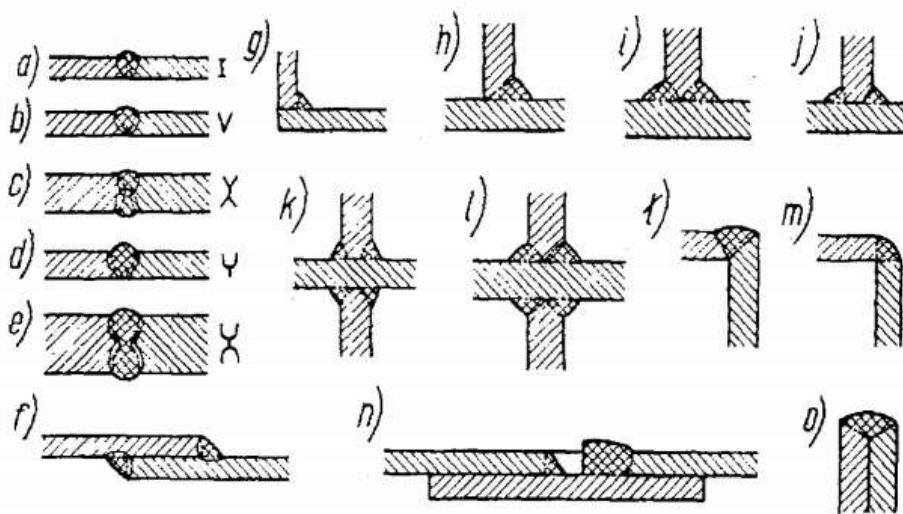


Połączenia spawane, rodzaje połączeń, metody spawania

Spawanie jest metodą łączenia materiałów poprzez doprowadzenie ich krawędzi do stanu ciekłego, przy pomocy skoncentrowanego źródła ciepła. Najczęściej dodaje się z zewnątrz materiał łączący (spoiwo), natomiast nie wywiera się nacisku. Spawanie jest jedną z najpopularniejszych metod łączenia metali. Rozróżnia się kilka rodzajów spawania:

- gazowe,
- łukowe elektrodami otulonymi,
- łukiem krytym,
- żuźłowe,
- w osłonie gazów, metodami TIG, MIG, MAG,
- elektronowe,
- plazmowe.

Ze względu na kształt spawanego złącza, spoiny dzielimy na: doczołowe, zakładkowe, kątowe, teowe, krzyżowe, narożne, nakładkowe, otworowe i przylgowe.



Rys. 7. Rodzaje złączy spawanych: a)–e) doczołowe, f) zakładkowe, g) kątowe, h), i), j) teowe, k), l) krzyżowe, m), n) narożne, o) przylgowe

Wyróżniamy kilka rodzajów spoin. Najczęściej wykonuje się:

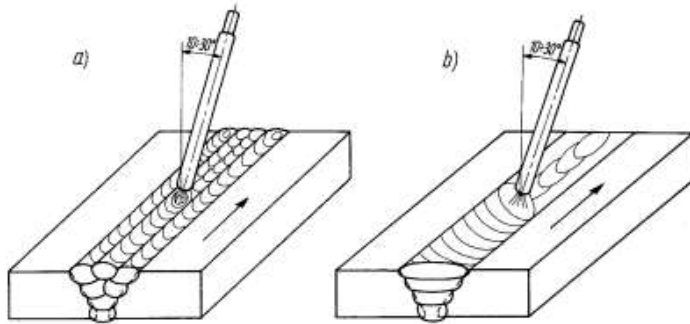
Spoiny czołowe – łączące brzożgi blach, które są ułożone względem siebie równolegle bądź też prostopadle. W zależności od sposobu przygotowania elementów do spawania (ukosowanie), spoiny czołowe dzielimy na: I, V, X, U pojedyncze, podwójne, $\frac{1}{2}$ V i K.

Spoiny pachwinowe – taką spoinę stanowi trójkąt składający się z jednej lub kilku warstw, ułożonych między prostopadłymi płaszczyznami łączonych elementów.

Najkorzystniejsze są spoiny pachwinowe płaskie lub lekko wklęsłe.

W zależności od usytuowania spoiny w przestrzeni wyróżnia się cztery pozycje spawania:

- podolna – jest ona najwygodniejsza. Łatwo i szybko można uzyskać spoiny dobrej jakości,
- naścienna – trudniejsza od pozycji podolnej, wymaga od spawacza więcej doświadczenia i wprawy za sprawą ciekłego metalu, który może spływać ze spoiny w dół,
- pionowa – podobnie jak naścienna,
- pułapowa – jest ona wyjątkowo męcząca dla spawacza, co odbija się negatywnie na jakości spoiny.



