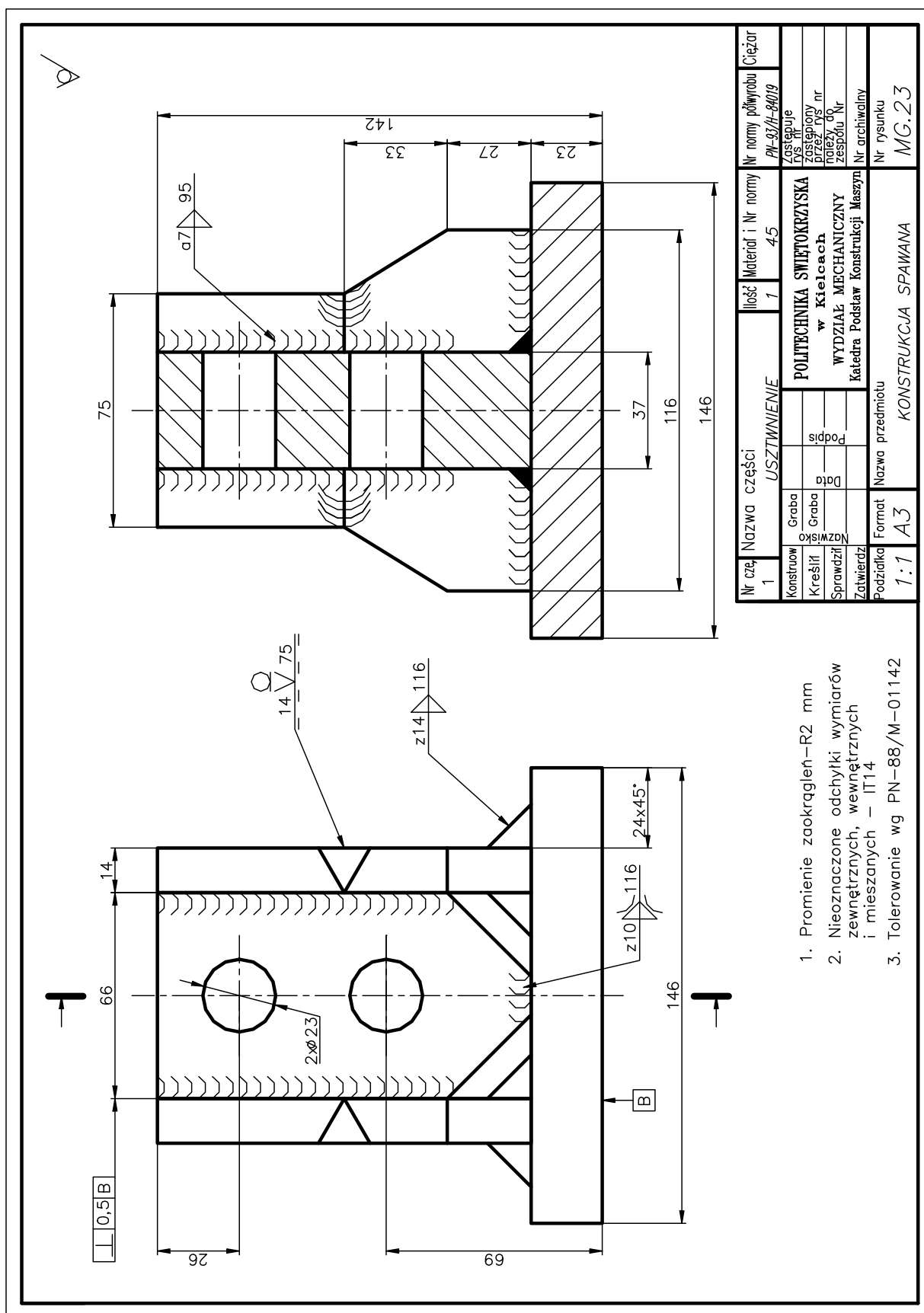


Rys. 8.10. Trzy warianty połączenia płyt spoiną doczołową typu V: a, b, c) rzuty uproszczone; d) rzut umowny.

