



KURS SPAWANIA Gazowe 311

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 stać 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 GAZOWE

1. Zastosowanie metody spawania gazowego

Spawanie gazowe stosowane jest przede wszystkim przy pracach naprawczych oraz remontowych. Jest często stosowane przy spawaniu cienkich rur, takich jak instalacje gazowe, wodne czy ciepłownicze. Spawanie gazowe jest również wykorzystywane ze względu na brak możliwości stosowania innych metod. Należy pamiętać, że nie stosuje się tu żadnego zasilania i tym samym nie ma ograniczenia przewodami, dlatego metoda dobrze sprawdza się w warunkach terenowych i na dużych powierzchniach.

2. Cechy użytkowe metody spawania gazowego

- Zalety:
 - wysoka wydajność i szybkość spawania
 - duży zakres spawanych grubości
 - niskie koszty urządzeń w porównaniu do spawania elektrycznego
 - stosunkowo prosta technika spawania
 - możliwość zautomatyzowania
- Wady
 - duże koszty gazów eksploatacyjnych
 - mniejsza estetyka spoin
 - możliwość spawania stali jedynie o niższych zawartościach węgla
 - utrudnione spawanie aluminium i stali odpornych na korozję

Zasada działania - spawanie gazowe polega na stapianiu brzegów metali łączonych przez nagrzewanie płomieniem powstającym ze spalania się gazu palnego w atmosferze dostarczanego tlenu. Proces może być prowadzony przy użyciu spoiwa lub bez jego udziału (np. spoina brzeźna).

3. Gazy spawalnicze

Tlen jest gazem bezbarwnym, bez smaku i bez zapachu. Jest nieco cięższy od powietrza. Jego gęstość (masa właściwa) w temperaturze 0°C i przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym wynosi **1,428 kg/m³**, a **suchego powietrza** w tych samych warunkach **1,26 kg/m³**.

Własności chemiczne tlenu. Symbolem chemicznym tlenu jest O. Tlen występuje w powietrzu w postaci cząsteczek składających się z dwóch atomów (O₂). Tlen się nie pali, tylko podtrzymuje palenie. Pod ciśnieniem łączy się bardzo szybko z wszelkimi tłuszczami i olejami, powodując eksplozję. Łączy się on także z metalami i utlenia je. W połączeniu z gazami palnymi (np. acetylenem, wodorem) tworzy mieszanekę wybuchową.

Acetylen jest to związek chemiczny, w którego skład wchodzi węgiel i wodór; znak chemiczny - C₂H₂. Zawiera on 92,3% węgla i 7,7% wodoru (w procentach masy). Gęstość (masa właściwa) acetylenu w temperaturze 0°C i przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym wynosi 1,170 kg/m³, a w temperaturze 15°C - 1,070 kg/m³. Acetylen przy wyższym ciśnieniu jest gazem bardzo niebezpiecznym (wybucha) i stosownie do przepisów nie wolno go sprężać powyżej 0,15 MPa(1,5bara). Mieszaninę acetylenowo-tlenową cechuje nadzwyczaj duża prędkość spalania wynosząca do 13,5 m/s.

Acetylen w połączeniu z powietrzem, a w jeszcze większym stopniu z tlenem, tworzy mieszaninę wybuchową. Mieszanina acetylenu z powietrzem (o zawartości 2,3÷82% acetyleny) i acetyleny z tlenem (o zawartości 2,3÷93% acetyleny) wybuchu przy zetknięciu się z ogniem.

Najwięcej wypadków wybuchu mieszanki zdarza się, gdy spawacz otworzy w palniku zawory tlenowy i acetylenowy i nie zapali natychmiast mieszanki wypływającej z palnika. Przy późnym zapaleniu płomienia mieszanka wybuchu w otoczeniu spawacza i eksplozja może spowodować poparzenie go, a nawet zapalenie ubrania. Należy więc pamiętać, aby podczas pracy nie dopuścić do powstania mieszanki w otoczeniu spawacza i dlatego należy często sprawdzać przewody gumowe i metalowe całej instalacji gazowej oraz kontrolować łączniki przy palnikach i reduktorach.

Wodór techniczny gazowy jest otrzymywany przez elektrolizę wody lub elektrolizę roztworu chlorku sodowego i chlorku potasowego, a następnie jest sprężany.

Wodór to gaz palny. Może być użyty do spawania cynku, ołowiu i do cięcia tlenem. Temperatura spalania wodoru w atmosferze tlenu wynosi około 2520°C. Wodór przechowuje się w specjalnych butlach stalowych, sprężony pod ciśnieniem 15 MPa w temperaturze 15°C. Dla odróżnienia od innych butli butle wodorowe są oznaczone kolorem szarym z napisem Wodór H₂. Wodór jest najczęściej używany do cięcia, zwłaszcza pod wodą, ponieważ daje się sprężać do 15 MPa i można go stosować do cięcia na dużych głębokościach. W połączeniu z powietrzem i tlenem - przy zawartości 4÷95% - tworzy mieszanekę wybuchową.

Propan i butan są otrzymywane jako uboczny produkt przy rafinacji ropy naftowej. Gazy te stanowią mieszaninę ciężkich węglowodorów, zawierają przeciętnie 50% propanu C₃H₈ (i ok. 50% butanu C₄H₁₀). Dają się łatwo skroplić pod niskim ciśnieniem i dlatego w butlach znajdują się w stanie ciekłym. W temperaturze otoczenia (około 15°C i powyżej) w czasie pobierania gazu z butli następuje odparowanie ciekłego gazu. Z 1 kg tej cieczy otrzymuje się około 450 l mieszaniny gazu propanowo -butanowego. Temperatura płomienia przy spalaniu tej mieszaniny w atmosferze tlenu wynosi 2800°C. W połączeniu z powietrzem i tlenem (gdy zawartość ich wynosi (1,6÷48%) gaz propanowo -butanowy tworzy mieszanekę wybuchową.

Mieszanina propan-butan jest szeroko stosowana do cięcia stali, zwłaszcza na złom, i do skórowania wlewków hutniczych.

4. Butle gazowe

Butle tlenowe są to zamknięte zbiorniki wykonywane ze stali dobrej jakości, ciągnione na gorąco z zastosowaniem odpowiednich pras hydraulicznych.

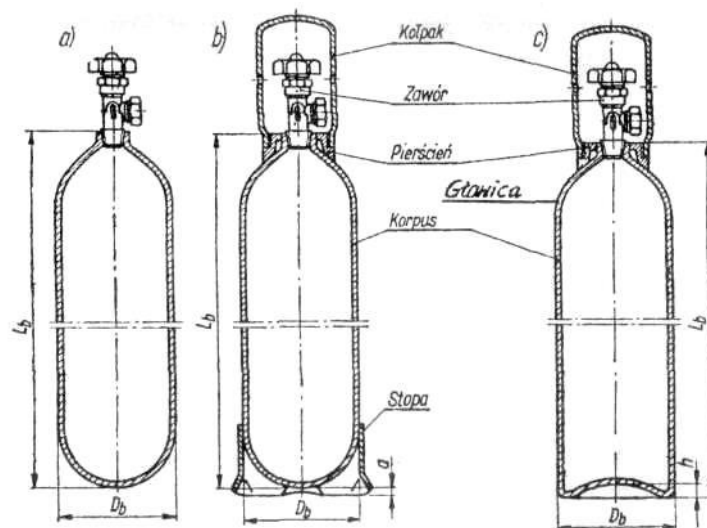
Na głowicy butli tlenowej znajdują się oznaczenia i napis; stanowiące metrykę butli, których nie wolno zmieniać ani przerabiać.

Butla ma następujące ważniejsze oznaczenia:

- 1) ciśnienie próbne butli 22,5 MPa,(225bar)
- 2) ciśnienie napełnienia 15 MPa,
- 3) pojemność wodna (zwykle) 40 dm³,
- 4) data ostatniej i najbliższej kontroli butli (co 10 lat),
- 5) znak określający materiał wykonania butli,
- 6) masę butli pustej (przeciętnie 62 kg) dla 40 dm³,
- 7) numer kolejny butli,

8) barwa rozpoznawcza butli - błękitna.

Zawartość tlenu w butli wyniesie: $6,46\text{m}^3$. Wytwórnice gazów technicznych przeważnie zaokrąglają ilość tlenu w butli do $6,4\text{m}^3$. Wymagają jednak, aby butle zwracane przez użytkowników do ponownego napełnienia zawierały tlen co najmniej pod nadciśnieniem $0,05\text{ MPa}$ ($0,5\text{ bar}$). Ma to na celu zabezpieczenie butli przed zapowietrzeniem w przypadku, gdy zawór butli nie zostanie zamknięty.

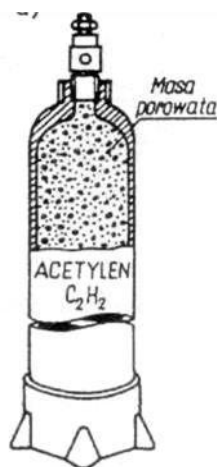


Przekroje butli stalowych zależnie od uformowania dna: a) butli z dnem wypukłym, b) wypukłym ze stopą c) wklęsłym bez stopy

Butle acetylenowe, podobnie jak butle tlenowe, wykonane są ze stali o podwyższonej wytrzymałości tłoczonej na gorąco za pomocą pras hydraulicznych.

Ważniejsze parametry butli podane na głowicy to:

- ciśnienie próbne - 6 MPa ,
- ciśnienie napełnienia - $1,8\text{ MPa}$,
- grubość ścianki butli - $3,6\text{ mm}$,
- tara butli wynosi przeciętnie 70 kg .
-



Wszystkie butle acetylenowe są zbiornikami uzbrojonymi, tzn. są wypełnione wewnątrz w całej objętości masą porowatą oraz muszą zawierać określoną ilość acetonu lub dwumetyloformamidu działającego jak rozpuszczalnik.

Używana, między innymi, masa porowata (20%) nosi nazwę „CER” (ceramiczna) lub

mieszanina ziemi krzemkowej i węgla drzewnego. Spełnia ona dwa ważne zadania, a mianowicie:

- 1) wchłania aceton i rozprowadza go po całej objętości butli,
- 2) chroni butlę przed eksplozją acetyleny w razie cofnięcia się płomienia do butli.

(12% przestrzeń bezpieczna)

Aceton (40%) w butli znajduje się w stanie ciekłym i rozpuszcza acetylen (28%) pod ciśnieniem.

Dzięki temu istnieje możliwość napełniania butli do ciśnienia 1,8 MPa i bezpiecznego przewożenia acetyleny w butlach nawet na dużych odległościach. Zawartość acetonu w butli o pojemności 40 dm³ wynosi przeciętnie 12 kg. Chcąc obliczyć ilość acetyleny zawartego w butli o pojemności 40 dm³, należy zważyć butlę napełnioną acetylenem i odjąć od niej tarę butli, np.:

- butla napełniona acetylenem o ciśnieniu 1,8 MPa ma masę około 76 kg,
- tara butli wynosi około 70 kg (podana jest na głowicy butli),
- ilość acetyleny w butli wynosi około 6 kg.

Przyjmując, że 1 kg rozpuszczonego acetyleny daje około 920 dm³ gazu, można obliczyć, że w pełnej butli acetylenowej znajduje się około 5520 dm³ rozpuszczonego acetyleny.

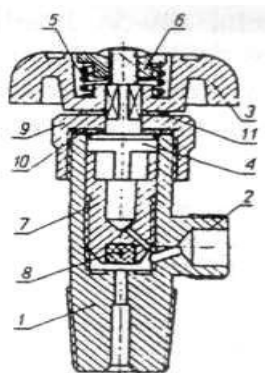
Butle acetylenowe malowane są kasztanową farbą olejną oraz powinny mieć napis Acetylen i znak chemiczny acetyleny C₂H₂ - Poddawane są kontroli okresowej, która jest przeprowadzana co 5 lat przez Inspektorat Dozoru Technicznego (IDT).

Przy eksploatacji butli acetylenowych ze względu na dużą aktywność ulatniania się acetonu z butli należy przestrzegać następujących warunków:

- butla powinna znajdować się w pozycji stojącej lub pochylej powyżej 45° od poziomu (nie należy butli używać w pozycji leżącej),
- z jednej butli można pobierać na godzinę nie więcej niż 800÷1000 litrów acetyleny (przy większym pobieraniu acetyleny należy włączyć 2-3 lub więcej butli razem)
- niedopuszczalne jest całkowite wyczerpywanie acetyleny z butli (należy pozostawić w butli ciśnienie około 0,2 MPa (2 bary), przy temperaturze otoczenia 15°C),
- zabezpieczać butle przed nagraniem (piece, grzejniki, słońce).

5. Zawory butli

Zawór butli tlenowej



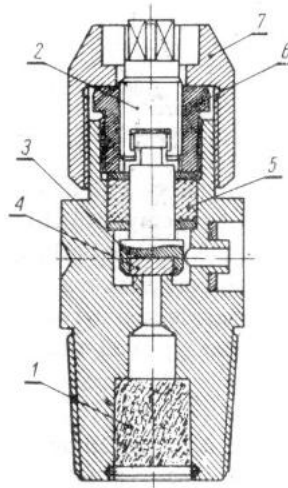
Przekrój zaworu butli tlenowej

Zawory butli tlenowych wykonane są z prasowanego lub walcowanego mosiądzu. W dolnej części zaworu znajduje się nagwintowany króciec stożkowy 1, wkręcany w otwór stożkowy butli. Z boku zaworu znajduje się nagwintowany króciec boczny 2, do którego przykręca się reduktor. Wewnątrz zaworu znajdują się dwa wrzeciona: wrzeciono górne 4, na którym jest osadzone kółko pokrętne 3. Kółko służy do otwierania i zamykania zaworu; jest zabezpieczone od góry sprężynką 5 i nakrętką wrzecionową 6. Wewnątrz zaworu znajduje się wrzeciono 7, nagwintowane, z koreczkiem

ebonitowym 8 w dolnej części. Koreczek przylega do szyjki wewnętrznej zaworu i zamyka przepływ tlenu, a po odkręceniu zaworu następuje otwarcie przepływu tlenu. Zawór można uszczelnić przez dokręcenie nakrętki 9 lub wymianę uszczelki fibrowej 10. Między kółkiem 3 a nakrętką 9 znajduje się pierścień ślizgowy 11.

Zawór butli acetylenowej

Zawór butli acetylenowej jest wykonany ze stali, gdyż acetylen w połączeniu z miedzią wytwarza związki wybuchowe, tzw. acetylenki miedzi. Zakaz używania mosiądzu!



Przekrój zaworu butli acetylenowej

W dolnej części zaworu znajduje się gwint stożkowy do połączenia z butlą. W dolnej części zaworu znajduje się wkładka filcowa 1, zatrzymująca aceton porywany z butli w czasie spawania.

Wewnątrz zaworu znajdują się dwa wrzeciona - górne 2 i dolne 3. W dolnej części wrzeciona 3 jest umieszczony korek ebonitowy lub z twardej gumy 4, zamykający i otwierający przepływ gazu.

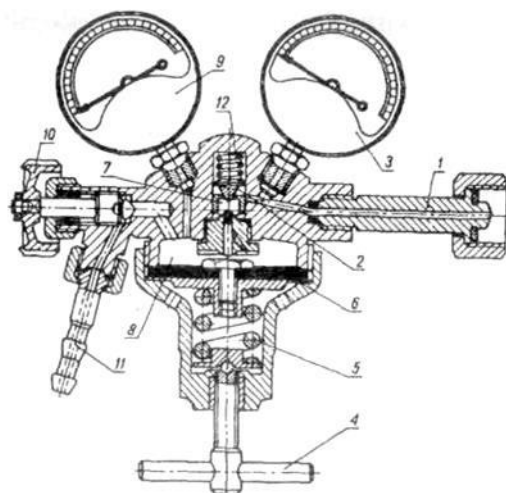
Działanie zaworu odbywa się przez przesuwanie wrzeciona dolnego 3 w górę lub w dół za pomocą czopa połączonego z zaczepem wrzeciona 2. Zawór butlowy uszczelnia gruba uszczelka gumowa 5, którą w razie nieszczelności zaworu można ścisnąć dławikiem 6 i zabezpieczyć nakrętką dławikową 7.

6. Reduktory

Każdy reduktor butlowy spełnia dwa zasadnicze zadania:

- 1) redukuje ciśnienie butlowe na ciśnienie robocze, wymagane do spawania lub cięcia tlenem,
- 2) utrzymuje ciśnienie robocze na stałym poziomie podczas pracy niezależnie od szybkości opróżniania butli lub zbiornika.

Reduktor tlenowe



Przekrój reduktora tlenowego butlowego i jego części

Schemat reduktora butlowego jednostopniowego przedstawia. Pracuje on w ten sposób, że po otwarciu zaworu butlowego tlen przepływa łącznikiem 1 do komory wysokiego ciśnienia 2, na przewodzie którego znajduje się manometr 3, wskazujący ciśnienie w butli. Po wkręceniu śruby stawidłowej 4, sprężyna 5 podnosi w górę przeponę gumową 6, która z kolei podnosi zaworek redukcyjny 7, w którym umieszczony jest korek ebonitowy. Wówczas tlen zaczyna przepływać z komory wysokiego ciśnienia 2 do komory niskiego ciśnienia 8, do której jest włączony manometr roboczy 9. Po odkręceniu zaworu odcinającego 10 tlen przepływa przez łącznik 11 do palnika.

Reduktor acetylenowy



7. Bezpieczniki gazowe.

Bezpieczniki gazowe mają za zadanie ochronę przed cofnięciem gazu lub płomienia. Sytuacja taka jest możliwa w kilku sytuacjach, np. gdy: dysza palnika zostanie zalana ciekłym metalem, zostanie

zbyt mocno zbliżona do spawanego materiału, prędkość wylotu gazu będzie mniejsza od jego spalania, jeden z zaworów będzie zakręcony lub niedostatecznie odkręcony.

Bezpieczniki przypalnikowe z dwustopniowym zabezpieczeniem służą do zabezpieczenia instalacji gazowych doprowadzających gaz do palników przed skutkami cofnięcia płomienia i zapobiegania przepływowi gazu w kierunku przeciwnym do właściwego przepływu.

Dopływający do bezpiecznika gaz najpierw przepływa przez zawór zwrotny a następnie przez zaporę płomieniową. Zawór zwrotny chroni przed przepływem gazu w kierunku przeciwnym oraz zatrzymuje falę ciśnienia towarzyszącą zapłonowi gazów wewnątrz palnika po stronie wylotowej. W przypadku przemieszczania się płomienia w kierunku źródła zasilania- płomień natrafia na zaporę płomieniową (element mikroporowaty), który schładza a następnie wygasza płomień



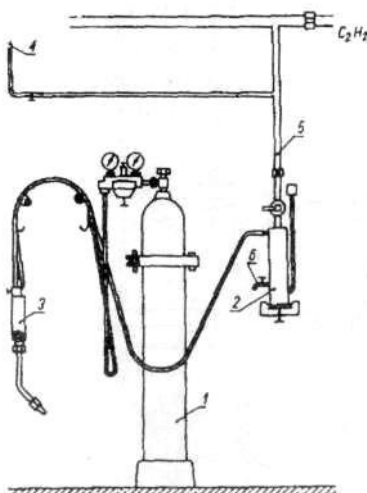
Bezpieczniki przypalnikowe

Tlenowy i acetylenowy bezpiecznik suchy „przyreduktorowy” montowany jest na wylocie reduktora gazowego. Wyposażony jest w: filtr wstępny (dla gazów palnych), zawór zwrotny, zaporę płomieniową (wkładka mikroporowata wykonana ze specjalnego spieku). Chroni instalacje gazowe zasilające palniki jak również reduktory butlowe przed skutkiem powrotnego przepływu gazu i cofnięcia płomienia.

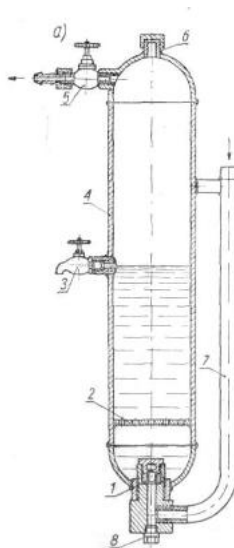


Bezpieczniki przyreduktorowe

W przypadku zasilania sieciowego acetylenem stosuje się bezpieczniki wodne



Stanowisko stałe do spawania: 1 - butla tlenowa z reduktorem, 2 - bezpiecznik wodny sieciowy 3 - palnik, 4 — płomyk do zapalania płomienia, 5 — rura acetylenowa, 6 — kurek kontrolny wody (nie zawsze stosowany)



Bezpiecznik wodny sieciowy wysokiego ciśnienia

1 — zawór zwrotny, 2 — sito stalowe do rozpraszania strumienia gazu, 3 — kurek kontrolny wody, 4 — zbiornik bezpiecznika, 5 — odpływ gazu do stanowiska lub rurociągu, 6 — wlew wody, 7 — rura dopływu gazu, 8 — korek spustowy wody, 9 — konstrukcja zabezpieczająca bezpiecznik przed uszkodzeniem w razie cofnięcia płomienia

8. Węże do tlenu i acetylenu

Węże gumowe (spawalnicze) - dzielone na dwa rodzaje - tlenowe i acetylenowe:

- węże tlenowe są koloru niebieskiego, zabezpieczone przekładkami płóciennymi w celu zwiększenia wytrzymałości na ciśnienie - ciśnienie robocze węża wynosi 1 MPa, ciśnienie próbne 2 MPa, średnica wewnętrzna węża wynosi 6,3 mm, długość 5-20 m;
- węże acetylenowe są koloru czerwonego lub szarego, mają po dwie przekładki płócienne - ciśnienie robocze węża acetylenowych wynosi do 0,15 MPa, ciśnienie próbne 0,8 MPa, średnica wewnętrzna węża wynosi 8 mm, długość 5÷20 m (mogą być przedłużane do 50 m).

