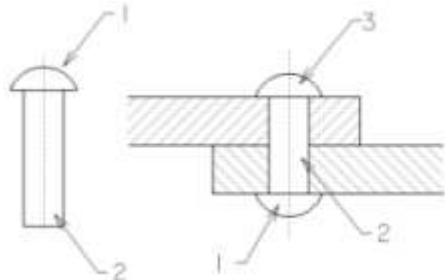


Połączenia nitowe

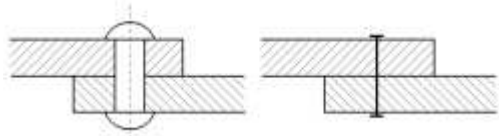
Połączenia nitowe - [połączenia](#), najczęściej blach lub elementów konstrukcji stalowych - dźwigarów, wsporników, wiązarów itp, za pomocą łączników zwanych [nitami](#). Połączenia tego typu zostały współcześnie wyparte przez [połączenia spawane](#) i [zgrzewane](#).



Nit w swej wyjściowej formie składa się z główki (1) i trzonu (szyjki) (2). Umieszczony w otworze w łączonych elementach zostaje zakuty (zamknięty), tworząc zakówkę (3). Zamykanie nitu może się odbywać ręcznie, przy pomocy młotka ręcznego lub pneumatycznego i ręcznej nitownicy (kształtującej zakówkę) lub za pomocą maszynowej nitownicy.

Nity niewielkich rozmiarów można zakuwać na zimno. Większe i w bardziej odpowiedzialnych konstrukcjach zakuwa się na gorąco.

Przy nitowaniu zakładkowym (gdy arkusze blachy zawinięte są na krawędziach) i przy dużej gęstości nitów, można uzyskać wysoką szczelność połączenia. Pozwalało to na stosowanie nitów przy budowie zbiorników ciśnieniowych.



Przedstawianie połączeń nitowych w [rysunku technicznym maszynowym](#) (rysowanie dokładne i uproszczenie)

Wprawdzie połączenie nitowe jest przynajmniej częściowo [połączeniem ciernym](#), to obliczenia wytrzymałościowe połączeń nitowych dokonuje się zakładając, że to nit lub ich grupa przenosi całe obciążenie. Nity najczęściej pracują na [rozciągane](#) lub na [ścinane](#) i te warunki [konstruktor](#) musi uwzględnić projektując połączenie nitowe.

Połączenia lutowane

Połączenie lutowane jest [połączeniem](#), w którym metalowe elementy łączone są przy użyciu podwyższonej temperatury oraz spoiwa mającego temperaturę topnienia znacznie niższą niż spajane metale. Obszar spoiny jest podgrzewany do temperatury, w której struktura krystaliczna

spajanych metali jest w stanie wchłonać pewną liczbę cząsteczek spoiwa. Spoiwo dodatkowo wypełnia wszystkie przestrzenie pomiędzy spajanymi elementami.

Wyróżnia się:

Lutowanie miękkie

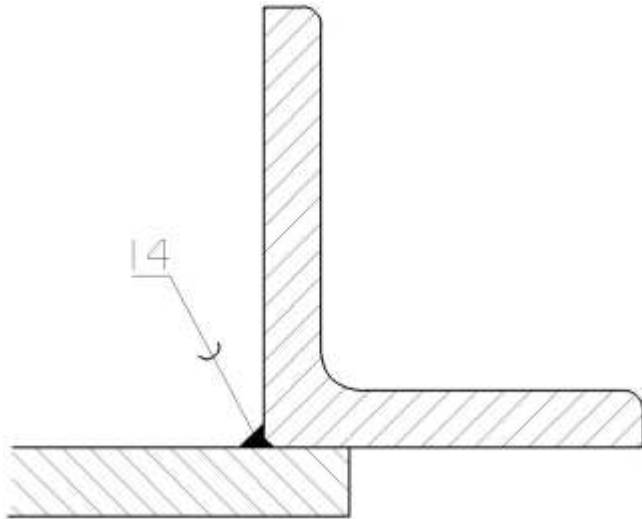
w zależności od spajanych metali używa się różnych spoin i różnego zakresu temperatur. Dla [stali](#), [miedzi](#), [cynku](#) itp. stosuje się stopy cynowo-ołowiowe i temperatury 180-325°C.

