



KURS SPAWANIA MMA 111

PROWELD
TECHNIKA SPAWALNICZA
PROWELD.INFO.PL



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 PORAŻENIEM PRĄDEM ELEKTRYCZNYM

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ZAGROŻENIA PROMIENIOWANIEM ŹRÓDEŁ CIEPŁA SPAWANIA

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

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

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

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

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

ZAGROŻENIA GAZAMI, DYMAMI I PYŁAMI SPAWALNICZYMI

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

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

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

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

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

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

ZAGROŻENIA POPARZENIEM ROZPRYSKAMI METALI I ŻUŻLI

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

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

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

ZAGROŻENIE EKSPLOZJĄ MIESZANEK WYBUCHOWYCH

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

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

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

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

ZAGROŻENIE HAŁASEM

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

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

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

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

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

ZAGROŻENIA POŻAROWE

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

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

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

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

ZAGROŻENIA RADIOAKTYWNOŚCIĄ I POLEM ELEKTROMAGNETYCZNYM

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

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

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

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

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

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

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

- urządzenia indukcyjne do nagrzewania i topienia metali,
- zgrzewarki elektryczne oporowe,
- 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.

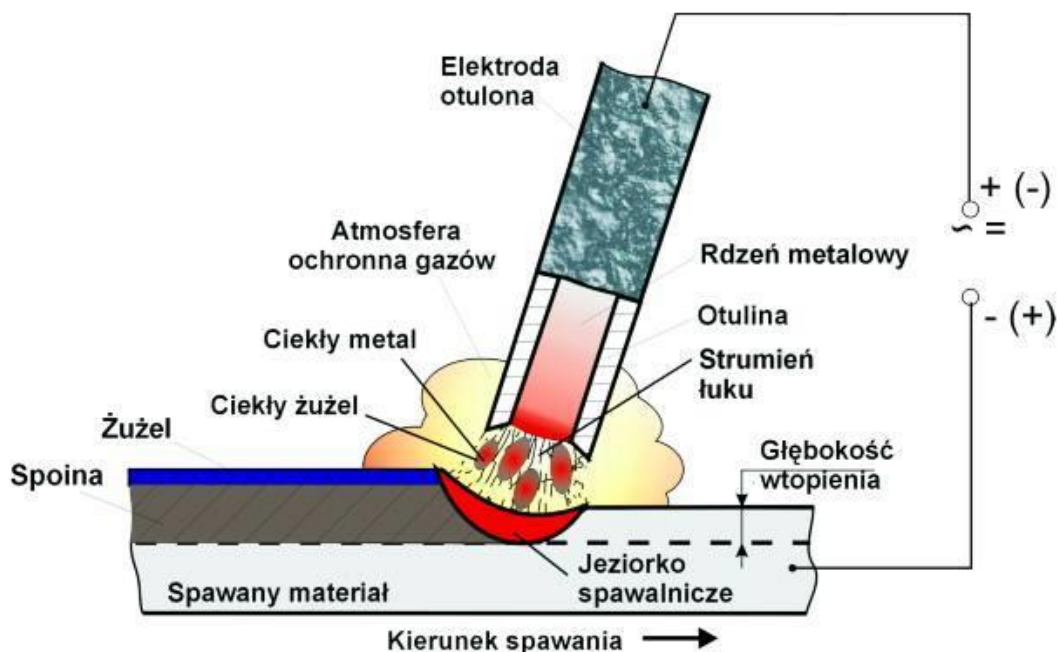
ZALECENIA I PRZEPISY BHP OBOWIĄZUJĄCE UCZESTNIKÓW LABORATORIUM

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 pokrętlami 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,

SPWANIE ELEKTRODĄ OTULONĄ- MMA (*manual metal arc welding*)

1. Cechy użytkowe metody spawania elektrodą otuloną

- Zalety:
 - możliwość spawania różnych rodzajów i gatunków metali i stopów: stale niestopowe i stopowe, żeliwa, nikiel, miedź i jej stopy,
 - możliwość spawania w każdej pozycji, w warunkach polowych (przy niewielkim wietrze), na wysokościach a nawet pod wodą,
 - wysoka jakość spoin, dobre własności mechaniczne,
 - możliwość spawania cienkich elementów (praktycznie od 1,5mm) i grubych (spoiny o grubościach powyżej 4mm zaleca się wykonywać wielowarstwowo),
 - wykorzystywanie prostych w obsłudze, łatwo przenośnych i stosunkowo tanich urządzeń do spawania MMA.
- Wady:
 - niska wydajność spawania (ok. 1÷5 kg stopiwa/godz.), szczególnie dokuczliwa przy spawaniu grubych elementów,
 - mała prędkość spawania (ok. 0,1÷0,4 m/min.),
 - konieczność usuwania żużla i wymiany elektrod co dodatkowo zmniejsza wydajność procesu,
 - jakość spoin mocno uzależniona od umiejętności spawacza,
 - duża wrażliwość na wilgoć – szczególnie elektrod zasadowych,
 - stosunkowo duży koszt materiałów spawalniczych (elektrod) w porównaniu do innych metod,
 - duża ilość wydzielanych gazów i dymów spawalniczych.



Schemat spawania elektrycznego MMA

2. Zajarzenie łuku

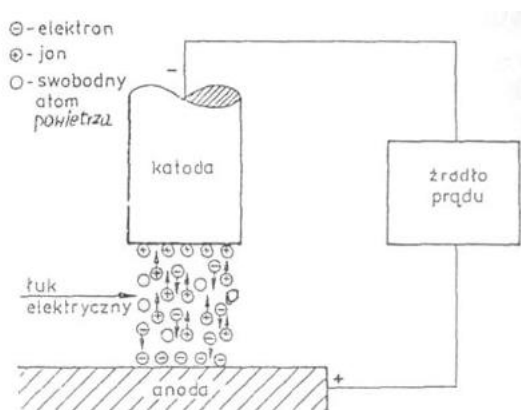
W normalnych warunkach, gaz nie przewodzi prądu elektrycznego i jest izolatorem. Natomiast aby łuk mógł się normalnie jarzyć w czasie spawania, warstwa gazu w przestrzeni łukowej musi ulec zjonizowaniu, tj. musi się stać dostatecznie dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego.

Zjonizowanie przestrzeni łukowej następuje pod wpływem działania następujących czynników :

- składników jonizujących występujących w otulinie elektrody,
- przepływu prądu stałego przez nagrzane powietrze.

Zjonizowanie atomów powietrza w łuku elektrycznym polega na tym, że w wysokiej temperaturze łuku cząsteczki gazów zawartych w powietrzu i gazów wydzielonych z otuliny elektrody oraz par metali rozpadają się na mniejsze, elektrycznie naładowane cząstki -elektrony i jony. Elektrony ujemne są przyciągane przez anodę (materiał spawany), a jony dodatnie przez katodę (elektrodę).

Strumień wyzwolonych jonów i elektronów przepływa między elektrodą a metalem spawanym, dzięki czemu jarzący się łuk staje się dobrym przewodnikiem prądu i szybko doprowadza do stopienia spawany metal i elektrodę.



W otulinie składnikami jonizującymi są związki wapnia, potasu, sodu i tytanu. Podczas zajarzania łuku elektrycznego z zastosowaniem prądu stałego, gdy koniec elektrody zetknie się z materiałem spawanym, to styk ten następuje nie na całej powierzchni, a tylko jedynie punktowo. Przez te punkty popłynie prąd o dużym natężeniu, powodując silne ogrzanie materiału. A zatem po odsunięciu elektrody od metalu przestrzeń pomiędzy nią a materiałem spawanym zostanie silnie nagrzana. Na skutek wysokiej temperatury cząsteczki gazów i powietrza rozpadną się na jony naładowane elektrycznie. Jony będąc w ciągłym ruchu przenoszą ładunki elektryczne i powodują przepływ prądu elektrycznego, co pozwala na jarzenie się łuku elektrycznego.

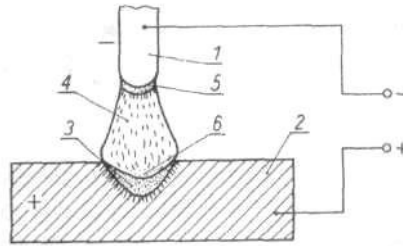
Do zajarzenia łuku elektrycznego konieczne jest odpowiednie napięcie zapłonowe. Napięcie to dla prądu stałego wynosi $40 \div 50$ V, a dla prądu przemiennego $50 \div 90$ V. W procesie spawania elektrodami otulonymi o gęstości natężenia prądu ok. 20 A/mm^2 napięcie łuku pozostaje prawie stałe.

3. Charakterystyka cieplna łuku spawalniczego

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

Temperatura stożka łuku jest znacznie wyższa niż temperatura katody i anody. W warunkach normalnego spawania prądem stałym o średnim natężeniu temperatura katody (elektrody stalowej)

wynosi około 3000°C , a anody około 3500°C . Natomiast temperatura stożka łuku (w osi) wynosi około 5000°C . Dlatego głębokość wtopienia w materiał spawany w osi łuku jest znacznie większa niż po zewnętrznej części łuku (rysunek). Podczas spawania prądem przemiennym temperatura katody i anody jest wyrównana i wynosi średnio około 3200°C .



Z powyższego wynika, że w jarzącym się łuku elektrycznym przy użyciu prądu stałego powstaje na anodzie (+) temperatura wyższa o około 500°C niż na katodzie (-). Tę wyższą temperaturę spawacz powinien wykorzystać do spawania cienkich blach stalowych, żeliwa, stali nierdzewnych, metali nieżelaznych oraz do spawania elektrodami zasadowymi, przyłączając elektrodę do dodatniego (+) bieguna źródła prądu.

4. Urządzenia do spawania

- **Spawarki transformatorowe (transformatory spawalnicze)** - to najprostsze źródło energii elektrycznej do spawania elektrodami otulonymi. Transformatory spawalnicze zasilają elektrodę prądem przemiennym o częstotliwości sieciowej 50Hz. Parametrem podlegającym regulacji jest natężenie prądu spawania. Duże rozpowszechnienie transformatorów spawalniczych wynika z prostoty budowy, niskiej ceny i małej awaryjności.

Spawarki transformatorowe posiadają szereg wad:

- niska stabilność łuku elektrycznego, odpryski,
- nieodporna na wahania napięcia w sieci zasilającej,
- nieprecyzyjne sterowanie prądem spawania,
- nie nadają się do spawania elektrodami zasadowymi,
- duża masa urządzenia,
- brak dodatkowych funkcji ułatwiających spawanie





Spawarki transformatorowe

- **prostowniki spawalnicze** - zasilają elektrodę prądem stałym. Prostowniki spawalnicze pobierają z sieci elektrycznej prąd przemienny o wysokim napięciu oraz niskim natężeniu i przetwarzają go na prąd stały o małym napięciu, a dużym natężeniu. Prostowniki spawalnicze zbudowane są z trzech zasadniczych elementów:

- transformatora trójfazowego,
- układu regulacji natężenia prądu,
- układu prostowniczego.

Tyrystory umożliwiają płynną i precyzyjną regulację natężenia prądu spawania. Są pozbawione większości wad spawarek transformatorowych ale nadal pozostają urządzeniami o bardzo dużej masie.



- **spawarki inwertorowe (prostowniki inwertorowe, inwertory spawalnicze)** - coraz częściej wybierane urządzenia do prac przemysłowych. Dzięki rozwojowi techniki praktycznie pozbawione są wad transformatorów i prostowników spawalniczych. Inwertor przekształca prąd o częstotliwości sieciowej 50Hz na prąd o wysokiej częstotliwości. Dzięki temu przemiana napięcia odbywa się w transformatorze o wysokiej częstotliwości i lekkiej konstrukcji. Prąd wyjściowy jest prostowany i elektroda jest zasilana prądem stałym. Spawarki inwertorowe są urządzeniami kosztownymi, ale mają wiele zalet:
 - mały ciężar,
 - łatwe zajarzenie i stabilny łuk co wpływa na jakość spoiny,
 - możliwość spawania wszystkimi rodzajami elektrod otulonych,
 - możliwość cyfrowego sterowania parametrami,
 - możliwość kompensacji wahań napięcia zasilającego, bezproblemowa praca na długich przedłużaczach i przy zasilaniu z agregatu prądotwórczego,
 - wbudowane funkcje ułatwiające zajarzanie łuku i proces spawania,
 - wysoka sprawność energetyczna



5. Przepisy bhp i przeciwpożarowe

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

Ważniejsze ogólne wymagania są następujące:

- Spawanie może wykonywać osoba, która została przeszkolona w tym zawodzie i zdała egzamin z przedmiotów zawodowych (praktyki i teorii) oraz ze znajomości przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, a także przepisów przeciwpożarowych i otrzymała certyfikat o określonej specjalności.
- Spawacz powinien być zaopatrzony w odpowiedni sprzęt ochrony osobistej, tj. ubranie robocze, fartuch spawalniczy, rękawice ochronne, buty robocze, nakrycie głowy (beret lub kask) oraz tarczę spawalniczą lub przyłbicę, zaopatrzone w odpowiednie szkła (barwne i białe), a także narzędzia pomocnicze - szczotkę stalową i dziobak. Przy spawaniu na kolanach spawacz powinien mieć nakolanniki skórzane wyłożone grubą wkładką filcową.

- Z pomieszczeń zagrożonych pożarem należy usunąć materiały palne lub zabezpieczyć je materiałami niepalnymi (koce lub maty przeciwpożarowe, blachy), ewentualnie, gdy jest to możliwe, zlać wodą.
 - Nie wolno wykonywać prac spawalniczych w odległości mniejszej niż w promieniu 5 m od materiałów łatwopalnych niebezpiecznych przy zetknięciu z ogniem.
- Spawanie powinno być wykonywane w osobnym pomieszczeniu (spawalni), w którym powinny być spełnione następujące warunki:
- powierzchnia jednego stanowiska roboczego powinna wynosić najmniej 4 m²;
 - powierzchnia podłogi nie zajętej przez urządzenia i sprzęt powinna wynosić co najmniej 2 m²;
 - wysokość spawalni - minimum 3,75 m;
 - objętość pomieszczenia - co najmniej 15 m³ na każde stanowisko;
 - skuteczna wentylacja ogólna i stanowiskowa.

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

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

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

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

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

Zagrożenia rąk spawacza

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

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

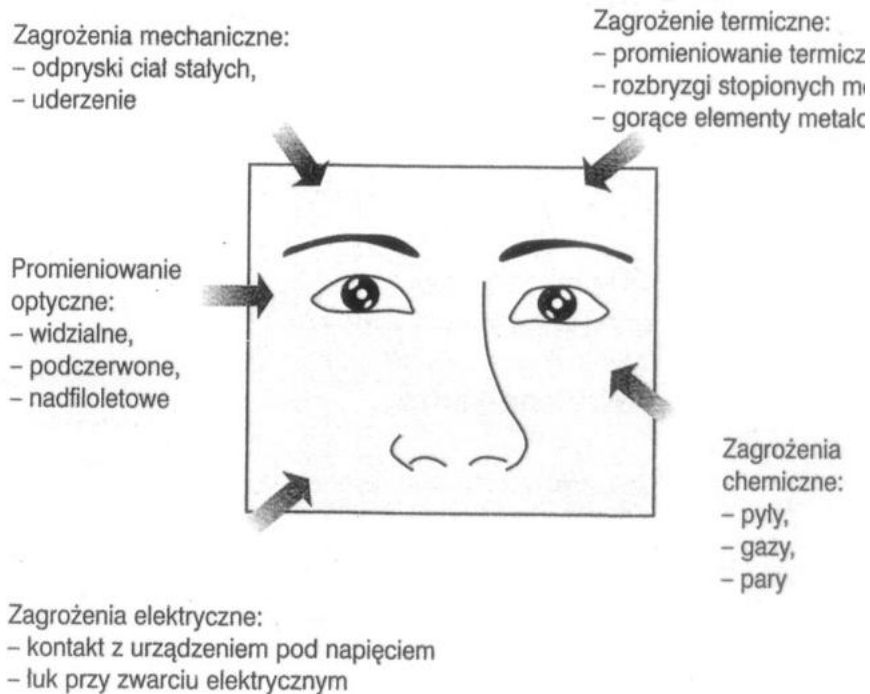
- otwartego płomienia z palnika do spawania, cięcia lub podgrzewania,
- rozprysków stopionych metali, kontaktu z gorącym elementem spawanym, przecinanym lub podgrzewanym,
- ciepła konwekcyjnego
- promieniowania cieplnego

Ponadto rękawice powinny również chronić ręce spawacza przed najczęściej występującymi lekkimi urazami mechanicznymi. W przypadku spawaczy łukiem elektrycznym dodatkowym

wymaganiem jest zabezpieczenie spawacza przed zagrożeniem prądem elektrycznym w następstwie kontaktu z urządzeniami pod napięciem.