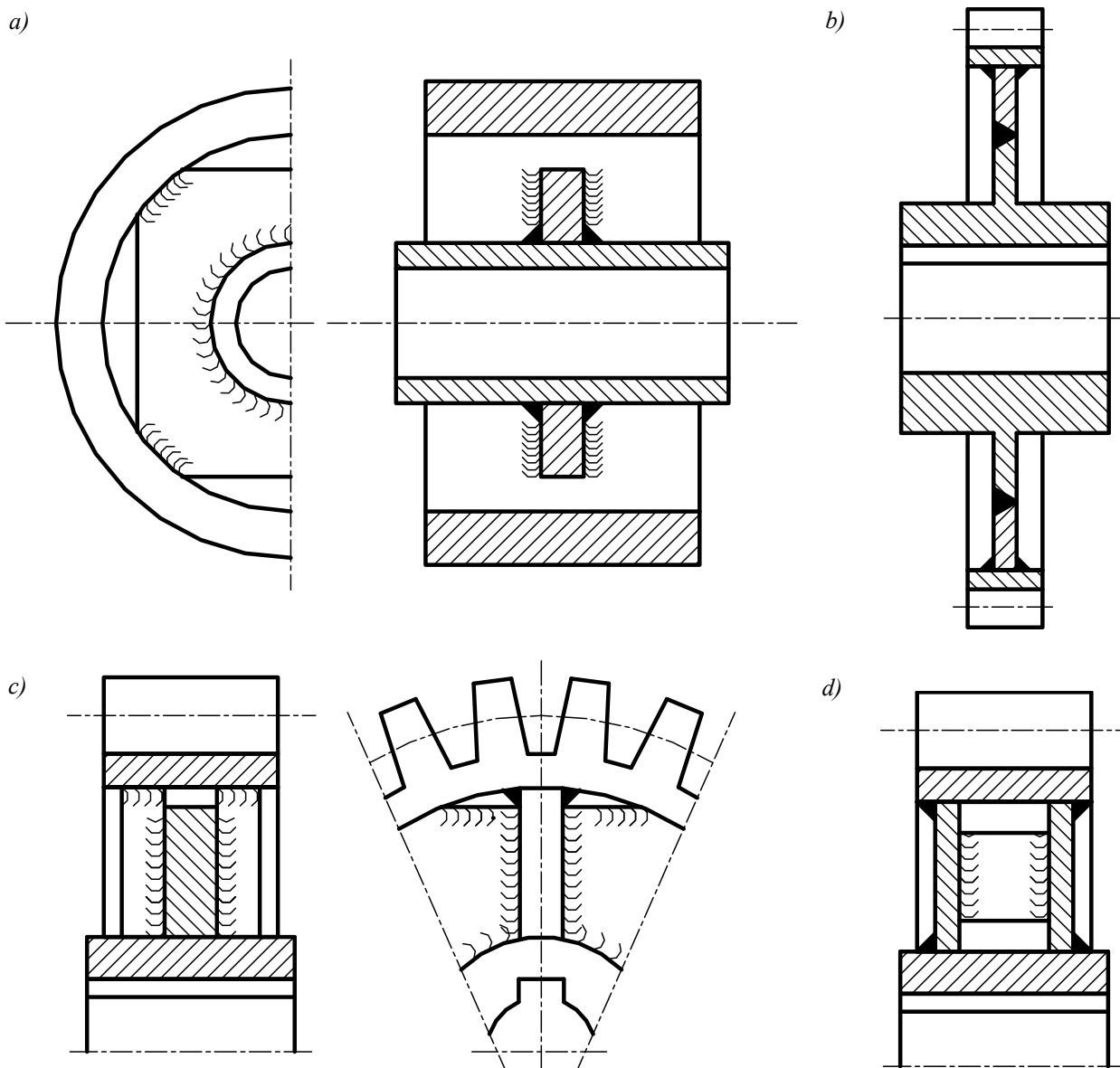
Rysunki 8.12 □ 8.14 prezentują przykładowe rysunki wykonawcze różnych części maszyn, które wykonano z wykorzystaniem połączeń spawanych.