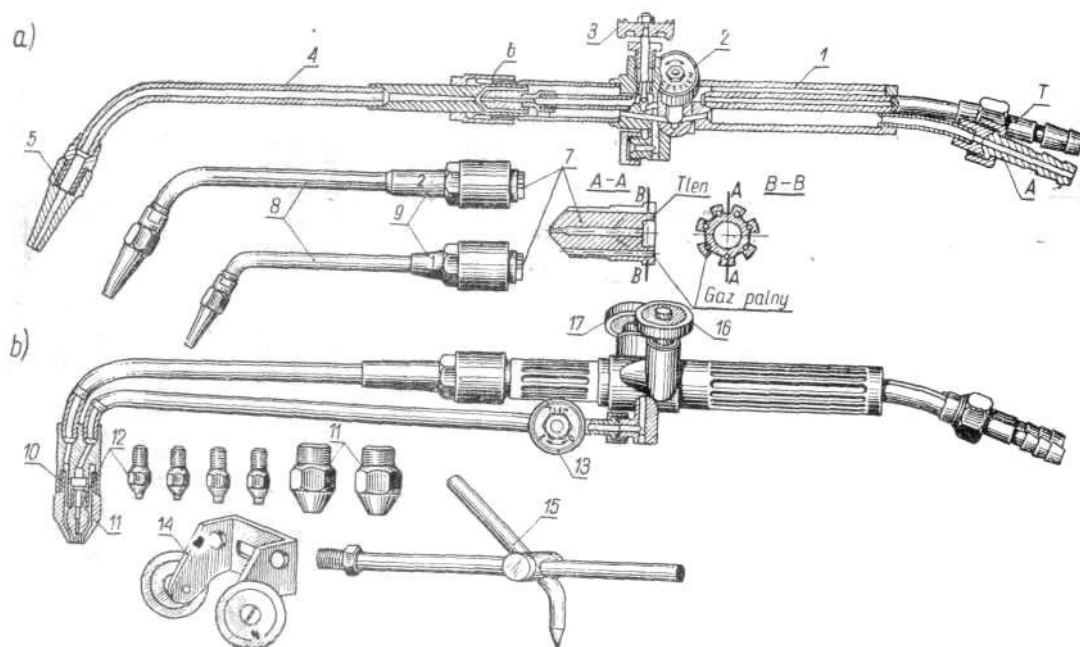


Węże spawalnicze

9. Palniki do spawania

Palnik spawalniczy jest urządzeniem, w którym następuje dokładne wymieszanie się gazów (np. acetyleny i tlenu), po czym mieszanina tych gazów spala się u wylotu dyszy palnika, tworząc płomień acetylenowo-tlenowy. Palnik spawalniczy oddany spawaczowi do spawania lub cięcia powinien być sprawny i dawać pełną gwarancję bezpiecznej pracy.

Do spawania gazowego i cięcia ręcznego tlenem stosowane są głównie palniki smoczkowe (injektorowe), które mogą pracować jako palniki niskiego i wysokiego ciśnienia. Mają one łatwą regulację płomienia, są także łatwe w obsłudze.



Palnik niskiego ciśnienia do spawania i cięcia (smoczkowy): a) palnik do spawania,

b) palnik do cięcia z kompletnym wyposażeniem

1 — rękojęść palnika, 2 — zawór acetylenowy, 3 — zawór tlenowy, 4 — przewód mieszankowy (nasadka), 5 — dziób, 6 — nakrętka łącząca nasadkę i rękojęść, 7 — smoczek, 8 — nasadki wymienne, 9 — komora mieszankowa z oznaczaniem numeru nasadki, 10 — główka palnika do cięcia, 11 — łuska podgrzewająca, 12 — dysza tnąca, 13 — kurak tlenu tnącego, 14 — wózek, 15 — cyrkiel

Rękojeść 1 ma dwa łączniki: na tlen i acetylen. Na rękojeści są umocowane oprócz tego dwa zawory: do tlenu i acetyleny. Służą one do regulacji składu mieszanki. Nasadka 8 jest przykręcona do rękojeści 1 za pomocą nakrętki dociskowej 6. Smoczek 7 założony jest wewnątrz palnika przed przykręceniem nasadki. Do nasadki przykręcony jest dziób 5. Nasadki i smoczki są wymienne dla otrzymania różnej mocy palników.

Tlen przepływa przez środkowy otwór smoczka. Wylot otworu smoczka 7 jest zmniejszony. W związku z tym prędkość przepływu tlenu jest bardzo duża. Największa, tzw. prędkość krytyczna, dla tlenu w temperaturze 20°C wynosi 295 m/s. Tlen wypływający z tak dużą prędkością zasysa acetylen doprowadzony centrycznie po zewnętrznej stronie smoczka.

Podciśnienie wywołane ssaniem smoczka może dochodzić do 200 mm H₂O. Im wyższe jest ciśnienie tlenu, tym większe jest podciśnienie w przewodzie acetylenowym. Podciśnienie można sprawdzić, przepuszczając tlen przez palnik przy nie podłączonym węźle acetylenowym.

Wymieszanie tlenu i acetyleny w palniku tuż za smoczkiem nie jest dostateczne, dlatego w nasadce gazy wpływają do rozszerzającego się przewodu, zwanego komorą mieszania. Smoczek i komora mieszania 9 nazywają się urządzeniem mieszającym.

Ciśnienie w dolnej części nasadki powinno wynosić 1200 mm H₂O. W dziobie mieszanina gazów wypływa z **prędkością 70-160 m/s** w zależności od wydajności palników.

Trzeba zwrócić uwagę, że prędkość wylotowa gazów powinna być równa prędkości spalania się mieszanki acetylenowo-tlenowej. Gdy prędkość wylotowa jest mniejsza niż prędkość spalania, płomień pali się wewnątrz nasadki. Wytworzone gazy spalania gwałtownie podwyższają ciśnienie w nasadce i z bardzo dużą prędkością uchodzą z dzioba. Ujście tych gazów odbywa się z hukiem i dlatego mówimy, że palnik strzela. Gdy natomiast prędkość wylotowa jest większa od prędkości spalania, to spalanie mieszaniny gazów nie nadąża z wypływem. Płomień odrywa się od palnika i gaśnie. Gdy prędkość wylotowa jest duża, mówimy, że płomień jest twardy, rozdmuchuje on roztopiony metal.

Palnik smoczkowy może być zasilany acetylenem niskiego ciśnienia, powyżej 50 mm H₂O. W tym przypadku ciśnienie tlenu powinno wynosić 0,25 MPa.

Obsługa palników.

Palniki są narzędziami precyzyjnymi i dlatego należy używać ich umiejętnie i ostrożnie.

Szczególnie należy zwracać uwagę na czystość palnika, który nie może być zanieczyszczony olejem ani smarem. Do smarowania zaworów można używać wyłącznie mielonego grafitu.

Chcąc zapalić palnik należy najpierw otworzyć zawór do tlenu, a po stwierdzeniu wypływu tlenu otworzyć zawór do acetyleny.

W razie zatkania się wylotu dzioba palnika w czasie pracy należy natychmiast zamknąć zawór do acetyleny, a następnie zawór do tlenu i przeczyszczyć wylot dzioba igiełką z drutu miedzianego lub miedzianego. Do czyszczenia nie wolno używać drutu stalowego. W ten sposób rozkalibrowalibyśmy i powiększyli na stałe otwór dzioba. Prędkość wypływu mieszanki przez zwiększony otwór zmniejsza się. Prędkość spalania może być wtedy większa niż prędkość wypływu mieszanki i płomień może się cofnąć do palnika, powodując strzelanie.

Zanieczyszczenie wylotu dzioba odpryskami stopionego metalu można usunąć przez pocieranie dzioba o kawałek drewna, nie gasząc płomienia. Palnik w tym wypadku będzie strzelał.

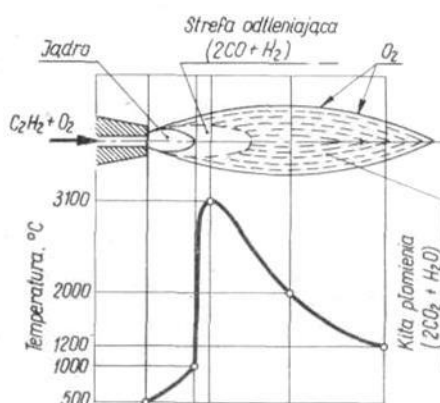
Bardzo niebezpieczne podczas spawania jest cofnięcie się płomienia lub mieszanki do przewodu acetylenowego, ze względu na panujące w nim niższe ciśnienie. Zdarza się to najczęściej w razie:

- 1) dotknięcia dziobem powierzchni metalu spawanego lub czyszczenia dzioba o drzewo,
- 2) zanieczyszczenia wylotu dzioba odpryskami stopionego metalu,
- 3) nagrzania dzioba do temperatury wyższej niż 400 °C,
- 4) nagrzania komory mieszankowej do temperatury wyższej niż 200°C.

W przypadku cofnięcia się płomienia należy szybko zamknąć najpierw zawory acetylenowy i tlenowy w palniku, a następnie otworzyć zawór tlenowy w celu przedmuchania wylotu dzioba palnika. Jeżeli palnik jest gorący, należy go włożyć do naczynia z wodą otwierając równocześnie zawór tlenowy na rękojeści palnika, aby nie dopuścić wody do wnętrza palnika.

Przy zapalaniu płomienia należy najpierw otwierać zawór tlenowy, a później zawór acetylenowy. Natomiast przy gaszeniu płomienia najpierw zamyka się zawór acetylenowy, a później dopiero tlenowy.

10. Płomień acetylenowo-tlenowy



Płomień acetylenowo-tlenowy dzielimy na 3 strefy: jądro, strefą odtleniającą i kłosa płomienia

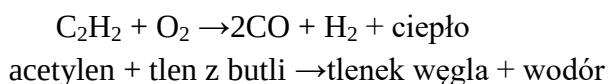
Płomień acetylenowo-tlenowy składa się z trzech stref:

- jądra, (temperatura od 600⁰ ÷ 1000⁰C),
- strefy odtleniającej (temperatura ok. 3100⁰C),
- kłosa płomienia. (temperatura pośrodku ok. 2000⁰C, na końcu ok. 1000⁰C).

W celu otrzymania płomienia acetylenowo-tlenowego doprowadza się do palnika odpowiednią ilość acetyleny (C₂H₂) i tlenu (O₂). W płomieniu normalnie wyregulowanym nie powinno być ani nadmiaru tlenu, ani acetyleny (rys.). Objętościowy stosunek tych gazów wg założenia teoretycznego wynosi 1:1. Jednak w praktyce zużycie tlenu jest większe, gdyż na 1 litr acetyleny przypada 1,2 litra tlenu, co jest spowodowane większym pobieraniem tlenu przy wyższym ciśnieniu.

Jądro jest zarysowane jasno świecącym stożkiem, umiejscowionym przy dziobie palnika. Wewnątrz jądra znajduje się mieszanina acetylenowo-tlenowa. Pod wpływem temperatury acetylen rozpada się na węgiel i wodór. W atmosferze tlenu z butli węgiel spala się w cienkiej warstwie, tworząc widoczny świecący stożek. Jest to pierwsza faza spalania, tzw. pierwotna.

Reakcja chemiczna zachodzi tu wg wzoru

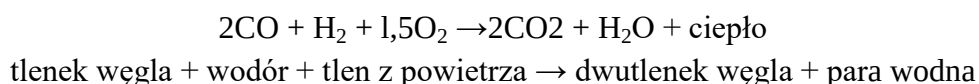


Wydzielające się ciepło jest powodem wzrostu temperatury, która wpływa na częściowy rozpad

wodoru cząsteczkowego H_2 na atomy wodoru H . Powstałe w pierwszej fazie spalania gazy tlenku węgla, wodoru cząsteczkowego, a przede wszystkim wodoru atomowego mają bardzo silne własności redukcyjne, czyli odtleniające tj. odbiera tlen od powstałych już tlenków i chroni metal przed działaniem tlenu z powietrza. Te gazy tworzą drugą, niewidoczną strefę odtleniającą i właśnie dzięki jej istnieniu acetylen zdobył tak szerokie zastosowanie.

Podczas spawania roztopiony metal powinien znajdować się w tej strefie, gdyż wszelkie tlenki metali zostają w niej zredukowane. Otrzymujemy czystą i dobrej jakości spoinę, stosując goły drut do spawania, gdy tymczasem przy spawaniu elektrycznym gołym drutem spoina jest krucha i zawiera tlenki, ponieważ tlen z powietrza ma dostęp do ciekłego metalu.

Trzecią strefą jest kita płomienia. Zachodzi w niej druga faza spalania z udziałem tlenu z powietrza. Reakcja chemiczna tego spalania przebiega wg wzoru



Kita płomienia jest także strefą wpływającą dodatnio na proces spawania. Oślania ona strefę redukcyjną przed dostępem tlenu z powietrza.

Najwyższa temperatura płomienia znajduje się kilka milimetrów za jądrem wewnątrz strefy odtleniającej i wynosi ok. $3100^\circ C$.

Żaden inny gaz nie przedstawia dla spawacza tak wielkich zalet jak acetylen, żaden bowiem nie ma tak wysokiej temperatury spalania ani tak silnie redukujących własności.

Należy dodać, że poprawne wyregulowanie płomienia ma istotne znaczenie dla przebiegu i wyników spawania. Nadmiar acetylenu lub tlenu może wpłynąć bardzo niekorzystnie na własności spoin. Dobrze wyregulowany płomień, tzw. normalny, przedstawiono na rysunku.



Wskutek zwiększonego dopływu acetylenu zamazują się zarysy jądra. Wydłuża się ono i zostaje otoczone błyszczącą aureolą. Taki płomień nazywamy nawęglającym. W czasie spawania cząsteczki węgla przenikają do stopionego metalu, zwiększa się zawartość procentowa węgla w stali, co czyni spoinę twardą i kruchą.



Dając dopływ tlenu większy, niż w płomieniu normalnym, otrzymamy krótkie, -niebieskawe i syczące jądro. Taki płomień nazywamy utleniającym. Utlenienie płynnego metalu wpływa na tworzenie się tlenków w stali. Spoina jest krucha.



Najkorzystniejsze cechy płomienia acetylenowo-tlenowego o normalnej regulacji są następujące:

- wysoka temperatura, która wynosi około 3100°C w odległości $2 \div 6$ mm od końca jądra i umożliwia szybkie nagrzewanie i topienie spawanego metalu zależnie od wielkości nasadki palnika (niektórzy autorzy podają maksymalną temperaturę płomienia 3200°C);
- redukujące właściwości gazów (strefa odtleniająca płomienia);
- łatwość regulacji płomienia, tj. utrzymanie odpowiedniego stosunku acetylenu do tlenu (płomień nie zmienia się podczas spawania).

11. Techniki spawania

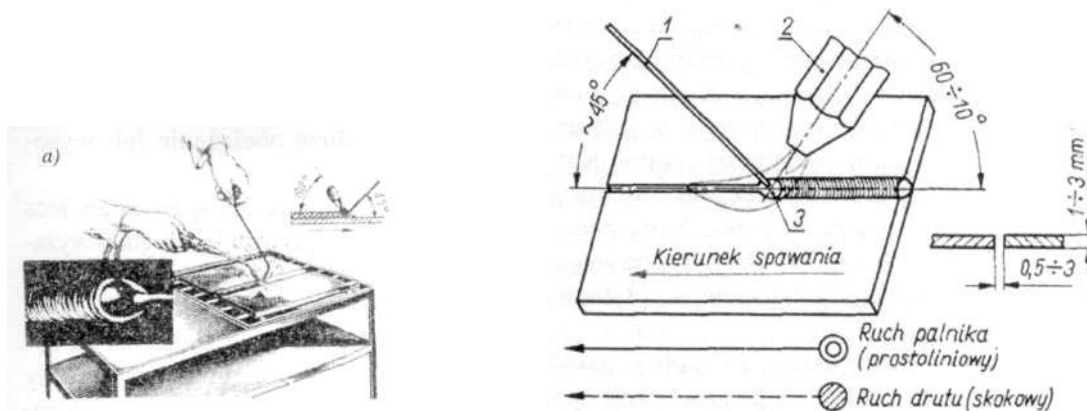
Technika spawania w lewo w pozycji podolnej (PA)

Spawanie w lewo jest stosowane przeważnie do spawania cieńszych blach, mniej więcej do 3 mm grubości. Spawanie polega na prowadzeniu palnika od strony prawej do lewej; kąt nachylenia palnika powinien wynosić $30 \div 60^{\circ}$, zależnie od grubości spawanego materiału (przy mniejszych grubościach kąt mniejszy); kąt pochylenia drutu 45° . Palnik należy posuwać wolno wzdłuż linii spawania, bez jakichkolwiek ruchów poprzecznych.

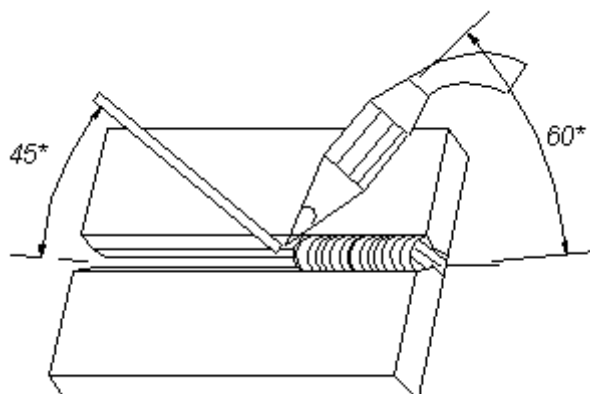
Drut jest prowadzony ruchami na dół i do góry (skokowo); wyjmowanie końca drutu z kąpieli ma na celu regulowanie ilości dodawanego drutu (spoiwa). Koniec drutu nie powinien być wyciągany poza strefę odtleniającą płomienia, aby zapobiec jego utlenianiu. Inaczej tlenki dostają się do spoiny i tworzą wtrącenia niemetaliczne osłabiające spoinę.

Spawanie w lewo ma tę zaletę, że jest łatwe do szybkiego opanowania i że tym sposobem można otrzymać gładkie lico spoiny, co w dużym stopniu zachęca spawaczy do szerszego jej stosowania,

mimo że spoiny takie mają gorsze własności wytrzymałościowe niż spoiny wykonane np. w prawo. Do wad tego sposobu można zaliczyć trudności w utrzymaniu otworka między brzegami spawanych metali, wskutek czego często zdarza się brak przetopu. Spoina na ogół szybko stygnie, co wpływa na tworzenie się w niej porów i pęcherzy; w stalach wysokowęglowych mogą powstawać podhartowania i pęknięcia spoiny.



Spawanie blach w pozycji podolnej (PA): spawanie w lewo: 1 -spoiwo (druz), 2 -palnik, 3 -otworek



Tab. 7. Orientacyjne parametry spawania w lewo blach stalowych spoinami czołowymi w pozycji podolnej (PA)

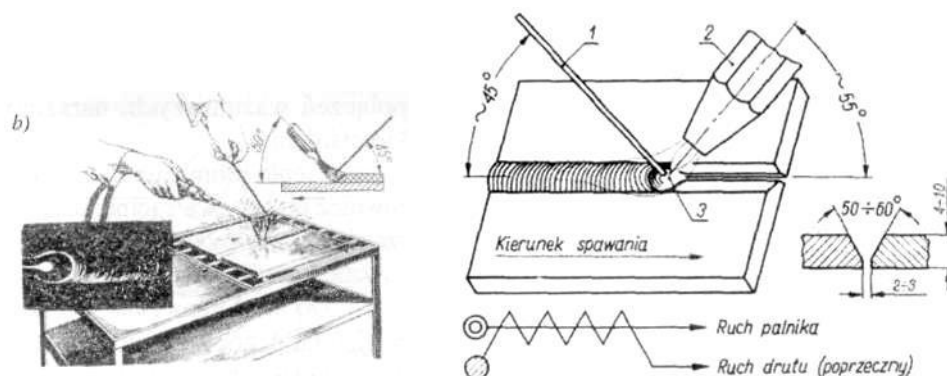
Grubość blach	Średnica spoiwa (pręta)	Wydajność nasadki palnika	Zużycie gazów i spoiwa / m spoiny			Prędkość spawania	Czas spawania
			acetylenu	tlenu	spoiwa		
mm	mm	dm ³ /h	dm ³ /m	dm ³ /m	g/m	m/h	min/m
1	1	100	8,5	10	20	12	5
1,5	1,25	140	19	22	35	8	7,5
2	2	200	35	42	50	6	10
2,5	2,50	280	48	57	65	4,7	13
3	3,25	290	75	90	90	4	15

Technika spawania w prawo w pozycji podolnej (PA)

Spawanie w prawo znajduje zastosowanie do blach grubości ponad 3 mm. Spawanie w prawo jest trudniejsze do opanowania niż w lewo. Przy spawaniu w prawo nie wykonuje się palnikiem żadnych ruchów bocznych, lecz tylko posuwa się go powoli wzdłuż spawanych brzegów, a drutem wykonuje niewielkie ruchy poprzeczne w stosunku do układanej spoiny. Kąt pochylenia palnika powinien wynosić ok. 50° , a drutu 45° . W czasie spawania konieczne jest utrzymanie małego otworka, który zapewnia całkowite przetopienie dolnych brzegów blach i otrzymanie dobrego przetopu.