Rys. 8. Spawanie w pozycji podolnej: ścięgi prosty i zakosowy

Spawanie gazowe jest jedną z możliwych metod spawania. Podczas spalania gazów palnych w atmosferze tlenu wytwarzany jest płomień, który stapia brzegi metali łączonych z jednoczesnym dodaniem spoiwa. Najczęściej używane gazy do spawania to tlen i acetylen. Tlen – jest gazem bezzapachowym i bezbarwnym oraz niepalnym, lecz nieodzownym w każdym rodzaju spalania. Reaguje z różnymi pierwiastkami i związkami nawet w temperaturze niższej od temperatury spalania (utlenianie). Podczas pobierania tlenu do spawania można zauważyć, że tlen jest mokry. Dzieje się tak, ponieważ sprężarki tlenowe nie mogą być smarowane żadnym smarem czy oliwą, które w zetknięciu z tlenem mogą doprowadzić do samozapłonu. Są one smarowane wodą.

Acetylen (C_2H_2) jest gazem bezbarwnym i nietrującym, o słabym zapachu. W połączeniu z powietrzem tworzy mieszaninę silnie wybuchową, jego nieodpowiednie składowanie lub nieprzestrzeganie zasad bezpieczeństwa w obchodzeniu się z nim, może powodować ciężkie wypadki. Acetylen mając gęstość mniejszą od powietrza w pomieszczeniu zamkniętym będzie się zbierał pod sufitem. Acetylen charakteryzuje się wieloma zaletami:

- wysoką wartością opałową 57 MJ/m³,
- dużą prędkością spalania mieszaniny acetylenowo-tlenowej, wynoszącą 13,5 m/s,
- wysoką temperaturą spalania sięgającą 3100°C,
- redukującym działaniem płomienia,
- łatwością otrzymywania acetyleny z karbidu.

Gazy, zarówno tlen jak i acetylen, przechowywane są w butlach wykonanych ze stali jako zbiorniki ciągnione bez szwu. Butle tlenowe mają kolor niebieski, natomiast te przeznaczone do acetyleny są w kolorze żółtym. Wnętrze butli acetylenowej jest wypełnione masą porowatą, nasączoną acetonem, stosowanym jako rozpuszczalnik acetyleny. Stwarza to bezpieczne warunki do przechowywania acetyleny pod ciśnieniem i jego transportu. Ważnym urządzeniem stosowanym przy butlach jest tzw. reduktor, którego zadaniem jest utrzymywanie stałego ciśnienia roboczego niezależnie od wzrostu czy też spadku ciśnienia dolotowego. Każdy reduktor wyposażony jest też w zawór bezpieczeństwa, który wypuszcza nadmiar gazu w razie niedopuszczalnego wzrostu ciśnienia. Reduktor zakłada się między butlę a palnik. Palnik spawalniczy jest urządzeniem, w którym następuje wymieszanie się gazów, a przy wylocie z dyszy palnika mieszanina ta spala się i powstaje płomień acetylenowo-tlenowy. Palniki dzielimy w zależności od sposobu wytwarzania mieszanki palnej na smoczkowe (inżektorowe) i bezsmoczkowe (zwane równoprężnymi).

W Polsce produkowane są popularniejsze palniki smoczkowe, które mogą pracować jako palniki niskiego i wysokiego ciśnienia, mają łatwą regulację płomienia i są proste w obsłudze. Smoczkiem nazywa się zwężenie rurki, przez którą wypływający z dużą prędkością tlen zasysa acetylen doprowadzony centrycznie do wylotu tlenu. Większe ciśnienie tlenu powoduje wzrost podciśnienia w przewodzie acetylenowym. Ważnymi etapami obsługi palnika acetylenowo-tlenowego jest:

- prawidłowa procedura zapalenia płomienia: otwarcie częściowe zaworu tlenu, (ok. $\frac{1}{4}$ obrotu) jeśli wszystko jest w porządku następuje otwarcie zaworu acetyleny (ok. $\frac{1}{2}$ obrotu) i zapalenie płomienia. Dopiero teraz należy odkręcić zawór tlenu do końca i wyregulować płomień zaworem acetyleny,
- gaszenie płomienia: najpierw następuje zakręcenie zaworu z acetylenem, a następnie z tlenem,
- jeśli dojdzie do zapalenia się mieszanki wewnątrz smoczka należy niezwłocznie zakręcić zawór dopuszczający acetylen, a następnie zawór z tlenem. Palnik można schłodzić w wodzie przy lekko odkręconym zaworze tlenu.