Zagrożenia oczu i twarzy spawacza



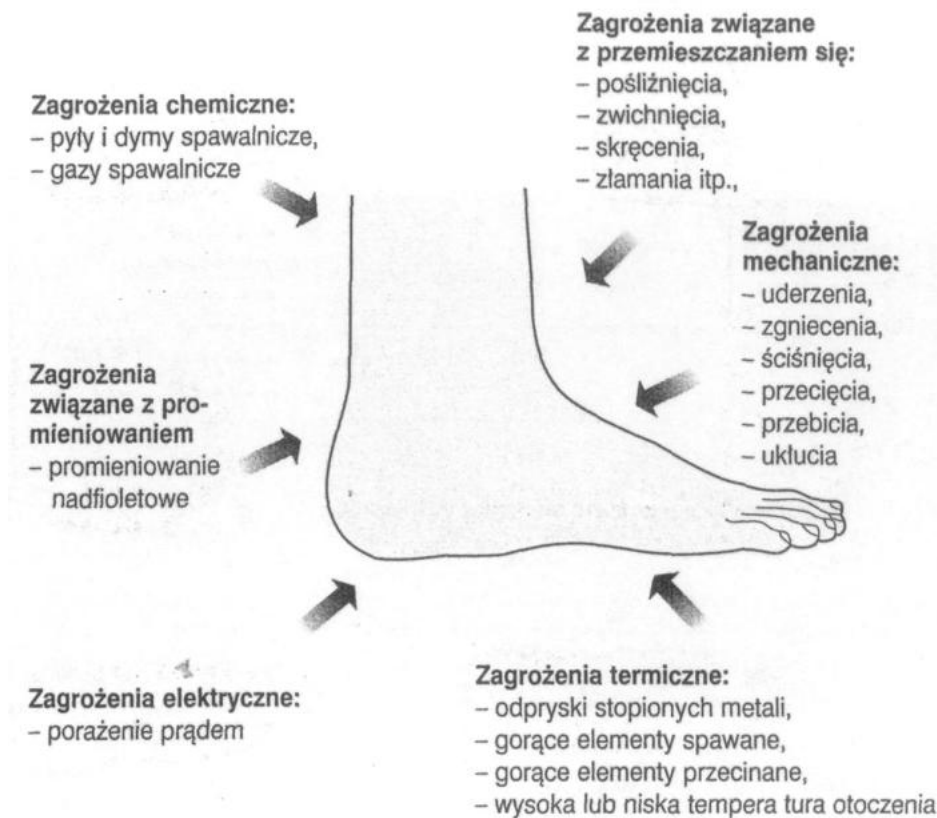
W procesach spawalniczych występują następujące rodzaje promieniowania optycznego:

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

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

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

Zagrożenia dla nóg spawacza



Działanie gazów spawalniczych na organizm człowieka.

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

Przy spawaniu, zależnie od jego rodzaju, działają gazy takie jak: tlen, azot, ozon, wodór, dwutlenek węgla i tlenek węgla. Głównymi źródłami emisji gazów przy spawaniu są proces rozkładu otuliny elektrod.

Oprócz gazów dostają się do powietrza pyły. Pył spawalniczy powstający w wyniku działania plazmy łuku na materiał podstawowy i dodatkowy, składa się z tlenków, krzemianów, fluorków fluorokrzemianów, oraz węglanów metali i niemetalu. Przy spawaniu stali węglowych i niskostopowych podstawowymi składnikami pyłu jest żelazo, mangan i krzemionka, natomiast przy spawaniu stali wysokostopowych wydzielane pyły zawierają również związki chromu, niklu, molibdenu i niobu.

Przy spawaniu stali elektrodami otulonymi dodatkowo wydzielają się związki sodu, potasu, wapnia i magnezu. Źródłem tych pierwiastków jest otulina elektrod, w skład której wchodzi różne surowce mineralne (np. krzemiany, węglany, fluorki proste i złożone, tlenki metali, szkło sodowe lub potasowe) oraz składniki organiczne.

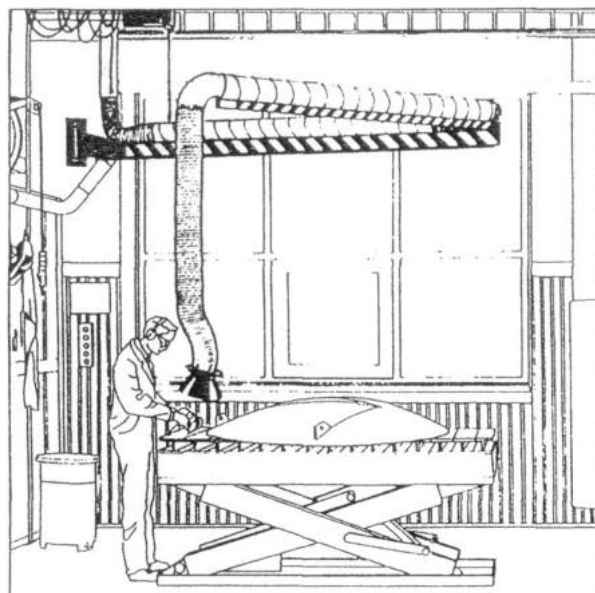
Efektem długotrwałego narażenia spawaczy na zanieczyszczenia pyłowe i gazowe dymów spawalniczych są różnego rodzaju schorzenia układu oddechowego. Pyły do organizmu przedostają się głównie przez drogi oddechowe. Tą drogą do ustroju mogą dostać się tylko cząsteczki bardzo małe, które stanowią największe zagrożenie dla człowieka. Drobne cząsteczki pyłu, posiadając dużą powierzchnię właściwą, mogą absorbować na niej znaczne ilości substancji chemicznych gazowych, które po wprowadzeniu do organizmu, uwolnieniu i wchłonięciu mogą wywołać dodatkowe działanie toksyczne. Przy większym stężeniu tych zanieczyszczeń w powietrzu u osób pracujących w takich warunkach mogą powstawać zawroty i bóle głowy, a nawet drgawki i stan zapaści.

Tlenek węgla (CO) obficie występujący przy spawaniu jest gazem szczególnie szkodliwym, gdyż reaguje z hemoglobina we krwi i może powodować zmęczenie i śpiączkę. W niektórych przypadkach może dochodzić nawet do zatrucia i utraty przytomności.

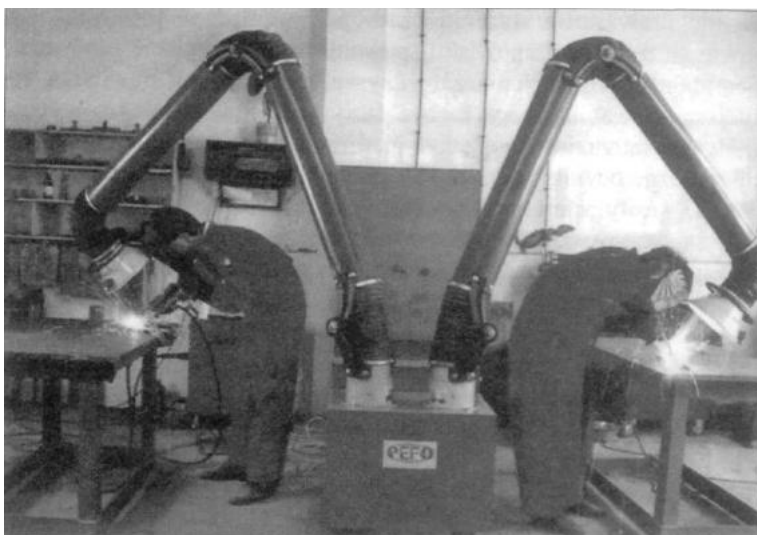
Wentylacja stanowisk spawalniczych

Przy wszystkich rodzajach spawania wydziela się większa lub mniejsza ilość gazów, pyłów i par metalicznych szkodliwych dla zdrowia spawaczy i otoczenia. Szkodliwość tych substancji zależy od ich stężenia w powietrzu.

Wentylacja może mieć różne rozwiązania techniczne, zależnie od zakresu wykonywanej produkcji. Zazwyczaj stosuje się wentylację ogólną, umieszczoną w górnych partiach hal warsztatowych, która odprowadza zanieczyszczenia gazowe powietrza na zewnątrz budynku. Takie rozwiązanie nie wystarcza, aby spawaczowi zapewnić prawidłowe warunki pracy pod względem bhp. Spawacz powinien mieć na stanowisku spawalniczym wentylację zapewniającą stałe odprowadzenie zanieczyszczeń gazowych powietrza od miejsca spawania.

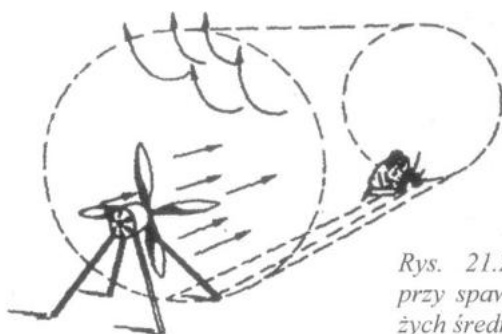


Obecnie produkowane są bardzo funkcjonalne urządzenia wentylacyjne do odciągania dymów spawalniczych z filtrami, które zatrzymują szkodliwe dla zdrowia człowieka składniki powietrza.



Wyciągi wentylacyjne przegubowe z filtrami zatrzymującymi szkodliwe składniki powietrza.

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



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

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

Porażenie prądem elektrycznym.

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

Przepisy przeciwpożarowe

Przy wykonywaniu robót spawalniczych bardzo często dochodzi do zaprószenia ognia przez spawaczy i powstania pożaru wskutek nieznajomości przepisów lub ich lekceważenia. Najczęściej wypadki powstają przy robotach remontowych oraz przy wykonywaniu napraw instalacji rurowych. Czasami są to prace doraźne i niewiele jest przy nich spawania, a ponieważ usuwanie z pomieszczenia materiałów niebezpiecznych pożarowo zajęłoby dużo czasu, więc spawacze decydują się na spawanie bez zabezpieczenia miejsca pracy. Wówczas najczęściej dochodzi do zaprószenia ognia i powstania pożaru. Ze statystyki wynika, że co 20. duży pożar spowodowany jest przez spawaczy. Stwierdzono również, że prawie 90% pożarów można było uniknąć, gdyby spawacze zachowali odpowiednie środki ostrożności.

Przy spawaniu elektrycznym przyczyną pożaru mogą być niesprawne urządzenia elektryczne, uszkodzenie przewodów spawalniczych oraz odpadające w czasie spawania gorące iskry. Dlatego przy spawaniu należy pamiętać, ażeby w spawalniach lub innych pomieszczeniach nie było żadnych materiałów łatwopalnych (śmieci, pakułów, szmat, papieru, drewna itd).

Jeżeli spawanie ma być wykonywane w pomieszczeniach z materiałami palnymi, to materiały te należy usunąć, ewentualnie zabezpieczyć kocami przeciwpożarowymi lub blachami albo zlać obficie wodą. 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.

W przypadku powstania małego pożaru osoby znajdujące się w pobliżu powinny natychmiast przystąpić do jego gaszenia. Do dyspozycji powinny być na miejscu środki gaśnicze, tj. koc gaśniczy oraz gaśnica proszkowa, pianowa i śniegowa, a także beczka z piaskiem. Na miejscu powinien być także hydrant z możliwością podłączenia węża pożarowego.

6. Elektrody do spawania

Druty na elektrody

Skład rdzenia elektrody jest podobny lub identyczny jak bazowego materiału. Lecz nawet pomimo istnienia wielu możliwości, drobne różnice w składzie stopu mogą mieć kolosalny wpływ na właściwości spawu. To stwierdzenie jest prawdziwe zwłaszcza dla stali takich jak wysokowytrzymałe stale niskostopowe (ang. HSLA - high-strength low-alloy). Podobnie, do spawania materiałów nieżelaznych jak stopu aluminium i miedzi stosuje się elektrody o podobnym składzie jak materiał bazowy. Jednakże czasem pożądane jest używanie elektrod z rdzeniem znacznie różniącym się od spawanego metalu. Na przykład stale węglowe czasem spawa się elektrodami ze stali nierdzewnej, podobnie jak elementy ze stali węglowej z elementami ze stali nierdzewnej.

Druty na elektrody przeznaczone do spawania i napawania stali węglowych w większości wykonane są z tego samego gatunku stali o następującym składzie chemicznym: węgiel (C) — max 0,10%, mangan (Mn) — 0,30÷0,60% krzem (Si) — max 0,03%, chrom (Cr) — max 0,20%, nikiel (Ni) — max 0,30%, siarka (S) — max 0,03%, fosfor (P) — max 0,03%.

Elektrody do spawania stali stopowych wykonane są przeważnie z drutu o podobnym składzie chemicznym co materiał spawany. Średnice elektrod są znormalizowane i wynoszą: 1,6; 2; 2,5; 3,25; 4; 5; 6 i 8 mm. Produkowane są elektrody o następujących długościach: 250, 350, 450 mm. Długość elektrod zależy zazwyczaj od średnicy i składu chemicznego otuliny. Druty o większej

oporności elektrycznej muszą być cięte na krótsze pręty ze względu na nadmierne grzanie się elektrody podczas spawania.

Wybór elektrody do spawania MMA zależy od szeregu czynników, w tym od rodzaju spawanego materiału, pozycji spawania i pożądanych właściwości spawu. Elektroda jest pokryta otuliną, która rozkłada się dając topniki, gazy osłaniające rejon spawania od wpływu atmosfery, odtleniacze oczyszczające spaw, żużel ochraniający spoinę i spowalniający jej stygnięcie, związki zwiększające stabilność łuku i ułatwiające jego zajarzenie oraz wzbogacające spoinę w dodatki stopowe. Elektrody można podzielić na trzy grupy - szybkotopniejące (ang. "fast-fill"), szybkokrzepnące (ang. "fast-freeze"), pośrednia kategoria to elektrody które zapewniają kompromis pomiędzy szybkością topnienia oraz krzepnięcia. Nazywa się je "fill-freeze" lub "fast-follow". Elektrody "fast-fill" topią się szybko, umożliwiając zwiększenie prędkości spawania, podczas gdy elektrody "fast-freeze" dostarczają szybkokrzepnącego metalu, który umożliwia spawanie w różnych pozycjach, zapobiegając wypływowi stopionego metalu z jeziorka spawalniczego.

7. Zadania otuliny elektrody

Otulina elektrody posiada różnorodny skład chemiczny i różną grubość. Skład chemiczny otuliny w sposób zasadniczy wpływa na skład chemiczny spoiny. Otulina ma duże znaczenie w zapewnieniu powstającemu połączeniu odpowiedniej jakości i wytrzymałości. Otulina zbudowana jest z mieszaniny rozdrobnionych różnorodnych składników mineralnych i organicznych, żelazostopów oraz metali. Dodawanie proszku żelaza pozwala na zwiększenie stopiwa. Ta jednorodna mieszanina powiązana jest ze sobą substancją wiążącą.

Najważniejsze zadania otuliny to:

- wytworzenie gazowej osłony łuku i ochrona przed dostępem powietrza atmosferycznego,
- ułatwienie zainicjowania łuku i stabilizowanie łuku podczas spawania, co zmniejsza rozpryski,
- wprowadzanie pierwiastków odtleniających i wiążących azot,
- tworzenie żużlowej powłoki nad ciekłym jeziorkiem i krzepnącą spoiną co zabezpiecza krzepnącą spoinę przed dostępem powietrza, opóźnia stygnięcie i wzbogaca skład chemiczny spoiny.

8. Rodzaje elektrod otulonych

- **elektrody o otulinie rutyłowej (R)** - to najbardziej popularne elektrody ogólnego stosowania. Ich stosowanie jest uniwersalne, łatwe, stosunkowo wydajne i pozwalają na spawanie niemal we wszystkich pozycjach z wyjątkiem pionowej z góry w dół. Elektrodamy rutyłowymi można spawać elementy cienkie. Uzyskuje się spoiny o gładkiej powierzchni, estetyczne a proces jest stabilny i powstaje mała ilość rozprysków, zaś żużel jest łatwy do usunięcia. Elektrodamy rutyłowymi można spawać prądem przemiennym lub stałym o biegunowości ujemnej (minus na elektrodzie). Przy prawidłowym przechowywaniu elektrody rutyłowe nie wymagają suszenia przed spawaniem.
- **elektrody o otulinie zasadowej (B)** - pozwalają na uzyskanie bardzo dobrych właściwości mechanicznych spoin dzięki wysokiej plastyczności stopiwa, również w niskiej temperaturze. Można nimi spawać we wszystkich pozycjach z wyjątkiem pionowej z góry w dół. Elektrodamy zasadowymi spawa się prądem stałym z biegunowością dodatnią na elektrodzie. Elektrody zasadowe wymagają suszenia przed spawaniem przez około 1-3h w temperaturze około 300÷350°C chyba, że zostały dostarczone w specjalnych opakowaniach próżniowych (vacuum pack) po wysuszeniu u producenta.

