

3.4. Połączenia nierozłączne

3.4.1. Klasyfikacja połączeń nierozłącznych

Połączenia nierozłączne są połączeniami konstrukcyjnymi, których demontaż wymaga zniszczenia przynajmniej jednego elementu złącza. Do nierozłącznych należą połączenia:

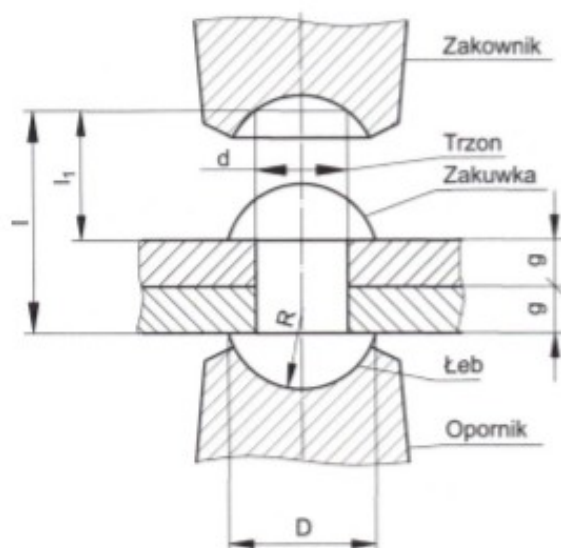
- nitowe,
- spawane,
- zgrzewane,
- lutowane,
- klejone,
- wciskowe.

Połączenia te zalicza się do grupy **połączeń stałych**, gdyż uniemożliwiają względny ruch połączonych części. Z tego względu są nazywane również połączeniami spoczynkowymi.

Konstrukcja połączeń nitowych wymaga stosowania dodatkowych części łączących (tzw. łączników) w postaci nitów i dlatego połączenia nitowe zalicza się do połączeń **pośrednich**. Pozostałe połączenia nierozłączne nie wymagają stosowania łączników, a elementy konstrukcji łączą się w nich za pomocą: spawów, zgrzein, lutów, klejenia oraz wcisku. Zalicza się je więc do połączeń **bezpośrednich**.

3.4.2. Połączenia nitowe

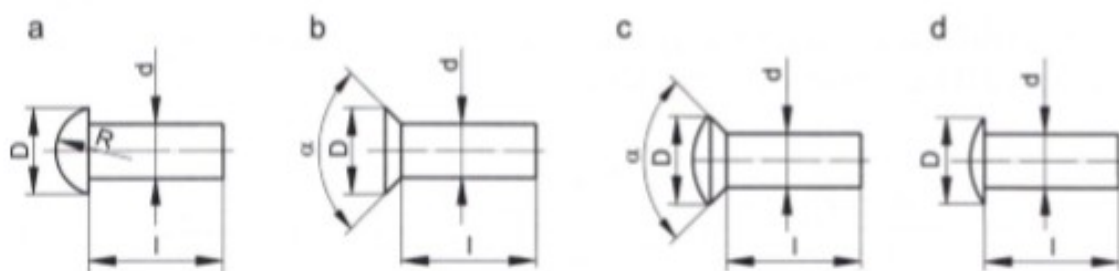
Proces nitowania (rys. 3.4) polega na włożeniu nitu do otworu przechodzącego przez dwie (lub więcej) łączone ścianki, podparciu łba nitu na oporniku (zwanym także wspornikiem) i rozkuciu lub sprasowaniu za pomocą zakuwnika wystają-



Rys. 3.4. Schemat nitowania
 g – grubości łączonych elementów,
 d – średnica trzonu nitu, l – całkowita długość nitu przed zamknięciem,
 l_1 – długość trzonu na zakuwkę,
 R – promień łba i zakuwki ($R = 0,83d$),
 D – średnica łba i zakuwki ($D = 1,6d$)