Gazy z butli są transportowane do palnika węzami. Węże do tlenu są koloru niebieskiego i oznaczone literą T, te stosowane do acetyleny mają kolor czerwony i są oznaczone literą A. W technice spawania gazowego wyróżnia się trzy metody spawania: spawanie w prawo, spawanie w lewo, jak również spawanie w górę. Nazwy te określają kierunki w jakich wykonywane jest spawanie. Spawanie w lewo stosujemy do spawania cienkich blach, grubości $0,5 \div 4$ mm. Wadą tej metody jest tworzenie się pęcherzy w spoinie. Metoda spawania w prawo ma lepsze własności wytrzymałościowe i jest stosowana do grubszych blach. Spawanie w górę stosuje się do spawania różnego rodzaju zbiorników, polega ono na prowadzeniu palnika z góry na dół lub odwrotnie. Może być wykonywane przez dwóch spawaczy jednocześnie, co zapewnia utrzymywanie spawu w strefie redukującej płomienia. Źródłem ciepła przy spawaniu elektrycznym jest łuk elektryczny, jarzący się między elektrodą a spawanym przedmiotem. Stopiony metal z elektrody i nadtopione krawędzie spawanego materiału tworzą jeziorko spawalnicze, które po zakrzepnięciu zamienia się w spoinę. Podczas spawania łuk elektryczny i jeziorko ciekłego metalu znajdują się pod osłoną gazów stanowiących ochronę przed dostępem tlenu i azotu z atmosfery. Źródłem prądu stałego są spawarki prostownikowe, natomiast prądu przemiennego – transformatory spawalnicze [6, s.162].

Spawanie łukowe elektrodami otulonymi – polega na stapianiu brzegów metali przy pomocy łuku elektrycznego. Łuk powstaje między przedmiotem spawanym a elektrodą, a jego temperatura sięga $2400 \div 6000$ °C, co powoduje szybkie stapianie się metalu. Do spawania łukowego używa się zarówno prądu stałego, jak i przemiennego.

Spawanie łukiem krytym to jedna z metod spawania elektrycznego. Łuk elektryczny jarzy się między elektrodą w postaci gołego drutu, a spawanym materiałem pod warstwą topnika, i jest na zewnątrz niewidoczny. Tym sposobem spawania uzyskuje się dobre własności spoiny.

Do powstania łuku elektrycznego konieczne jest źródło prądu mające odpowiednie wartości napięcia (np. $50 \div 90$ V) i natężenia (np. $50 \div 300$ A), jak również zjonizowane, a więc przewodzące prąd, powietrze. Łuk powstaje poprzez potarcie końcem elektrody o spawany przedmiot, następnie należy elektrodę lekko unieść w górę tak, aby między drutem a przedmiotem spawanym powstała niewielka odległość (nie większa niż średnica drutu elektrody). Powstałemu łukowi towarzyszy wydzielanie się dużej ilości ciepła oraz światła. Elektrody do spawania łukowego dzielimy na:

- topliwe,
- nietopliwe (wolframowe, węglowe i grafitowe).

Elektrody topliwe z kolei dzielimy na:

- elektrody nieotulone (sam drut),
- elektrody otulone (drut pokryty otuliną),
- elektrody rdzeniowe (inaczej zwane proszkowymi, ponieważ wewnątrz drutu znajduje się specjalny proszek).

Elektrody nieotulone – są zalecane do spawania łukiem krytym, spawania żuźłowego

i w osłonie gazów (np. metodą MAG). Nie powinny być stosowane do spawania łukowego ręcznego.

Elektrody otulone, które w zależności od grubości otuliny dzielimy je na:

- elektrody cienko otulone, gdzie grubość otuliny stanowi 20 % średnicy drutu elektrody,
- elektrody średnio otulone, grubość otuliny waha się pomiędzy 20 % a 40 % średnicy drutu,
- elektrody grubo otulone, gdzie grubość otulin przekracza 40 % średnicy drutu, najczęściej wynosi 60%,

Rodzaj otuliny ma wpływ na własności spawalnicze oraz mechaniczne spoiwa. W każdej otulinie powinny się znajdować co najmniej takie składniki jak: składniki żużlotwórcze, odtleniające, gazotwórcze, jonizujące oraz stopowe.

Spawanie w osłonie gazów jest wariantem spawania łukiem elektrycznym, w tych metodach gaz chroni rozgrzany i płynny metal przed wpływem czynników atmosferycznych. W zależności od zastosowanej elektrody i gazu ochronnego rozróżniamy kilka metod:

- metoda TIG (Tungsten Inert Gas) – łuk jarzy się między nietopliwą elektrodą a materiałem w osłonie argonu lub helu,
- metoda MIG (Metal Inert Gas) – elektroda metalowa topi się w osłonie argonu lub helu,
- metoda MAG (Metal Active Gas) – elektroda metalowa topi się w osłonie CO₂.