Lutowanie twarde

w zależności od spajanych metali używa się różnych spoin i różnego zakresu temperatur. Dla [stali](#), stosuje się [miedź](#) lub [mosiądz](#) w temperaturach od 600 do 1450°C. Dla [aluminium](#) stosuje się stopy aluminium-krzemowe w temperaturach 530 do 570°C.

Do podnoszenia temperatury używa się płomienia gazowego lub [lutownicy](#) elektrycznej.

Lutowanie stosuje się zwykle tam gdzie bardziej istotna jest szczelność i estetyka złącza niż jego wytrzymałość.



Reprezentacja połączenia lutowanego w [rysunku technicznym maszynowym](#)

Lut

Lut, lutowie, spoiwo, spoiwo lutownicze - [metal](#), lub (częściej) odpowiedni [stop metali](#), służący do [lutowania](#) jako wypełnienie [spoiny](#). Ma temperaturę topnienia wyraźnie niższą od spajanych materiałów.

Luty dzieli się na miękkie zazwyczaj cynowo-ołowiowe, topiące się w zakresie 170 - 325°C i twarde topiące się powyżej 600 °C. Ich skład chemiczny może być bardzo różny w zależności od potrzeb. Miękkie bazują najczęściej na [cynie](#) i [ołowiu](#), natomiast twarde na [srebrze](#) i [miedzi](#).

Spoivo lutownicze może być dystrybuowane w formie lasek (te o większych średnicach są zwykle o przekroju [trójkątnym](#)), [drutu](#) pełnego lub drutu wydrążonego z kanałem (lub kilkoma kanałami) wypełnionymi [topnikiem](#) (tzw. [tinol](#)).

Najpopularniejsze zastosowania lutów to


[elektronika](#) i [jubilerstwo](#).

Producenci lutów:

- [BrazeTec](#)
- [Cynel](#)

Tinol



 Szpulka tinolu [bezołowiowego](#), który może służyć m.in. do [lutowania](#) rurek [miedzianych](#).

Tinol - popularna nazwa [drutu lutowniczego](#) do [lutowania](#) miękkiego. Jest to rurka wykonana z lutu wypełniona [topnikiem](#). Najczęściej spotykaną formą tinolu jest drut z trzema kanałami w środku wypełnionymi topnikiem. Czasami tinolem nazywa się także drut z lutu bez topnika.

Ogromną zaletą tego typu lutu jest to, że można nim zwykle bezpośrednio łączyć lutowane elementy bez dodatkowego użycia [topnika](#) (pod warunkiem, że są one już w miarę świeżo "pobielone", czyli pokryte cienką warstwą nieżeśniedziałego lutowia).

Tinol jest drutem bardzo plastycznym - przeciągając go na zimno na przeciągadło złotniczym stopniowanym co 0,33 mm można uzyskać materiał o węższym przekroju.

Zastosowanie

Tinol stosuje się głównie w przemyśle [elektronicznym](#): do produkcji [standardowych](#) urządzeń i podzespołów elektronicznych, [elektrotechnice](#) oraz do lutowania elementów z pokryciami [cynowymi](#), cynowo-[ołowiowymi](#), [kadmowymi](#), [cynkowymi](#) i [srebrnymi](#). Tinol ma także szerokie zastosowanie przy naprawach sprzętu elektronicznego i elektrotechnicznego i działalności hobbistycznej w tych dziedzinach. Drut o większym przekroju można także stosować do lutowania rur [miedzianych](#), np. stosowanych w systemach [centralnego ogrzewania](#) lub wewnętrznych instalacjach [wodociagowych](#).