- **elektrody o otulinie celulozowej (C)** - pozwalają na spawanie w trudnych warunkach montażowych w terenie. Można nimi spawać we wszystkich pozycjach w tym szczególnie w pozycji pionowej z góry w dół. Elektrody celulozowe nie są wrażliwe na jakość przygotowania złącza i umożliwiają spawanie z dużą wydajnością. Elektrodam celulozowymi można spawać prądem przeniennym lub stałym o biegunowości dodatniej (plus na elektrodzie). Elektrody te nie wymagają suszenia przed spawaniem.
- **elektrody o otulinie kwaśnej (A)** - pozwalają na uzyskanie spoin o gładkim, płaskim licu o przeciętnych własnościach mechanicznych. Można nimi spawać w pozycji podolnej, nabocznej i warunkowo w pozycjach przymusowych. Elektrodam kwaśnymi można spawać prądem przeniennym lub stałym o biegunowości ujemnej (minus na elektrodzie). Przy prawidłowym przechowywaniu elektrody kwaśne nie wymagają suszenia przed spawaniem.
- **elektrody specjalne** - oprócz w/w rodzajów otulin dostępne są również otuliny specjalne: RA – otulina rutyłowo-kwaśna, RB – otulina rutyłowo-zasadowa, RC – otulina rutyłowo-celulozowa, RR – otulina rutyłowa o dużej grubości.

9. Przechowywanie elektrod

- Otulina na elektrodach jest krucha i bardzo higroskopijna co wymusza odpowiednie traktowanie elektrod. W przypadku nieodpowiedniego obchodzenia się z nimi może nastąpić pogorszenie ich jakości, a nawet bezpowrotne uszkodzenie. Otulina elektrod jest narażona na uszkodzenie mechaniczne, nadmierne nawilgocenie i w przypadku długiego przechowywania na proces naturalnego zesterzenia. W celu zapobieżenia uszkodzeniu mechanicznemu należy zachować ostrożność w czasie transportu i składowania elektrod - nie wolno elektrod rzucać ani składować w wysokich stosach. Wskazane jest przechowywanie w oryginalnych opakowaniach.
- Należy pamiętać o tym, że otulina zasadowa jest na tyle higroskopijna, że wchłania wilgoć nawet z powietrza. Chcąc usunąć zawilgocenie przed spawaniem, należy podsuszyć elektrody przez około 1-3h w temperaturze około 300÷350°C. Producenci elektrod podają dla swoich produktów wskazówki co do temperatury i czasu podsuszania poszczególnych rodzajów elektrod. Najlepiej elektrody magazynuje się w suchym pomieszczeniu o temperaturze około 20°C i wilgotności poniżej 50%. Elektrody które były przechowywane zbyt długo w wilgotnym pomieszczeniu mogą bezpowrotnie stracić swoje właściwości. Wchłonięta woda w długim okresie czasu może wejść w reakcję chemiczną ze składnikami otuliny. Oznaką takiego zdarzenia są wykwity białych kryształów na powierzchni otuliny. Takich elektrod nie zaleca się używać do spawania odpowiedzialnych konstrukcji, nawet po ponownym przesuszeniu. Elektrody rutyłowe, rutyłowo-kwaśne i kwaśne, przeznaczone do spawania stali niestopowych i niskostopowych, gdy są przechowywane w suchym miejscu (w temperaturze powyżej 10°C), nie wymagają suszenia przed spawaniem. Jeśli okaże się to konieczne, można je suszyć 1 godzinę w temperaturze 100÷130°C.
- Przy spawaniu elektrodami otulonymi należy zawsze stosować parametry pracy podane przez producenta na etykiecie opakowania. Jest na niej również podane natężenie prądu spawania.

10. Oznaczenie elektrod według norm

- **PN EN 499** :Elektrody otulone do ręcznego spawania łukowego stali niestopowych i drobnoziarnistych .

Przykład : **E 46 6 (2Ni) B 3 2 H5**

- **E** : symbol elektrody otulonej do ręcznego spawania łukowego
- **46** : wytrzymałość i wydłużenie stopiwa.

- **6** : Symbole charakteryzujące pracę łamania stopiwa
- **2Ni** : Symbole składu chemicznego stopiwa
- **B** : Symbol rodzaju otuliny
- **3** : Symbole uzysku stopiwa i rodzaju prądu spawania
- **2** : Symbol charakteryzujący pozycję spawania
- **H5** : Symbol zawartości wodoru w stopiwie

11. Spawanie stali

Na spawalność stali i innych metali wpływają różne czynniki technologiczno-metalurgiczne i konstrukcyjne, a mianowicie:

- rodzaj stali, metalu lub stopu oraz ich skład chemiczny;
- grubość i kształt spawanych konstrukcji;
- zmiany strukturalne zachodzące w strefie wpływu ciepła i ewentualne zahartowanie strefy przejściowej;
- temperatura otoczenia;
- metody i warunki spawania;
- kwalifikacje spawaczy.

Skład chemiczny stali jest jednym z głównych czynników wpływających na jej spawalność.

Spawanie stali niestopowych

Stale niestopowe, zawierające mniej niż 0,25% węgla, należą do stali łatwo spawalnych, nawet w niezbyt korzystnych warunkach, tj. w niskiej temperaturze do -10°C .

Pomimo tego, że spawalność stali niestopowych jest dobra, to jednak dla otrzymania dobrego połączenia przez spawanie elektryczne należy pamiętać o:

- dokładnym przygotowaniu materiału do spawania,
- doborze odpowiedniego gatunku elektrody,
- stosowaniu umiarkowanego natężenia prądu,
- kolejności układania poszczególnych ściegów,
- stosowaniu odpowiednich ściegów (proste lub zakosowe).

Do spawania stali niestopowych stosuje się przeważnie elektrody o otulinie kwaśnej lub rutylowej, a w szczególnych przypadkach elektrody o otulinie zasadowej lub inne.

Przy doborze elektrod należy kierować się własnościami mechanicznymi stopiwa, a zwłaszcza granicą plastyczności. Konstrukcje wykonywane ze stali niestopowej o granicy plastyczności R_e do 360 MPa, obciążone statycznie i dynamicznie, spawa się przeważnie elektrodami o otulinie rutylowej (o ile nie są stawiane inne wymagania, np. co do uderzalności w niskich temperaturach), przy czym elementy spawane nie powinny przekraczać 20 mm grubości. Konstrukcje ze stali niestopowych o grubości powyżej 20 mm zaleca się spawać elektrodami o otulinie zasadowej. Przy ustalaniu technologii spawania pod uwagę należy także brać to, czy spawane stale należą do stali uspokojonych, półuspokojonych lub nieuspokojonych. Ogólnie można przyjąć, że stale uspokojone są łatwiej spawalne, półuspokojone nieco trudniej, a nieuspokojone znacznie trudniej, zwłaszcza przy większych grubościach elementów spawanych.

Stale nieuspokojone (np. St3SX) zawierają duże ilości tlenków i azotku żelaza oraz nierównomiernie rozłożone skupiska siarki (S), fosforu (P) i węgla (C). W różnych miejscach arkusza blachy ze stali nieuspokojonej mogą być różne zawartości węgla w przedziale od $0,15 \div 0,3\%$ C. Wiadomo, że podczas spawania takiej stali w miejscach, gdzie zawartość węgla jest większa, wystąpią podhartowania, a nawet pęknięcia. Stal nieuspokojona ma gorsze właściwości

wytrzymałościowe i spawalnicze oraz szybko starzeje się (ze względu na zawartość tlenków i azotków żelaza). Stal nieuspokojona nie może być stosowana do wykonywania konstrukcji spawanych o wysokich wymaganiach wytrzymałościowych. W przypadku spawania stali nieuspokojonej należy stosować dobrze wysuszone elektrody zasadowe.

Stal półuspokojona (np. St3SY) zawiera mniejsze ilości tlenków i azotków żelaza. Występujące w niej zanieczyszczenia i węgiel rozłożone są bardziej równomiernie, a zatem ma ona bardziej wyrównany skład chemiczny i zaliczana jest do wyższego gatunku stali. Stale półuspokojone mogą być stosowane do konstrukcji spawanych o większych wymaganiach wytrzymałościowych. Stal uspokojona (np. St3S) może być stosowana do konstrukcji spawanych pracujących w najtrudniejszych warunkach pod obciążeniami dynamicznymi i przemiennymi. Stal ta jest bardzo dobrze spawalna.

Przy spawaniu wszystkich gatunków stali, a więc i przy spawaniu stali niestopowych, duże znaczenie ma temperatura otoczenia. Gdy temperatura otoczenia jest niższa od punktu rosy, na elementach spawanych gromadzi się wilgoć jako kondensat z otaczającej atmosfery. Wilgoć może pochodzić także z opadów atmosferycznych w postaci mgły, deszczu, śniegu lub lodu. Wilgoć w łuku elektrycznym prowadzi do nawodorowania i utlenienia spoiny. Dlatego w takich przypadkach bardzo celowe jest podgrzewanie elementów spawanych do temperatury usunięcia rosy (wysuszenia), która może wynosić ok. 100°C. Zapewnia to całkowite wyeliminowanie wilgoci ze strefy spawania.

Stale o podwyższonej zawartości węgla należą do stali trudniej spawalnych i trudności spawalnicze pogłębiają się w miarę wzrostu zawartości węgla w takim stopniu, że stal zawierająca ok. 0,60% C staje się bardzo trudno spawalna w normalnych warunkach. Trudności spawania wynikają ze wzrostu zawartości węgla w spoinie wskutek dyfuzji węgla z materiału spawanego do spoiny oraz podhartowania spoiny i strefy wpływu ciepła, a także łatwo powstającego przegrzania łączonego materiału w strefie wpływu ciepła. Sprzyja temu głównie szybkie stygnięcie spoiny oraz wielowarstwowe spawanie grubych i krótkich elementów.

W celu zapobieżenia zahartowaniu strefy wpływu ciepła podgrzewa się elementy łączone przed spawaniem do temperatury 200÷300°C i temperaturę tę utrzymuje podczas całego procesu spawania. Po spawaniu elementy powinny być wolno studzone, co zapewnia się przez owinięcie elementów grubymi kocami niepalnymi, a najlepiej jest wyżarzyć je bezpośrednio po spawaniu - odpuszczając w temperaturze ok. 620°C lub normalizując w temperaturze ok. 920°C.

W przypadku trudności zastosowania podgrzewania wstępnego przed spawaniem, stal o podwyższonej zawartości węgla może być spawana elektrodami o większej średnicy i przy większym natężeniu prądu (jednak nie większym od górnej granicy podanej w katalogu elektrod) z jednocześnie zmniejszoną prędkością prowadzenia elektrody. W ten sposób zwiększa się strefę nagrzania spawanego materiału, która zastępuje częściowo wstępne podgrzewanie. Po spawaniu konieczne jest jednak wykonanie obróbki cieplnej przez wyżarcie odpuszczające lub normalizujące, zależnie od wymagań technologicznych elementu spawanego lub napawanego.

Spawanie stali niskostopowych

Do stali niskostopowych zalicza się stale konstrukcyjne o podwyższonej wytrzymałości oraz stale do pracy w podwyższonych temperaturach.

Stale o podwyższonej wytrzymałości mają wytrzymałość 520÷640 MPa i są stosowane do budowy takich konstrukcji stalowych, jak np. mosty, suwnice, dźwigi, zbiorniki oraz wiele innych

konstrukcji obciążonych dużymi siłami statycznymi i dynamicznymi. Wysoka wytrzymałość tych stali wynika z podwyższonej zawartości manganu (1,04-1,5%), węgla poniżej 0,2%, krzemu poniżej 0,55%, chromu ok. 0,30%, niklu ok. 0,30% oraz poniżej 0,04% siarki i 0,04% fosforu. Są produkowane prawie wyłącznie jako normalizowane, zwłaszcza o grubościach powyżej 20 mm. Z tego powodu stale te odznaczają się wysoką odpornością na kruche pęknięcia i mogą być stosowane w dużym zakresie grubości na konstrukcje pracujące w obniżonych temperaturach.

Mimo tych wysokich zalet stale konstrukcyjne o podwyższonej wytrzymałości należą do stali hartujących się podczas spawania, wskutek czego zdarzają się mikropęknięcia powstające szczególnie w strefie wpływu ciepła. Dlatego technologia spawania ręcznego łukiem elektrycznym tych stali musi przebiegać z zachowaniem określonych warunków zapewniających poprawne wykonanie spoin, a mianowicie:

- Brzegi łączonych materiałów muszą być dokładnie przygotowane i oczyszczone z farby, rdzy, smarów i innych zanieczyszczeń powierzchniowych.
- Spawanie należy wykonywać tylko wysokojakościowymi elektrodami o otulinie zasadowej, wysuszonymi przed spawaniem w temperaturze ok. 300°C w ciągu 2 godzin.
- Do spawania należy stosować spawarki prądu stałego (przetwornice lub prostowniki), a elektrodę przyłączać do bieguna dodatniego (+).
- Spawanie w warunkach montażowych w temperaturze otoczenia poniżej 0°C wymaga wstępnego podgrzewania.
- W celu uniknięcia porów i pęcherzy w spoinie pierwszą warstwę przetopową można wykonywać elektrodami rutylowymi, a następne warstwy wypełniać elektrodami zasadowymi.
- Spawanie powinni wykonywać spawacze dopuszczeni do spawania stali o podwyższonej wytrzymałości, ponieważ technika wykonywania spoin ma tu istotne znaczenie dla wyników połączenia, dotyczy to np. długości łuku podczas spawania, sposobu prowadzenia elektrody, natężenia prądu spawania, zaczęcia i zakończenia spoiny, czyli techniki spawania.

Do stali niskostopowych do pracy w podwyższonych temperaturach należą stale molibdenowe, stale chromowo-molibdenowe oraz stale chromo-molibdenowo-wanadowe i inne, ulepszone cieplnie i przeznaczone do pracy w podwyższonych temperaturach. Są używane głównie do budowy kotłów wysokoprężnych, turbin oraz rurociągów i parociągów stosowanych w energetyce. Składniki stopowe występujące w tych stalach, jak np. Cr, Mo, V, w ilościach nie przekraczających na ogół 3%, zapewniają wysoką wytrzymałość oraz odporność stali na działanie korozji atmosferycznej i pracę w temperaturze do 600°C pod ciśnieniem do 19 MPa.

Stale niskostopowe (chromowo-molibdenowe) ze względu na swój skład chemiczny, a głównie węgiel i chrom, są stalami hartującymi się w procesie spawania i wykazują skłonności do powstawania pęknięć w strefie wpływu ciepła i w spoinie. Skutecznym środkiem zapobiegawczym przed pęknięciami jest podgrzewanie przed spawaniem oraz spawanie tej stali w temperaturze otoczenia powyżej 15°C.

Stale molibdenowe są używane przeważnie do wykonywania rur kotłowych, stosowanych na przegrzewacze pary i wymienniki ciepła przy wysokoprężnych kotłach parowych pracujących w temperaturze do 450°C. Stale te spawa się elektrodami rutylowymi lub zasadowymi, przy czym elementy spawane o grubości powyżej 8 mm wymagają wstępnego podgrzewania przed spawaniem do temperatury ok. 150°C. Po spawaniu konieczne jest wyżarzenie odprężające w temperaturze

650÷680°C i wolne studzenie wraz z piecem do temperatury 300°C, a następnie dalsze studzenie na wolnym powietrzu w temperaturze około 15°C.

Stale chromowo-molibdenowe o zawartości 1% Cr mogą pracować w temperaturze do 500°C i są spawane elektrodami rutyłowymi i zasadowymi. Blachy lub rury z tej stali o grubości ścianki powyżej 4 mm wymagają wstępnego podgrzewania do temperatury ok. 200°C, a po spawaniu wyżarzania odprężającego w temperaturze ok. 700°C.

Stale chromowo-molibdenowe o podwyższonej zawartości chromu pracują w temperaturze do 580°C i są spawane elektrodami rutyłowymi i zasadowymi. Blachy lub rury oraz inne wyroby hutnicze z tej stali, niezależnie od grubości, wymagają przed spawaniem podgrzewania do temperatury ok. 300°C. Po spawaniu konieczna jest obróbka cieplna z zastosowaniem wyżarzania normalizującego w temperaturze ok. 920°C i odpuszczania w temperaturze 650÷680°C. Czas wyżarzania dla wszystkich stali niskostopowych powinien wynosić około 30 minut na 1 mm grubości spawanego materiału.

Stale chromowo-molibdenowo-wanadowe spawa się elektrodami rutyłowymi lub zasadowymi wg zaleceń podanych dla stali Cr-Mo.

Wysokie wymagania, jakie stawia się wszystkim gatunkom stali niskostopowych, szczególnie przy spawaniu rur o małych średnicach, dotyczą wykonania prawidłowego przetopu w grani spoiny. Dlatego w większości przypadków pierwszą warstwę przetopową (graniową) wykonuje się w osłonie argonu metodą TIG, a pozostałe warstwy wypełnia w wyniku spawania elektrycznego elektrodami otulonymi dobieranymi wg gatunku stali.

Do nowych gatunków stali niskostopowych należy stal typu P91, przeznaczona do pracy w podwyższonych temperaturach (300÷600°C). Stosowana jest przeważnie w energetyce przy produkcji reaktorów jądrowych i w przemyśle petrochemicznym. Stal P91 doskonale nadaje się na grubościennne rury lub odkuwki do budowy kotłów o wyjątkowo dużych wymaganiach eksploatacyjnych. Charakteryzuje się dużą wytrzymałością na rozciąganie i na pełzanie. Wykazuje dużą ciągliwość i spawalność oraz odporność na zmęczenie cieplne. Łatwo można ją łączyć z innymi gatunkami stali niestopowych.