Podczas spawania metodą MIG i MAG w łuku topi się elektroda, w postaci gołego drutu, przesuwana przy pomocy podajnika przez styk prądowy. Drut przechodzi przez dyszę, którą doprowadzany jest gaz osłonowy. Topiący się drut wraz ze stopionymi krawędziami spawanego materiału tworzy spoinę.

Metody te jak wszystkie inne mają swoje wady i zalety. Wady tych metod to:

- duży rozprysk metalu,
- stosowanie drutów o małej średnicy,
- niemożność wprowadzania składników stopowych.

Do zalet należy:

- duża wydajność,
- łatwość obserwacji układanej spoiny,
- dobre własności mechaniczne połączeń,
- możliwość spawania w różnych pozycjach,
- możliwość mechanizacji i robotyzacji spawania.

Połączenia lutowane i zgrzewane

Lutowanie jest metodą łączenia, która w okresie ostatniego półwiecza nabrała wielkiego znaczenia ze względu na powszechność zastosowania w przemyśle m.in. elektronicznym. Przy lutowaniu łączy się metale tego samego lub różnego rodzaju przez wprowadzenie między nie roztopionego metalu zwanego lutem. Temperatura topnienia lutu musi być niższa, niż temperatura topnienia części łączonych. Dzięki zjawisku włoskowatości, lutowie przenika do wąskich szczelin pomiędzy łączonymi elementami.

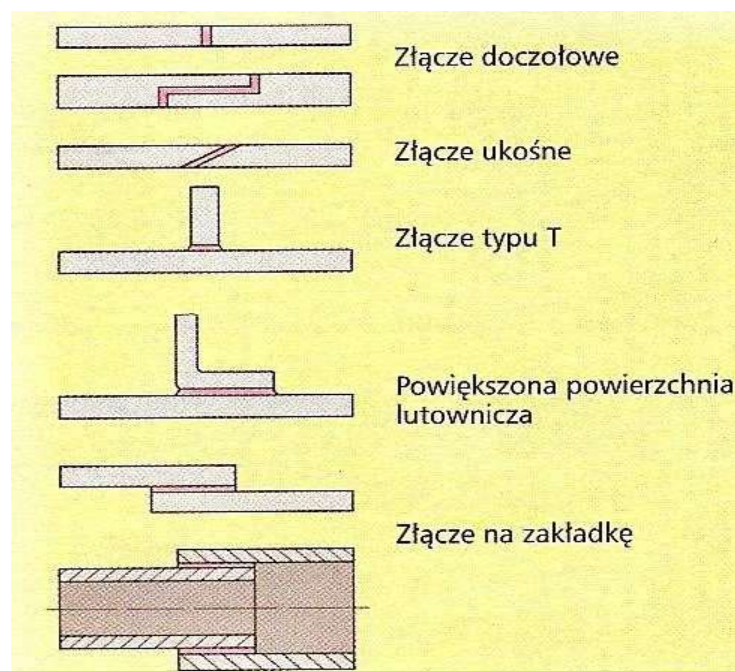
Aby nastąpił proces lutowania, muszą być spełnione pewne warunki chemiczno– termiczne, a mianowicie:

1. Powierzchnie części łączonych muszą być pozbawione zanieczyszczeń i tlenków metali. Powierzchnie czyści się mechanicznie i chemicznie.
2. Proces lutowania należy przeprowadzać w określonym przedziale temperatury. W procesie lutowania należy rozróżniać trzy temperatury:

- topnienia lutu – kiedy lut jest w stanie płynnym, ale nie rozplywa się po powierzchni łączonych elementów,
- zwilżania – lut rozplywa się po powierzchni łączonych elementów, lecz nie następuje dyfuzja lutu w łączony materiał i odwrotnie (zwilżalność jest to zdolność do trwałego przylegania warstewki roztopionego lutu do powierzchni łączonych elementów), – lutowania – lut dyfunduje w łączony metal, a łączony metal dyfunduje w lut.

Każdy lut ma swoje temperatury topnienia, zwilżania i lutowania. Warunkiem otrzymania prawidłowego złącza lutowanego jest wykonanie lutowania w temperaturze lutowania. Lutowanie wykonuje się w temperaturze 100 – 1300 °C.

Do przedstawionych na poniższym rysunku kształtów połączeń punktów lutowniczych należy jeszcze dodać stosowane w technice samochodowej cynowanie, chroniące części karoserii przed korozją, podczas którego cyna nanoszona jest na powierzchnię blachy.