Spawanie w prawo ma tę zaletę, że spoiny mają lepsze własności wytrzymałościowe, i dlatego powinno być stosowane do połączeń ważniejszych, narażonych na duże obciążenie lub wysokie ciśnienie.

Ciepło płomienia nie tylko stapia brzegi metalu spawanego, lecz również podgrzewa spoinę, dzięki czemu spoina wolniej stygnie, wyżarza się, a gazy mogą się z niej łatwo wydzielić, więc spoina nie jest porowata. Łatwiejsze jest również uzyskanie przetopu.

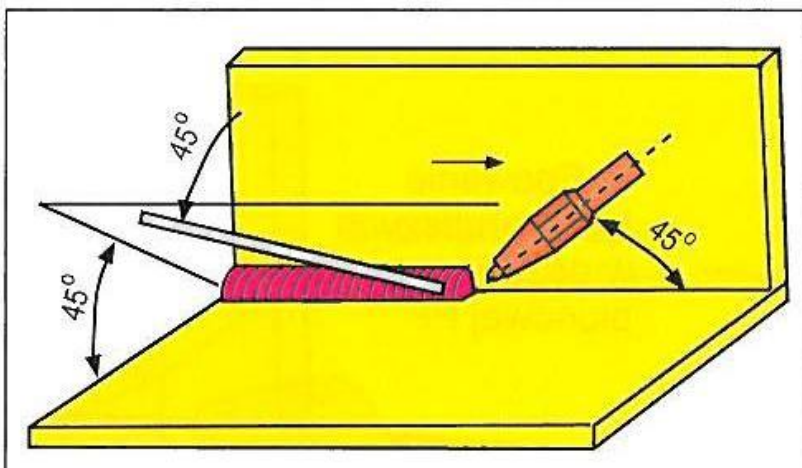
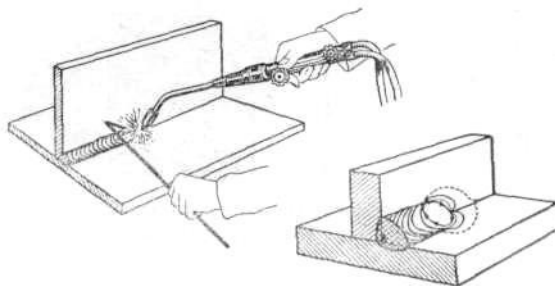


Spawanie blach w pozycji podolnej (PA): spawanie w prawo 1- spoiwo (drut), 2 - palnik, 3 – otworek

Tab. 8. Orientacyjne parametry spawania w prawo blach stalowych spoinami czołowymi w pozycji podolnej (PA)

Grubość blach	Średnica spoiwa (pręta)	Wydajność nasadki palnika	Zużycie gazów i spoiwa / m spoiny			Prędkość spawania	Czas spawania
			acetylenu	tlenu	spoiwa		
mm	mm	dm ³ /h	dm ³ /m	dm ³ /m	g/m	m/h	min/m
4	3,25	400	135	160	20	3,5	18
5	4	550	165	200	35	3	20
6	4	600	240	290	50	2,5	24
8	5	750	485	580	65	1,8	32
10	5	1000	665	800	90	1,5	40

Spawanie złącza teowego w pozycji nabocznej (PB)



Spawanie złącza teowego w pozycji nabocznej metodą w prawo

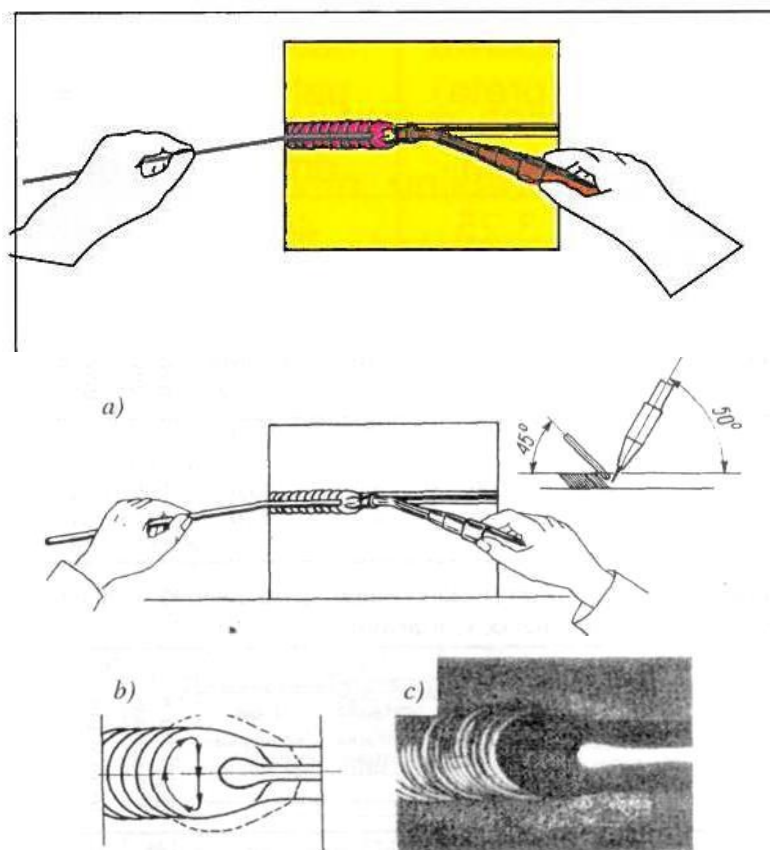
Podczas spawania palnik powinien być tak trzymany, żeby najgorętsza część płomienia obejmowała brzegi metalu spawanego (odległość jądra od metalu $2 \div 6$ mm). Drut dla łatwiejszego trzymania należy zgiąć pod kątem prostym. Grubość stosowanego do spawania drutu powinna się równać połowie grubości spawanej blachy + 1 mm, jeżeli grubość blachy nie przekracza 4 mm.

Spawanie w pozycji naściennej (PC)

Spawanie w tej pozycji jest znacznie trudniejsze niż w innych pozycjach. Wymaga dużego doświadczenia praktycznego ze względu na dużą tendencję spływania ciekłego metalu z jeziora spoiny.

Przy prawidłowym spawaniu należy pamiętać, aby dysza płomieniowa palnika była prowadzona prostopadle do powierzchni spawanego materiału (rysunek a). Przy innym położeniu zawsze powstają wady w postaci podtopienia brzegów blachy górnej i zgrubienia spoiny na blasze dolnej. Ruch palnika powinien być prostoliniowy, a ruch drutu półkolisty (rysunek b). Podczas spawania koniec drutu nie powinien być wyjmowany z jeziora ciekłego metalu.

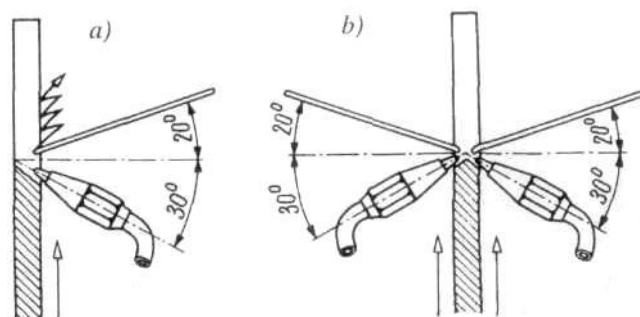
Przy spawaniu gazowym należy wykonywać spoiny jednowarstwowe, nawet gdy spawa się grube materiały (rysunek c). Spawanie wielowarstwowe prowadzi do powstania dużych naprężeń spawalniczych i przegrzewania spoin. Obie te wady wpływają na zmniejszenie wytrzymałości połączeń spawanych.



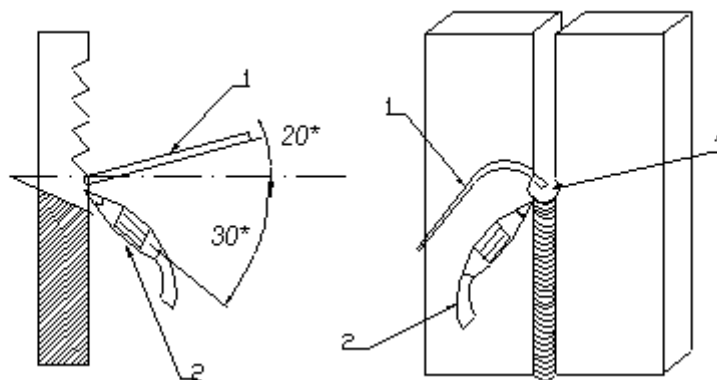
Spawanie złącza doczołowego w pozycji naściennej (PC) w prawo: a) układanie spoiny metodą w prawo, b) prowadzenie drutu, c) wygląd spoiny naściennej z utrzymanym otworkiem

Spawanie w pozycji pionowej

Spawanie w pozycji pionowej polega na prowadzeniu palnika z dołu do góry lub z góry na dół, przy czym spawanie to może być wykonywane przez jednego lub dwóch spawaczy jednocześnie (rys. 11.5). Przy spawaniu w górę palnik prowadzi się pod kątem 30° , a drut powinien być pochylony pod kątem 20° do poziomej osi spawania. Ruchy palnika i drutu są takie same jak przy spawaniu w lewo (ruch palnika postępowy prostoliniowy, a ruch drutu skokowy lub krokowy).



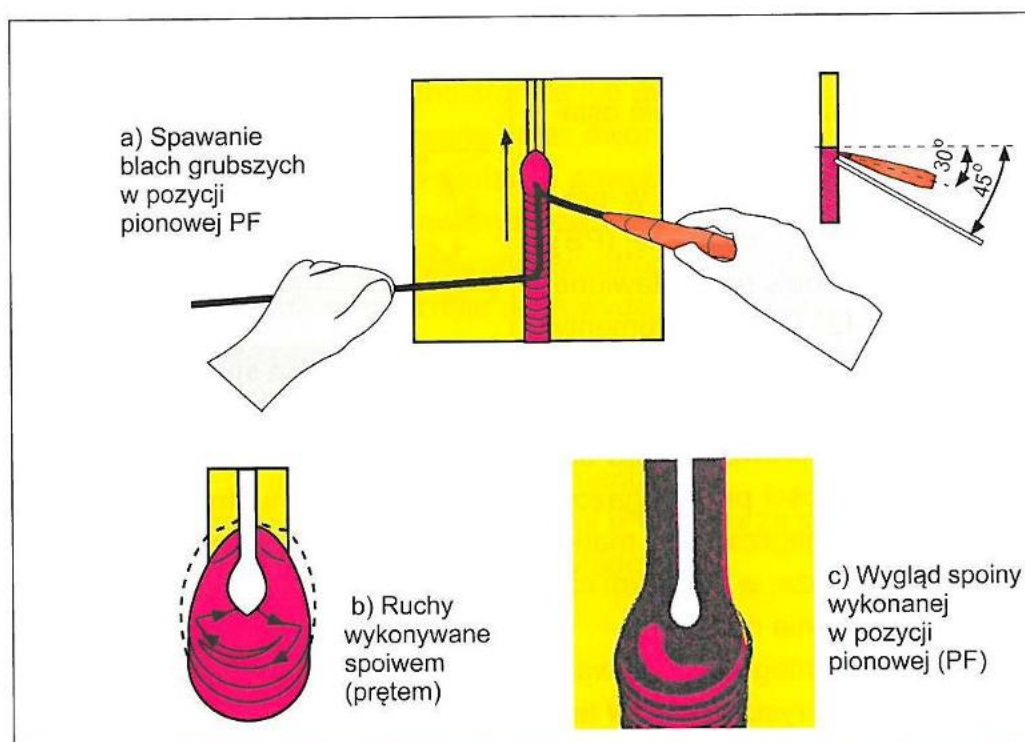
Spawanie w pozycji pionowej: a) jednostronne spawanie w górę, b) dwustronne spawanie w górę



Wydajność palnika przy jednostronnym spawaniu w górę wynosi $50 \div 60$ l acetyleny na godzinę w przeliczeniu na 1 mm grubości blachy, a przy spawaniu dwustronnym $25 \div 30$ l acetyleny w tych samych warunkach. A zatem przy dwustronnym spawaniu w górę uzyskuje się dużą oszczędność gazu.

Jednostronne spawanie w górę stosuje się do blach lub rur cieńszych, nie przekraczających na ogół 6 mm. Dwustronne spawanie w górę zaleca się do spawania blach i rur grubości powyżej 6 mm, przy czym materiałów o grubości do 12 mm można nie ukosować. Blachy lub rury grubości ponad 12 mm ukosuje się na X.

Do jednostronnego spawania blach grubszych ukosowanych stosuje się inną technikę spawania niż do blach cieńszych. Na przykład palnik prowadzi się pod kątem ok. 30° , a drut pod kątem 45° za palnikiem (rysunek). Ruch palnika jest postępowy prostoliniowy, a drutem wykonuje się ruchy poprzeczne, jak to wskazuje linia oznaczona strzałkami (rysunek). Spoina wykonana w ten sposób ma równe lico, nie tworzy podtopień, a otworek zapewniający dobry przetop jest łatwy do utrzymania (rysunek).



12. Materiały dodatkowe do spawania

Do spawania gazowego stosujemy spoiwo w postaci prętów. Spoiwo dobiera się zależnie od składu chemicznego spawanej stali. Podczas spawania cienkich blach stalowych w skład spoiny w przeważającej ilości wchodzi materiał rodzimy i jakość spoiwa pod względem spawalności ma mniejsze znaczenie. Natomiast wraz ze wzrostem grubości blach zmniejsza się udział materiału rodzimego w spoinie i o właściwościach złącza decydują własności dodawanego spoiwa.

Symbol	Skład chemiczny w %							
	C	Si	Mn	P	S	Mo	Ni	Cr
O Z	Inne uzgodnione składy chemiczne							
O I	0,03–0,12	0,02–0,20	0,35–0,65	0,030	0,025	-	-	-
O II	0,03– 0,20	0,05–0,25	0,50–1,20	0,025	0,025	-	-	-
O III	0,05–0,15	0,05–0,25	0,95–1,25	0,020	0,020	-	0,35–0,80	-
O IV	0,08–0,15	0,10–0,25	0,90–1,20	0,020	0,020	0,45–0,65	-	-
O V	0,10–0,15	0,10–0,25	0,80–1,20	0,020	0,020	0,45–0,65	-	0,80–1,20
O VI	0,03–0,10	0,10–0,25	0,40–0,70	0,020	0,020	0,90–1,20	-	2,00–2,20
Pojedyncze wartości podane w tablicy są wartościami maksymalnymi.								

13. Oznaczenie i wymiarowanie spoin

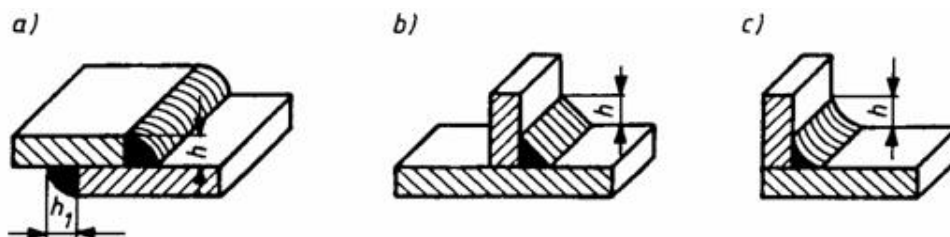
Ze względu na kształt spoin oraz ich położenie w stosunku do łączących części rozróżnia się spoiny **czołowe i pachwinowe** oraz rzadziej stosowane: **otworowe, punktowe i brzeżne**

Spoiny czołowe stosuje się do łączenia stykowego blach, prętów, kształtowników, rur itp. Rodzaj spoiny dobiera się w zależności od charakteru obciążenia , grubości blach oraz innych wymagań konstrukcyjnych i technologicznych. Przy spawaniu czołowym jest wymagane odpowiednie przygotowanie krawędzi elementów. Wymiary ukosowań zależą od grubości blach oraz metod spawania i są ujęte w normach(PN-75/M-69014, PN-73-69015)

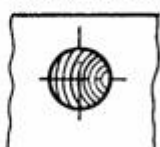
Przy spawaniu czołowym grubszych blach są również stosowane złącza spawane dwustronne

Spoiny pachwinowe stosuje się do zakładkowego i nakładkowego łączenia blach do łączenia części ustawionych pod kątem itp. Spoiny pachwinowe dzieli się na

a) wypukłe; b) płaskie; c) wklęsłe,



Rodzaje spoin

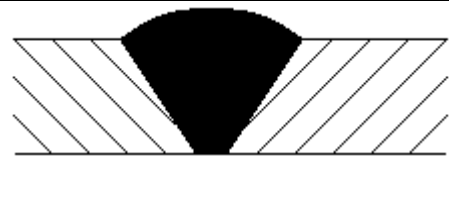
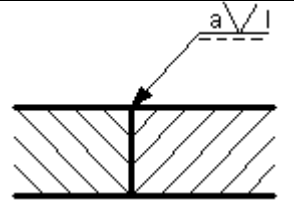
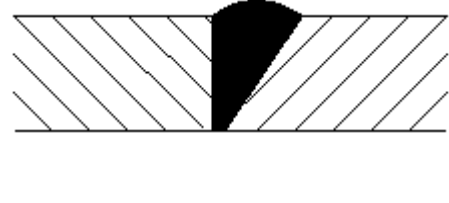
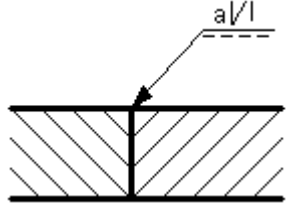
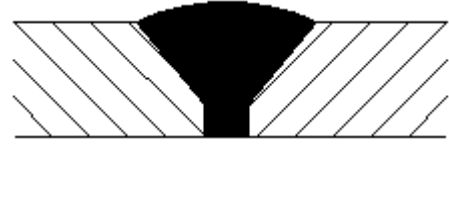
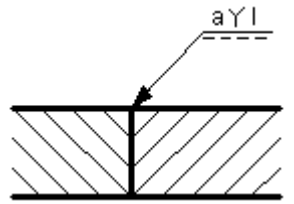
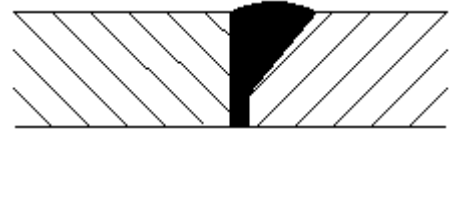
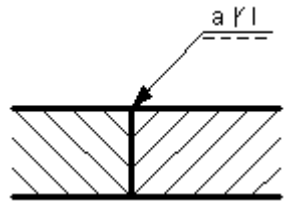
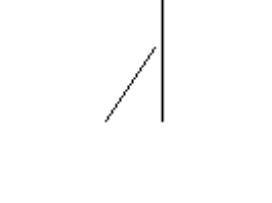
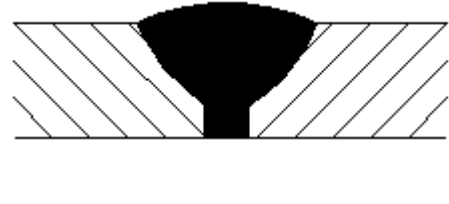
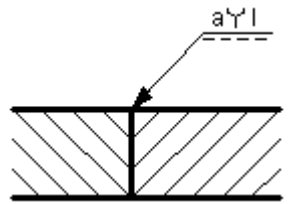
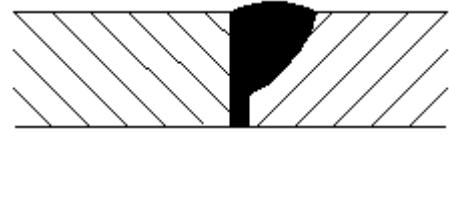
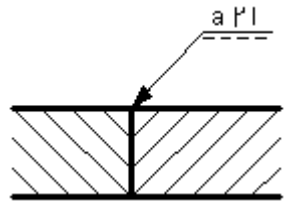
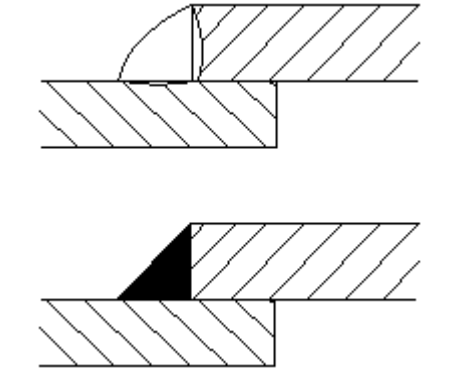
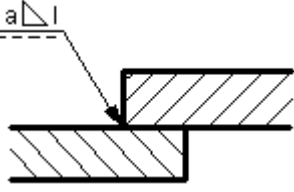
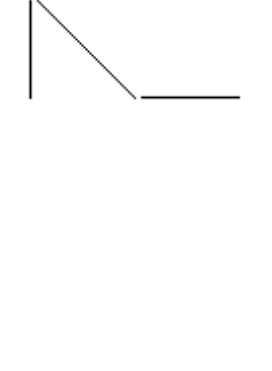
czołowa	jednostronna	J		П	pachwinowa	plaska	 
		1/2Y		Y		wklęsa	 
		Y		Y	grzbietowa		
		I		II			
		V		V			
		1/2V		V	otworowa	0	 
		U		У			
	dwustronna	X		X			
		K		K			
		2U		У			
krawędziowa							
pachwinowa		L					

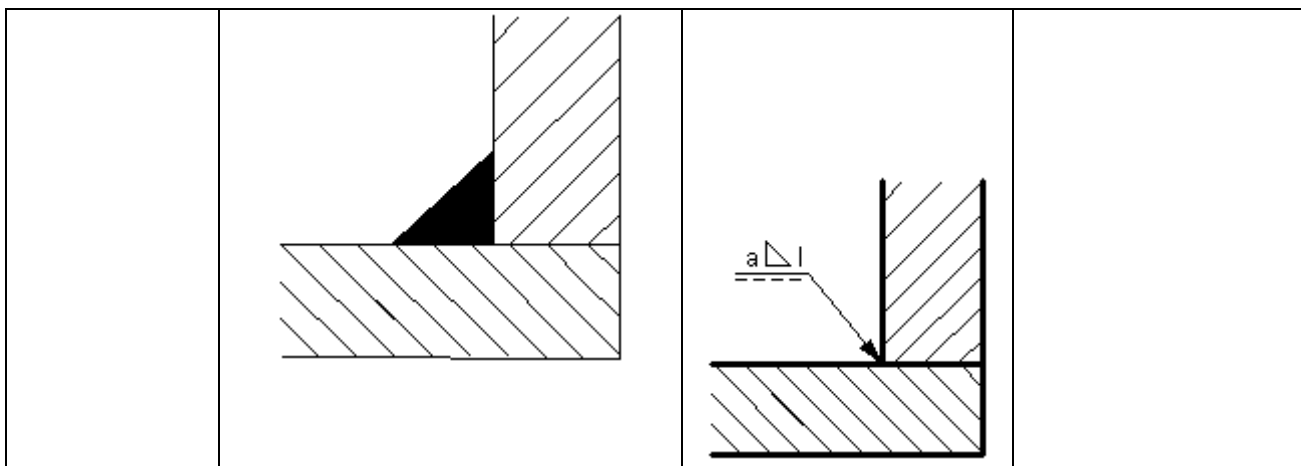
Wymiarowanie i oznaczanie spoin

Lp.	Rysunek spoiny	Nazwa spoiny	Lp.	Rysunek spoiny	Nazwa spoiny
		Oznaczenie			Oznaczenie
1		czołowa V	7		czołowa I
2		krawędziowa V	8		czołowa J
3		czołowa 2 V	9		czołowa U
4		czołowa X	10		pachwinowa zakładkowa L
5		czołowa 1/2 V	11		pachwinowa kątowa L
6		czołowa K	12		pachwinowa kątowa 2 L

Przy oznaczaniu rodzaju spoiny, stosuje się symbole, które określają kształt przygotowanych do spawania krawędzi łączonych elementów.