Spawanie stali wysokostopowych

Stale wysokostopowe oprócz normalnych składników zawierają dodatki niklu, chromu, wolframu i inne. Stale te słabo przewodzą ciepło i mają duży współczynnik skurczu. Niektóre z nich są odporne na korozję, kwasy, ługi oraz wysoką temperaturę. Spawalność tych stali jest uwarunkowana zawartością węgla i chromu oraz charakterem tworzenia się struktury spoiny. Szczególnie trudno spawalne są stale wysokostopowe o większej zawartości chromu. Spoina jest tu silnie utwardzona, ma budowę gruboziarnistą i wykazuje skłonność do pęknięcia podczas spawania. Przy spawaniu tworzą się wysoko topliwe tlenki chromu, które utrudniają łączenie spoiwa z metalem spawanym. Poza tym tlenki i węgliki chromu sprawiają, że spoina jest mało odporna na działanie korozji międzykrystalicznej i szybko ulega zniszczeniu.

W razie konieczności spawania grubych stali wysokostopowych należy podgrzać je do temperatury 150÷200°C, a po ukończeniu spawania bardzo wolno studzić. Wskazane jest również wyżarzanie w temperaturze 600÷850°C.

Ze stali wysokostopowych dobrze spawalne są stale austenityczne chromowo-niklowe. Mają one jednak dużą rozszerzalność liniową i małą przewodność cieplną. W czasie spawania następuje silne miejscowe nagrzewanie się metalu i wskutek tego powstają o wiele większe odkształcenia spawalnicze niż przy spawaniu stali niestopowych. Powstają również duże naprężenia spawalnicze,

które często stają się przyczyną pęknięcia spoin.

Do spawania stali wysokostopowych należy używać elektrod o składzie chemicznym stopiwa zbliżonym do składu chemicznego stali. Zaleca się stosowanie prądu stałego i przyłączenie elektrody do bieguna (+).

INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA SPAWANIA WYTWÓRCY – WPS

Miejscowość: **Pleszew**
Instrukcja Technologiczna
Spawania Wytwórcy Nr: **1/C/2006**

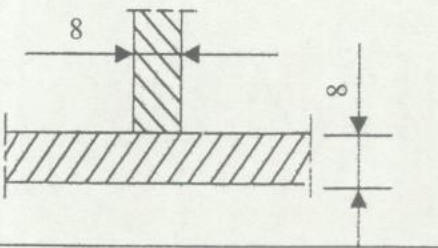
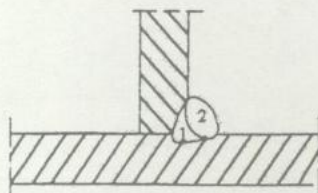
WPAR Nr: ----
Wytwórca: **OŚRODEK KSZTAŁCENIA
I DOSKONALENIA USTAWICZNEGO
Pleszew**

Proces spawania: **135**
Rodzaj złącza: **FW**
Szczegóły przygotowania do spawania:

Inspektor lub jednostka inspekcyjna: **URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO** oddział w Ostrowie Wlkp.

Sposób przygotowania
i czyszczenia: **cięcie mechaniczne , szlifowanie.**
Specyfikacja materiału podstawowego: **1.1 wg. PN-CR
ISO 15608 (ST 3S wg. PN-88/M-84020)**
Grubość materiału: [mm] **8**
Średnica zewnętrzna: [mm] **---**

Pozycja spawania: **PF** 

Rysunek złącza	Kolejność spawania
	

Szczegóły dotyczące spawania:

Ścieg	Proces	Wymiar spoiwa	Natężenie prądu [A]	Napięcie łuku [V]	Rodzaj prądu X biegunowość	Prędkość podawania druku [m/min]	Prędkość spawania [mm/min]	Ilość wprowadzonego ciepła [kJ/mm]
1	135	0,8	130	22	= +	4,00	200	0,35
2	135	1,0	120	22	= +	3,50	150	0,45

Klasyfikacja spoiwa i nazwa : **PN EN 440 G3Si1**
handlowa: **OK. Autrod 12.51 ESAB .**

Specjalne zalecenia suszenia:

Gaz / topnik: osłona : **M21 wg. PN EN 439**
Ar 80% CO₂ 20%
: podkładka

Prędkość przepływu gazu-
osłonowego: **8-10 l/min**
formującego:

Rodzaj elektrody **---**
wolframowej / wymiar: **---**

Szczegóły żłobienia /
podkładki: **---**

Temperatura podgrzewania
wstępnego: **---**

Temperatura międzyściegowa: **<=250°C**

Obróbka cieplna po spawaniu: **---**

Czas, temperatura, metoda: **---**

Prędkość nagrzewania
i chłodzenia:

Inne informacje: np.: **---**

układanie ściegów
zakosowych

Oscylacja: amplituda,

częstotliwość, czas przerwy: **---**

Szczegóły spawania łukiem

pulsującym: **---**

Wylot elektrody: **---**

Szczegóły spawania
plazmowego:

Kąt ustawienia uchwytu: **---**

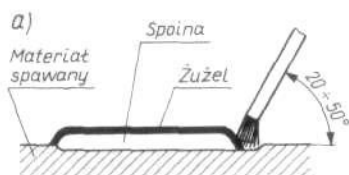
Wytwórca:
Imię i nazwisko, data i podpis

Inspektor lub jednostka inspekcyjna:
Imię i nazwisko, data i podpis

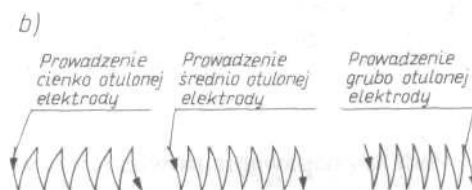
12. Pozycje spawania

Spawanie w pozycji podolnej.

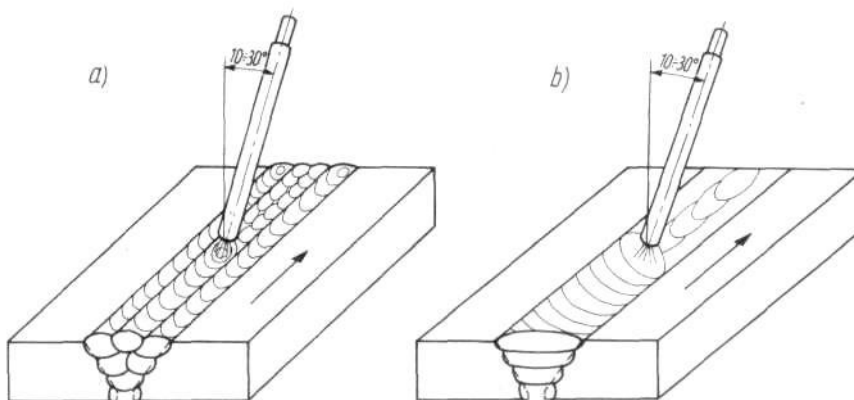
Najważniejszą pozycją spawania jest podolna. Wszystkie inne pozycje spawania są przymusowymi. W warunkach przemysłowych wszystkie elementy do spawania należy ustawiać tak, aby spoiny można było wykonywać w pozycji podolnej. Pozycje przymusowe są pozycjami montażowymi. Podczas spawania w pozycji podolnej elektrodę prowadzi się pod kątem $20 \div 50^\circ$ do kierunku spawania.



W zależności od grubości otuliny zmienia się technikę prowadzenia końca elektrody i kąt pochylenia. Przy cienkich elektrodach otulonych stosuje się mały kąt pochylenia elektrody. Ze wzrostem grubości otuliny wzrasta kąt nachylenia elektrody.



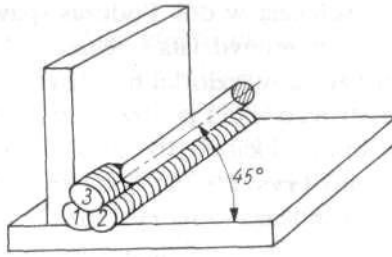
Prowadzenie elektrody w pozycji podolnej: prowadzenie końca elektrody o różnej grubości otuliny



Spawanie w pozycji podolnej: a) ściegami prostymi, b) ściegami zakosowymi,

Spawanie w pozycji nabocznej.

Podczas spawania w pozycji nabocznej płynne stopiwo ma skłonności do rozplywania się po ścianie poziomej. Przy niewłaściwym ustawieniu elektrody otrzymuje się spoinę o niesymetrycznym trójkącie. Spoiny pachwinowe wielościegowe w pozycji nabocznej układa się ściegami prostymi.

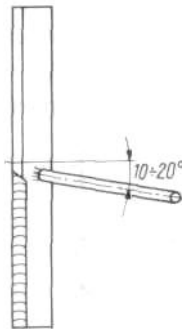


Spoina pachwinowa w pozycji nabocznej

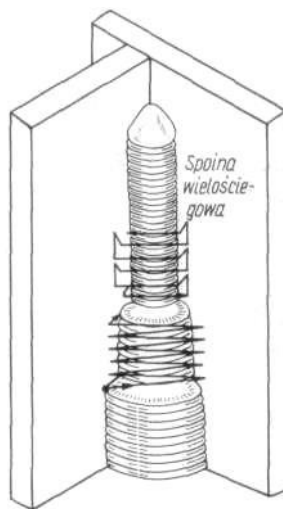
Spawanie w pozycji pionowej z dołu do góry.

Wszystkimi elektrodami otulonymi można spawać techniką z dołu do góry. W pozycji tej napotyka się na pewne trudności, gdyż płynny metal i żużel ściekają w dół. Podczas spawania należy stosować taką technikę, która przeciwdziała ściekaniu płynnego metalu. Masa płynnego metalu i żużla w jeziorku musi być możliwie mała, aby strumień łuku elektrycznego mógł ją utrzymać. Elektrode należy prowadzić łukiem krótkim i pod kątem $10 \div 20^\circ$ odchylenia w dół od linii prostopadłej do spoiny.

Natężenie prądu powinno być o $10 \div 15\%$ mniejsze niż przy normalnym spawaniu w pozycji podolnej.



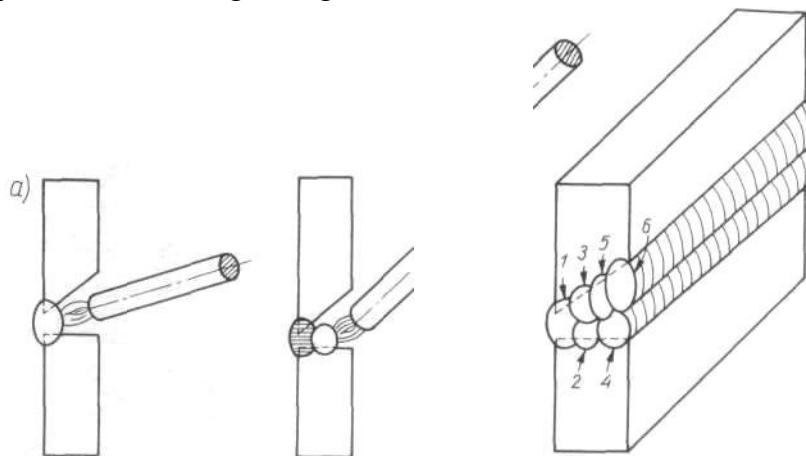
Spawanie w pozycji pionowej: kąt prowadzenia elektrody



Sposób układania spoin pachwinowych

Spawanie w pozycji naściennej.

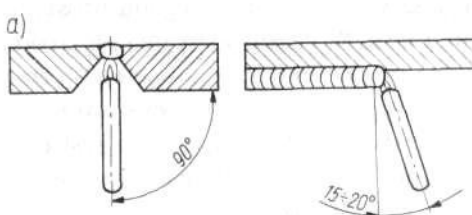
Złącza do spawania naściennego powinno się ukosować na $1/2 V$, a gdy istnieje dostęp z dwu stron grube elementy ukosuje się na K. Takie ukosowanie zapewnia lepsze utrzymywanie się płynnego metalu oraz daje efekty ekonomiczne (zużywa się mniej spoiwa). Spoiny są wykonywane ściegami prostymi elektrodami o średnicy od 2,5 do 4 mm. W czasie spawania elektroda powinna być ustawiona prostopadłe do układanego ściegu.



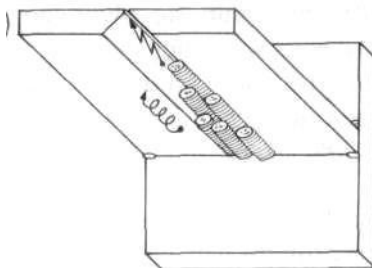
Spoina czołowa naścienna: ściegi proste

Spawanie w pozycji pułapowej.

Pozycję pułapową w spawaniu stosuje się tylko w montażu i naprawach. Do spawania w pozycji pułapowej stosuje się elektrody grubo otulone do średnicy $0 \div 4$ mm oraz natężenie prądu niższe o 10% od natężenia w pozycji podolnej. Elektrode należy prowadzić krótkim łukiem, co sprzyja przepływowi metalu w postaci drobnych kropeł i daje lepsze układanie spoiny. Podczas spawania elektroda powinna być utrzymywana prostopadłe do układanej spoiny i jednocześnie pochylona pod kątem $10 \div 15^\circ$ w kierunku układania spoiny.



Spawanie w pozycji pułapowej: a) kąty prowadzenia elektrody

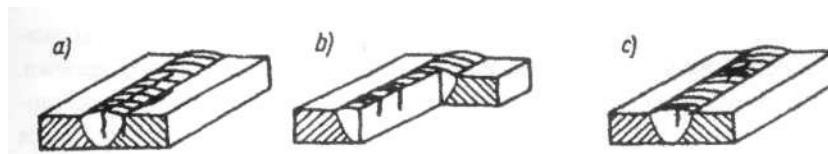


13. Klasyfikacja niezgodności spawalniczych

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

Pęknięcia

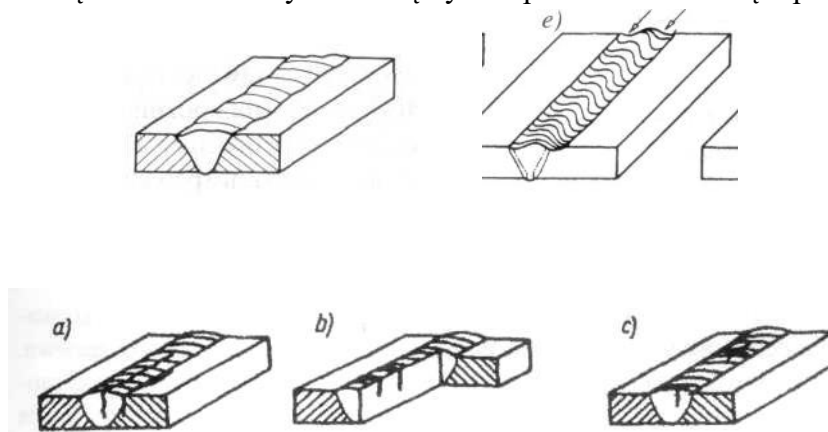
Pęknięcia mogą powstawać wskutek szybkiego chłodzenia spawanych złączy, szczególnie w przypadku spawania stali o wyższej zawartości węgla, na grubych elementach i w niskich temperaturach. W tych warunkach powstaje podhartowanie strefy wpływu ciepła, co sprzyja powstawaniu pęknięć w tej strefie. W innym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



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

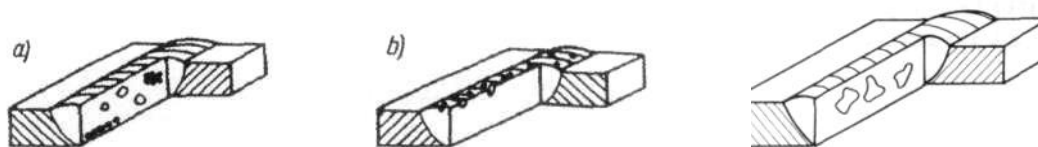
Podtopienia od strony lica i grani

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



Pęcherze i pory gazowe

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



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

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

Wtrącenia stałe

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



Zażużlenie spoiny: a) zwarte, b) pasmowe.

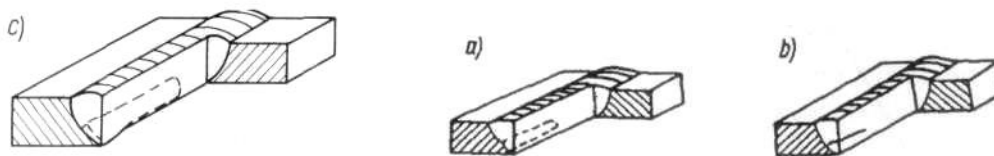
Zażużlenie może występować w dwojakiej postaci, a mianowicie:

- 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, szczególnie przy stosowaniu niskiego natężenia prądu.