Tinol ze stopu cynowo- ołowiowego

Dane techniczne typowego spoiwa lutowniczego (np.: S-Sn60Pb40) to:

- **zawartość cyny: 59.5 - 60%**
- **zawartość ołowiu: reszta**
- **temperatura topnienia: 183°C do 190°C**
- **temperatura pracy: 320°C do 420°C**
- **ciężar właściwy: 8,65 g/cm³**

Spoiwo lutownicze (tinol) produkuje się zgodnie z normą [PN](#) EN 29453:2000, w ciągłym procesie odlewania bez dostępu powietrza, stop jest następnie wyciskany, co zapewnia eliminację występowania [tlenków](#).

Na rynku można spotkać najczęściej szpule z tinolem wykonanym ze [stopu cynowo-ołowiowego](#) o [średnicach](#): 0.25, 0.56, 0.70 mm, 1.0, 1.2, 1.5 i 2.0 [mm](#) o [wagach](#) 10, 25, 50 i 100 [dkg](#).

Tinol bezołowiowy

W związku z wprowadzanym zakazem używania stopów lutowniczych zawierających ołów spotkać można także szpule tinolu bezołowiowego. Jest to zwykle spoiwo lutownicze wykonane na bazie cyny i [srebra](#). Najczęściej spotykany skład takiego stopu to 96,5 % cyny i 3,5 % srebra. (dla takiego stopu [temperatura topnienia](#) wynosi 227 °C, [temperatura pracy](#): od 300 do 380 °C). Zawiera on zwykle rdzenie z topnika [halogenkowego](#) na bazie [kalafonii](#) modyfikowanej aktywatorami organicznymi. Jest to podstawowy topnik [niekorozyjny](#) i jego pozostałości po lutowaniu nie wymagają usuwania.

Inne pierwiastki, które mogą być stosowane w niskotopliwych stopach lutowniczych to [selen](#) i [ind](#). Dopuszcza się śladową domieszkę (poniżej 0,1%) następujących pierwiastków: [Pb](#), [Bi](#), [Sb](#).

Skład lutu a temperatura topnienia

W poniższej tabelce zestawiono [stopy](#) lutownicze do lutowania miękkiego w kolejności od najniższej do najwyższej [temperatury topnienia](#):

Temperatura topnienia	Skład lutu
117 °C	50% In , reszta: Sn
138 °C	25% In , reszta: Pb i Sn
156.7 °C	80% In , reszta:

	Ag i Pb
156.7 °C	100% In
230 °C	90% In , reszta: Ag
290 °C	5% In , reszta: Ag i Pb
315 °C	5% In , reszta: Pb

Topnik

Topnik (oddleniacz) - [substancja](#) ułatwiająca [lutowanie](#) (miękkie i twarde) poprzez chemiczne oczyszczanie łączonych [metali](#). Powszechnie stosowane topniki: [chlorek amonu](#) lub [kalafonia](#) do lutowania [ludem cynowo-ołowiowym](#), [kwas solny](#) lub [chlorek cynku](#) do lutowania powłok [ocynkowanych](#), [boraks](#) do lutowania twardego metali żelaznych.

Topnik spełnia trzy funkcje:

- **usuwa tlenki i inne zanieczyszczenia z lutowanych powierzchni**
- **zapobiega powstawaniu nowych tlenków podczas lutowania poprzez odcięcie kontaktu z powietrzem**
- **ułatwia topnienie i zwiększa płynność lutu**

Pierwszą funkcję można zapisać ogólnym wzorem:



Osad i resztki topnika pozostałe po lutowaniu należy usunąć, ponieważ mogą powodować [korozje](#).

Kalafonia

Kalafonia - substancja pochodzenia naturalnego, pozostałość po oddestylowaniu [terpentyny](#) z żywicy [drzew iglastych](#) (głównie [sosny](#)). Kalafonia jest [substancja](#) kruchą, bardzo łatwo łamliwą, szklaną, półprzezroczystą, o barwie od żółtej poprzez ciemnoczerwoną aż do

ciemnobrazowej. Jest również bardzo łatwo topliwa i łatwopalna. Dobrze rozpuszcza się w większości rozpuszczalników organicznych, nie rozpuszcza się w [wodzie](#). Kalafonię zmydlają gorące [roztwory zasad](#).