Symbol	Przekrój spoiny	Przykład oznaczenia	Symbol spoiny
Spoina czołowa I			

Spoina czołowa V			
Spoina czołowa ½V			
Spoina czołowa Y			
Spoina czołowa ½Y			
Spoina czołowa U			
Spoina czołowa ½U			
Spoina pachwinowa			



← STRZAŁKĄ KOŃCZĄCZĄ LINIĘ ODNIESIENIA WSKAZUJEMY MIEJSCE WYKONANIA SPOINY MIĘDZY ŁĄCZONYMI MATERIAŁAMI

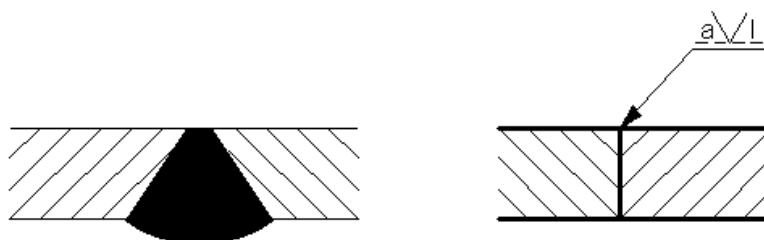
----- LINIA CIENKA KRESKOWA ZNAJDUJĄCA SIĘ NAD LUB POD PÓLKĄ LINII ODNIESIENIA NOSI NAZWĘ LINII IDENTYFIKACYJNEJ. SPEŁNIA ONA DWIE FUNKCJE.

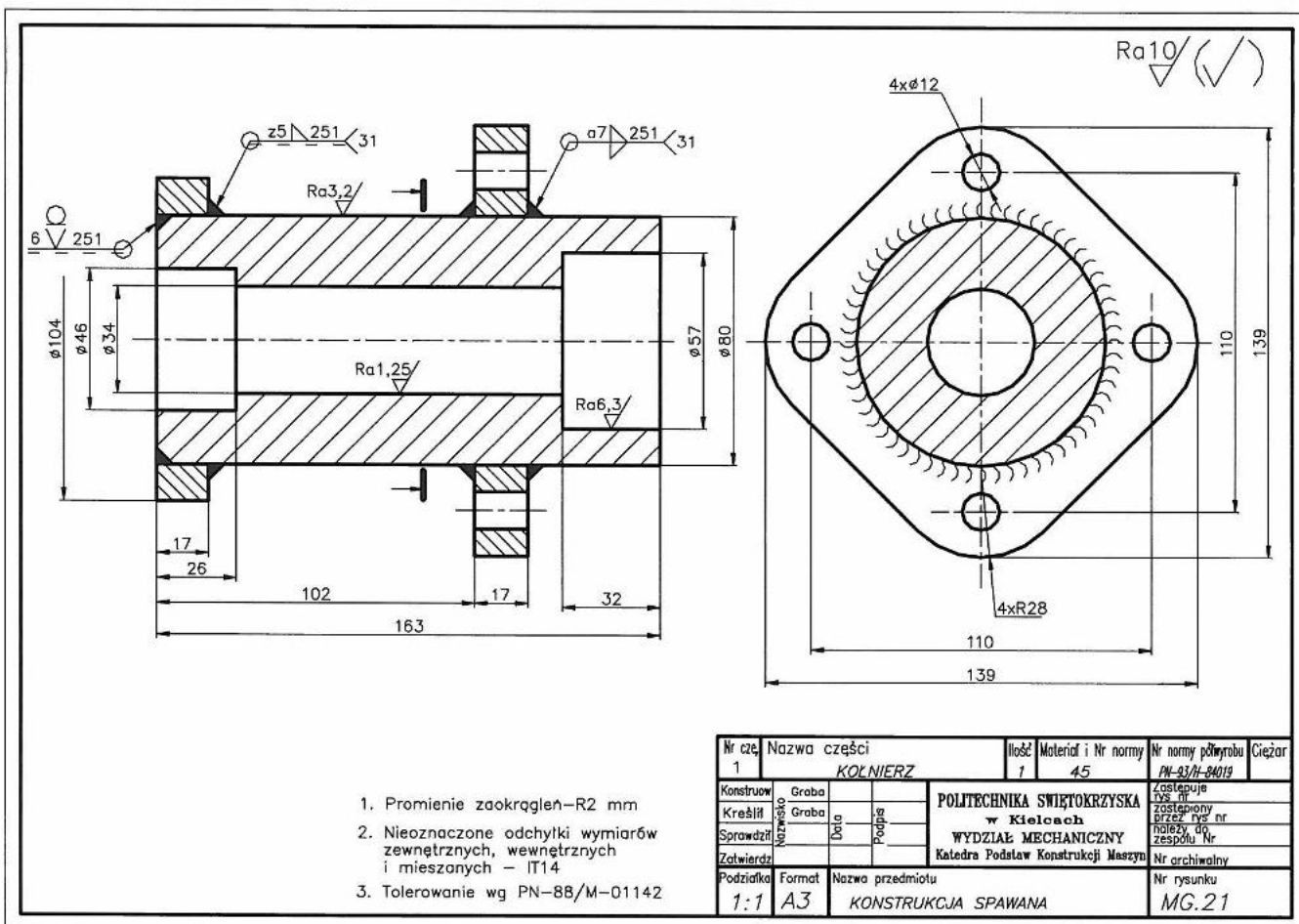
- Pierwsza – informuje, przy wykonanym rysunku łączonych elementów, że **NALEŻY JE POŁĄCZYĆ TRWAŁE PRZEZ SPAWANIE**.
- Drugie jest takie, że wraz z linią odniesienia określa się **jak** należy położyć spoinę.

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

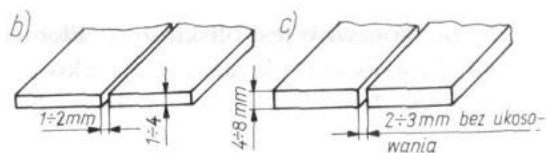


Gdy linia identyfikacyjna znajduje się **nad** półką linii odniesienia to grot kończący linię odniesienia wskazuje grąn spoiny.

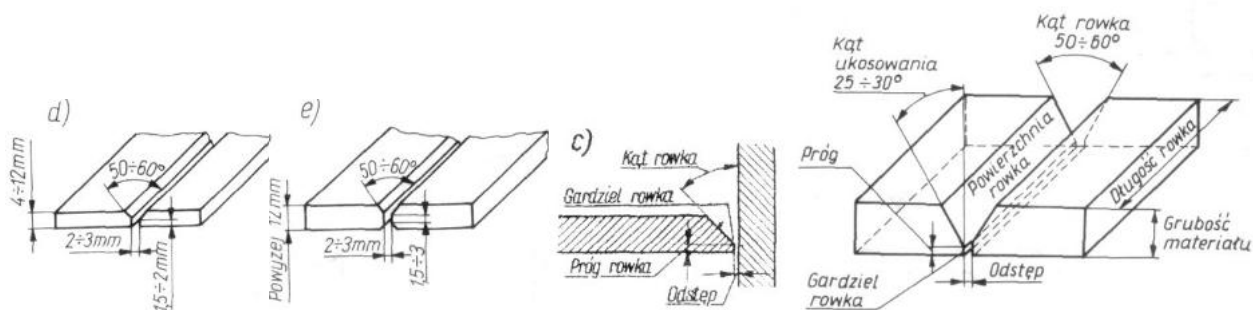




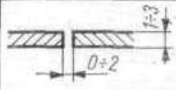
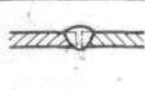
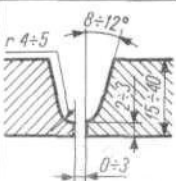
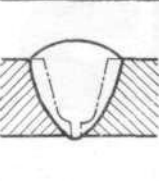
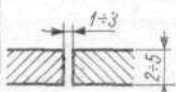
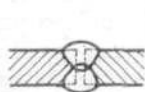
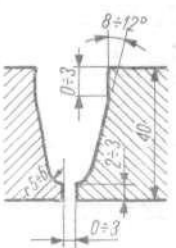
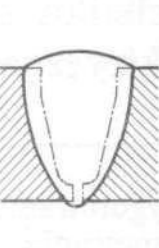
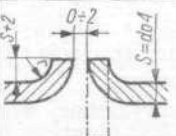
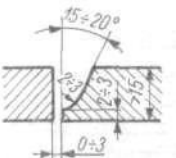
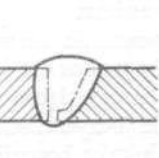
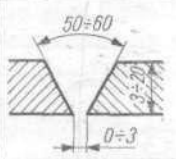
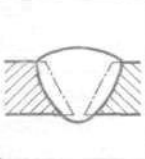
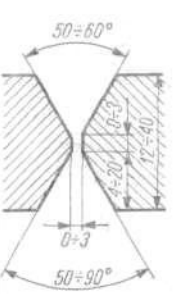
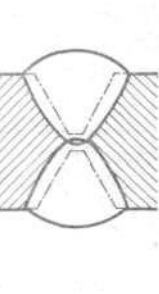
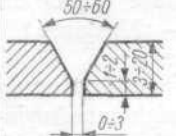
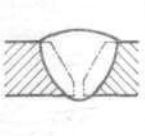
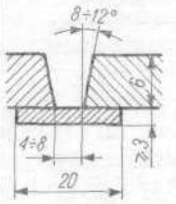
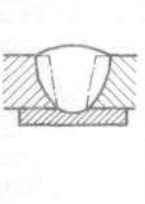
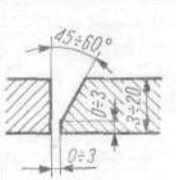
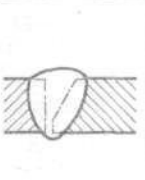
14. Przygotowanie złączy do spawania



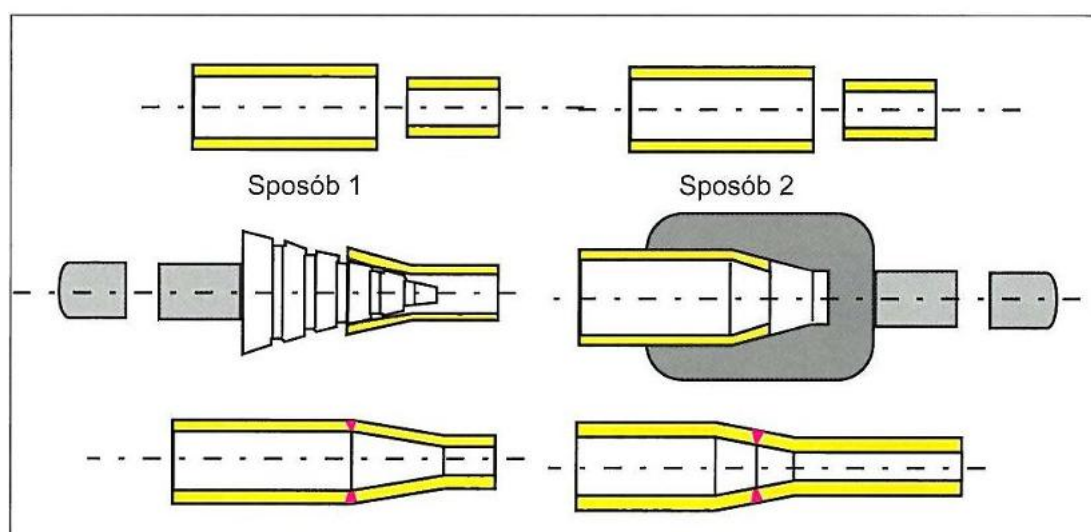
Blachy bez ukosowania krawędzi



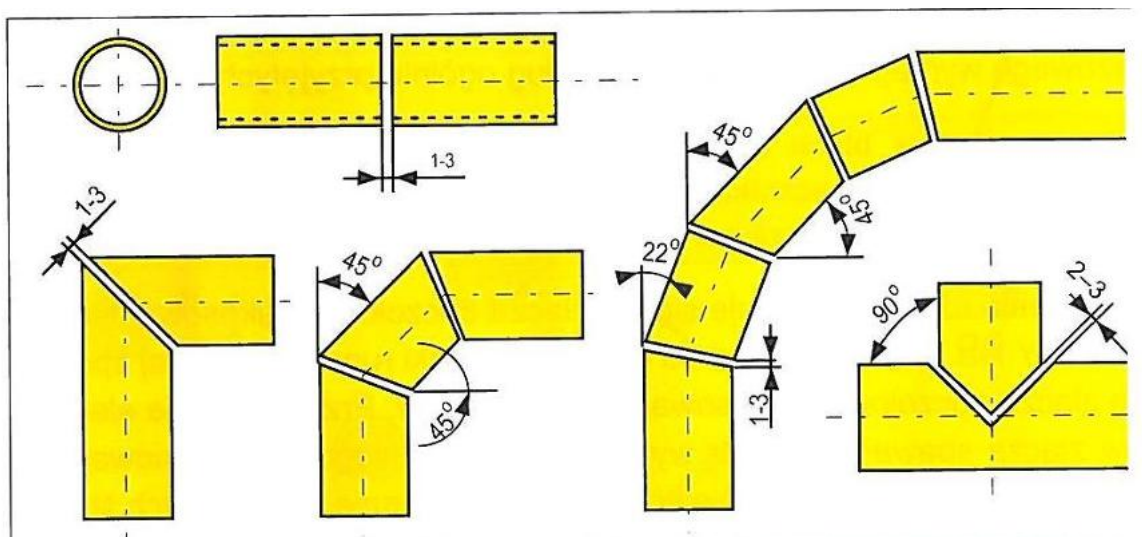
Blachy z ukosowanymi krawędziami

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, zakładnym lub nakładk.)		
14	Spoina 2U zwężona			17	Spoina L (pachwinowa w złączu narożnym)		
18	Spoina O (otworowa bez ukosowania)			19	Spoina O (otworowa z ukosowaniem)		



Przygotowanie rur o różnych średnicach do wykonywania złącza spawanego doczołowego



Przygotowanie elementów złączy rurowych do spawania

15. 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);

IS – 1.1 – 311 (podstawowy egzamin spawacz a metodą spawania gazowego)

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 złączu 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 i 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. Świadczenie powinno być potwierdzone co 6 miesięcy, w innym przypadku świadczenie 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

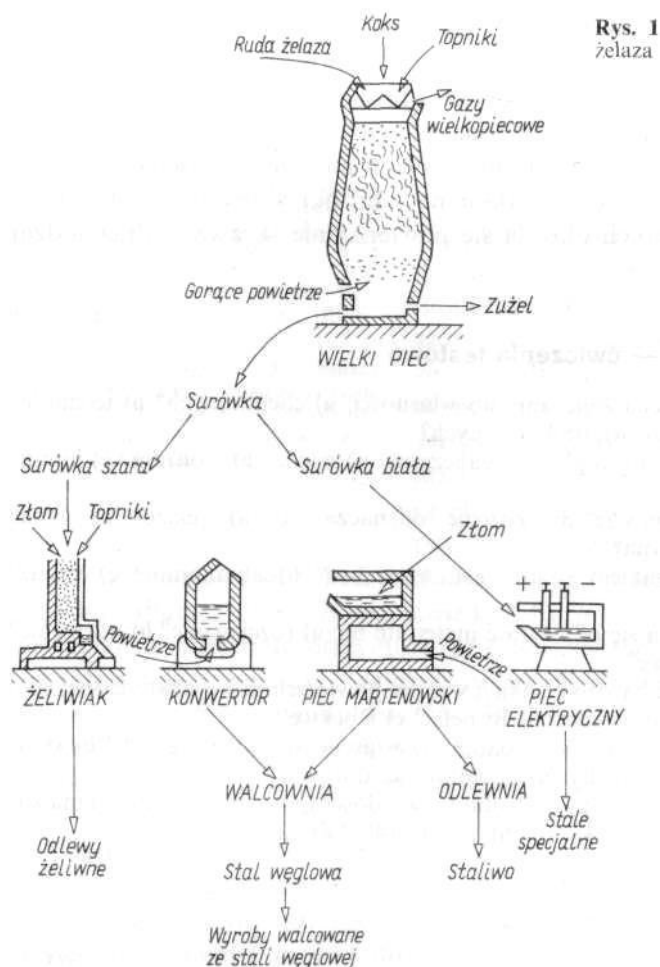
Przedłużenia powinien dokonać egzaminator/ jednostka egzaminacyjna.

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.

16. Wytwarzanie stali



Proces otrzymywania stopów żelaza z węglem – stali

Ogólnie zostało przyjęte, że stal określa się jako stop żelaza z węglem. Jednak stal jest stopem wieloskładnikowym, w którym oprócz węgla występuje wiele innych składników (pierwiastków) metalowych i niemetalowych wprowadzanych celowo, aby uzyskać żądane własności. Do pierwiastków metalowych należą: żelazo (Fe), mangan (Mn), chrom (Cr), nikiel (Ni), molibden (Mo), miedź (Cu), aluminium (Al), cynk (Zn) itd. Do pierwiastków niemetalowych należą: węgiel (C), krzem (Si), siarka (S), fosfor (P). Pierwiastkami są również gazy, które mogą występować w metalach, np.: tlen (O), wodór (H), azot (N) i inne.

Stal zwykłej jakości - niestopowa ogólnego przeznaczenia - zawiera przeciętnie 0,03÷0,25% węgla, 0,65÷1,2% manganu, 0,07÷0,35% krzemu, około 0,05% fosforu i około 0,05% siarki.

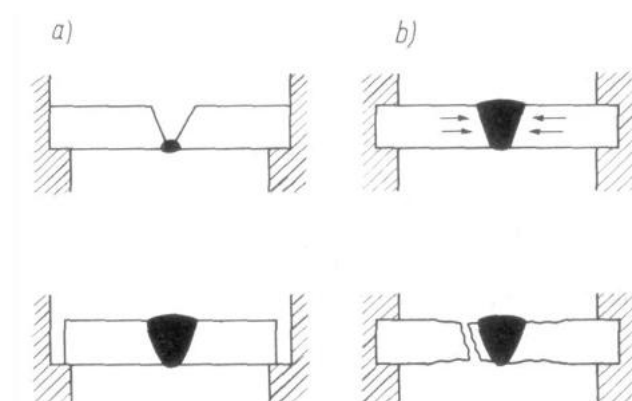
Wytrzymałość na rozciąganie tej stali wynosi średnio 430 MPa.

W stali węglowej głównym składnikiem wpływającym na własności jest węgiel, który wpływa w decydujący sposób na zmianę własności mechanicznych stali i na jej strukturę, zwiększając wytrzymałość na rozciąganie i granicę plastyczności, a zmniejszając udarność i wydłużenie. Przy zwiększaniu zawartości węgla w stalach węglowych ponad 0,25% i w stalach stopowych ponad 0,2% spawalność stali gwałtownie się pogarsza wskutek skłonności do hartowania się, która powstaje zarówno w strefie przejściowej, jak i w spoinie, tworząc strukturę odznaczającą się kruchością, skłonną do powstawania pęknięć.