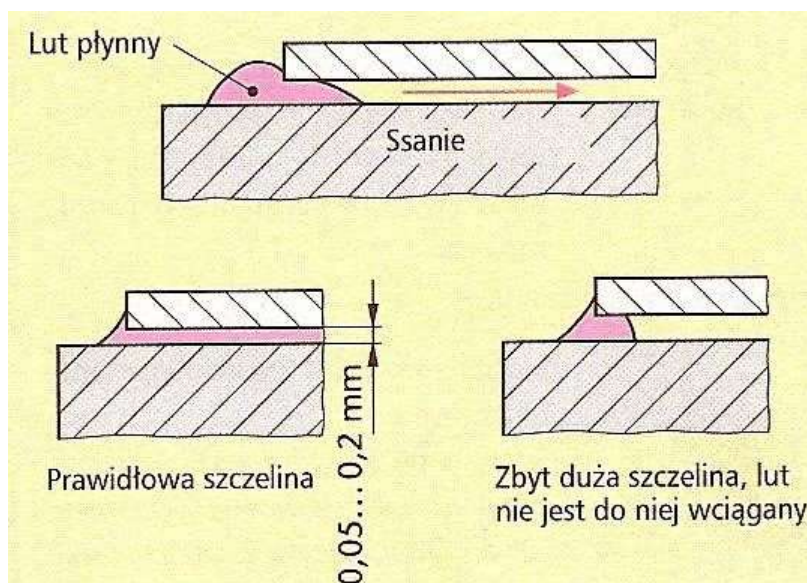
Rys. 10. Kształty połączeń

Lutowanie dzieli się na miękkie i twarde. Lutowanie miękkie odbywa się w temperaturze do 450°C, podczas gdy lutowanie twarde przeprowadza się powyżej tej temperatury. Metodę lutowania dobieramy w zależności od tego co lutujemy. Lutowanie miękkie stosuje się do połączeń obciążonych niewielkimi siłami, w celu otrzymania połączeń szczelnych oraz w szerokim zakresie w elektrotechnice. Lutowanie twarde wykorzystywane jest do łączenia blach, kształtowników, części mechanizmów, elementów narzędzi skrawających itd.

Obecnie w przemyśle maszynowym wiele skomplikowanych części maszyn, których wykonanie jest bardzo trudne i kosztowne, składa się z prostych elementów i lutuje. Elementy wykonuje się za pomocą automatów lub obróbki plastycznej. Część taką można składać z materiałów o różnych właściwościach (np. odpornych na ścieranie, hartujących się). Część taką po zlutowaniu odpowiednim lutem można obrabiać cieplnie bez obawy uszkodzenia złącza lub zmiany wymiarów. Odpowiednio dobrane złącza lutowane mają właściwości wytrzymałościowe materiału lutowanego. Część wykonana z prostych elementów jest tania i ma dobre właściwości eksploatacyjne, nie posiada odkształceń, czego nie uniknie się przy spawaniu.

Złącza w częściach lutowanych muszą być tak zaprojektowane, by w zależności od rodzaju materiału, miały odpowiednią wielkość szczeliny i właściwe odpowietrzenie. Szczelina, która będzie wypełniona lutem musi zachować wymiar na całej długości, dlatego część po złożeniu z elementów powinna być punktowo zagniatana. Lut zakładamy przy szczelinie lub wewnątrz

szczeliny w postaci pierścionków lub pasty. W procesie lutowania lut płynie do szczelin wbrew grawitacji na zasadzie włoskowatości (działanie kapilarne).



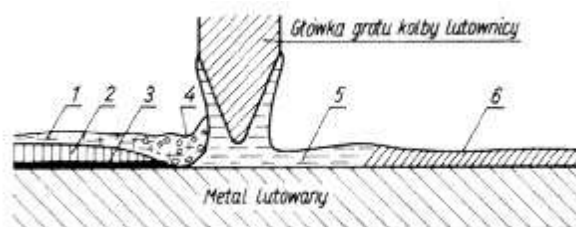
Rys. 11. Szczelina między metalami i działanie kapilarne

Luty do lutowania miękkiego są produkowane w postaci prętów lub drutów, których bazowym składnikiem jest cyna i ołów. Wewnątrz prętów znajdują się topniki w postaci żyłki.

Luty twarde wykonuje się w postaci drutów, taśm blach i past. Są one wytwarzane na bazie cynku, miedzi i srebra. Niekiedy stosuje się także stopy niklowo-chromowe.

Aby otrzymać dobre połączenie między lutem a materiałem lutowanym, należy usunąć warstwę tlenków z ich powierzchni. Służą do tego specjalne substancje chemiczne zwane topnikami. Topniki usuwają tlenki z powierzchni metali, zapobiegają powtórnemu utlenianiu w czasie nagrzewania, poprawiają zwilżalność łączonych materiałów przez lut.