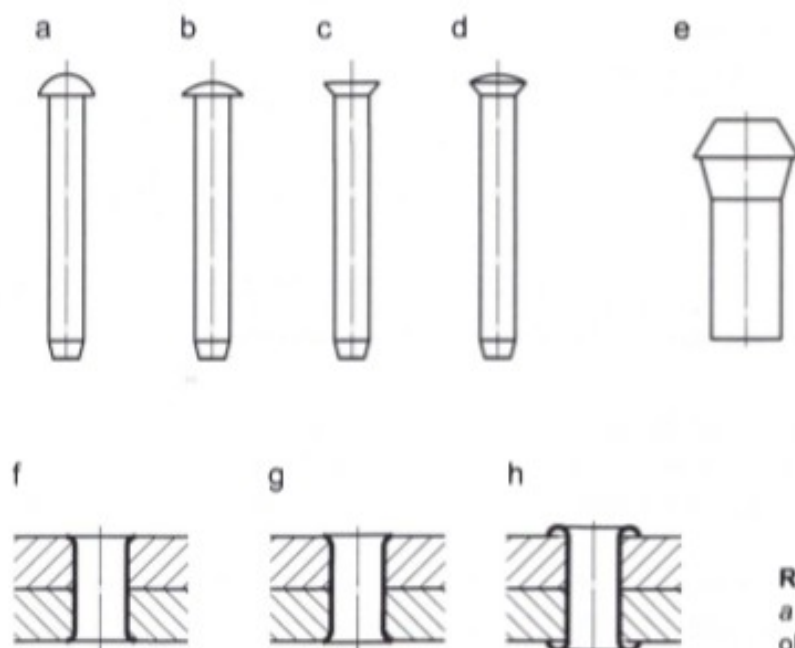
cego trzonu nitu, który spęczając się, przybiera kształt drugiego łba, zwanego zakuwką.

Kształtowanie zakuwki, nazywane zamykaniem nitu, może się odbywać na zimno (nity o średnicy nieprzekraczającej 20 mm) lub na gorąco (nity o średnicy ponad 20 mm). W konstrukcjach stalowych średnicę trzonu nitu d dobiera się wg zależności $d \approx 2g$, w której g jest grubością łączonego elementu. Średnice otworów pod nity zamykane na zimno przyjmuje się równe średnicy trzonu nitu ($d_o = d$), z zachowaniem luźnego pasowania. Średnice otworów pod nity zamykane na gorąco wykonuje się z luzem wynoszącym 1 mm ($d_o = d + 1$). Długość trzonu nitu l wyznacza się z zależności $l = 1,12l_g + l_1$, w której l_g oznacza długość trzonu, odpowiadającą grubości łączonych materiałów, natomiast $l_1 = 1,4d$ jest długością trzonu na zakuwkę.



Rys. 3.5. Rodzaje nitów normalnych

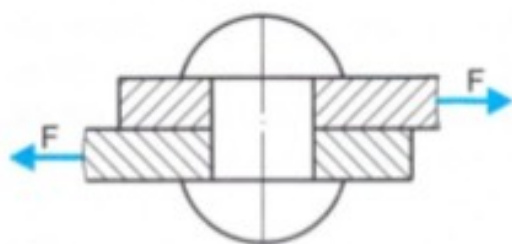
a – nit z łbem kulistym, b – nit z łbem płaskim, c – nit z łbem soczewkowym, d – nit z łbem grzybkowym, $\alpha = 75^\circ$ lub $\alpha = 90^\circ$



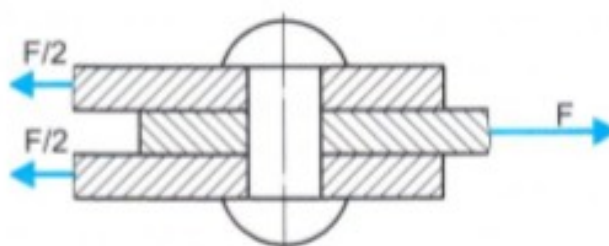
Rys. 3.6. Nity specjalne
a do d – nity drobne, e – nity okrętowe, f do h – nity rurkowe

Nity z reguły wykonuje się z miękkich stali konstrukcyjnych (S235N, E295N, E325N), a nity specjalne dodatkowo ze stali chromoniklowej, z metali nieżelaznych i ich stopów (np. miedzi, mosiądzu, duraluminium) oraz z tworzyw sztucznych termoplastycznych – do nitowania tworzyw sztucznych, skóry itp.

Nity mogą łączyć dwa elementy (rys. 3.7) lub więcej elementów (rys. 3.8) konstrukcji. W pierwszym przypadku nity są ścinane w jednym przekroju, natomiast w drugim liczba ścinanych przekrojów nitów wynosi dwa lub więcej.