17. Powstawanie naprężeń podczas krzepnięcia spoiny.

Układanie spoiny w rowku łączonych części jest podobne do procesu odlewania. Metal w stanie płynnym ma objętościowo większe wymiary niż metal w stanie stałym.

Stal niskowęglowa stygnąc — ze stanu płynnego — do temperatury otoczenia zmniejsza swoje wymiary o 4,5÷6%. W metalu spoiny w czasie stygnięcia do temperatury 650°C nie powstają żadne naprężenia, gdyż metal odkształca się plastycznie. Poniżej temperatury granicznej stal umacnia się, zwiększa swoją wytrzymałość, staje się twardsza i odkształca się. Spoina, stygnąc do temperatury otoczenia, zmniejsza swoją objętość, ściąga spawane części, a jeżeli są one zamocowane i nie mogą się przesuwać, wtedy skurcz wywołuje naprężenie wewnętrzne.



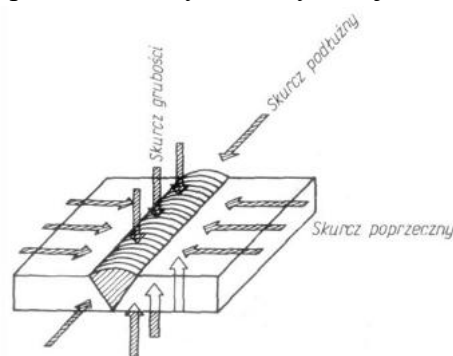
Skurcz poprzeczny wywołany spoiną: a) blachy swobodnie podparte, b) blachy sztywno zamocowane

Szczepione dwie blachy położono na podporach bez luzu poprzecznego. Po spawaniu spoina ściągnęła blachy tak, że swobodnie leżały na podporach. W sztywno zamocowanych blachach działa się inaczej. Skurcz spoiny nie mógł ściągnąć do siebie blachy, w wyniku tego powstały naprężenia wewnętrzne, rozciągające blachy. Powstałe naprężenia wewnętrzne mogą być nawet tak duże, że spowodują małe pęknięcia lub nawet zniszczenie spoiny na całej długości. Uszkodzenia naprężeniowe złącza spawanego występują często w strefie wpływu ciepła.

Wpływ skurczu na spawane zespoły

Spoina podczas stygnięcia kurczy się we wszystkich kierunkach.

Rozróżnia się skurcz grubości, skurcz poprzeczny i skurcz podłużny spoiny. Skurcz w kierunku grubości spoiny nie ma żadnych przeszkód, czyli nie wywołuje żadnych naprężeń wewnętrznych.



Skurcz spoiny czołowej na V

Dwie swobodnie leżące blachy są ze sobą spawane, skurcz poprzeczny *zbliża* je swobodnie do siebie, czyli naprężeń wewnętrznych brak. W tym przypadku skurcz poprzeczny stalowych złączy doczołowych wykonanych na V w przybliżeniu wyniesie:

grubość blachy w mm	4	8	12	20
skurcz poprzeczny w mm	0,9	1,2	1,7	2,3

Jeżeli złącze nie ma możliwości swobodnego skurczu, to metal obok spoiny ulega częściowo odkształceniom plastycznym. Ponadto w złączu powstają naprężenia wewnętrzne, które mogą przekroczyć wytrzymałość złącza i doprowadzić do pęknięcia. Im grubszy jest materiał, tym większe i niebezpieczniejsze są naprężenia wewnętrzne.

W złączach doczołowych skurcz poprzeczny wywołuje jeszcze odkształcenie kątowe, które zależy od kształtu rowka spoiny. Przygotowanie rowka na X i kolejne układanie ściegów raz z jednej, raz z drugiej strony spoiny może tak korzystnie wpłynąć na złącze, że końcowe odkształcenie kątowe będzie równe zero.

Inaczej będzie po przygotowaniu rowka na V.



Skurcz w blokach spawanych ukosowanvch na V

Pierwszy ścieg wywołuje tylko skurcz poprzeczny. Następne ściegi podczas stygnięcia przyciągają blachy do siebie, tworząc odkształcenia kątowe.

Przy swobodnie leżących blachach odkształcenie kątowe wywołane spoiną na V wyniesie w przybliżeniu:

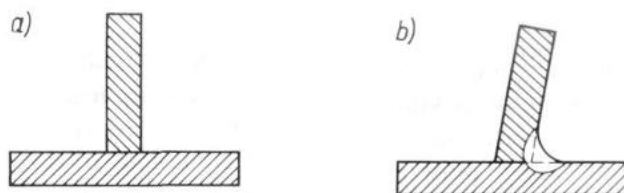
grubość w mm	6	12	20	20
liczba ściegów w spoinie	2	5	8	22
odkształcenie kątowe w stopniach	1°	3°	7°	13°

Należy zwrócić uwagę na odkształcenia blach grubości 20 mm, podczas wykonywania spoin 8 ściegami i 22 ściegami.

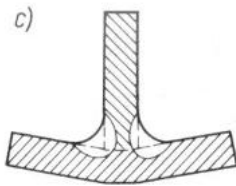
Zasadą jest, że im więcej jest ściegów w spoinie, tym większe jest odkształcenie.

W konstrukcjach przestrzennych zespoły spawane nie mają możliwości odkształcania się, co daje koncentrację naprężeń wewnętrznych. Skupienie naprężeń wewnętrznych może być tak duże, że powstaną pęknięcia.

W spoinach pachwinowych powstanie także odkształcenie kątowe, podobnie jak w spoinach na V.

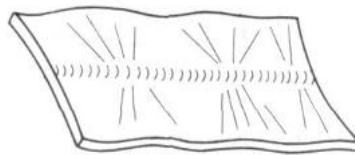


Odkształcenia złączy teowych: a) złącze teowe przed spawaniem, b) złącze teowe spawane jednostronnie



Odształcenia złączy teowych spawanych dwustronnie

Skurcz podłużny nie odgrywa większej roli tylko w zespołach z krótkimi spoinami. Natomiast w długich spoinach może wywołać pofalowanie, wybrzuszenia i wygięcia, które są trudne lub niemożliwe do usunięcia w gotowych zespołach.



W cienkich blachach o grubości do 4 mm skurcz podłużny często wywołuje fałdowanie blach. Podczas spawania krawędzie blach zostają ogrzane aż do temperatury topnienia metalu. Metal w strefie przyspoinowej grzeje się od niej, jednakże nie może się wydłużyć, gdyż znajduje się obok dalszego metalu o temperaturze pokojowej. Metal w strefie przyspoinowej zostaje spęczony, to znaczy, że powstało odkształcenie plastyczne.

Napężenia ściskające nie pofałdują zaś grubych blach, gdyż są one sztywniejsze. Napężenia nie ustępują, lecz pozostaną w blachach, i to rozciągające — w spoinach oraz ściskające — dla równowagi — poza spoinami. Im grubsza jest blacha (np. 20 mm), tym mniej się odkształci, lecz tym większe pozostaną napężenia wewnętrzne. Na grube elementy należy dobierać takie materiały, które są plastyczne i odkształcają się podczas spawania.

Należy obawiać się naprężeń wewnętrznych dlatego, gdyż podczas pracy danego zespołu, np. dźwigara suwnicy, dochodzą naprężenia zewnętrzne od obciążenia i wtedy suma tych naprężeń może być wyższa od wytrzymałości materiału. W takim przypadku materiał zostanie zerwany i cały zespół uszkodzony, a nawet może doprowadzić do katastrofy. Znane są takie wypadki, kiedy naprężenia przekraczały wytrzymałość konstrukcji. Przykładem są zniszczone statki, mosty, konstrukcje budowlane itp.

18. Spawalność

„Spawalność jest to zdolność do tworzenia za pomocą spawania złączy o wymaganych właściwościach fizycznych, zdolnych do przenoszenia obciążeń przewidzianych dla danego rodzaju konstrukcji, do wykonania której dana stal ma być użyta”. (wg J. Pilarczyka)

Rodzaje spawalności:

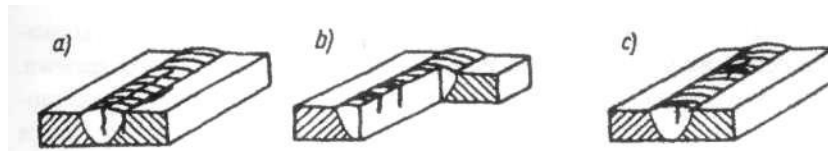
- spawalność technologiczna – określa wpływ czynników związanych z technologią wykonania i parametrami spawania na właściwości złącza
- spawalność metalurgiczna – obejmuje zmiany i przemiany strukturalne materiału rodzimego i dodatkowego będące wynikiem procesu spawania.
- spawalność konstrukcyjna – zawiera wszystkie czynniki dotyczące przystosowania się materiału do naprężeń, które w nim powstają w wyniku operacji spawania oraz eksploatacji.

19. 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

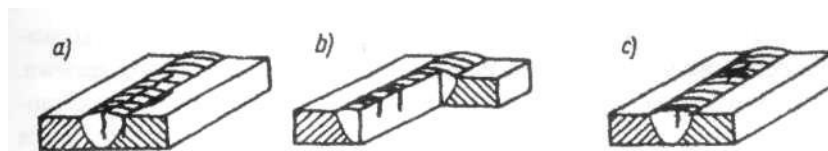
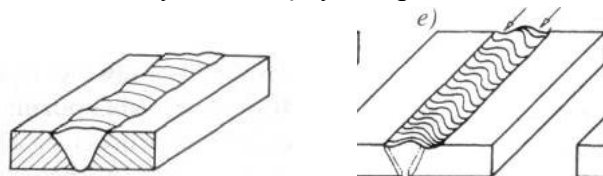
Pęknięcia mogą powstawać wskutek szybkiego chłodzenia spawanych złączy, szczególnie w przypadku spawania stali o wyższej zawartości węgla, na grubych elementach i w niskich temperaturach. W tych warunkach powstaje podhartowanie strefy wpływu ciepła, co sprzyja powstawaniu pęknięcia w tej strefie. W innym 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.

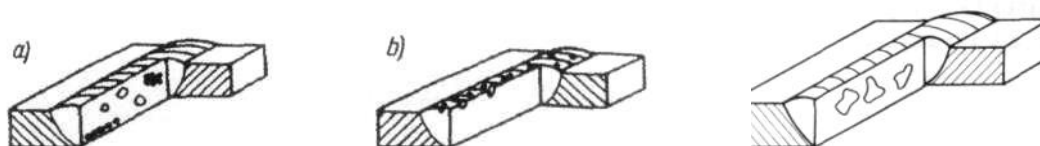
Podtopienia od strony lica i grani

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 główną przyczyną powstawania pęcherzy gazowych jest 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 żużli w spoinie w kształcie zwartych gniazd lub w postaci pasmowej (rys.a, b).



Zażużlenie spoiny: a) zwarte, b) pasmowe.

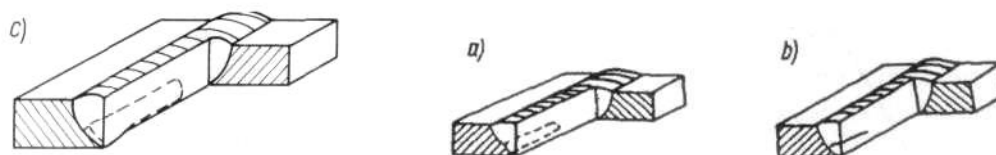
Zażużlenie może występować w dwojakiej postaci, a mianowicie:

- 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,

Przyklejenie

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

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



Przyklejenia: a) brzegowe, b) międzyścięgowe.

Przy spawaniu przyklejenia mogą być spowodowane:

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

Niezgodności spawalnicze dotyczące kształtu i wymiarów:

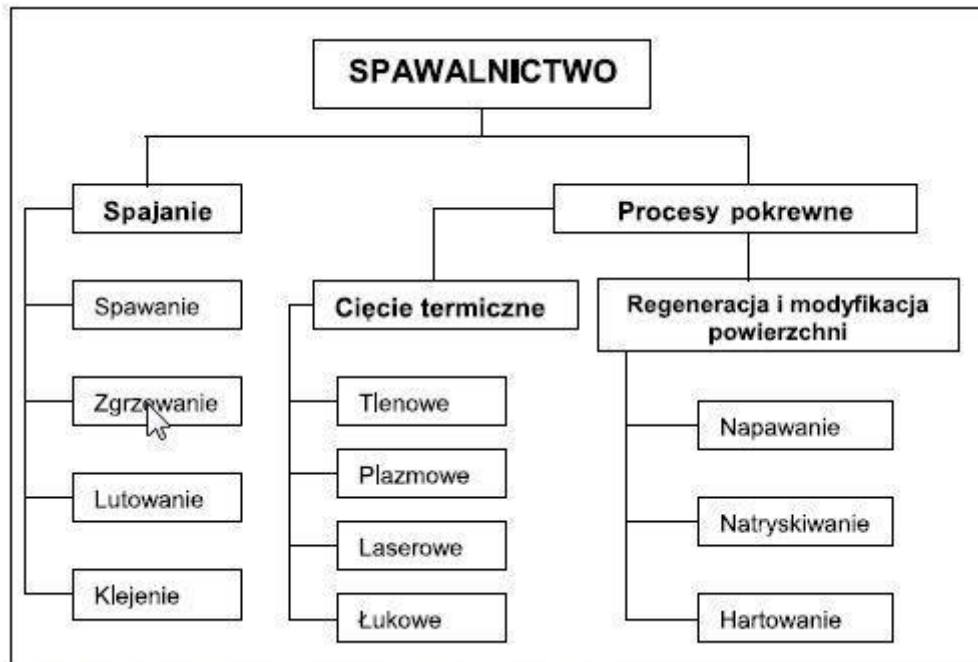
- podtopienia,
- nalew spoiny od strony lica w spoinie czołowej,
- nadmiar metalu spoiny w licu spoiny pachwinowej,
- wyciek metalu wystający z grani spoiny,
- nadmierna asymetria spoiny pachwinowej,
- niezupełne wypełnienie rowka.

Niezgodności spawalnicze różne:

- rozprysk,
- ślad szlifowania,

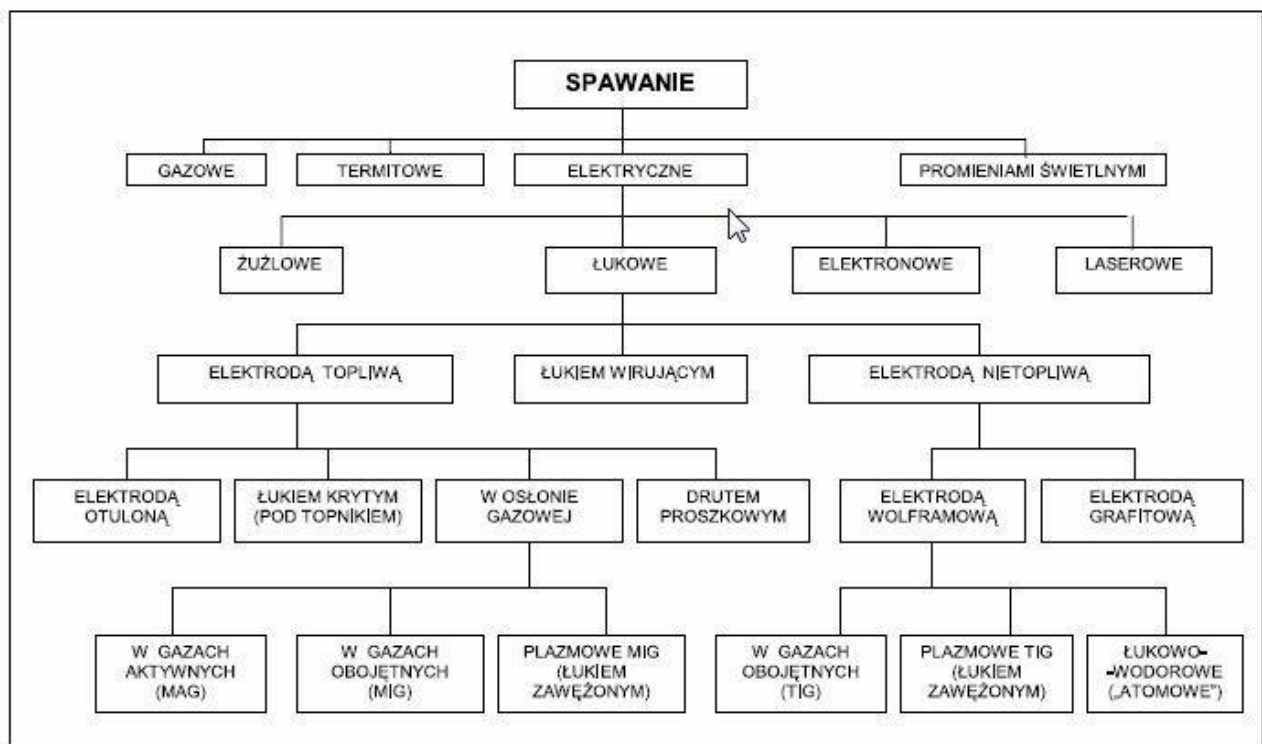
20. Przegląd procesów spawania

Spawalnictwo jest działem technologii obejmującym procesy spajania tworzyw konstrukcyjnych (metali i ich stopów oraz niemetalu i tworzyw sztucznych) zwykle w wyniku skoncentrowanego doprowadzenia ciepła do miejsca, gdzie ma powstać złącze. Procesy spajania dzieli się na: spawanie, zgrzewanie, lutowanie i klejenie.



Klasyfikacja procesów spawalniczych

Klasyfikacja metod spawania



21. Przepisy bhp i przeciwpożarowe

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 kwietnia 2000 r. (Dz.U. Nr 40 poz. 470) w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach spawalniczych określa wymagania, jakie powinny być przestrzegane przy spawaniu, napawaniu, lutowaniu, zgrzewaniu i cięciu termicznym metali i tworzyw termoplastycznych.

Ważniejsze ogólne wymogi 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 okulary ochronne, zaopatrzone w odpowiednie szkła (barwne i białe), a także narzędzia pomocnicze - szczotkę stalową. 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.

Spawanie gazowe

- Przy wykonywaniu robót spawalniczych na budowach można używać wyłącznie butli do gazów technicznych, posiadających ważną cechę organu dozoru technicznego.
- Przewody do przeprowadzania tlenu i acetyleny powinny różnić się między sobą barwą, barwy te są ściśle określone - przewody tlenowe - w kolorze niebieskim, acetylenowe - w czerwonym (kasztanowym).
- Długość przewodów powinna wynosić co najmniej 5 m.
- Nie stosuje się przewodów używanych uprzednio do innych gazów.

Zamocowanie przewodów na nasadkach reduktorów, bezpieczników wodnych, palników i łączników wykonuje się wyłącznie za pomocą płaskich zacisków.

Sposoby postępowania ze sprzętem:

- Przewody do gazów technicznych należy zawieszać i przechowywać w sposób zabezpieczający przed powstaniem ostrych załamania.
- Ręczne przemieszczanie butli o pojemności ponad 10 l powinno być wykonywane przez co najmniej dwie osoby.

- Na budowach i w czasie transportu chroni się butle przed zanieczyszczeniem tłuszczem, ogrzaniem do temperatury $+23^{\circ}\text{C}$ oraz działaniem: promieni słonecznych, deszczu i śniegu.
- Butle napełnione gazami przechowuje się w pomieszczeniach do tego celu przeznaczonych. Gdy ustawia się je w pomieszczeniach z nie osłoniętymi grzejnikami c.o., butle powinny być oddalone od nich na odległość co najmniej 1,0 m, gdy zaś posiadają grzejniki osłonięte – odległość tę można zmniejszyć do 0,1 m.
- Przechowywanie w tym samym pomieszczeniu butli z tlenem i materiałów lub gazów tworzących w połączeniu z nim mieszaninę wybuchową jest zabronione.

Postępowanie podczas prac spawalniczych:

- W czasie pobierania gazów technicznych do spawania, butle ustawia się w pozycji pionowej lub nachylonej pod kątem nie mniejszym niż 45° do poziomu.
- Odległość płomienia palnika od butli powinna wynosić co najmniej 1,0 m.
- Palniki do cięcia i spawania powinny być utrzymywane w stanie technicznej sprawności i czystości.
- Z palnikiem należy się obchodzić w taki sposób, by unikać jego zanieczyszczenia: wodą, wapnem, smarami itp. lub uszkodzenia mechanicznego.