Przyklejenie

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

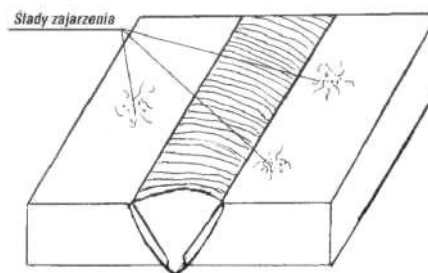
Przyklejenia są skutkiem stosowania małego natężenia prądu. Mogą także powstawać przy szybkim przesuwaniu uchwytu w czasie spawania. Spoina przyklejona ma małą wytrzymałość i łatwo ulega rozdzielaniu w miejscu przyklejenia. Przyklejenia mogą występować między materiałem a spoiną (brzegowe) lub między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



Przyklejenia: a) brzegowe, b) międzyścięgowe.

Ślady zajarzania łuku

Ślad zajarzania łuku to miejsce uszkodzenia powierzchni materiału spawanego w sąsiedztwie spoiny spowodowanego zajarzaniem poza rowkiem spawania. Przyczyną powstawania tych błędów jest brak staranności spawacza oraz nieświadomość skutków wynikających z tych wad.



14. Kontrola połączeń spawanych

Badania nieniszczące:

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

Badania niszczące (PN-EN 1320):

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

Badania wizualne (PN-EN 970)

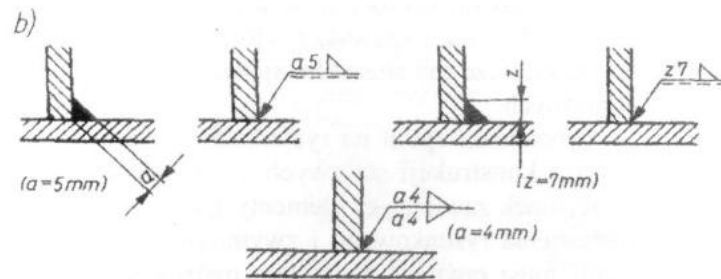
Niektóre mniej ważne konstrukcje spawane kontrolowane są przez uprawnionego kontrolera tylko na podstawie badań wizualnych. Zakres tych badań dotyczy głównie określenia wad powierzchniowych widocznych na zewnętrznej stronie spoiny i sprawdzenia, czy jakość i wymiary wykonanych spoin są zgodne z dokumentacją. Pracownik dokonujący kontroli spoin powinien posiadać wymagane kwalifikacje kontrolera, czyli certyfikat kompetencji zgodnie z normą PN-EN 473. Powinien posługiwać się odpowiednią instrukcją opracowaną zgodnie z normą PN-EN 970 - pt. „Badania nieniszczące złączy spawanych - badania wizualne”. Do kontrolowania spoin skazą

szkła powiększające (lupy) oraz przymiary metalowe, suwmiarki i spoinomierze, za pomocą których można sprawdzić wymiary spoin. Przyrząd ten został opatentowany i jest zalecany jako przymiar warsztatowy uniwersalny do szybkiego wykonania operacji kontrolno-pomiarowych. Odznacza się prostą konstrukcją i łatwością obsługi.

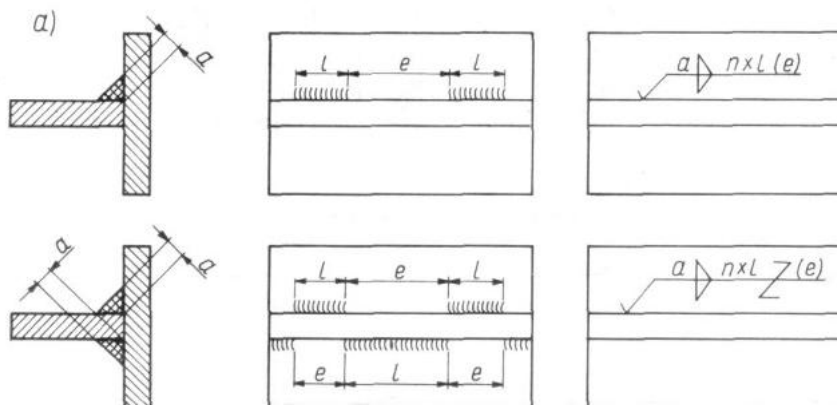
15. Oznakowanie spoin na rysunkach wg PN-EN 22553

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

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



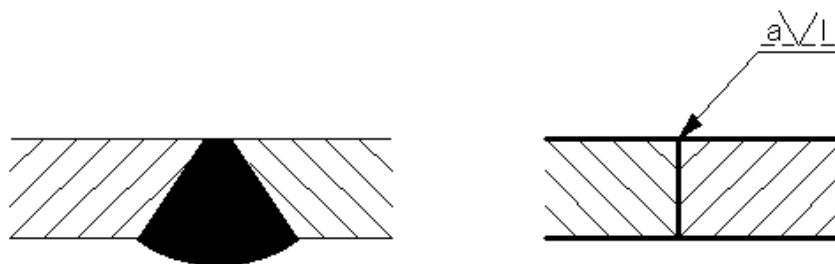
Spoiny pachwinowe jednostronne oznacza się trójkątem umieszczonym nad linią wymiarową (rys. b), a spoiny pachwinowe dwustronne - trójkątem podwójnym wpisanym w linię odniesienia. Do podstawowych znaków spoin czołowych i pachwinowych dochodzą jeszcze znaki uzupełniające, określające kształt lica spoiny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



Spoina pachwinowa - oznaczanie spoin przerywanych



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

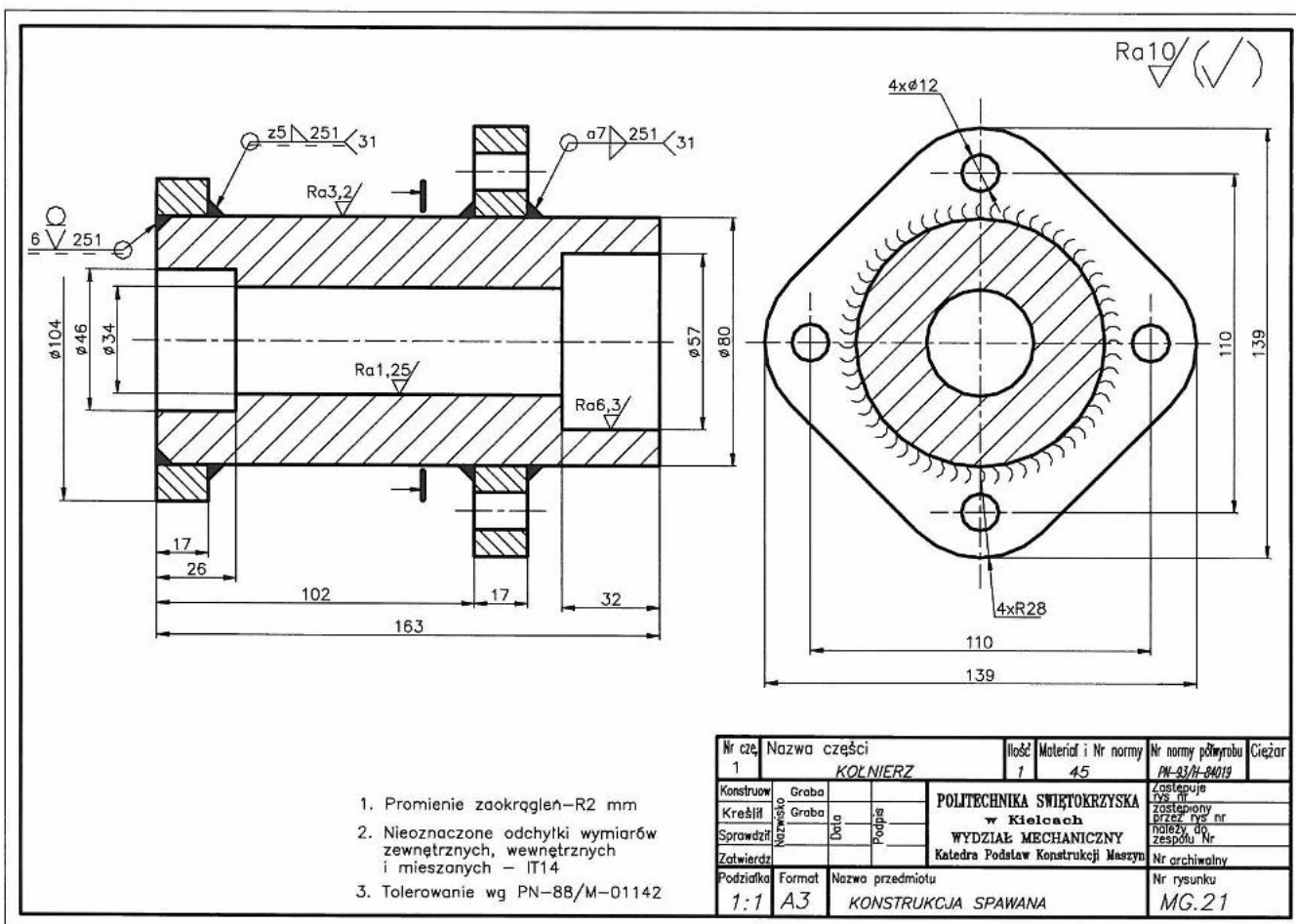


- Gdy linia identyfikacyjna znajduje się **nad** półką linii odniesienia to grot kończący linię odniesienia wskazuje grań spoiny.

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

Znaki uzupełniające

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



16. Przygotowanie złączy do spawania

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

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

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

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

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

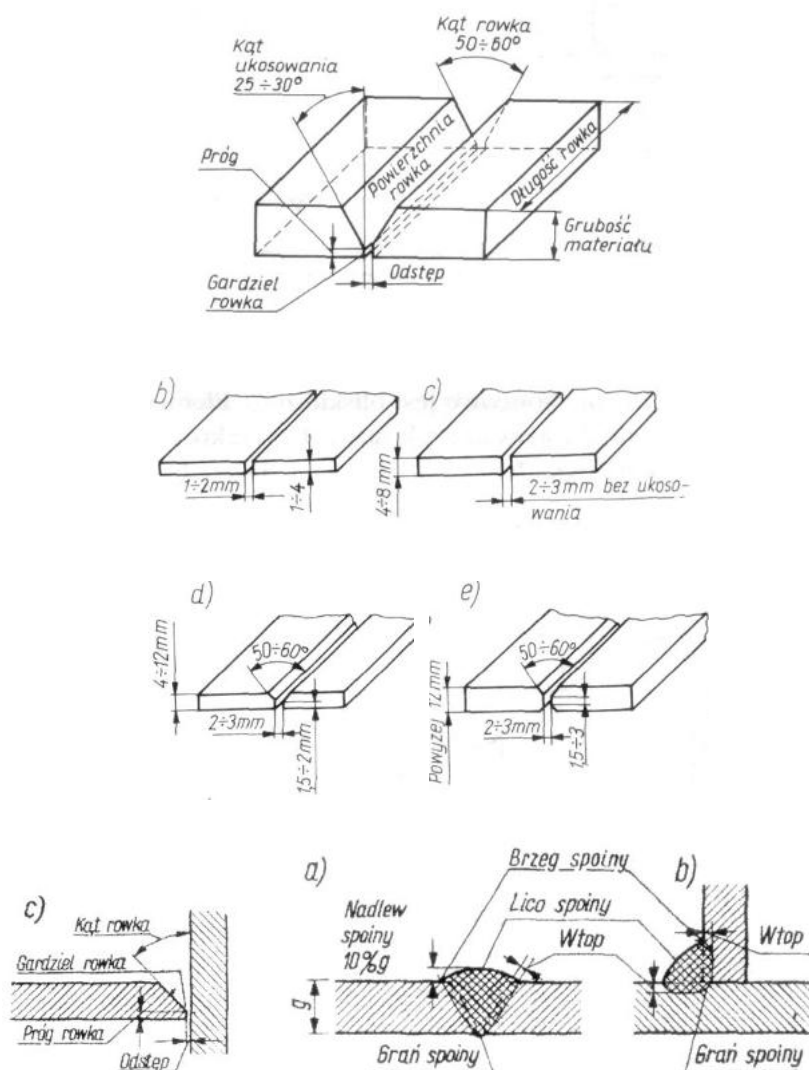
Ukosowanie brzegów bez progu ma następujące zalety: małą pracochłonność i mały koszt przygotowania brzegów, które można zukosować w jednej operacji cięcia tlenowego, plazmowego lub mechanicznie oraz ułatwia - w porównaniu z ukosowaniem z progiem - uzyskanie dobrego wtopienia w przypadku spawania na podkładce.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

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

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

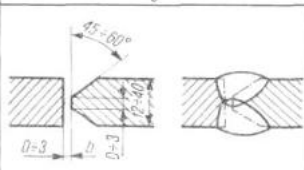
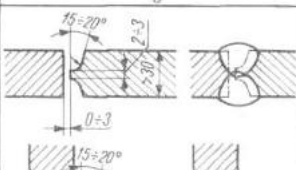
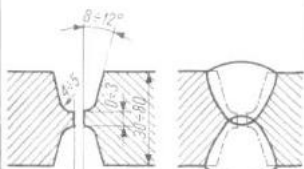
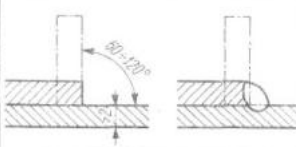
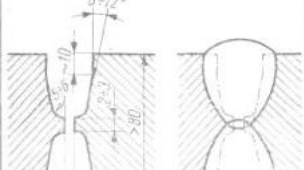
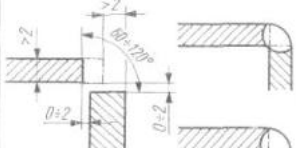
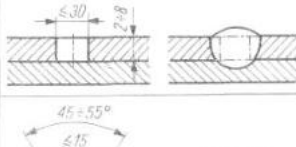
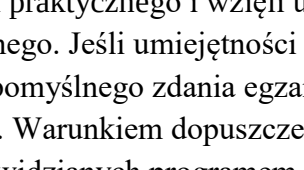
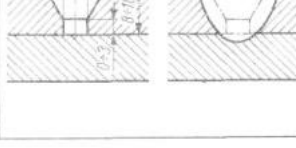
Samo podpawanie bez usunięcia części graniowej spoiny nie gwarantuje wyeliminowania braku przetopu lub innych niezgodności. Usuwanie grani nie zawsze jest wymagane przy podpawaniu łukiem krytym, które zazwyczaj charakteryzuje się głębokim wtopieniem. Spawanie tą metodą szczególnie nadaje się do wykonywania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

Przygotowanie brzegów do spawania elementów stalowych dla najczęściej stosowanych w praktyce metod: 111,131,135,1411311 zawiera norma PN-EN ISO 9692-1:2008.



Sposoby przygotowania blach do spawania

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

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

17. 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 - 111 (podstawowy egzamin spawacza elektrodą otuloną);

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

Zasady wykonywania złączy egzaminacyjnych

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

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

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

Badania złączy egzaminacyjnych

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

Kryteria oceny złączy egzaminacyjnych

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

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

dla których dopuszcza się poziom jakości C.

Pierwsze kwalifikacje

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

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

Potwierdzenie ważności

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

Przedłużanie kwalifikacji spawacza

Przedłużenia powinien dokonać egzaminator/ jednostka egzaminacyjna.

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

a) Spawacz powinien powtarzać egzamin co 3 lata.

b) co dwa lata dwie spoiny wykonywane w ciągu ostatnich 6 miesięcy okresu ważności powinny być zbadane radiograficznie lub ultradźwiękowo albo przez badanie niszczące i powinny być

udokumentowane. Spoiny powinny spełniać warunki dotyczące poziomów jakości dla niezgodność, które ustalone zostały w rozdziale 7 normy. Takie badania przedłużają kwalifikację spawacza na dalsze dwa lata.