Kalafonię stanowi głównie (90%) [mieszanina izomerów kwasów](#) żywiczych: [abietynowego](#) ($C_{20}H_{30}O_2$) i [pimarowego](#), reszta to pochodne tych kwasów oraz inne [zanieczyszczenia](#) organiczne.

Zastosowania kalafonii:

- **bezpośrednio:**
 - jako bardzo dobry [topnik](#) podczas [lutowania stopem cynowo-ołowiowym](#)
 - do nacierania włosia [smyczków instrumentów smyczkowych](#), w celu zwiększenia szorstkości włosia i tym samym zwiększenia jego przyczepności do [strun](#).
- jako składnik:
 - w farbach poligraficznych jako spoiwo, które jednocześnie polepsza właściwości maziste farby
 - a także składnik [lakierów](#), [pokostów](#), [mydeł](#), [laku](#), tworzyw sztucznych, gumy

Pasta lutownicza

Pasta lutownicza- średnio aktywny [topnik](#), który ułatwia [lutowanie](#) różnych elementów np: [srebrzonych](#), [miedzianych](#), [cynkowanych](#) oraz [niklowanych](#), stosowana jest tam, gdzie [kalafonia](#) nie wystarcza.

Lutownica

Lutownica to narzędzie służące do [lutowania](#). Składa się ona z kolby, służącej jako uchwyt oraz grota, czyli części mającej bezpośredni styk ze [spoiwem](#) - [ludem](#). Możemy je podzielić na:

- lutownice transformatorowe, w których wysoka temperatura jest uzyskiwana poprzez przepływanie prądu o dużym natężeniu przez drut, który jest zarazem grotem. Ich nazwa pochodzi od [transformatora](#), który jest jej integralną częścią. Lutownice te są dość popularne, gdyż czas nagrzewania grota jest bardzo krótki (poniżej kilku sekund). Nowocześniejsze rozwiązania posiadają wbudowane oświetlenie skierowane na punkt lutowania, oraz kilkuzakresowy przełącznik mocy. Ich główną wadą jest

brak dokładnej kontroli temperatury grotu.

- lutownice grzałkowe (oporowe), w których metalowy (zazwyczaj [miedziany](#) lub wykonany ze stopów miedzi) grot podgrzewany jest elektryczną [grzałką](#). Współczesne lutownice tego typu wyposażone są przy tym w [regulator](#) i [stabilizator](#) temperatury grotu. Odmianą lutownicy grzałkowej jest tzw. lutownica kolbowa, w której grot wykonany jest z masywnego kawałka metalu. Powoduje to akumulację znacznych ilości energii cieplnej, co ułatwia lutowanie większych elementów.
- lutownice z elektrodami grafitowymi zbudowane są na bazie transformatora, który zasila szczypce wyposażone w [elektrody węglowe](#). Po zamknięciu obwodu [grafitowymi](#) elektrodami na przewodzącym prąd elemencie lutowanym, płynie prąd elektryczny, wydzielając ciepło na styku grafit - element lutowany. Zaletą jest duża moc, zaś wadą (zwłaszcza przy [lutowaniu twardym](#)) pozostawiany ślad elektrody grafitowej.
- lutownice gazowe, których grot podgrzewany jest [palnikiem](#) zasilanym gazem (np. [propan-butan](#)). Możliwe jest użycie takiej lutownicy bez grotu - wówczas wykorzystywane są gorące gazy spalinowe.
- lutownice podgrzewane zewnętrznym źródłem ciepła to po prostu miedziany grot na uchwycie; grot po podgrzaniu w płomieniu palnika (np. na kuchence gazowej) przez kilkadziesiąt sekund zachowuje na tyle wysoką temperaturę, że umożliwia lutowanie (zasada działania podobna do [żelazka](#) z "duszą"). Obecnie lutownice takie, jako całkowicie archaiczne, niewygodne i nie nadające się do precyzyjnych prac - całkowicie wyszły z użycia.