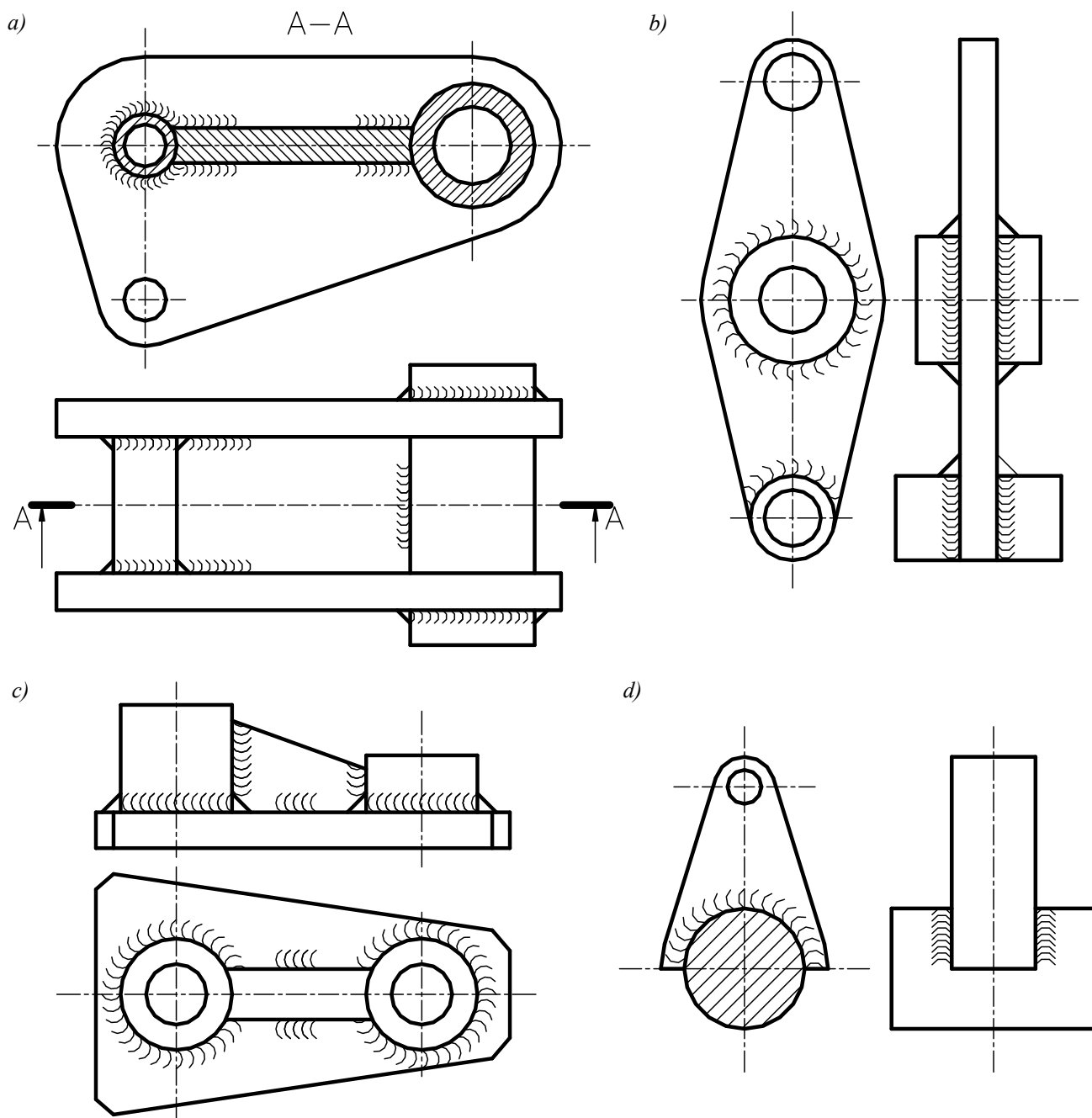
Rys. 8.13. Rysunek wykonawczy osiowosymetrycznego przedmiotu spawanego.



Połączenia spawane wykorzystuje się nie tylko w tworzeniu konstrukcji nietypowych, ale także w wykonywaniu płaszczy, kołnierzy, pokryw reduktorów, włączów, zbiorników ciśnieniowych oraz kół zębatach (rys. 8.15) i dźwigni części maszyn (rys. 8.16).