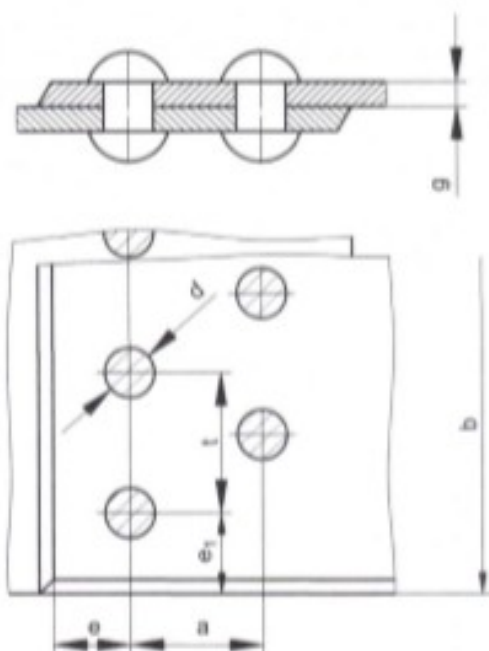


Rys. 3.7. Nit ścinany w jednym przekroju (tzw. jednościły)

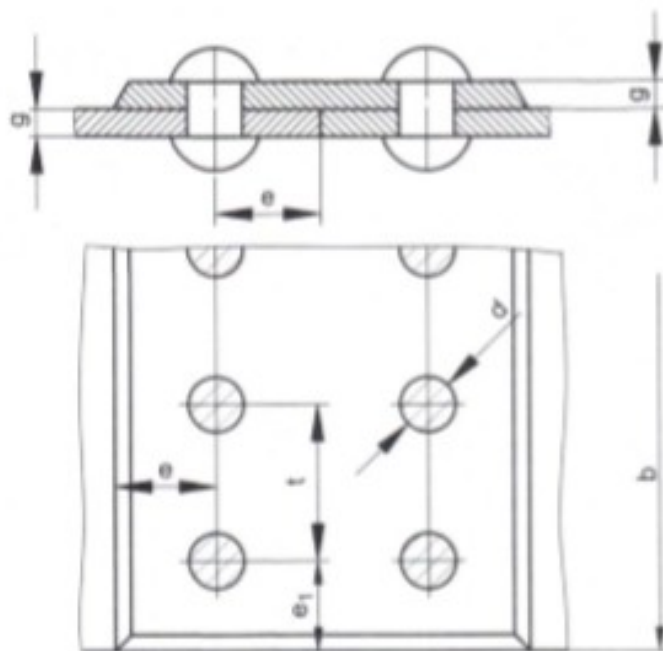


Rys. 3.8. Nit ścinany w dwóch przekrojach (tzw. dwucięły)

Połączenia nitowe mogą być zakładkowe (rys. 3.9), nakładkowe jednostronne (rys. 3.10) lub nakładkowe dwustronne (rys. 3.11).



Rys. 3.9. Połączenie nitowe zakładkowe



Rys. 3.10. Połączenie nitowe nakładkowe jednostronne

Zniszczenie połączenia nitowego najczęściej następuje wskutek:

- ścięcia nitów (niespełnienie warunku wytrzymałości na ścinanie),
- owalizacji otworów lub nitów (niespełnienie warunku wytrzymałości na naciski powierzchniowe),
- rozerwania łączonych elementów w przekrojach osłabionych otworami pod nity (niespełnienie warunku wytrzymałości na rozciąganie).

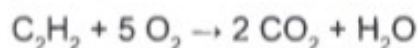
3.4.3. Połączenia spawane

Spawanie jest to łączenie części wykonanych z materiałów topliwych, głównie metali i ich stopów, przez stopienie brzegów łączonych elementów bez wywierania nacisku (z dodatkiem lub bez ciekłego spoiwa o składzie identycznym

lub zbliżonym do materiału spawanego). Spawać można stopy żelaza, niektóre stopy metali kolorowych (np. aluminium i miedzi) oraz niektóre termoplastyczne tworzywa sztuczne (np. PCV, PE). W wyniku spawania powstaje szew zwany **spoiną** (rys. 3.12).

Rozróżnia się dwa podstawowe sposoby spawania: gazowe i elektryczne.

Spawanie gazowe to sposób, w którym wykorzystuje się ciepło uzyskiwane ze spalania gazów technicznych. Najczęściej jest to mieszanina acetylenu (C_2H_2) i tlenu (O_2). Do spalania gazów używa się palników, w których gazy mieszają się w odpowiednich proporcjach i spalają wg następującej reakcji:



Prawidłowe wyregulowanie palnika umożliwia uzyskanie płomienia o temperaturze do $3100^\circ C$ (rys. 3.13), który poza działaniem temperatury nie wpływa nawęglająco ani utleniająco na spawany materiał.