Zimny lut

Zimny lut - nieprawidłowo wykonana, słabo trzymająca [spoina](#) wykonana metodą [lutowania](#). Ma miejsce, gdy lutowanie odbywa się w zbyt niskiej temperaturze lub poprzez stopienie [lutownicą](#) bezpośrednio [lutu](#), a nie pośrednio poprzez łączone metale.

W klasycznym lutowaniu lutem zawierającym [ołów](#) spoina taka jest najczęściej matowa i łatwo się odrywa a wygląda jak niekształtna grudka, natomiast w [lutowaniu bezołowiowym](#) spoina taka jest trudna do wykrycia.

Połączenia niskotemperaturowe spiekane

Technika ta polega na wykorzystaniu [proszków metali](#) jako warstwy połączeniowej. Przy obniżonej [temperaturze](#) w stosunku do [temperatury topnienia](#) i obecności ciśnienia w krótkim czasie dochodzi do połączenia. Technika ta jest stosowana do połączeń metali, które zostały uprzednio pokryte warstwami wolnymi od tlenków np. złoto lub srebro. Używany jest typowo [proszek srebra](#) o wielkości ziaren około 1µm. Proces łączenia zachodzi typowo przy temperaturze około 230°C i ciśnieniu 30MPa w czasie kilku sekund. Technika ta znajduje zastosowanie jako alternatywa dla połączeń [lutowanych](#) w [energoelektronice](#), szczególnie w zastosowaniach wysokotemperaturowych (temperatura > 150°C). Tego typu połączenia mogą być stosowane przy temperaturach pracy układów dochodzących do 300°C. Temperatura pracy może być wyższa od temperatury, przy której zachodzi połączenie (inaczej niż przy [lutowaniu](#)).

Technika ta znana jest jako [NTV](#) ([niem. Niedertemperatur-Verbindungstechnik](#)) lub [LTJT](#) ([ang. Low Temperature Joining Technique](#)). Pierwszy patent należy do firmy [Siemens](#) i powstał pod koniec lat 80. Technika ta jest rozwijana równocześnie w dwóch instytutach badawczych w [Niemczech](#): TU Braunschweig i FH Kiel, jak również w [Stanach Zjednoczonych](#) w Virginia Polytech i [Japonii](#) na Uniwersytecie Osaka. Zastosowanie przemysłowe do produkcji [tyrystorów](#) i [diód](#) w firmie Eupec (obecnie Infineon) od połowy lat 90. Nad zastosowaniem tej techniki do produkcji [modułów mocy](#) pracują obecnie cztery firmy: Infineon, Warstein (Niemcy), Semikron Norymbergia, Danfoss Schleswig, ABB (Szwajcaria).

Zalety:

- wysoka temperatura pracy do 300°C
- stosunkowo niska temperatura połączenia (230°C)
- wysoka temperatura topnienia (srebro 961°C)

- cienkie warstwy połączeniowe - lepsze odprowadzanie ciepła
- duża wytrzymałość
- bardzo dobra przewodność elektryczna i termiczna warstwy połączeniowej

Wady:

- niestandardowa technika, brak norm

Lutowanie bezołowiowe

Lutowanie bezołowiowe – [lutowanie](#) przy użyciu stopu niezawierającego [ołowiu](#).

W elektronice najczęściej do lutowania używany jest [stop cynowo-ołowiowy](#). Jednakże od [1 lipca 2006](#) w [Unii Europejskiej](#) wprowadzono ograniczenie używania substancji niebezpiecznych w sprzęcie elektronicznym ([dyrektywa RoHS](#)), w tym ołowiu w stopach lutowniczych.