Lutowanie lutownicą to typowy przykład lutowania miękkiego. Lutownica jest zakończona nagrzewanym elektrycznie miedzianym grotem. W procesie lutowania nie należy dotykać grotem do topnika i elementów lutowanych, lecz nagzać części płynnym lutem. Wymiary grotu i sposób nagrzewania lutownicy dobiera się w zależności od wymiarów części lutowanych oraz ich liczby.

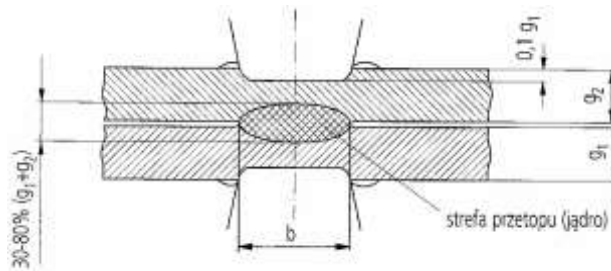


Rys. 12. Lutowanie kolbą lutowniczą. 1 – płynny topnik, 2 – topnik w stanie stałym, 3 – warstwa tlenków, 4 – płynny topnik z rozpuszczonymi tlenkami metalu i lutu, 5 – płynny lut, 6 – lut w stanie stałym

Do lutowania twardego wykorzystuje się płomień gazowy wytwarzany w palniku. Podczas lutowania palnikiem należy nagrzewać element lutowany w miejscu złącza, a lut powinien

nagrzewać się od części łączonych. Wówczas roztopiony lut wpływa do szczeliny między częściami lutowanymi we wszystkich kierunkach (w górę, w bok i dół) i wypełnia ją szczelnie. Wadą tego lutowania jest znaczne utlenienie powierzchni lutowanych.

Zgrzewanie jest to sposób łączenia metali i termoplastycznych tworzyw sztucznych, polegający na nagraniu łączonych elementów do stanu plastycznego (ciastowatego) i mechanicznym dociśnięciu ich ściśle określoną siłą. W zależności od źródła ciepła, które służy do nagrzania części łączonych do stanu plastycznego bądź nadtopienia łączonych powierzchni stosuje się różne rodzaje zgrzewania.



Rys. 13. Widok poprawnie wykonanej zgrzeiny

g_1, g_2 – grubości łączonych elementów, b – średnica strefy przetopu

Wygląd zgrzeiny zależy od metody wykorzystanej do zgrzewania. Bywa jednak, że zgrzeiny mają wady, które powstają na skutek:

- niewłaściwego przygotowania elementów przeznaczonych do zgrzewania,
- nieprzestrzegania parametrów zgrzewania,
- wad materiałowych,
- zastosowania nieodpowiednich elektrod,

Do najbardziej rozpowszechnionych sposobów zgrzewania elektrycznego oporowego należą:

- zgrzewanie punktowe,
- zgrzewanie liniowe,
- zgrzewanie garbowe,
- zgrzewanie doczołowe (zwarciove oraz iskrowe).

Zgrzewanie elektryczne oporowe jest metodą spajania, w której połączenie otrzymuje się poprzez przepływ prądu w miejscu przyłożenia elektrod zgrzewarki i równoczesny docisk mechaniczny. Prąd przepływający przez elementy zgrzewane zużywa energię elektryczną, która zostaje zamieniona na ciepło.

Opór elektryczny złącza zależy od właściwości metalu zgrzewanego oraz od oporu elektrycznego w miejscu styku elektrod zgrzewarki z częściami zgrzewanymi. Opór styku zależy również od nacisku elektrod – im nacisk większy tym opór mniejszy. Opór elektryczny styku maleje również ze wzrostem temperatury, natomiast materiału zgrzewanego wzrasta.

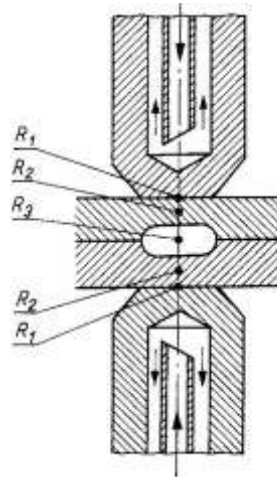
Do zgrzewania oporowego stosuje się prąd o niskim napięciu (4÷8 V) i bardzo dużym natężeniu, które w chwili zgrzewania wynosi nieraz kilka tysięcy amperów. Przygotowując materiały do zgrzewania, powinno się:

- oczyścić je mechanicznie ze smarów, farb oraz warstwy utlenionej,
- oczyścić je chemicznie odtłuszczając za pomocą rozpuszczalników organicznych,
- w przypadku pokrycia tlenkami wytrawić za pomocą wodnych roztworów kwasów,

następnie zobojętnić w roztworze alkalicznym i wysuszyć.