Przy pracach spawalniczych na wysokości należy zapewnić:

- Stabilność rusztowań i pomostów
- Zadaszenie lub wyгородzenie strefy spawania, zabezpieczające pracowników znajdujących się poniżej przed odpryskami spawalniczymi
- Pewne podwieszenie przewodów gazowych, uniemożliwiające ich upadek
- Środki zabezpieczające przed upadkiem z wysokości

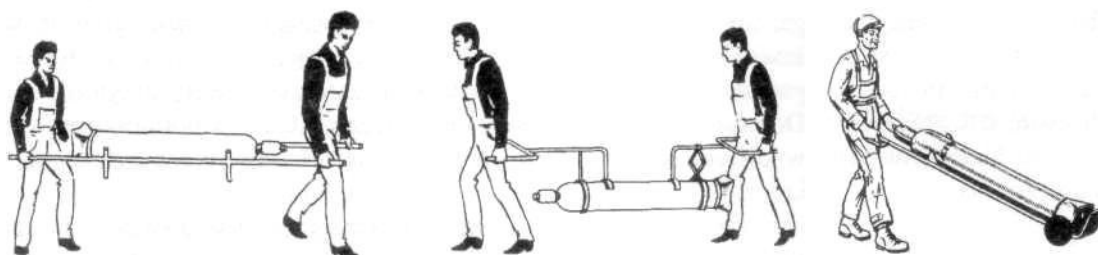
Zabronione jest:

- Stosowanie do tlenu i acetyleny przewodów igielitowych, z tworzyw sztucznych lub o podobnych właściwościach.
- Podłączania przewodów za pomocą drutu.
- Używanie palników uszkodzonych.
- Smarowanie części palnika smarem lub oliwą.
- Przewracanie lub toczenie butli z gazami poziomo.
- Ustawianie butli na rusztowaniach.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia:

- Butle należy chronić przed ogrzaniem do temperatury powyżej 35°C .
- Butle napełnione gazami ustawiane w pomieszczeniach powinny być oddalone co najmniej o 1 m od grzejników centralnego ogrzewania, a od pieców i innych źródeł ciepła z ogniem otwartym co najmniej o 10 m.
- Butle napełnione gazami oraz butle opróżnione z acetyleny należy ponadto zabezpieczyć przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.
- Zabronione jest przechowywanie w tym samym pomieszczeniu butli z tlenem, z gazami palnymi oraz z gazami tworzącymi ze sobą mieszaniny wybuchowe.
- Ogrzewanie zamkniętych składów butli powinno być centralne (wodne lub parowe).
- W odległości mniejszej niż 10 m od składu butli nie wolno przechowywać materiałów łatwo palnych ani wykonywać robót z zastosowaniem płomienia otwartego, jak roboty kowalskie lub spawalnicze.

Butle tlenowe i acetylenowe powinny być składowane w oddzielnych magazynach. Zabronione jest przeładowywanie gazów z jednej butli do drugiej. Butle należy transportować ostrożnie, unikać uderzeń, wstrząsów, rzucania i toczenia po ziemi. Nie wolno zmieniać napisów wybitych na głowicy butli. Butle należy chronić przed działaniem promieni słonecznych i nie stawiać ich blisko ognisk, pieców, grzejników i zapalonych palników. Butle należy używać w pozycji stojącej i zabezpieczać je łańcuchami. Mogą być ułożone również w pozycji pochylonej pod kątem około 45°. Można także używać specjalnych wózków przewoźnych. Butle powinny być przenoszone przez dwie osoby w specjalnych uchwytach, na noszach lub przewożone na specjalnym wózku



Wózek do transportu dwóch butli (tlenowej i acetylenowej)

Obsługa reduktorów.

Przed uruchomieniem reduktorów należy wykonać następujące czynności:

- a) odkręcić kołpak z butli;
- b) odkręcić nakrętkę ochronną na zaworze (nie dotyczy to butli acetylenowych, które nie mają nakrętek);

- c) sprawdzić, czy nie ma śladów tłuszczu lub smarów na zaworach i butli, a w razie stwierdzenia zatluszczenia butli tlenowych, należy je zwrócić do wytwórni tlenu;
- d) przedmuchać zawór butli: stojąc z boku otworu wylotowego, kółko zaworu lekko pokręcić i gdy tylko gaz dmuchnie, natychmiast zawór zamknąć;
- e) sprawdzić stan uszczelki w nakrętce łącznika reduktora i w razie uszkodzenia wymienić ją na nową; uszczelki powinny być wycięte z fibry grubości $2 \div 3$ mm; niedopuszczalne jest zastosowanie skóry, gumy lub konopi, ponieważ przy zetknięciu z tlenem może nastąpić w reduktorze wewnętrzny zapłon;
- f) przykręcić reduktor tak, żeby śruba nastawcza była skierowana w dół;
- g) sprawdzić, czy śruba nastawcza jest odkręcona;
- h) otworzyć powoli zawór butlowy na $1/4$ do $1/2$ obrotu, po krótkiej przerwie otwierać dalej; gdyby zaworu nie można było odkręcić, należy butlę zwrócić do wytwórni tlenu;
- i) stwierdzić ciśnienie w butli na manometrze wysokiego ciśnienia;
- j) wkręcić śrubę nastawczą reduktora aż do ustalenia ciśnienia roboczego, które należy sprawdzić na manometrze niskiego ciśnienia;
- k) przyłączyć wąż gumowy do odprowadzania gazu z reduktora; otworzyć zawór odcinający reduktora; w ten sposób reduktor jest przygotowany do pobierania gazu.

Podczas pracy należy pamiętać, że:

- a) przy krótkich przerwach w pracy trzeba zamknąć zawór odcinający reduktora i zluźnić śrubę nastawczą;
- b) przy dłuższych przerwach w pracy trzeba zamknąć zawór butlowy, wypuścić gaz z komory wysokiego ciśnienia przez wkręcenie śruby nastawczej, następnie zluźnić śrubę nastawczą i zamknąć zawór odcinający;
- c) nie wolno zmieniać ustalonej regulacji zaworów bezpieczeństwa;
- d) uszkodzone reduktory mogą naprawiać tylko specjalnie przeszkoleni pracownicy; należy zwrócić szczególną uwagę na czystość i chronić reduktory tlenowe przed śladami zaoliwienia;
- e) trzeba chronić reduktory przed uderzeniami i wstrząsami ze względu na manometry, które są bardzo delikatnymi przyrządami pomiarowymi; nie wolno butli z założonymi reduktorami 'przewozić na pojazdach nieresorowanych, jak wozy konne, wózki na żelaznych kołach itp.;
- f) nie wolno stosować reduktorów do innych gazów niż te, do których zostały wyprodukowane; odstępstwo od tej zasady może prowadzić do uszkodzeń reduktora, a nawet do wybuchów.

Bezpieczeństwo pożarowe

Przed przystąpieniem do prac spawalniczych spawacze i personel nadzoru spawalniczego mają obowiązek:

- Zapoznania się z zagrożeniami pożarowymi występującymi w rejonie wykonywania prac przy użyciu palnika gazowego,
- Wykonać zabezpieczenia przeciwpożarowe podane w zezwoleniu na spawanie, przygotować i ustawić w pobliżu miejsca pracy wymagany podręczny sprzęt przeciwpożarowy(gaśnice, koce gaśnicze),
- Zabezpieczyć materiały palne przed zapaleniem wskutek przewodnictwa cieplnego,
- Odsunięcie na bezpieczną odległość tzn. poza promień zasięgu isker, wszelkich materiałów palnych,

- Uszczelnienie wszelkich otworów i szczelin w ścianach, podłogach i stropach, w tym także w kanałach, tunelach i przewodach wentylacyjnych materiałami niepalnymi, przed przeniknięciem płomieni, iskier i gorących cząstek metalu do sąsiednich pomieszczeń,
- Usunięcie ze zbiorników i przewodów po gazach i cieczach palnych resztek gazów i oparów cieczy palnych oraz zanieczyszczeń i osadów palnych, a następnie wykonanie pomiarów stężeń oparów gazów w celu upewnienia się, że stężenie oparów cieczy lub gazów w mieszaninie z powietrzem w miejscu wykonywania prac nie przekracza 10% ich dolnej granicy wybuchowości,
- po zakończeniu pracy należy sprawdzić miejsce spawania, czy w jakieś szczeliny przypadkowo nie dostały się iskry, co po pewnym czasie może spowodować pożar. Pierwsza kontrola miejsca pracy powinna być zaraz po wykonaniu spawania, a następne kontrole za 1 godzinę, za 2 godziny, za 4 godziny i za 8 godzin.

Spis treści:

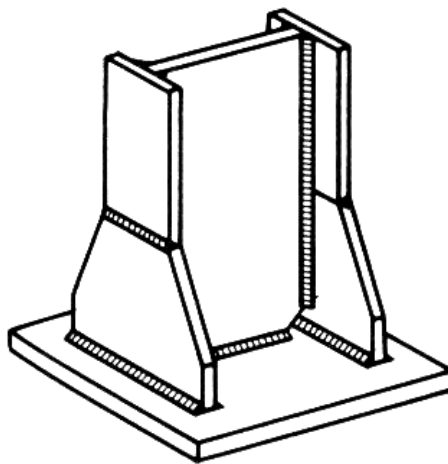
- 1. Zastosowanie metody spawania gazowego.**
- 2. Cechy użytkowe metody spawania gazowego.**
- 3. Gazy spawalnicze.**
- 4. Butle gazowe.**
- 5. Zawory butli.**
- 6. Reduktory.**
- 7. Węże do tlenu i acetylenu**
- 8. Węże do tlenu i acetylenu.**
- 9. Palniki do spawania.**
- 10. Płomień acetylenowo-tlenowy.**
- 11. Techniki spawania.**
- 12. Materiały dodatkowe do spawania.**
- 13. Oznaczenie i wymiarowanie spoin.**
- 14. Przygotowanie złączy do spawania.**
- 15. Dopuszczenie do egzaminu końcowego.**
- 16. Wytwarzanie stali.**
- 17. Powstawanie naprężeń podczas krzepnięcia spoiny.**
- 18. Spawalność.**
- 19. Klasyfikacja niezgodności spawalniczych.**
- 20. Przegląd procesów spawania.**
- 21. Przepisy bhp i przeciwpożarowe.**

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**.

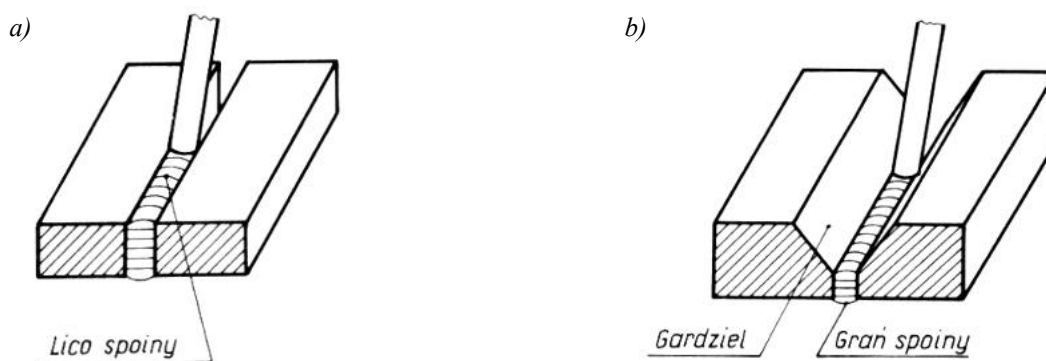
Efektem połączenia dwóch lub więcej elementów w procesie spawania jest powstanie **złącza spawanego** (połączenia spawanego), które coraz częściej określa się mianem **konstrukcji spawanej**. Przykład konstrukcji spawanej przedstawia rysunek 8.1.



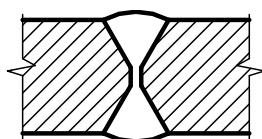
Rys. 8.1. Konstrukcja spawana [1, 2].

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),
- **grań 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

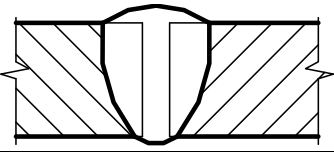
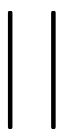
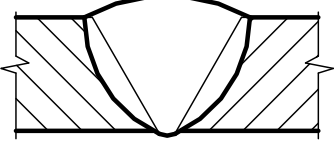
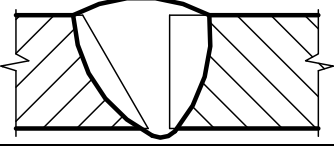
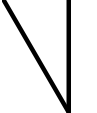
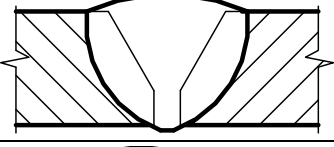
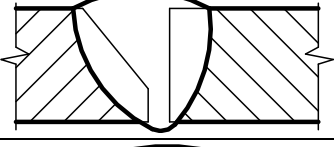
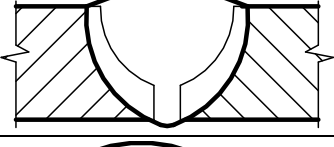
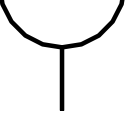
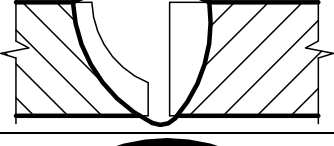
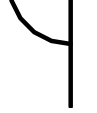
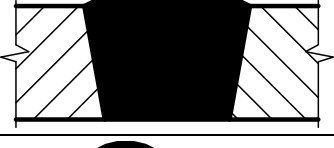
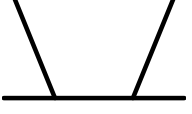
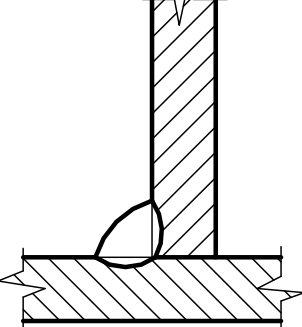
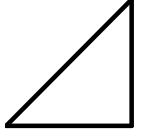
Rodzaje spoin ściśle związane są z ich kształtem oraz wyglądem. Dotyczy to zarówno wyglądu zewnętrznego, jak i widoku w przekroju. Przykładowe rodzaje spoin, złącz, ich kształty, nazwy oraz znaki umowne zamieszczono w tabeli 8.1. Linia cienka na rysunku kształtu spoiny przedstawia stan brzegów przed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

Tabela 8.1.

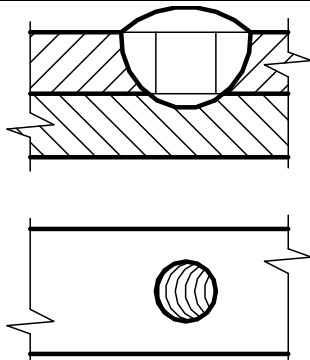
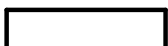
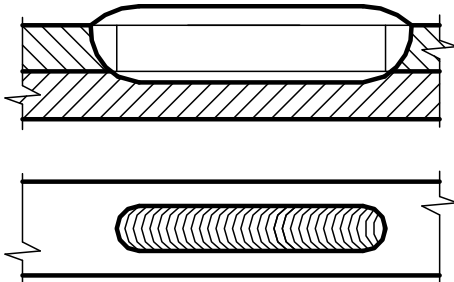
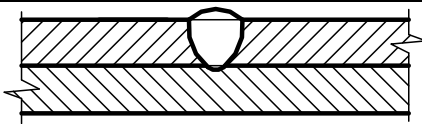
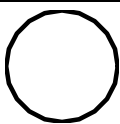
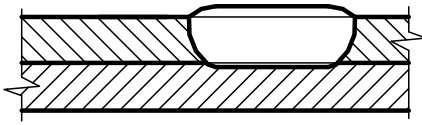
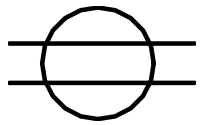
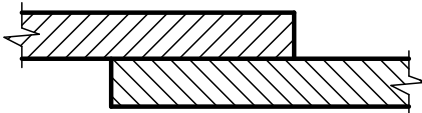
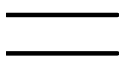
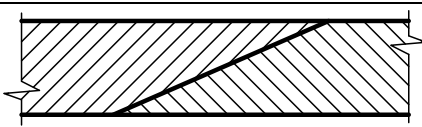
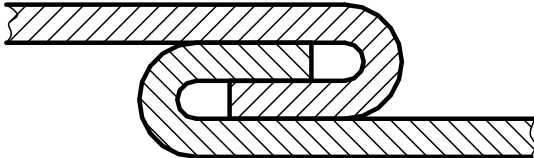
Rodzaje spoin i złącz oraz ich umowne znaki

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		

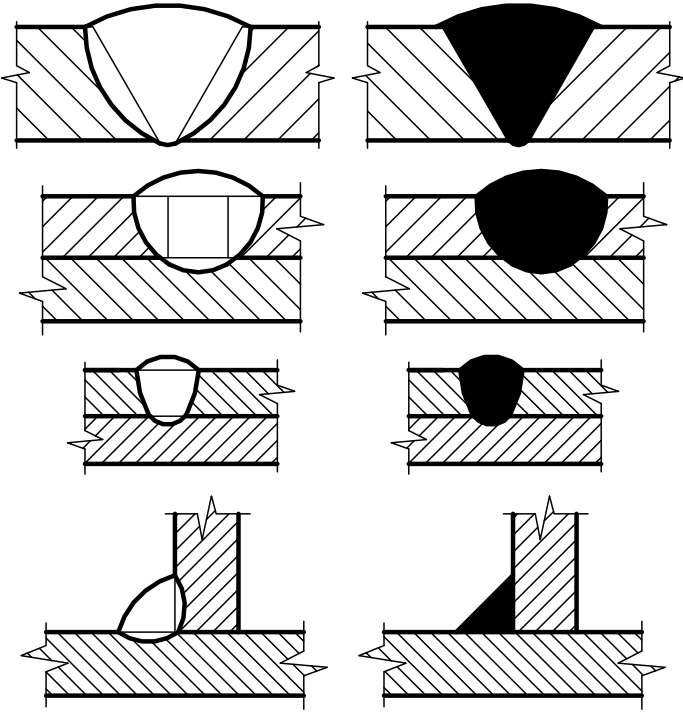
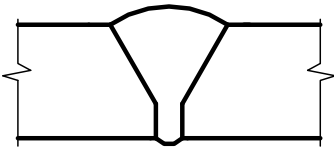
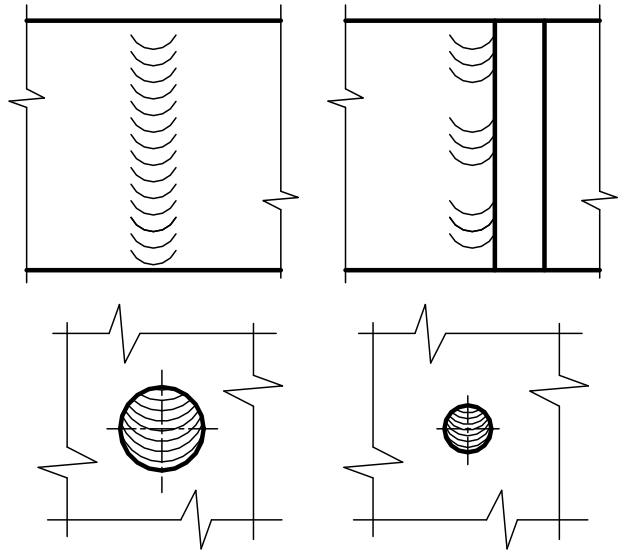
W przypadku spoin typu $\frac{1}{2} V$, $\frac{1}{2} U$ lub $\frac{1}{2} Y$ można mówić o spoinie lewo- lub prawostronnej.

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)		Grań 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

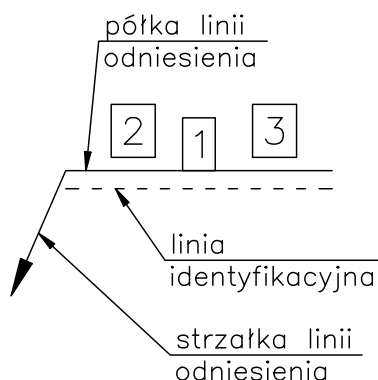
Lp.	Rodzaj połączenia spawanego	Przedstawienie połączenia spawanego
1.	Spoina: brzeżna, czołowa, pachwinowa, grzbietowa	
2.	Spoina bezotworowa liniowa	
3.	Spoiny różne i szwy spawane	

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.

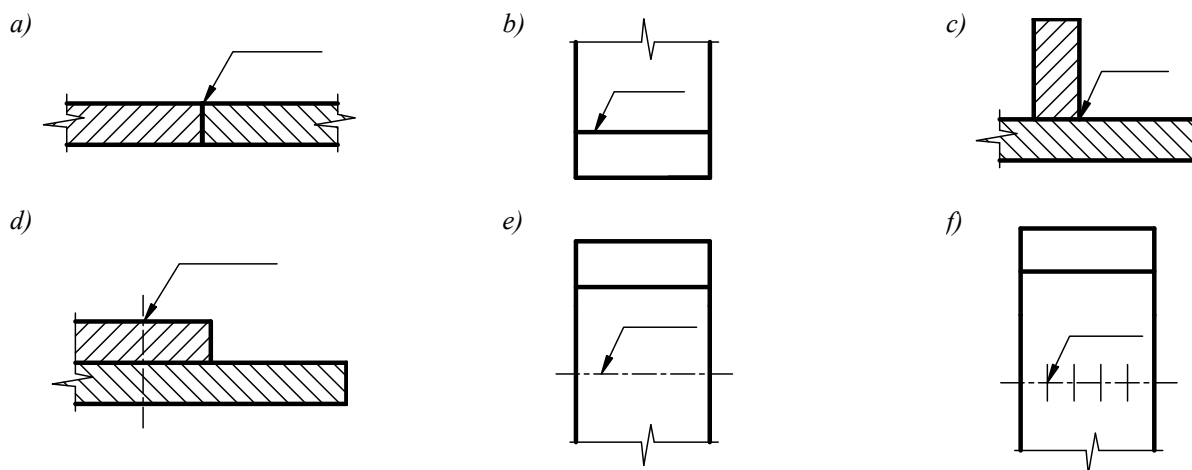
W **uproszczonym oznaczeniu połączenia spawanego** wyróżnić można:

- ★ 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.