Wprowadzenie technologii wymaga zmiany parametrów pracy urządzeń lub wymiany ich na nowe dostosowane do nowej technologii. W technologii bezołowiowej występują trudności:

- **zwiększona temperatura rozplwu lutowia,**
- **kulkowanie się lutowia bezołowiowego w piecach do lutowania rozplwowego oraz przy lutowaniu ręcznym ze względu na duże napięcie powierzchniowe.**

Podczas lutowania na powierzchni rezystorów i kondensatorów na korpusie chipu powstawać mogą kulki kapilarne, przy czym w zależności od przyczyny ich powstawania mają one różne rozmiary. Przyczynami takimi są: gorące ześlizgnięcie się (załamanie, hot slump), niedostateczna rozplwność (smarnowność, spreadability), zwilżalność czy fluidyzacja topnika podczas topienia lutu.

[Punkt rozplwu](#) stopu używanego przy lutowaniu bezołowiowym wynosi 215–220°C. Lut bezołowiowy jest matowy o nieco ziarnistej powierzchni, dlatego też wykrywanie niewłaściwych połączeń jest utrudnione.

Skład najczęściej używanych stopów do lutowania bezołowiowego:

- **3,5–4,0% [Ag](#), reszta - [Sn](#) (do zastosowań elektronicznych)**
- **0,45–0,9% [Cu](#), reszta - [Sn](#) (do zastosowań elektronicznych)**
- **2,5–3,5% [Cu](#), reszta - [Sn](#) (do zastosowań elektrotechnicznych i instalacyjnych)**

Dopuszcza się domieszkę poniżej 0,1% każdego z pierwiastków: [Pb](#), [Bi](#), [Sb](#).

Połączenia spawane

Połączenie spawane jest połączeniem materiałów powstałym przez ich miejscowe stopienie. Używa się go do łączenia metali (głównie stali) oraz do tworzyw sztucznych. Przy spawaniu niekiedy dodaje się **spoiwa** (dodatkowego materiału stapiającego się wraz z materiałem elementów spawanych), aby polepszyć właściwości spoiny. Najczęściej spotykanymi metodami spawania są:

- spawanie gazowe;: **najczęściej przy spalaniu acetylenu w temperaturach do 3200°C, stosowane jest do spajania blach o grubości od 0.4mm do 40mm.**
- spawanie elektryczne: **z wykorzystaniem spawarki - urządzenia opierającego swą pracę na zjawisku łuku elektrycznego w temperaturach 3500°C, stosowane jest do spajania blach o grubości od 1mm do 80mm.**

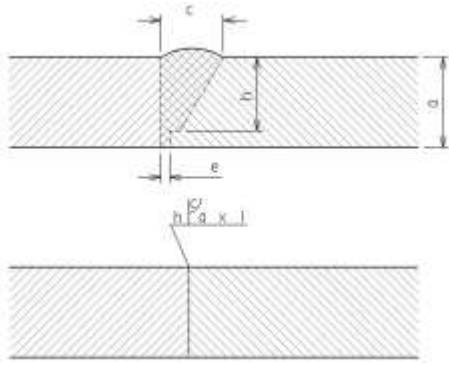
Istnieją także inne metody spawania, takie jak: spawanie elektryczne w osłonie dwutlenku węgla lub gazów szlachetnych (w celu uniknięcia utleniania spoiny), spawanie laserowe, spawanie elektronowe itp.

Połączenie spawane często wymaga dodatkowej obróbki spoiny. Często na powierzchni **spawu** wydzielają się drobne cząstki żużlu, które mogą być niebezpiecznie ostre. Spoiny spawane często szlifuje się zgrubnie, zanim spawana konstrukcja zostanie użyta.

W czasie spawania w obrębie działania wysokiej temperatury w stali zachodzą pewne przemiany cieplne, osłabiające jej wytrzymałość. Połączenie spawane zmniejsza wytrzymałość materiału o następujące wartości:

- wytrzymałość na rozciąganie $k'_r = 0,8 k_r$
- wytrzymałość na zginanie $k'_g = 0,9 k_r$
- wytrzymałość na ściskanie $k'_c = k_r$
- wytrzymałość na ścinanie $k'_t = 0,65 k_r$

W związku z osłabiającym wpływem spoiny, do obliczeń wytrzymałościowych używa się grubości obliczeniowej, która jest o 70% mniejsza niż rzeczywista grubość materiału w miejscu spoiny.