Zgrzewanie punktowe przeprowadzamy na zgrzewarce zaopatrzonej w elektrody w kształcie stożków, między którymi umieszcza się elementy zgrzewane. W procesie zgrzewania wyróżniamy trzy etapy:

1. dociśnięcie do siebie łączonych elementów elektrodami.
2. włączenie prądu zgrzewania, podgrzanie i stopienie zgrzewanych powierzchni.
3. stygnięcie zgrzeiny po wyłączeniu prądu, jednakże w dalszym ciągu pod naciskiem elektrod.

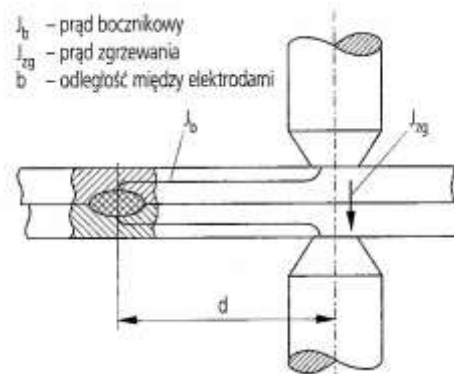


Rys. 14. Oporność złącza zgrzewanego punktowo: R -całkowity opór elektryczny strefy zgrzewania, R_1 -opór elektryczny styków między elektrodami a częściami zgrzewanymi, R_2 -właściwy opór elektryczny zgrzewanych części,

R_3 -opór elektryczny styku między zgrzewanymi częściami

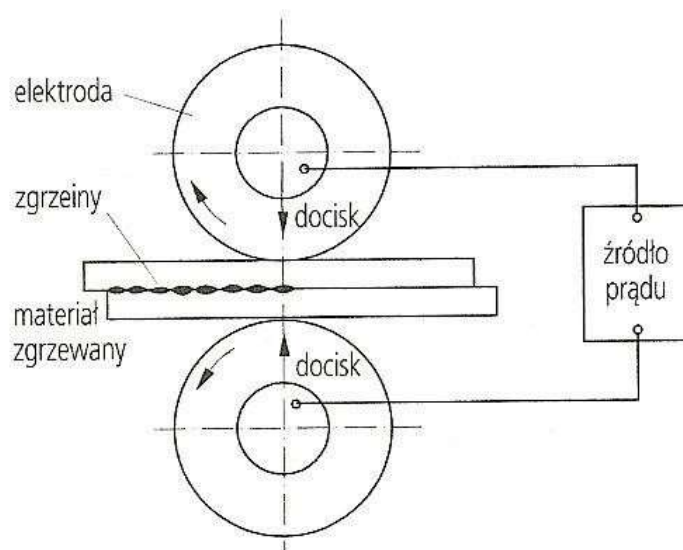
Właściwy kształt zgrzeiny i jej własności wytrzymałościowe są uwarunkowane temperaturą jaka wytwarza się podczas zgrzewania. Zbyt wysoka temperatura lub zbyt duży nacisk elektrod może spowodować wyprysk ciekłego metalu z jądra zgrzeiny, wówczas połączenie należy uznać za wadliwe.

Zespoły zgrzein grupuje się w jednym lub kilku rzędach w zależności od konstrukcji. Podczas zgrzewania należy pamiętać, by odległości między zgrzeinami nie były zbyt małe ze względu na zjawisko bocznikowania (przepływ części prądu przez sąsiednią, wcześniej wykonaną zgrzeinę). Przy bardzo bliskim położeniu zgrzein prąd bocznikowania będzie większy niż prąd zgrzewania, co uniemożliwi w ogóle powstanie zgrzeiny. Zgrzewanie punktowe znajduje szerokie zastosowanie w produkcji części z blach, takich jak ramy i nadwozia samochodów.