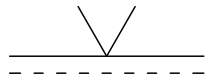
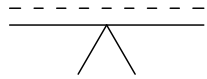
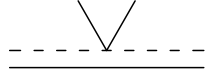
W przypadku spoin $\frac{1}{2}$ V, $\frac{1}{2}$ Y oraz $\frac{1}{2}$ U strzałka linii odniesienia powinna wskazywać brzeg zukosowny. Długość linii odniesienia powinna zapewnić konstruktorowi możliwość czytelnego i poprawnego zapisania wszystkich niezbędnych informacji, dotyczących spoiny lub złącza 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

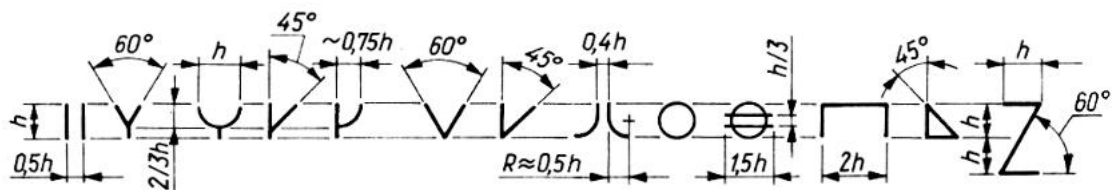
stronie lica, czy po stronie grani. Wpływ na jej położenie ma także ustawienie umownego znaku spoiny. W przypadku oznaczania spoin symetrycznych linią identyfikacyjną należy pominąć. Zasady oznaczania spoin z linią identyfikacyjną i umownymi znakami spoin przedstawiono w tabeli 8.4. Punkty 1 i 4 występujące 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).

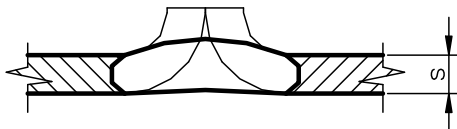
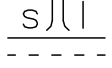


Rys. 8.6. Forma graficzna umownych znaków spoin zalecane przez Polską Normę: h – wysokość pisma przyjętego na rysunku [1, 2, 7, 23].

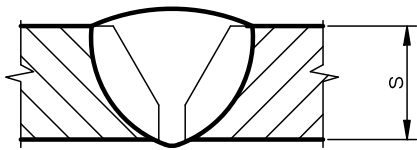
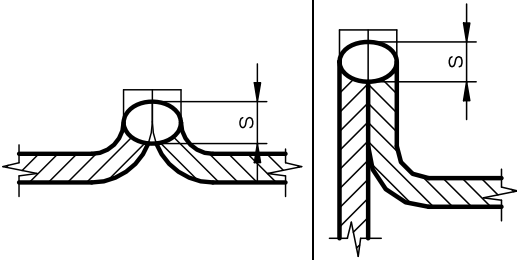
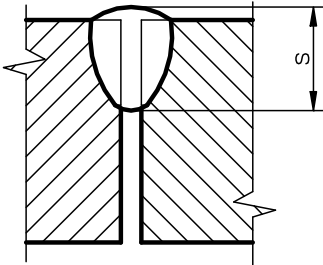
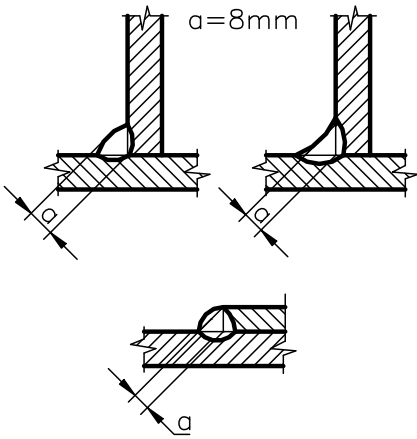
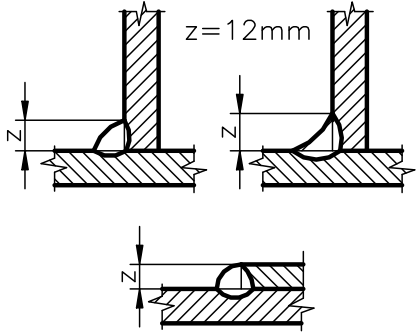
Charakterystyczne wymiary przekroju poprzecznego umieszcza się przed znakiem umownym spoiny, z jego lewej strony, w miejscu oznaczonym cyfrą 2. Natomiast charakterystyczne wymiary przekroju wzdłużnego spoin i szwów spawanych umieszcza się za umownym znakiem spoiny, z jego prawej strony, w miejscu oznaczonym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

Tabela 8.5.

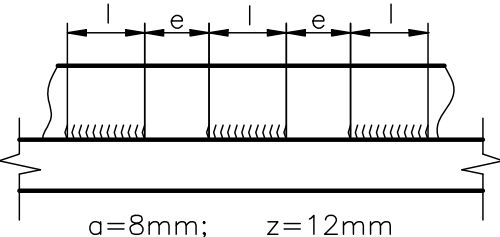
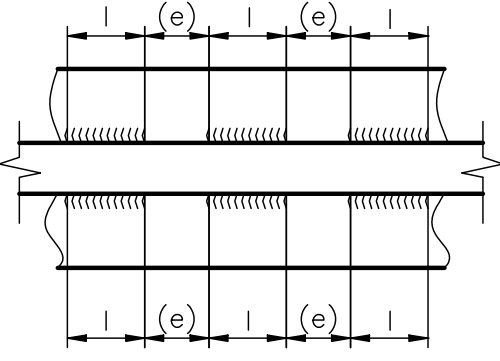
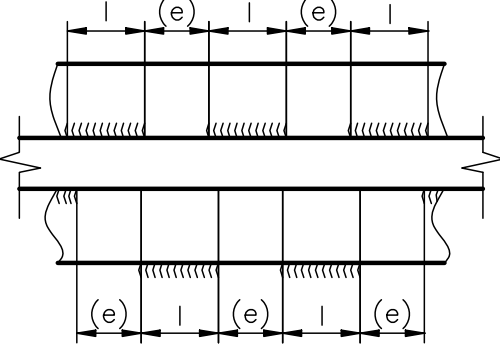
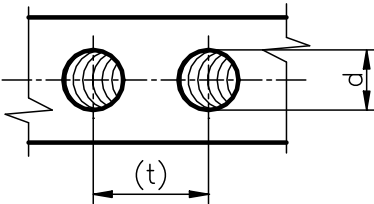
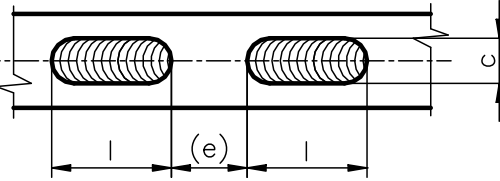
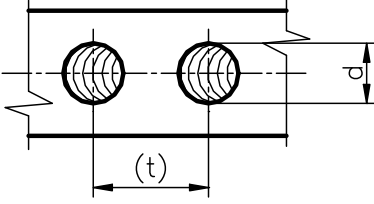
Przykładowe sposoby podawania wymiarów połączeń spawanych

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.

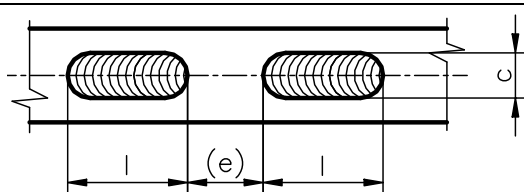
c.d. tabeli 8.5

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	 $a=8\text{mm}; \quad z=12\text{mm}$	$\frac{a8 \quad \nabla \quad nxl(e)}{z12 \quad \nabla \quad nxl(e)}$	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	 $a=8\text{mm}; \quad z=12\text{mm}$	$\frac{a8 \quad \triangleright \quad nxl(e)}{a8 \quad \triangleright \quad nxl(e)}$ $\frac{z12 \quad \triangleright \quad nxl(e)}{z12 \quad \triangleright \quad nxl(e)}$	
9.	Szew spawany pachwinowy przestawny □ spoina pachwinowa przerywana przestawna	 $a=8\text{mm}; \quad z=12\text{mm}$	$\frac{a8 \quad \triangleright \quad nxl \quad \nabla \quad (e)}{a8 \quad \triangleright \quad nxl \quad \nabla \quad (e)}$ $\frac{z12 \quad \triangleright \quad nxl \quad \nabla \quad (e)}{z12 \quad \triangleright \quad nxl \quad \nabla \quad (e)}$	
10.	Szew spawany otworowy z otworami okrągłymi		$\frac{d \quad \square \quad nx(t)}{d \quad \square \quad nx(t)}$	Oznaczenia zgodnie z PN: d □ średnica otworu lub spoiny w płaszczyźnie styku brzegów łączonych elementów, c □ szerokość otworu lub spoiny w płaszczyźnie styku brzegów łączonych elementów, n □ liczba spoin lub odcinków spoin, t □ podziałka szwu spawanego, e □ odległość między odcinkami spoin.
11.	Szew spawany otworowy z otworami podłużnymi		$\frac{c \quad \square \quad nxl(e)}{c \quad \square \quad nxl(e)}$	
12.	Szew spawany bezotworowy punktowy		$\frac{d \quad \bigcirc \quad nx(t)}{d \quad \bigcirc \quad nx(t)}$	

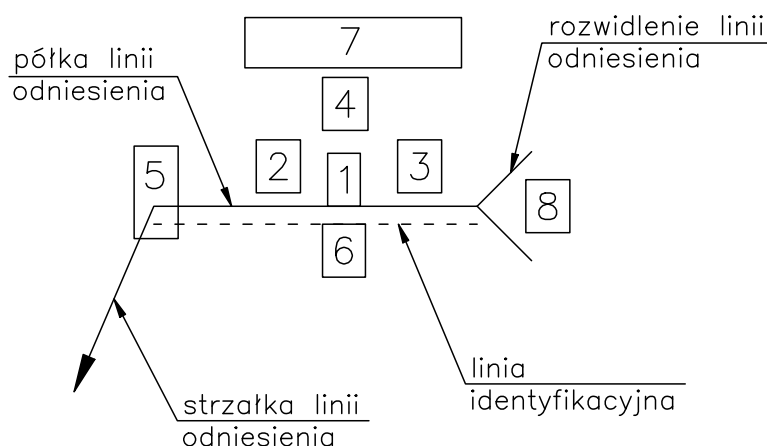
c.d. tabeli 8.5

1	2	3	4	5
13.	Szew spawany bezotworowy liniowy			

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.

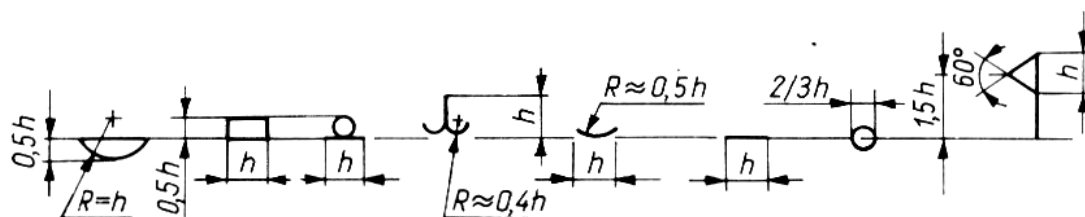
W **pełnym oznaczeniu połączenia spawanego** wyróżnić można:

- ★ 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].

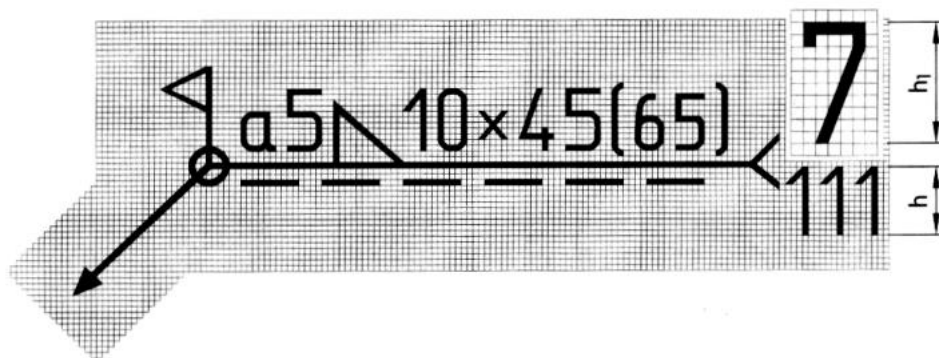
Tabela 8.6.

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 karbów 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 ($\triangle$), 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 złączu 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.

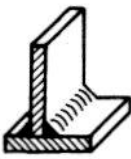
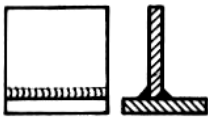
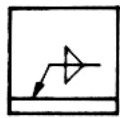
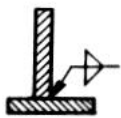
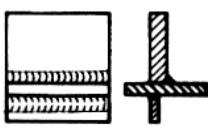
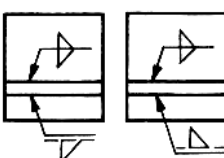
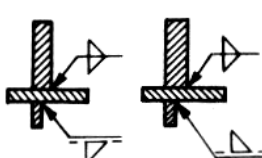
W tabeli 8.8 zaprezentowano przykładowe uproszczone i umowne oznaczenia spoin według Polskiej Normy, które wykorzystuje się przy wykonywaniu rysunków wykonawczych złączy spawanych.

Tabela 8.8.

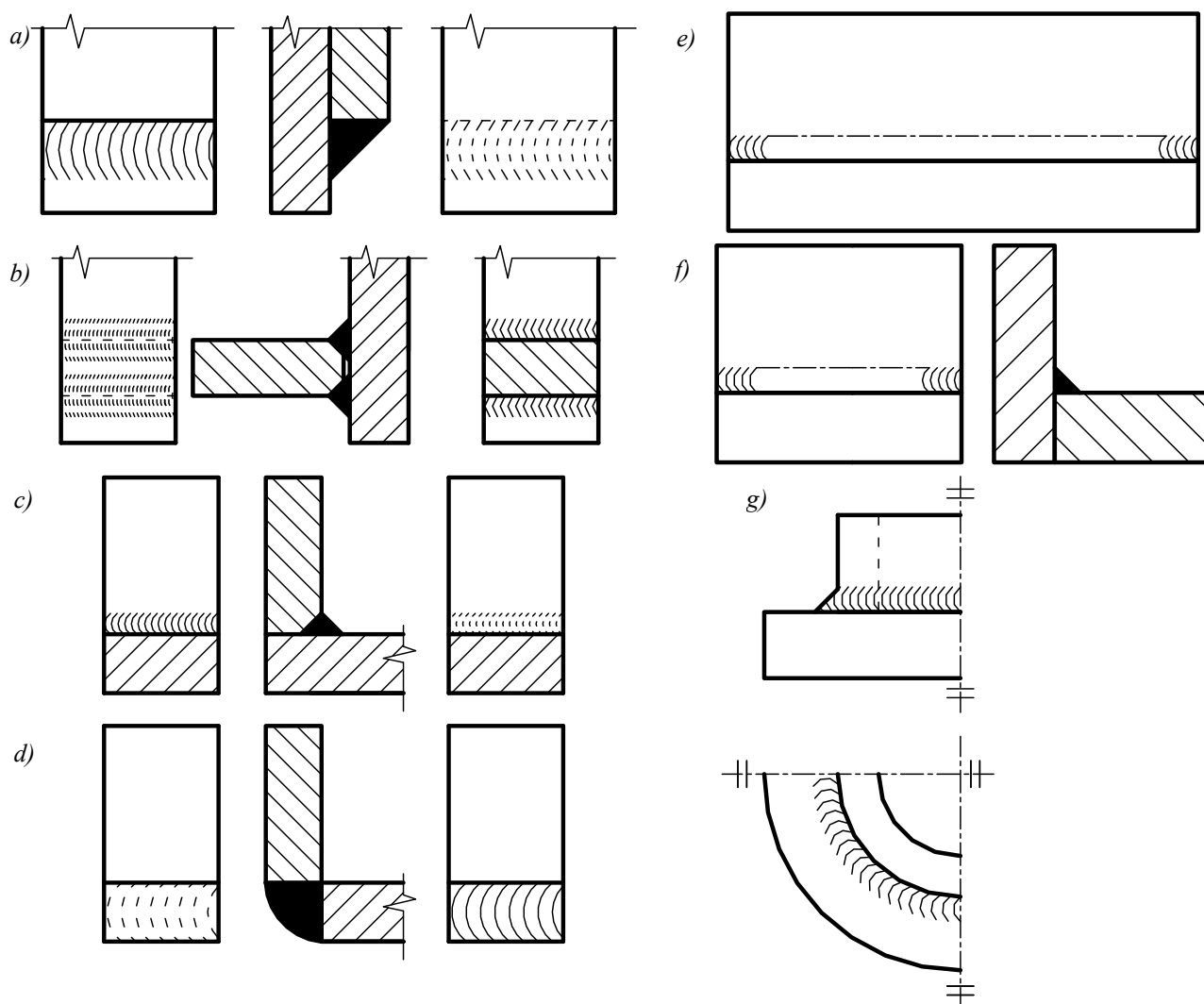
Przykładowe oznaczenia spoin na rysunkach wykonawczych według PN [2, 7, 10, 23]

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

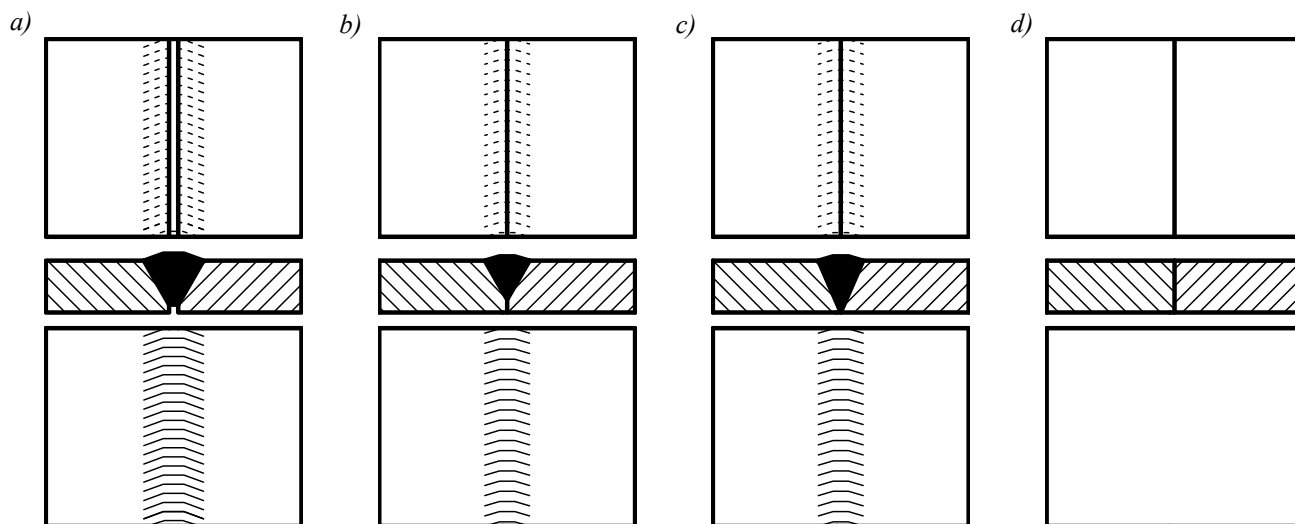
1	2	3	4	5	6
8					
9					

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.