wymiarowanie spawu

na przykładzie spoiny czołowej

Połączenia spawane ze względu na ułożenie spawanych elementów względem siebie oraz na kształt spoiny dzielą się na:

- **czołowe jedno- i dwustronne**
- **pachwinowe**
- **grzbietowe**
- **otworowe**
- **stykowe**
- **zakładkowe**
- **teowe**
- **przyległe**
- **krzyżowe**

W [rysunku technicznym](#) połączenia spawane rysuje się, w zależności od stopnia uproszczenia, jak pokazano poniżej. W I stopniu uproszczenia wymiaruje się spawy jak inne części maszyn. W III stopniu uproszczenia zaznacza się je linią oraz symbolem rodzaju spoiny. Przykładowe symbole oraz sposób wymiarowania dla jednego z nich pokazano na rysunku.

Spawanie w osłonie gazów:

- **Metoda MIG (Metal Inert Gas) - jest to spawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonie gazu obojętnego (argon, hel, argon+hel). Metoda ta jest stosowana do spawania i napawania we wszystkich pozycjach w sposób automatyczny lub półautomatyczny.**
- **Metoda MAG (Metal Active Gas) - jest to spawanie łukowe w osłonie gazu aktywnego chemicznie (CO₂, CO₂ + gaz obojętny).**
- **Metoda TIG (Tungsten Inert Gas) – jest to spawanie łukowe elektrodą nietopliwą w osłonie gazów obojętnych (Ar, He, Ar + He). Umożliwia ona spawanie prawie wszystkich metali i ich stopów oraz łączenie ze sobą różnych metali i stopów. Uzyskiwany metal spoiny jest stopem roztopionej części materiału rodzimego i spoiwa (drut, pręt, pałeczka) podawanego w strefę jarzenia się łuku. TIG charakteryzuje się możliwością stosowania we wszystkich pozycjach.**

Wady spawalnicze:

- **podtopienie:** nazwa wady na sytuację, kiedy bruzda nie jest zupełnie wypełniona wzdłuż brzegu ściegu spawalniczego,
- **niepełne stopienie:** stan, w którym spawane powierzchnie nie stopiły się ze sobą wystarczająco dobrze,
- **niepełna penetracja:** stan, gdzie jest niewystarczająca odległość pomiędzy powierzchnią metalu i dołem spawanego obszaru,
- **zachodzenie na siebie:** stan, gdzie brzeg ściegu spawalniczego nie został zespolony z podstawowym metalem (występuje często przy spawaniu złącza w kształcie T),
- **wypukły ścieg spawalniczy:** fragment wyokrąglenia ma spęczniałą powierzchnię ściegu spawalniczego,
- **wklęsły ścieg spawalniczy:** fragment wyokrąglenia ma wgniecioną powierzchnię ściegu spawalniczego,
- występowanie pęcherzy, wgłębień itp.

Lutospawanie

Lutospawanie - to proces łączenia [metali](#) (głównie [żeliwa](#)) pośredni pomiędzy [lutowaniem](#) [twardym](#) a [spawaniem](#).

Połączenie uzyskuje się wyłącznie przez stopienie [lutu](#) (bez nadtapiania łączonych metali), natomiast technika procesu i sposób przygotowania krawędzi łączonych przedmiotów są podobne jak przy [spawaniu](#).

Połączenia zgrzewane

Połączenia zgrzewane to [połączenia](#) metali i tworzyw sztucznych przez miejscowe dociskanie łączonych elementów przy jednoczesnym podgrzewaniu wystarczającym do doprowadzenia łączonych materiałów do stanu plastyczności (ciastowatości).

Stosowane metody zgrzewania:

zgrzewanie elektryczne

doczołowe (zgrzewanie jednoczesne większej powierzchni), liniowe i punktowe. Dwa arkusze blachy są ściskane przy jednoczesnym przyłożeniu napięcia w zgrzewanym obszarze, które powoduje miejscowe rozgrzanie materiału. Stosuje się w przemysłowych instalacjach montażowych.

zgrzewanie gazowe

przy zastosowaniu palnika acetylenowego. Stosuje się przy zgrzewaniu elementów w nietypowych warunkach.