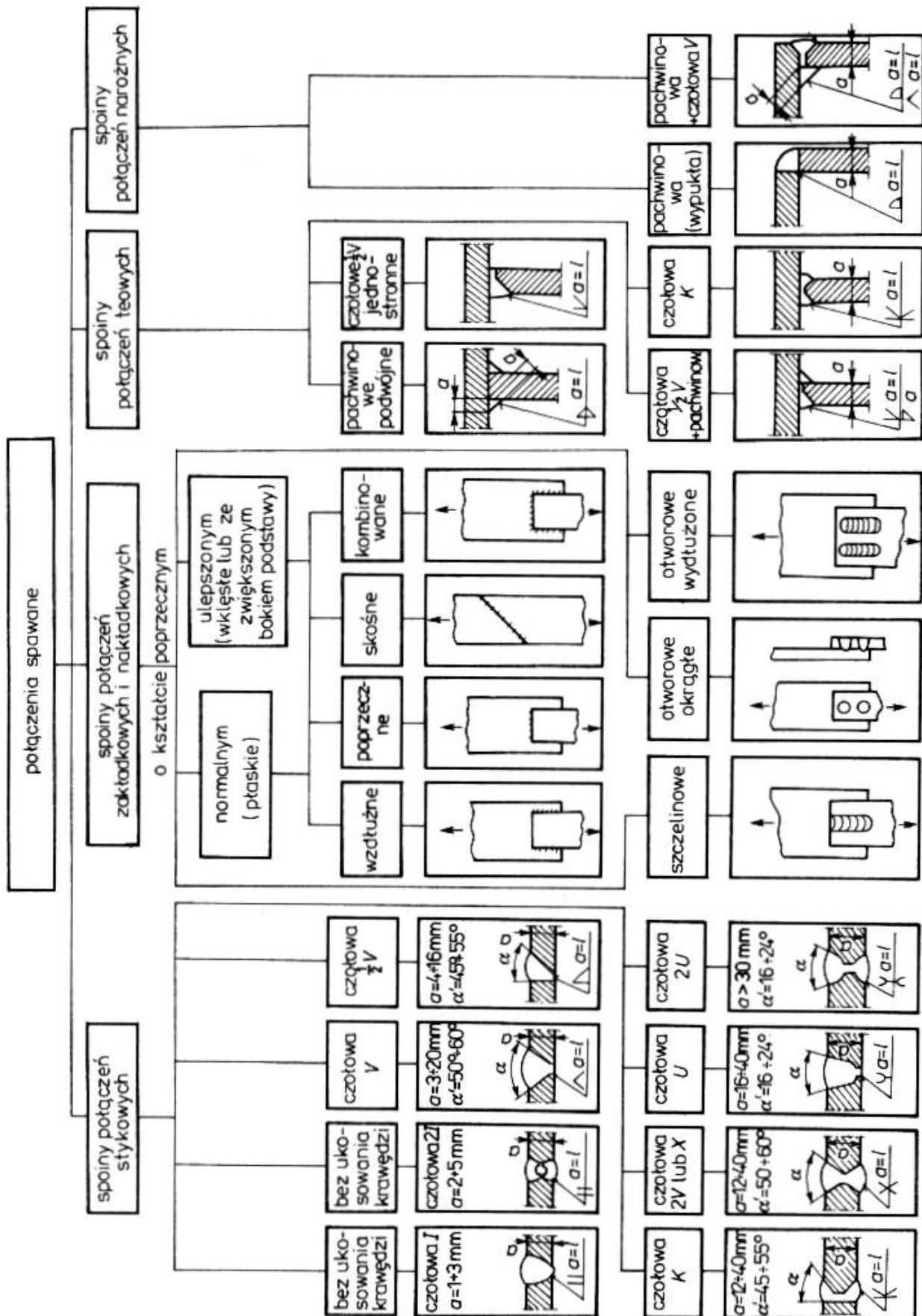
Rys. 8.15. Przykłady wykorzystania połączeń spawanych w konstrukcji i tworzeniu kół zębatach.



Rys. 8.16. Przykłady wykorzystania połączeń spawanych w konstrukcji i tworzeniu dźwigni części maszyn.

8.6. Uproszczony schemat klasyfikacji połączeń spawanych według [14]

W literaturze można spotykać szereg podziałów połączeń i złączy spawanych, dokonanych według różnych kryteriów, co w efekcie oznacza powstanie wielu schematów klasyfikacyjnych. Jednym z nich jest schemat zamieszczony w pozycji [14], który zaprezentowano na rysunku 8.17. Podstawowym kryterium podziału połączeń spawanych jest w tym przypadku typ połączenia (stykowe, zakładkowe, nakładkowe, teowe i narożne).



Rys. 8.17. Uproszczony schemat klasyfikacji połączeń spawanych według [14].