Spis treści:

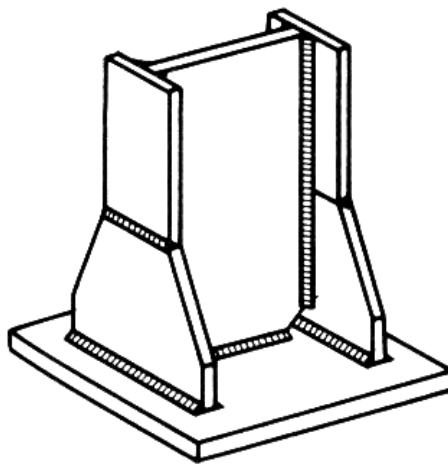
1. **Cechy użytkowe metody spawania elektrodą otuloną.**
2. **Zajalenie łuku.**
3. **Charakterystyka cieplna łuku spawalniczego.**
4. **Urządzenia do spawania.**
5. **Przepisy bhp i przeciwpożarowe.**
6. **Elektrody do spawania.**
7. **Zadania otuliny elektrody.**
8. **Rodzaje elektrod otulonych.**
9. **Przechowywanie elektrod.**
10. **Oznaczenie elektrod według norm.**
11. **Spawanie stali.**
12. **Pozycje spawania.**
13. **Klasyfikacja niezgodności spawalniczych.**
14. **Kontrola połączeń spawanych.**
15. **Oznakowanie spoin na rysunkach wg PN-EN 22553.**
16. **Przygotowanie złączy do spawania.**
17. **Dopuszczenie do egzaminu końcowego**

8. Rysowanie połączeń nierozłącznych □ połączenia spawane

8.1. Wiadomości wstępne

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

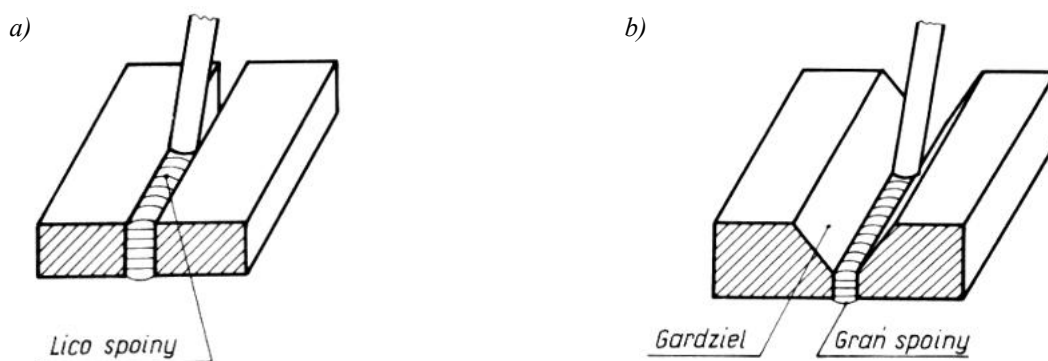
Efektem połączenia dwóch lub więcej elementów w procesie spawania jest powstanie **złącza spawanego** (połączenia spawanego), które coraz częściej określa się mianem **konstrukcji spawanej**. Przykład konstrukcji spawanej przedstawia rysunek 8.1.



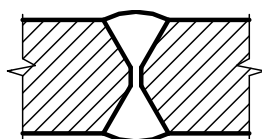
Rys. 8.1. Konstrukcja spawana [1, 2].

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

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



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



Rys. 8.3. Przykład spoiny symetrycznej.

8.2. Rodzaje spoin

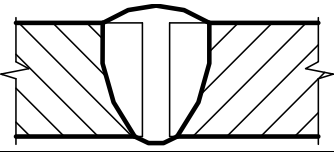
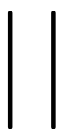
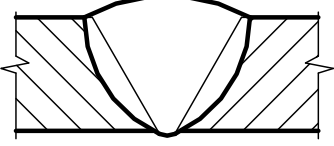
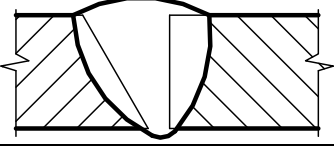
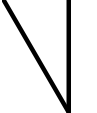
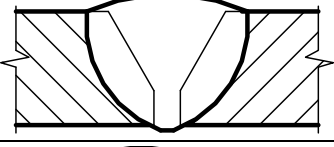
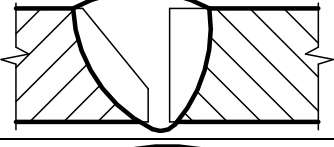
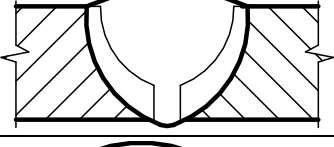
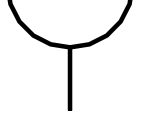
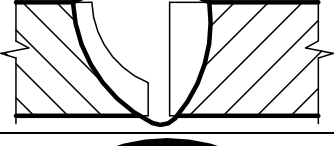
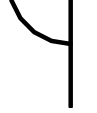
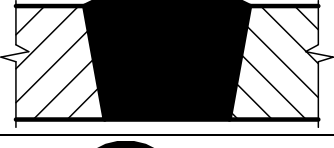
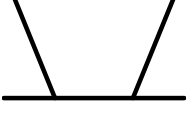
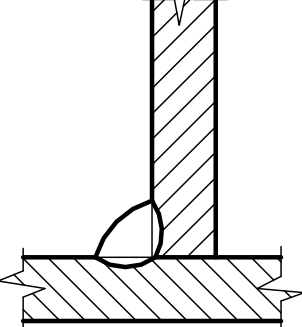
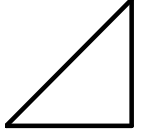
Rodzaje spoin ściśle związane są z ich kształtem oraz wyglądem. Dotyczy to zarówno wyglądu zewnętrznego, jak i widoku w przekroju. Przykładowe rodzaje spoin, złącz, ich kształty, nazwy oraz znaki umowne zamieszczono w tabeli 8.1. Linia cienka na rysunku kształtu spoiny przedstawia stan brzegów przed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

Tabela 8.1.

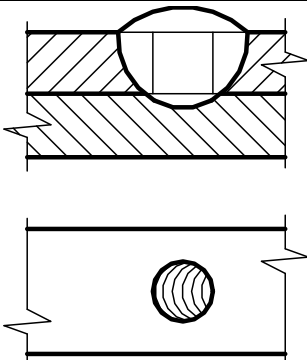
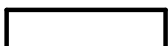
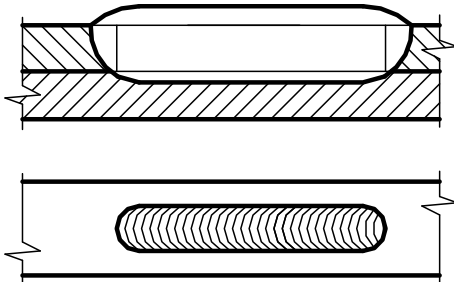
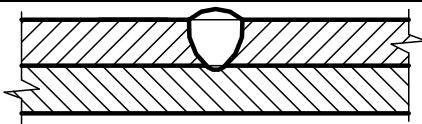
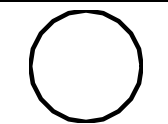
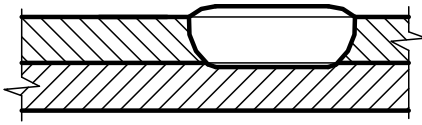
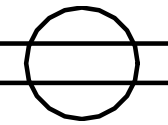
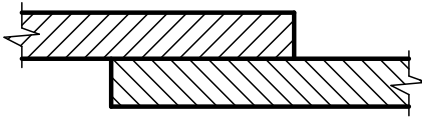
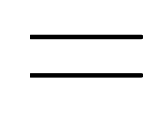
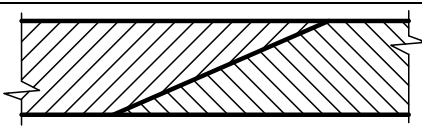
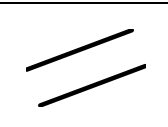
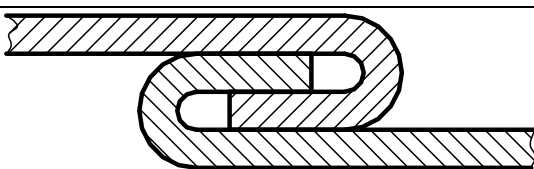
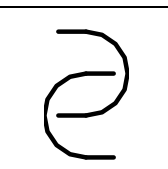
Rodzaje spoin i złącz oraz ich umowne znaki

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

c.d. tabeli 8.1

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

c.d. tabeli 8.1

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

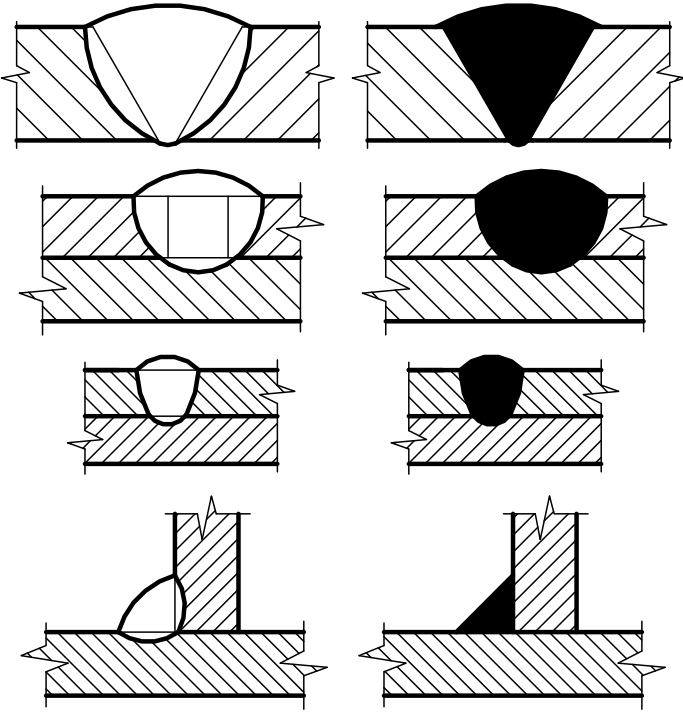
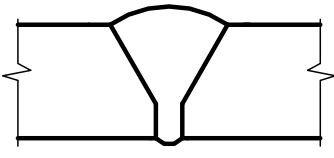
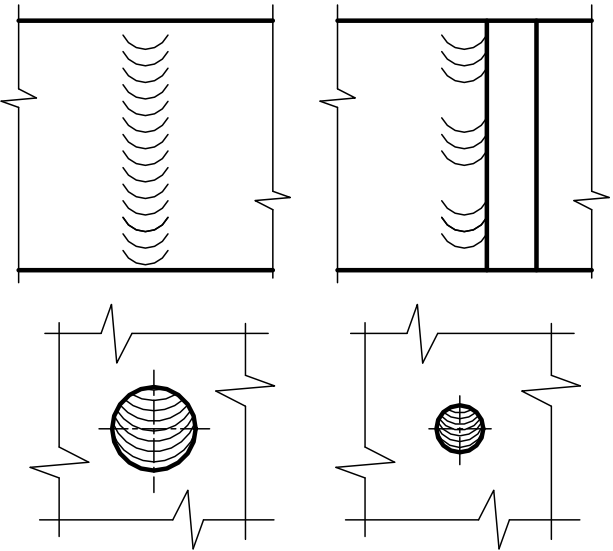
W przypadku spoin typu $\frac{1}{2} V$, $\frac{1}{2} U$ lub $\frac{1}{2} Y$ można mówić o spoinie lewo- lub prawostronnej.

8.3. Zasady rysowania spoin

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

Tabela 8.2.

Uprozczone przedstawianie połączeń spawanych

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

c.d. tabeli 8.2

1	2	3
Widok z dołu od strony grani (tj. przeciwnej do strony lica)		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

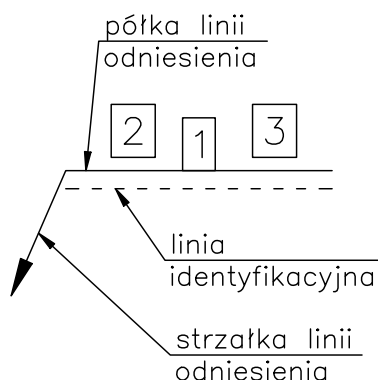
Lp.	Rodzaj połączenia spawanego	Przedstawienie połączenia spawanego
1.	Spoina: brzeżna, czołowa, pachwinowa, grzbietowa	
2.	Spoina bezotworowa liniowa	
3.	Spoiny różne i szwy spawane	

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.

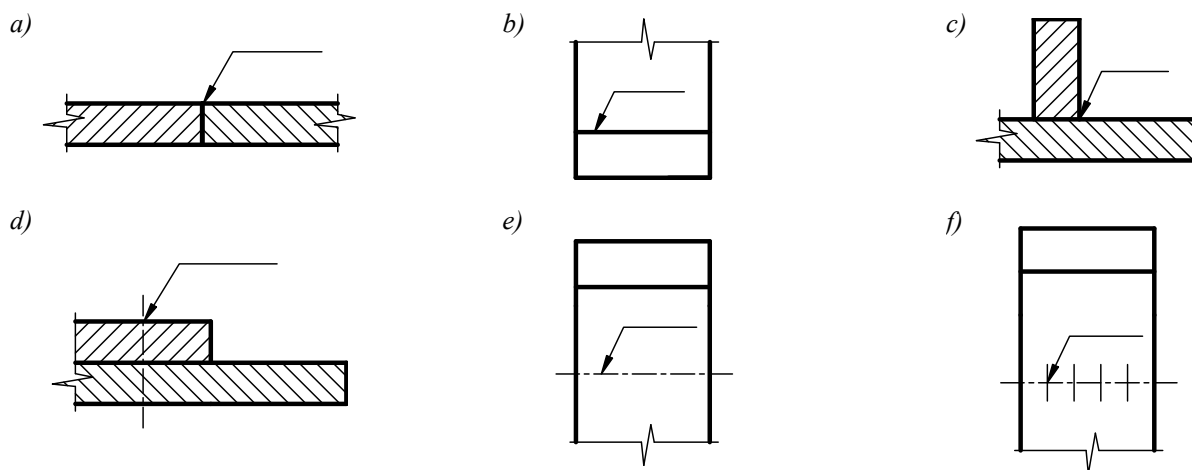
W **uproszczonym oznaczeniu połączenia spawanego** wyróżnić można:

- ★ 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.

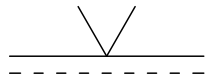
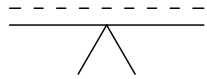
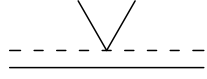
W przypadku spoin $\frac{1}{2}$ V, $\frac{1}{2}$ Y oraz $\frac{1}{2}$ U strzałka linii odniesienia powinna wskazywać brzeg zukosowny. Długość linii odniesienia powinna zapewnić konstruktorowi możliwość czytelnego i poprawnego zapisania wszystkich niezbędnych informacji, dotyczących spoiny lub złącza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

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

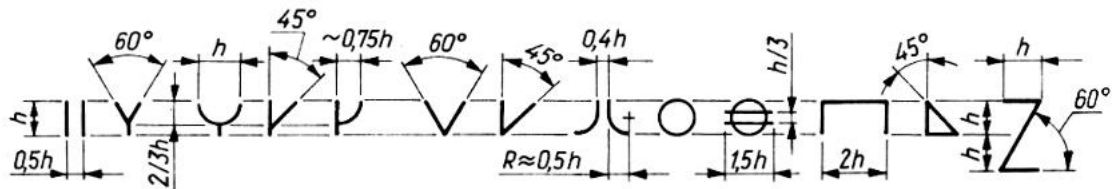
stronie lica, czy po stronie grani. Wpływ na jej położenie ma także ustawienie umownego znaku spoiny. W przypadku oznaczania spoin symetrycznych linią identyfikacyjną należy pominąć. Zasady oznaczania spoin z linią identyfikacyjną i umownymi znakami spoin przedstawiono w tabeli 8.4. Punkty 1 i 4 występujące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

Tabela 8.4.

Zasady oznaczania spoin z linią identyfikacyjną i umownymi znakami spoin

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

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

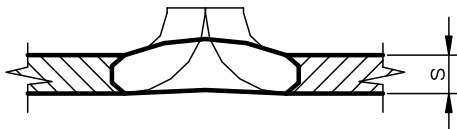
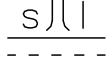


Rys. 8.6. Forma graficzna umownych znaków spoin zalecane przez Polską Normę: h □ wysokość pisma przyjętego na rysunku [1, 2, 7, 23].

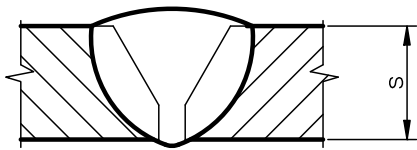
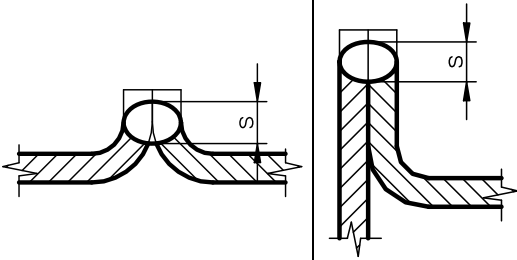
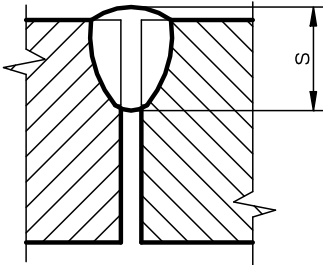
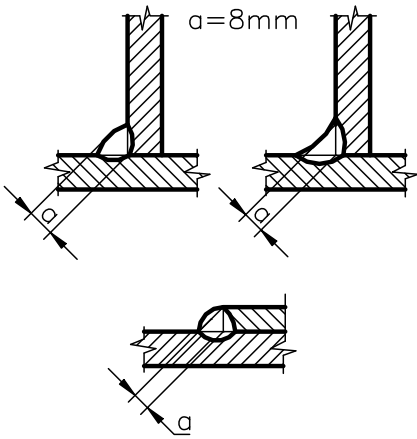
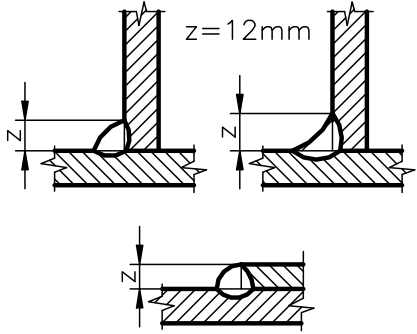
Charakterystyczne wymiary przekroju poprzecznego umieszcza się przed znakiem umownym spoiny, z jego lewej strony, w miejscu oznaczonym cyfrą 2. Natomiast charakterystyczne wymiary przekroju wzdłużnego spoin i szwów spawanych umieszcza się za umownym znakiem spoiny, z jego prawej strony, w miejscu oznaczonym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

Tabela 8.5.