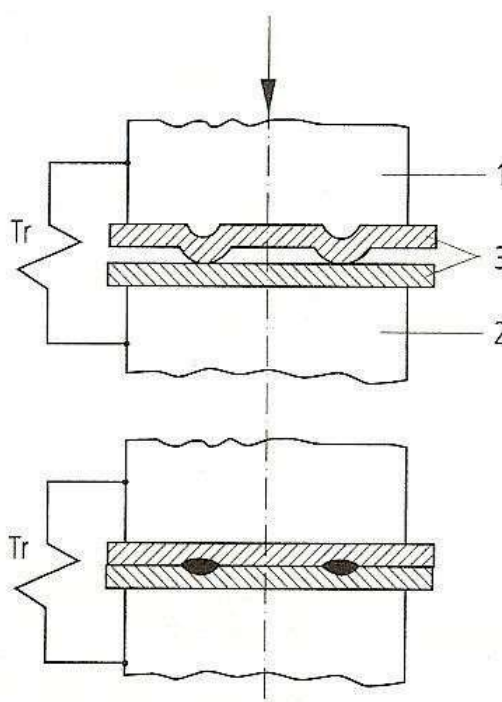
Rys. 15. Zjawisko bocznikowania prądu

Zgrzewanie liniowe polega na łączeniu elementów przy pomocy zgrzewarki wyposażonej w parę elektrod w postaci krążków wykonujących kolejne zgrzeiny nakładane na siebie. Docisnięte do siebie elektrody obracają się, powodując przesuw elementów, a cyklicznie włączany prąd powoduje powstawanie zgrzein. Zwykle jedna z elektrod napędzana jest silnikiem elektrycznym, który umożliwia regulację obrotów, druga elektroda obraca się ruchem wymuszonym.



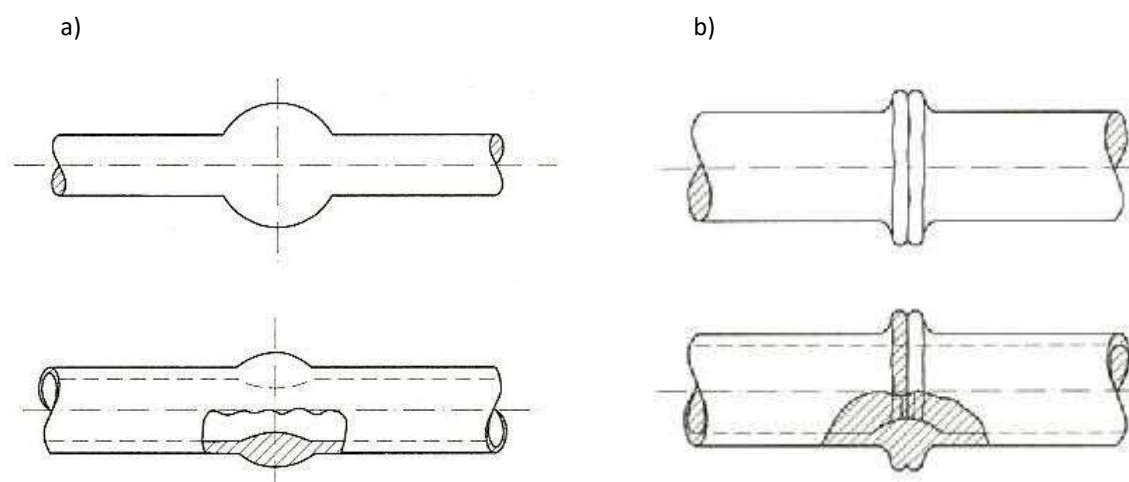
Rys. 16. Schemat zgrzewania liniowego

Zgrzewanie garbowe jest bardzo podobne do zgrzewania punktowego z tym, że przy zgrzewaniu garbowym na początku następuje wytłoczenie garbów, które z góry określają wielkość i rozmieszczenie punktów zgrzewania. Wszystkie punkty zgrzewa się jednocześnie, przez co uzyskuje się dużą wydajność procesu. Elementy łączone zaciska się między płaskimi elektrodami zgrzewarki, przepływający prąd silnie nagrzewa garby, przez co ulegają one spłaszczeniu i otrzymuje się w tych miejscach zgrzeiny.



Rys. 17. Zasada zgrzewania garbowego. 1, 2 – elektrody, 3 – elementy zgrzewane

Zgrzewanie doczołowe służy do łączenia dwóch części ich czołami, dokładnie do siebie przylegającymi. Wyróżnia się dwa rodzaje zgrzewania doczołowego: zwarciove oraz iskrowe. Przy zgrzewaniu zwarciovym najpierw dociska się elementy do siebie, następnie pod wpływem prądu rozgrzewa się metal do stanu plastyczności, wówczas następuje silny docisk powodujący charakterystyczne spęczenie elementów w miejscu łączonym. Przy zgrzewaniu iskrowym prąd włącza się przed zetknięciem elementów, co powoduje podczas zbliżania elementów do siebie nadtapianie nierówności przekroju, a po pewnym czasie całej powierzchni. Wówczas następuje szybkie dociśnięcie zgrzewanych elementów, stopiony metal (wraz z żużłem) zostaje wyciśnięty na zewnątrz tworząc charakterystyczny rąbek.



Rys. 18. Widok złączy zgrzewania: a) zwarciovego, b) iskrowego