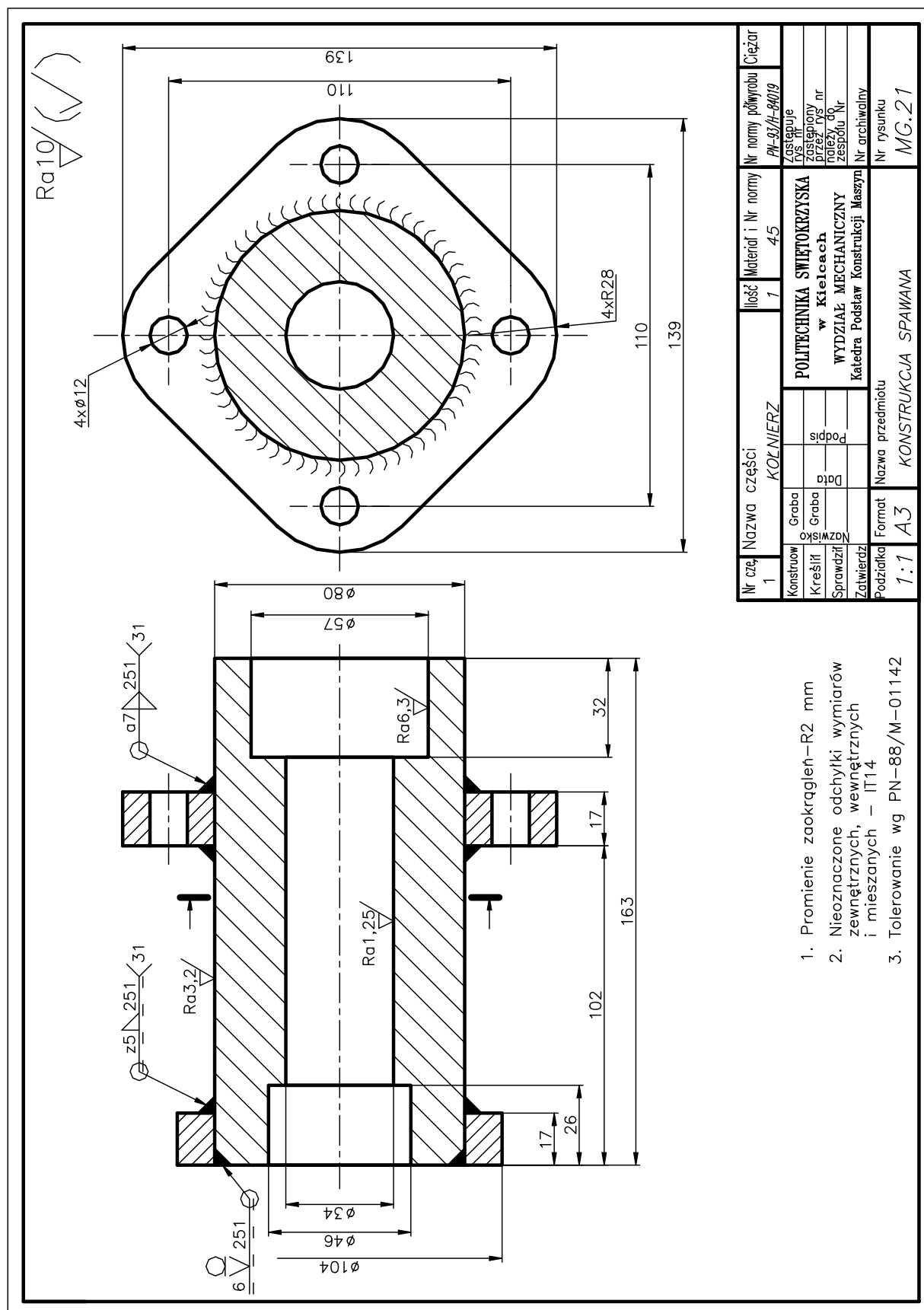
Rys. 8.11. Przykładowe sposoby łączenia płyt: a) dwie płyty równoległe połączone spoiną pachwinową; b) dwie prostopadłe do siebie płyty połączone dwiema spoinami pachwinowymi; c) dwie płyty wzajemnie prostopadłe połączone spoiną pachwinową; d) dwie płyty połączone na kształt litery $\perp$; e) szew spawany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

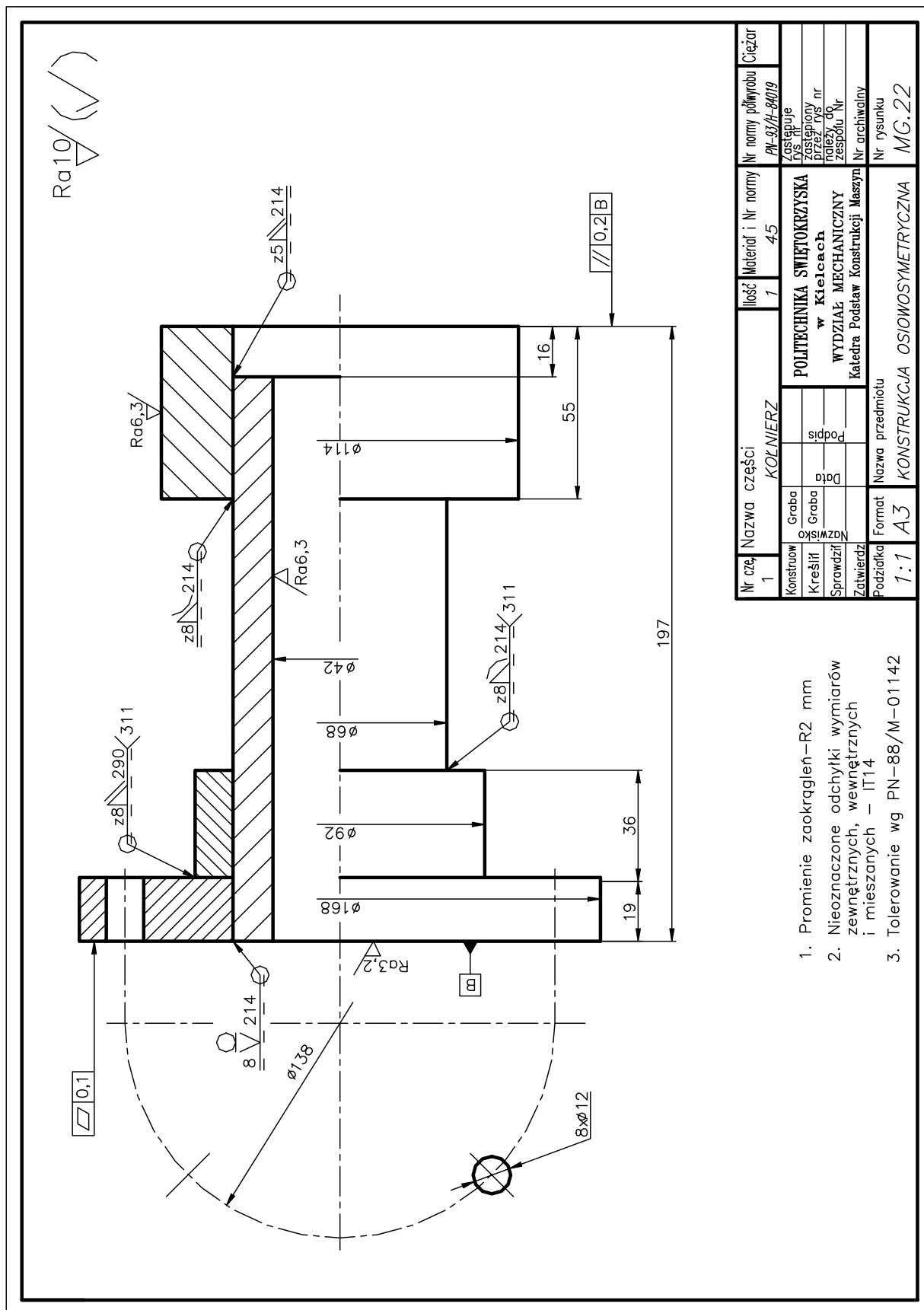
Natomiast na rysunku 8.11 (przypadki *a*, *b*, *c*) przedstawiono trzy warianty połączenia dwóch płyt spoiną doczołową, przy czym w każdym z przypadków występuje spoina typu V. W pierwszym przypadku (rys. 8.11a) płyty nie stykają się ze sobą, a spoina nie przebiega przez całą grubość łączonych płyt. 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).



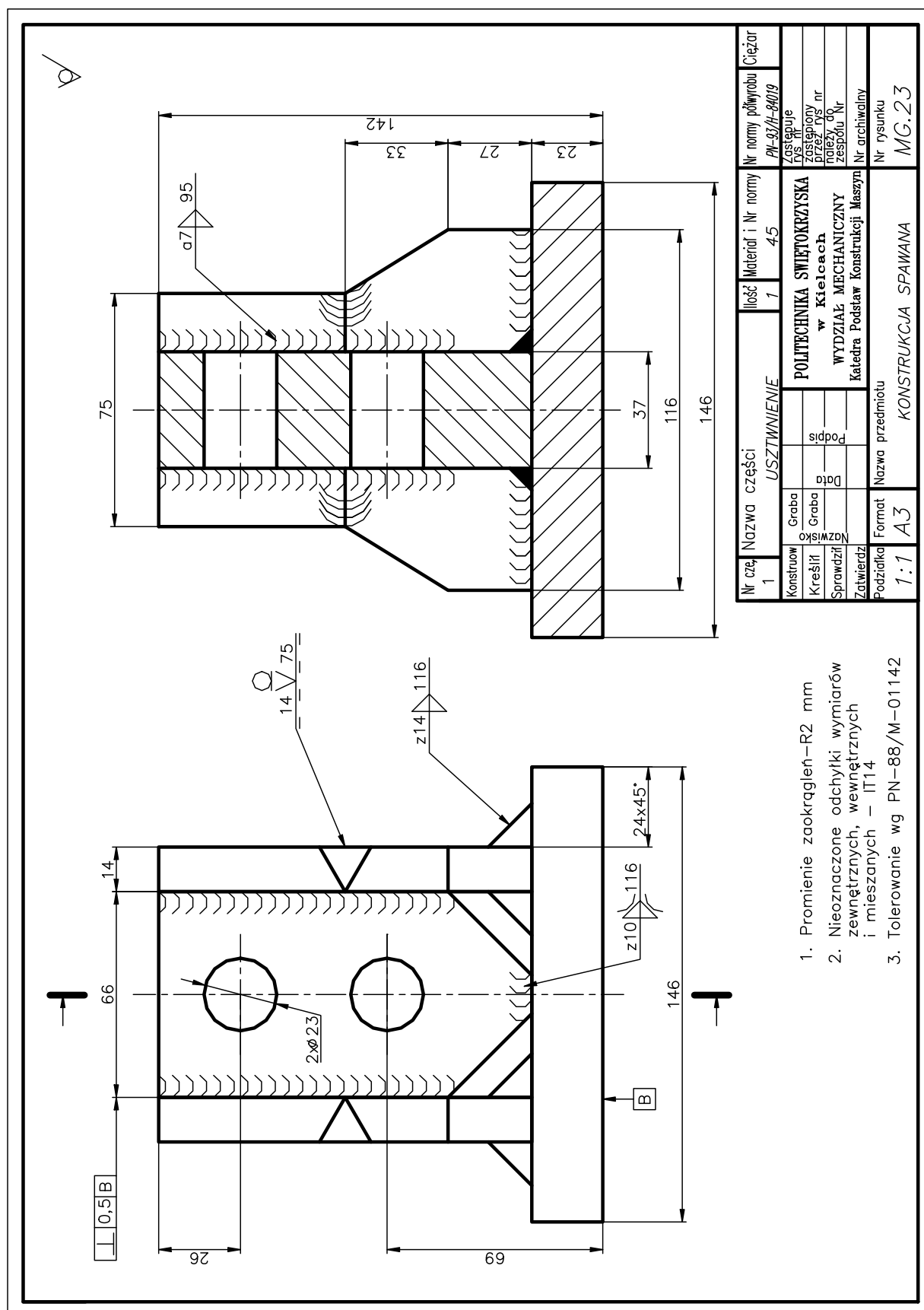
Rys. 8.10. Trzy warianty połączenia płyt spoiną doczołową typu V: a, b, c) rzuty uproszczone; d) rzut umowny.

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

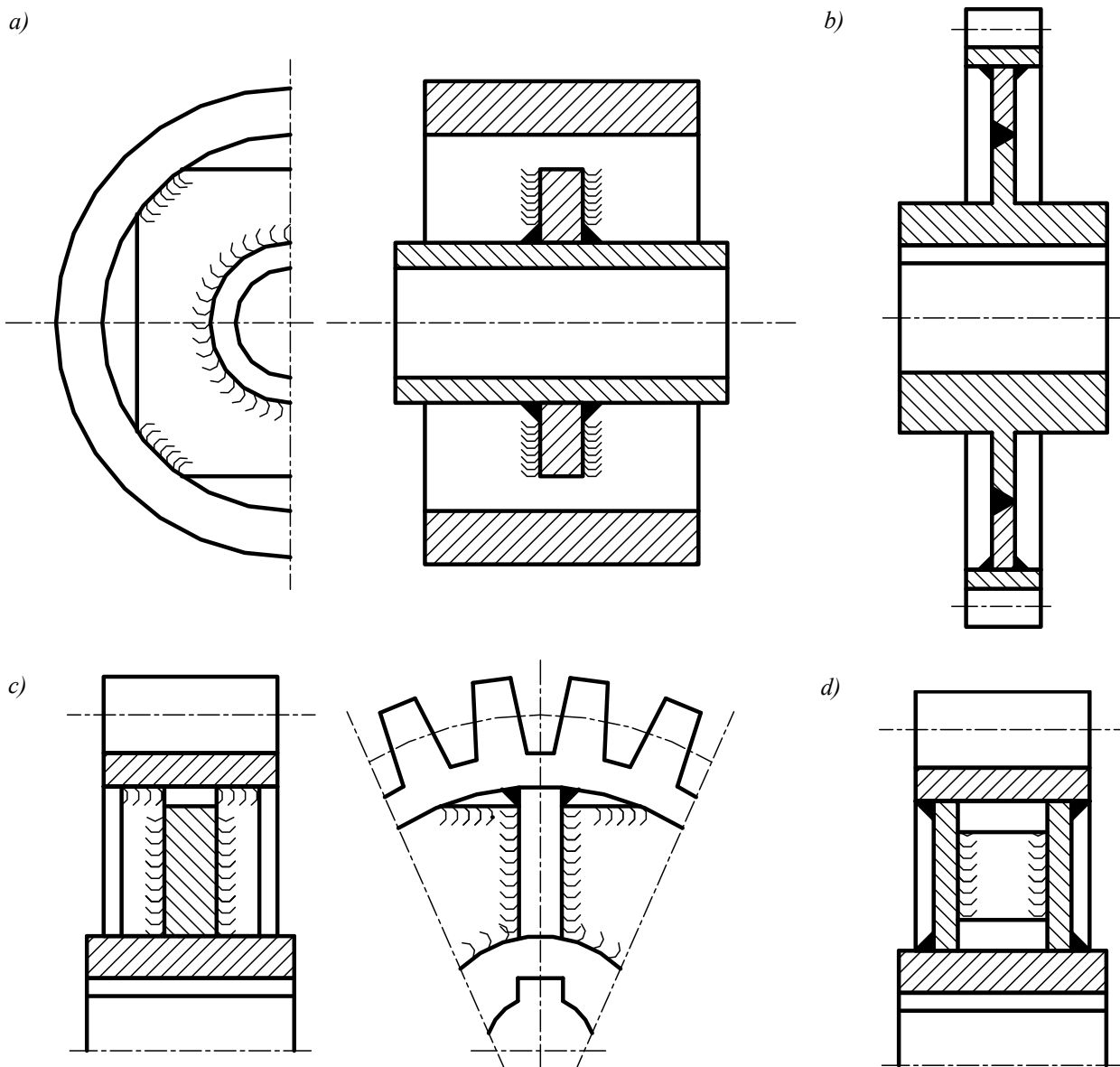




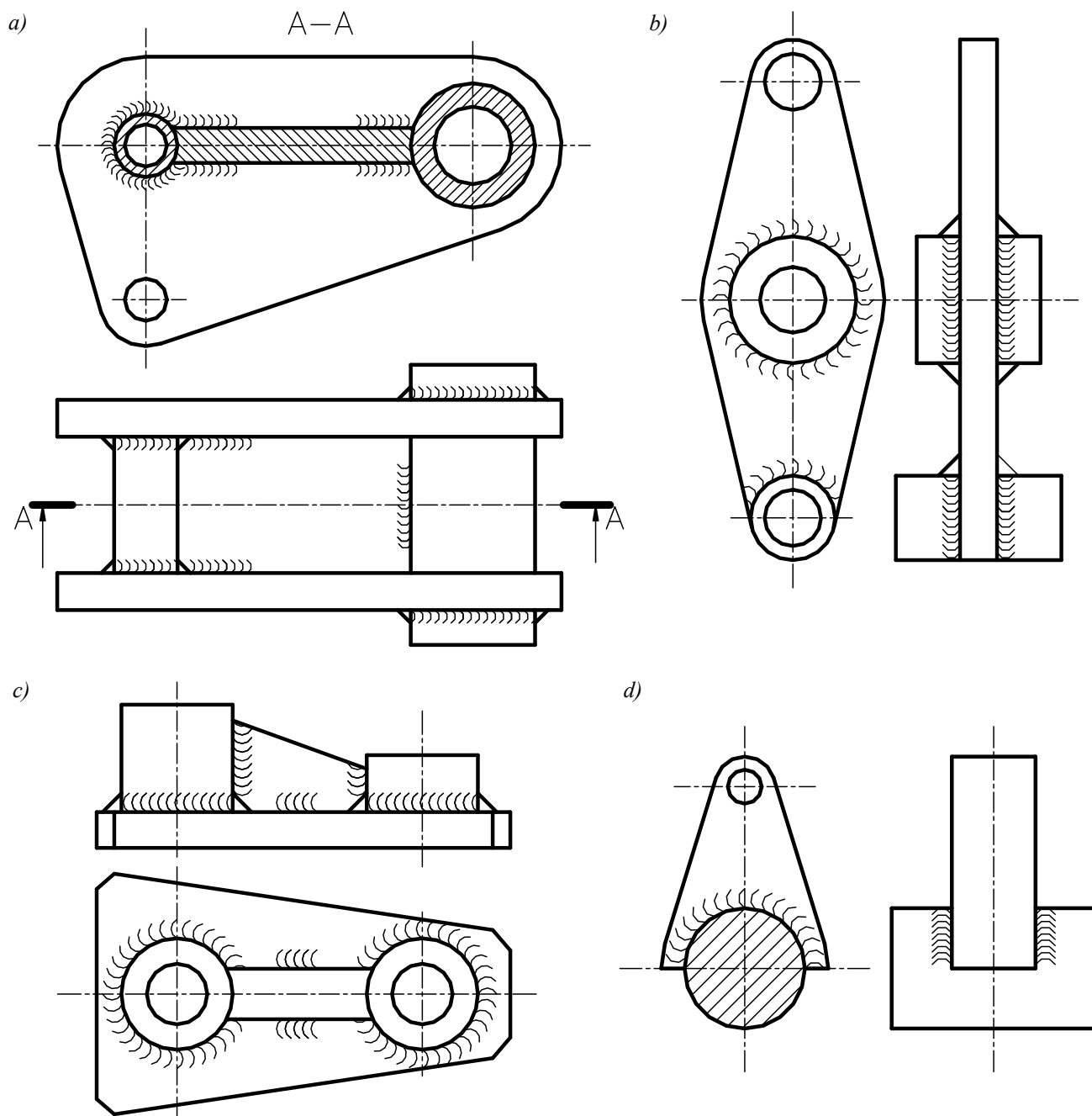
Rys. 8.13. Rysunek wykonawczy osiowosymetrycznego przedmiotu spawanego.



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).



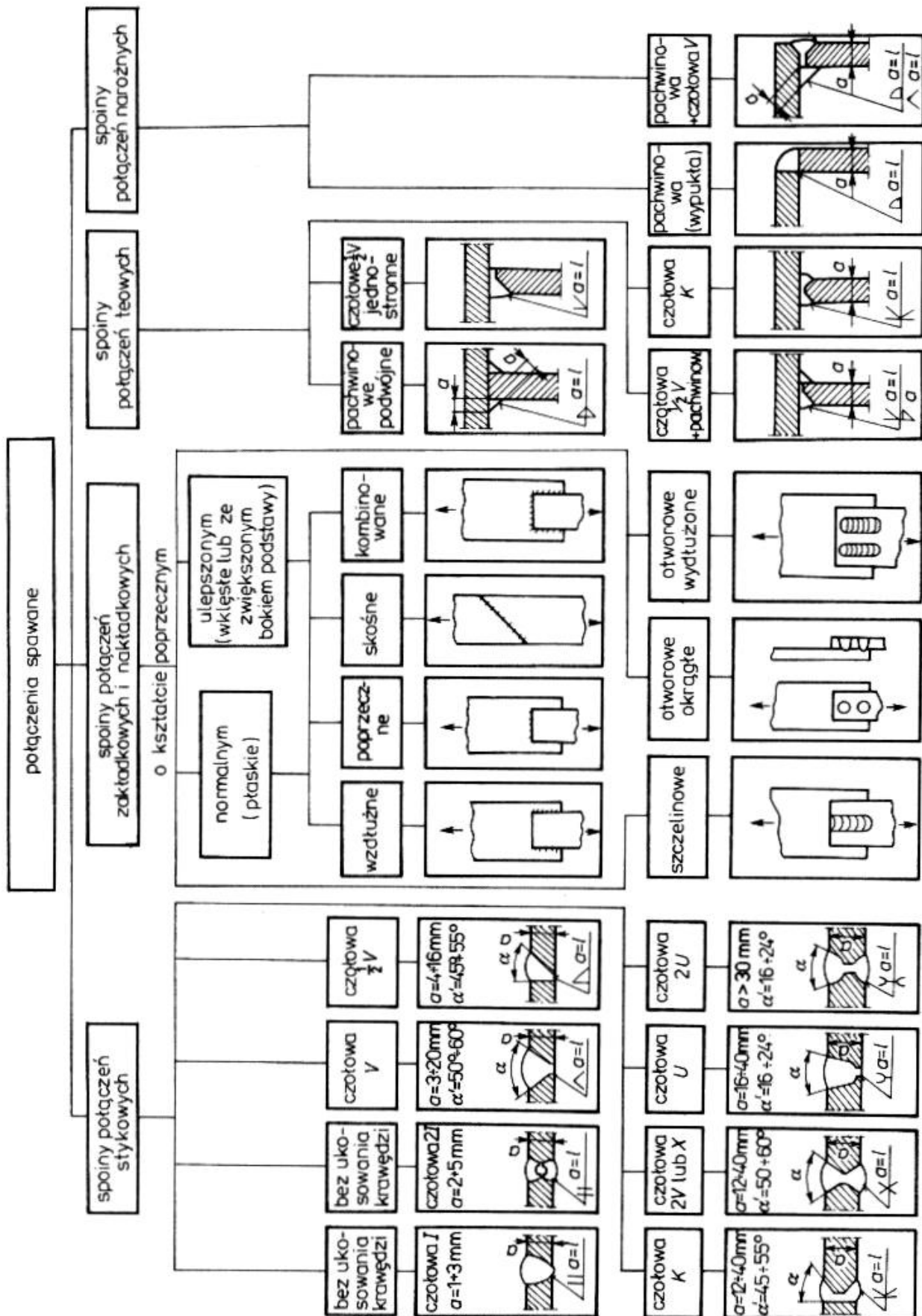
Rys. 8.15. Przykłady wykorzystania połączeń spawanych w konstrukcji i tworzeniu kół zębatach.



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].