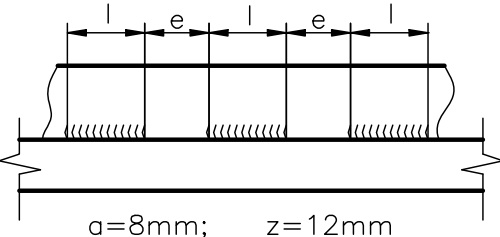
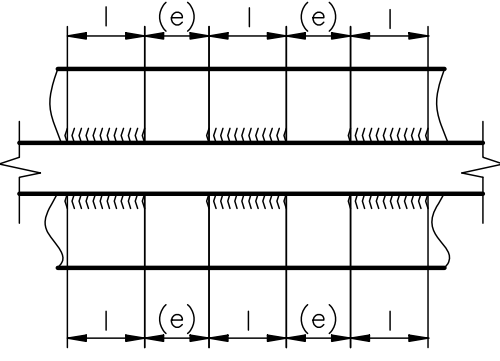
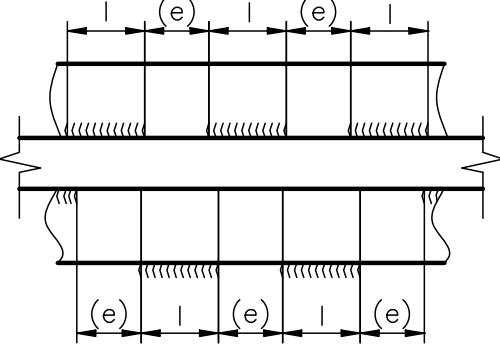
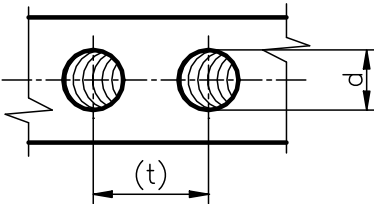
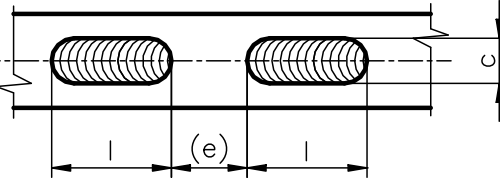
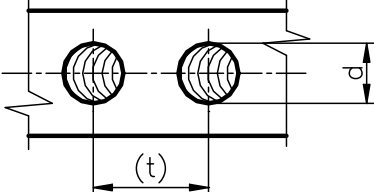
Przykładowe sposoby podawania wymiarów połączeń spawanych

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

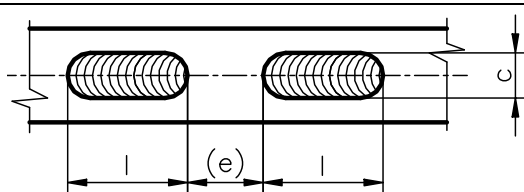
c.d. tabeli 8.5

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

c.d. tabeli 8.5

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

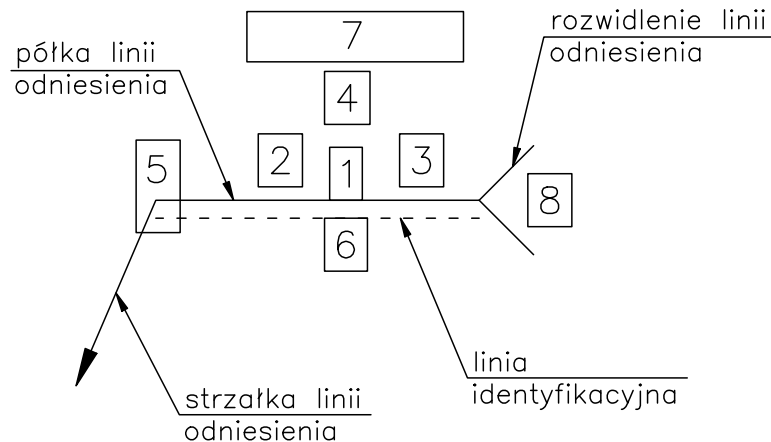
c.d. tabeli 8.5

1	2	3	4	5
13.	Szew spawany bezotworowy liniowy			

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.

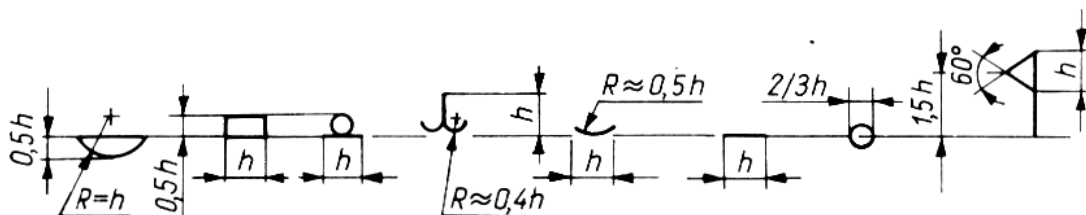
W **pełnym oznaczeniu połączenia spawanego** wyróżnić można:

- ★ 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].

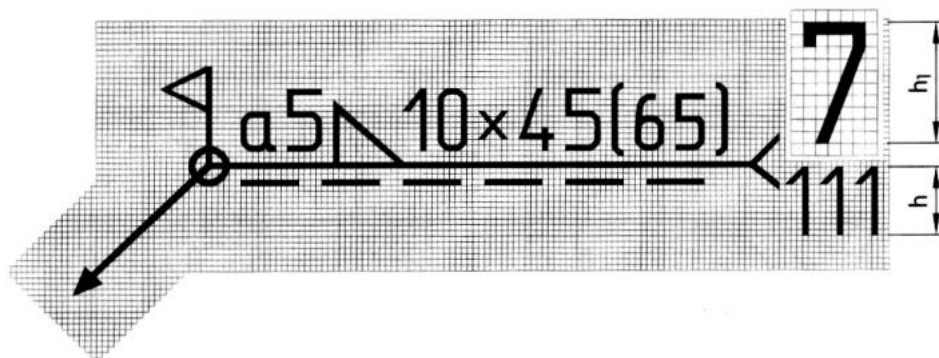
Tabela 8.6.

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 (∇), o grubości $a = 5$ mm i długości jednego odcinka $l = 45$ mm, w odległości $e = 65$ mm pomiędzy nimi. Spoina ma być wykonana na całym obwodzie złącza spawanego ($\odot$), w czasie montażu konstrukcji (∇). Szew należy wykonać metodą łukową z użyciem elektrody otulonej (111), a w dokumentacji rysunkowej jest on zapisany pod pozycją siódmą (7) [2, 7, 10].

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

Tabela 8.7.

Wykaz numeryczny metod spawania [4, 23]

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

8.5. Rysunki wykonawcze złączy spawanych

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

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

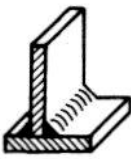
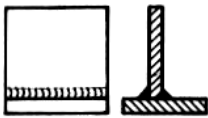
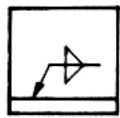
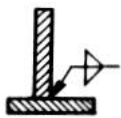
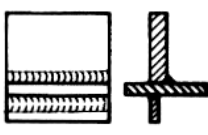
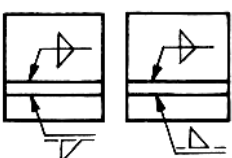
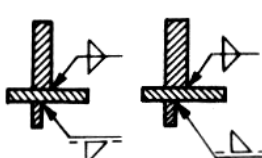
W tabeli 8.8 zaprezentowano przykładowe uproszczone i umowne oznaczenia spoin według Polskiej Normy, które wykorzystuje się przy wykonywaniu rysunków wykonawczych złączy spawanych.

Tabela 8.8.

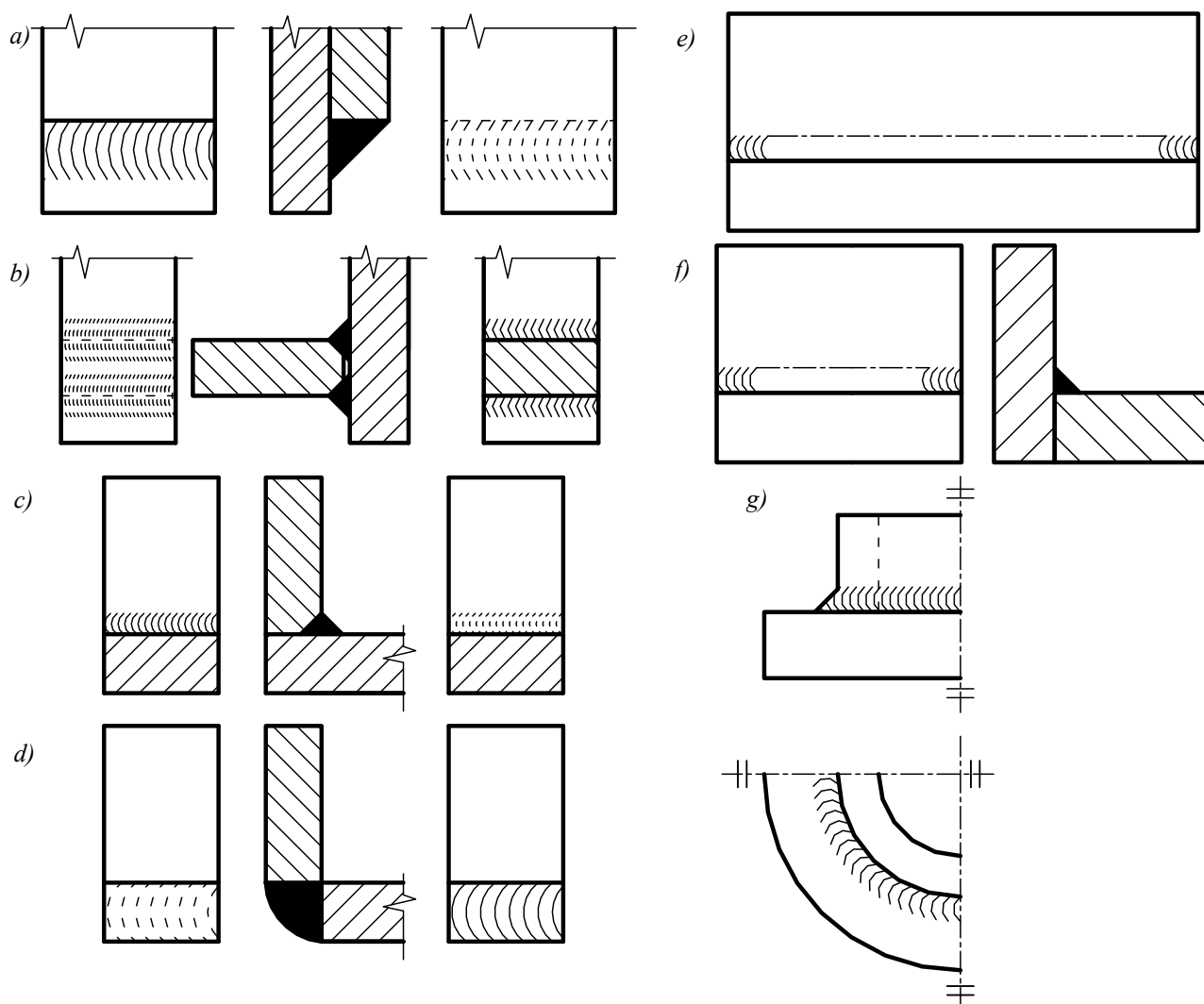
Przykładowe oznaczenia spoin na rysunkach wykonawczych według PN [2, 7, 10, 23]

Lp.	Znak umowny spoiny	Uproszczone przedstawienie połączenia spawanego		Uproszczone 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

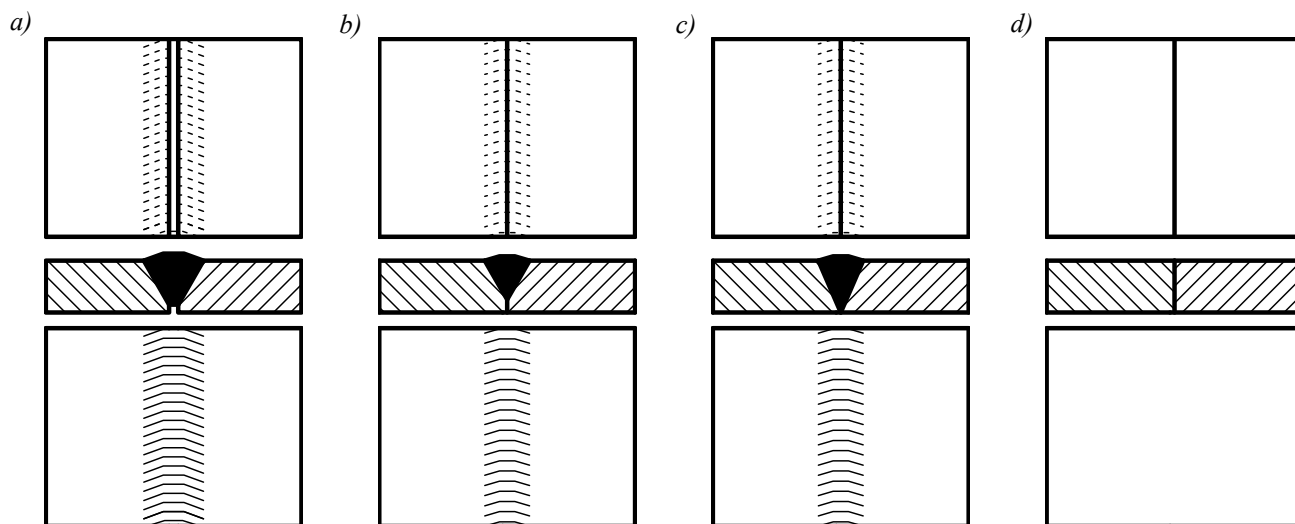
1	2	3	4	5	6
8					
9					

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.



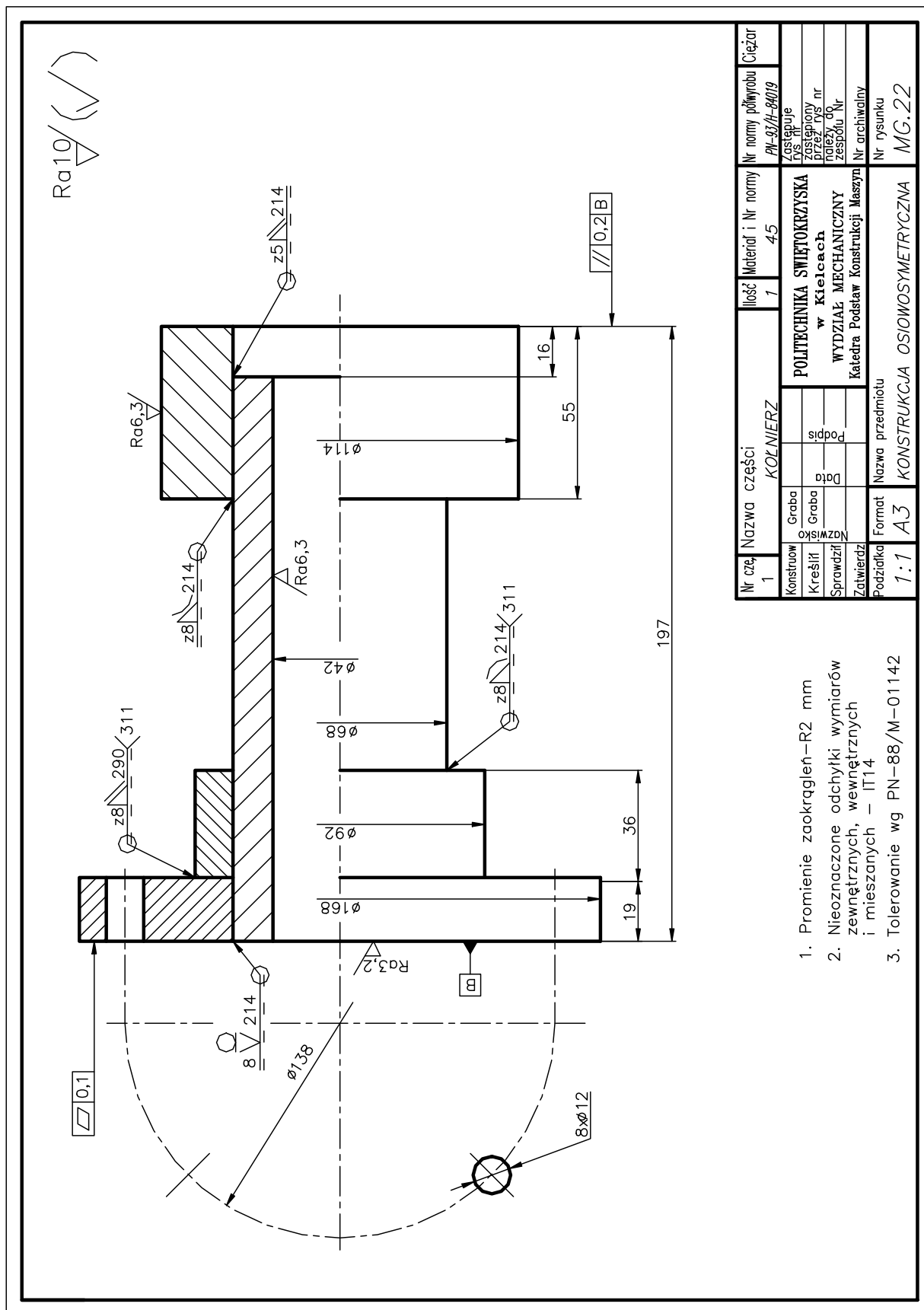
Rys. 8.11. Przykładowe sposoby łączenia płyt: a) dwie płyty równoległe połączone spoiną pachwinową; b) dwie prostopadłe do siebie płyty połączone dwiema spoinami pachwinowymi; c) dwie płyty wzajemnie prostopadłe połączone spoiną pachwinową; d) dwie płyty połączone na kształt litery $\perp$; e) szew spawany 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).