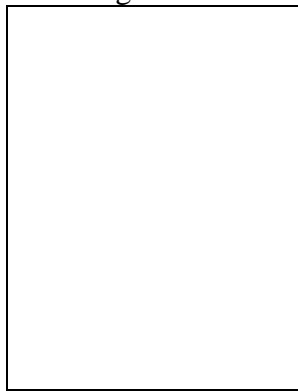
zgrzewanie szamotowe

w którym elementy podgrzewane są w szamotowych formach przez ciekły żużel i następnie dociskane.

Innymi metodami zgrzewania są: zgrzewanie indukcyjne, tarciove i dyfuzyjne.

Metoda takiego łączenia materiałów stosowana jest od wieków w zgrzewaniu kuziennym, kiedy to dwie blachy podgrzane w palenisku łączone są na kowadle serią uderzeń młota.

Obliczenia wytrzymałościowe połączeń zgrzewanych dokonuje się dla pełnego przekroju materiału w miejscu połączenia stosując **współczynnik osłabienia** zgrzeiny wynoszący **X = 0.6 do 0.8** w zależności od zastosowanej technologii.



Oznaczanie połączeń zgrzewanych w rysunku technicznym maszynowym

Zgrzewanie

Zgrzewanie - jest to rodzaj technologii trwałego łączenia części urządzeń lub konstrukcji wykonanych z metalu lub z tworzyw sztucznych.

Polega ono na rozgrzaniu stykających się powierzchni tak, aby przeszły one w stan plastyczny (ciastowaty) i dociśnięciu ich.

Upłastycznieniu ulega tylko niewielka objętość na granicy styku.

W zależności od stosowanej metody zgrzewania najpierw następuje docisk, a potem rozgrzewanie, albo odwrotnie, najpierw rozgrzewanie, a potem docisk.

Można wyróżnić następujące rodzaje zgrzewania:

- elektryczne oporowe
- gazowe
- ogniskowe
- zgniotowe
- wybuchowe
- tarciove
- ultradźwiękowe
- indukcyjne

- dyfuzyjne
- zwarciove
- iskrowe
- prądami wysokiej częstotliwości
- gorącym narzędziem

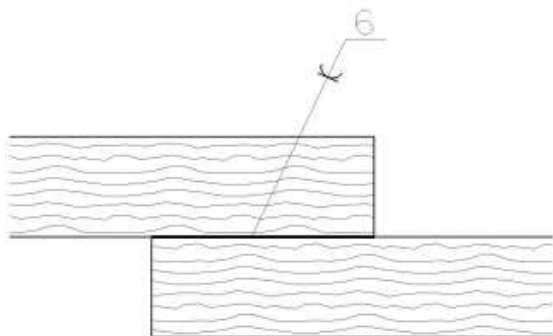
Do łączenia części metalowych najpowszechniej stosowane jest zgrzewanie [elektryczne oporowe](#).

Zgrzewanie ogniskowe (podgrzewanie na palenisku koksowym lub w [piecu](#) i następnie kucie młotem) jest już metodą przestarzałą i stosowaną rzadko nawet w [rzemiośle](#).

Stosuje się również zgrzewanie szkła z metalem.

Połączenia klejone

Połączenia klejone - [połączenia](#), w których wykorzystuje się [adhezyjne](#) właściwości substancji klejowych. [Klej](#) wnika w drobne pory (nierówności) na powierzchni materiału, po czym twardnieje. Czasem przy klejeniu tworzyw sztucznych dodatkowo następuje częściowe rozpuszczenie powierzchni klejonych. Połączenie tego typu w [budowie maszyn](#) stosowane jest często, zwłaszcza jeśli trzeba połączyć różne materiały (metal, tworzywa sztuczne, szkło, gumę itp).



Reprezentacja połączenia klejonego w [rysunku technicznym maszynowym](#)