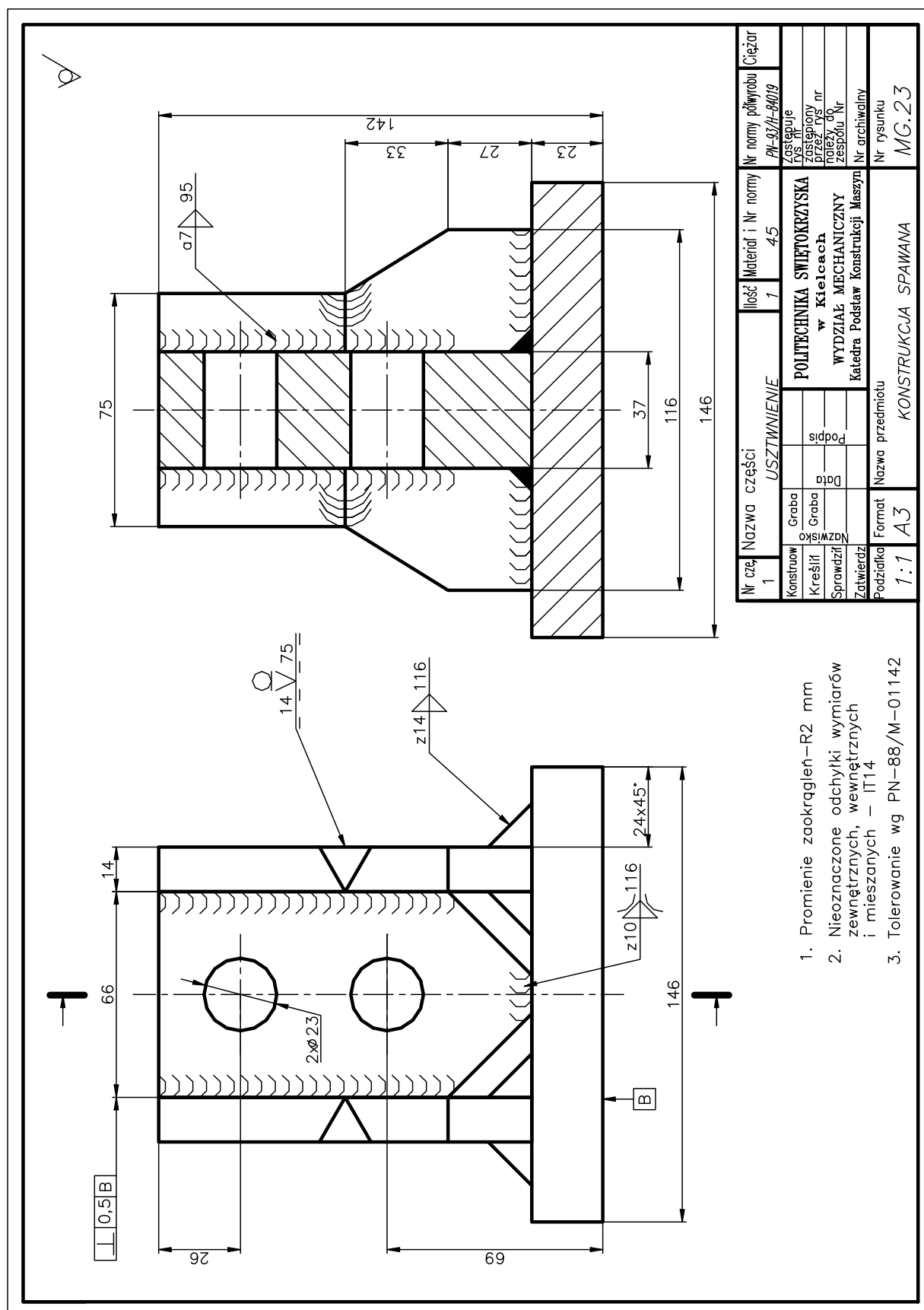


Rys. 8.10. Trzy warianty połączenia płyt spoiną doczołową typu V: a, b, c) rzuty uproszczone; d) rzut umowny.

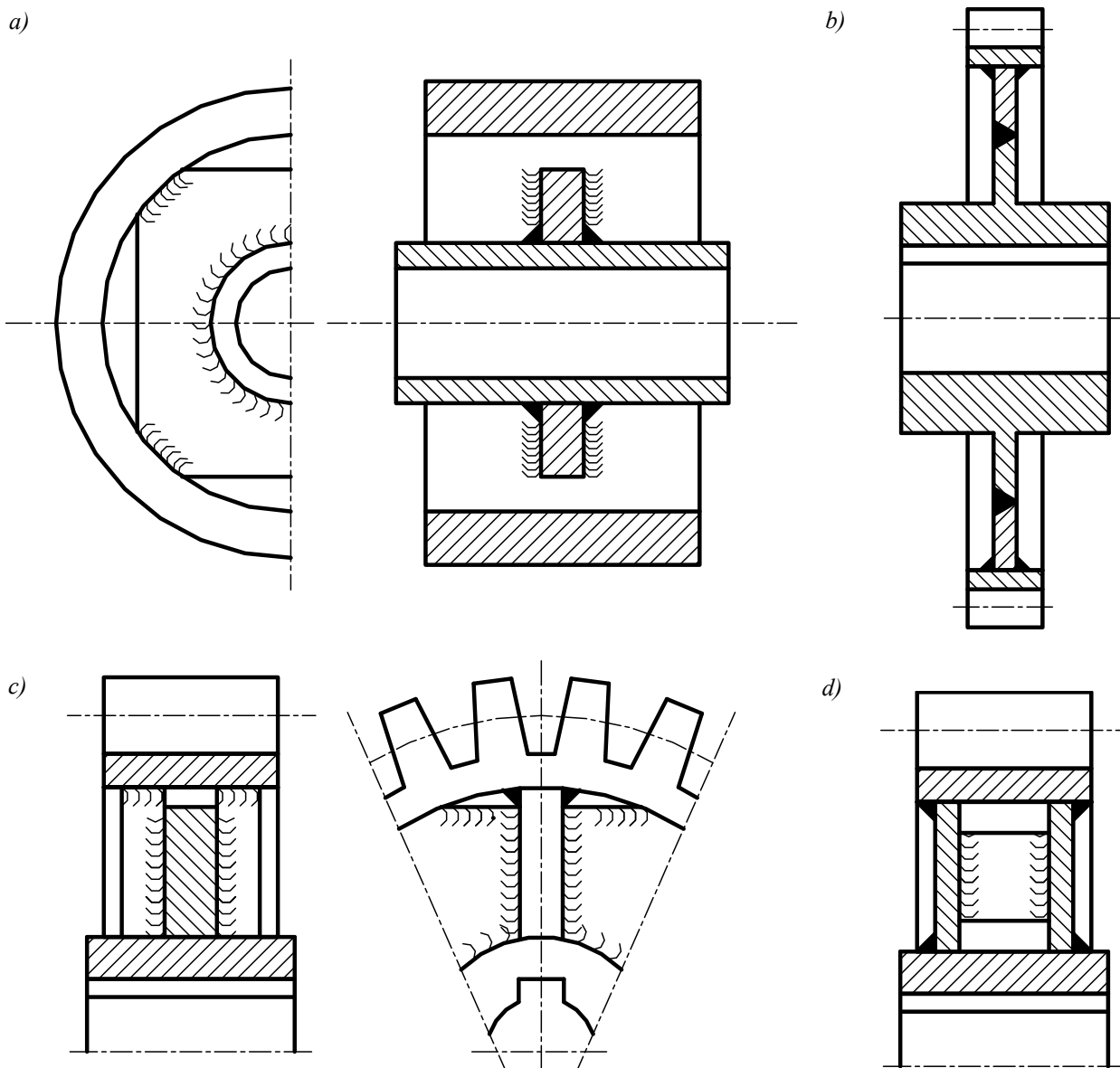
Rysunki 8.12 □ 8.14 prezentują przykładowe rysunki wykonawcze różnych części maszyn, które wykonano z wykorzystaniem połączeń spawanych.



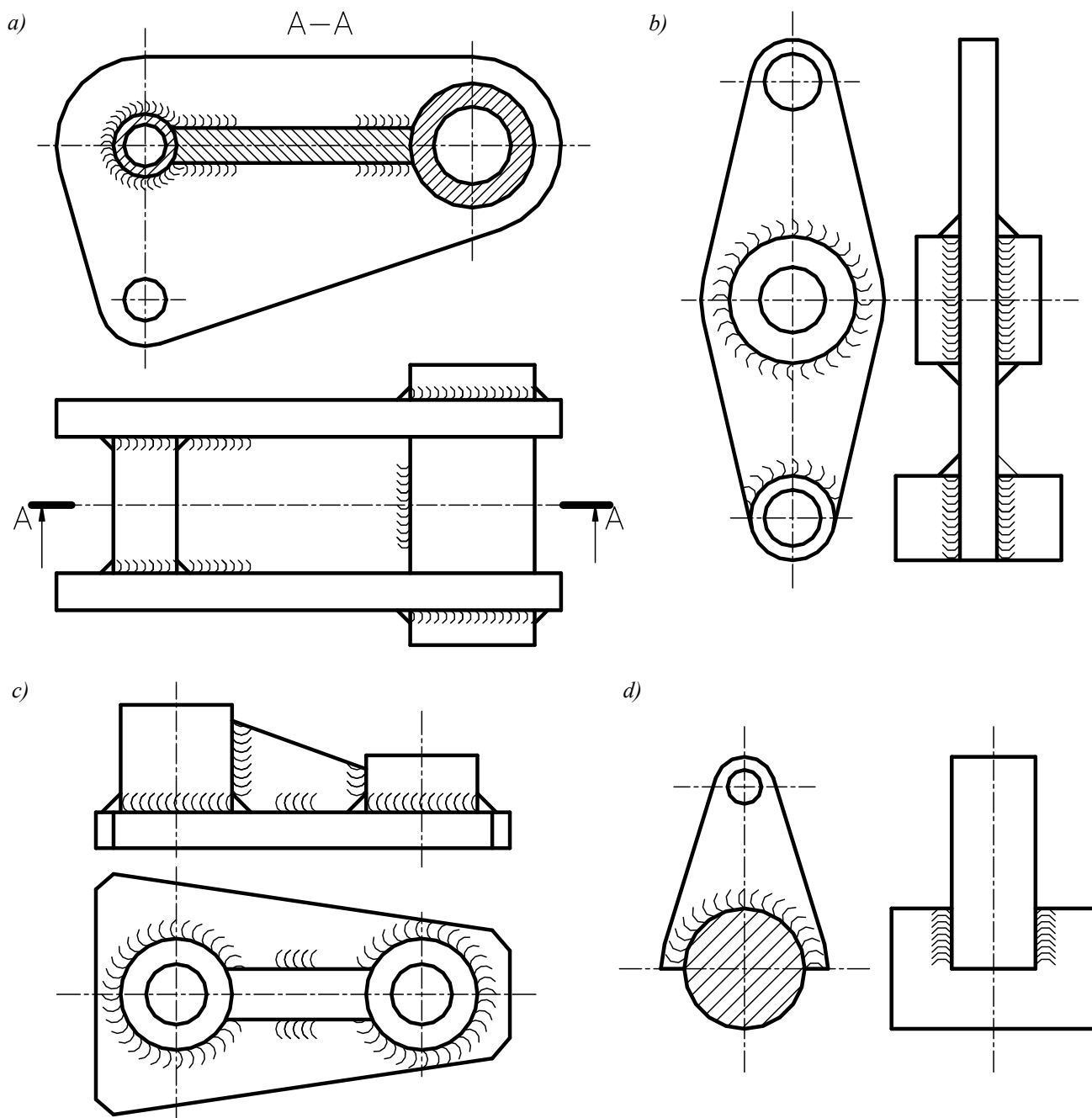
Rys. 8.13. Rysunek wykonawczy osiowosymetrycznego przedmiotu spawanego.



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).



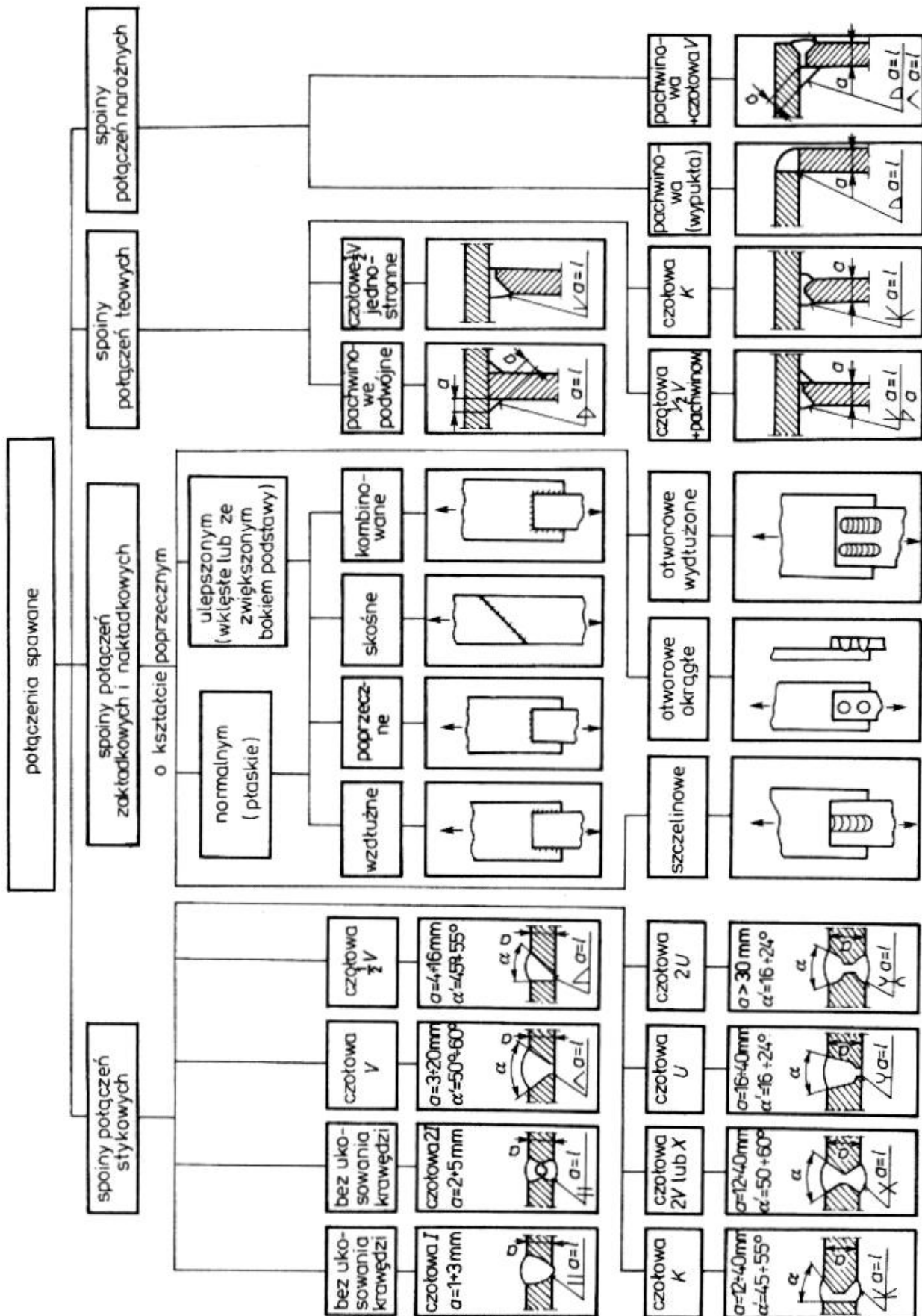
Rys. 8.15. Przykłady wykorzystania połączeń spawanych w konstrukcji i tworzeniu kół zębatach.



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].