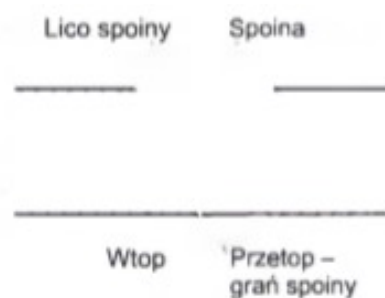
Gazowo można spawać stale niskowęglowe i żeliwa, a po zastosowaniu odpowiednich topników także stopy aluminium i miedzi. Spawanie gazowe umożliwia wykonywanie połączeń elementów o zróżnicowanej

grubości (np. blachy stalowe od 0,4 do 40 mm), w różnych pozycjach, oraz uzyskanie gładkiej powierzchni lica spoiny. Ze względu na stosunkowo małą wydajność oraz duże koszty, spawanie gazowe jest wypierane przez spawanie elektryczne.

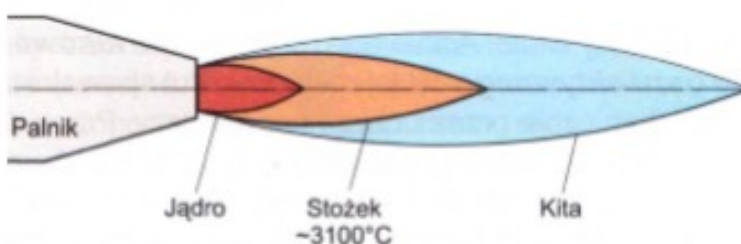
Natomiast do cięcia metali używa się specjalnych palników, w których mieszanka gazów po roztopieniu metalu jest wzbogacana w tlen. Duża ilość tlenu powoduje szybkie utlenianie roztopionego metalu i dalsze jego roztopianie. Sposób ten nazywa się cięciem tlenowym.

Spawanie elektryczne, najczęściej łukowe, polega na wytworzeniu łuku elektrycznego między elektrodą i materiałem spawanym. Wysoka temperatura łuku elektrycznego, dochodząca do $6000^\circ C$, umożliwia skuteczne stopienie spawanego materiału i spoiwa. Najbardziej rozpowszechniły się opisane niżej metody spawania elektrycznego.

• **MMA** (ang. *Manual Arc Welding*) – **spawanie łukowe elektrodą otuloną**. Jest to metoda spawania ręcznego, w której topliwa metalowa elektroda jest źródłem spoiwa, a spalana w łuku elektrycznym sprasowana otulina (zasadowa, rutyłowa lub celulozowa) wytwarza niezbędną atmosferę gazów ochronnych. Stopio-

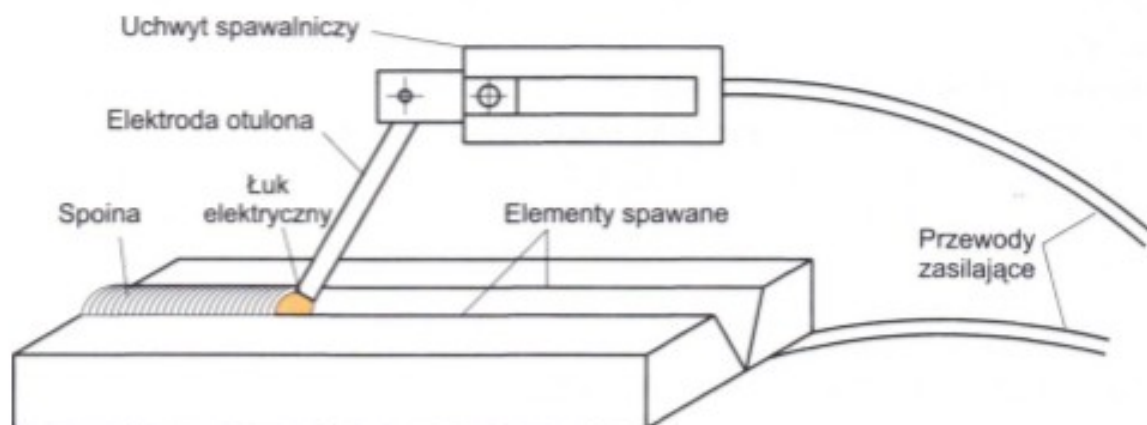


Rys. 3.12. Elementy spoiny



Rys. 3.13. Elementy płomienia palnika acetylenowo-tlenowego

na otulina okrywa gorącą spoinę warstwą żużla chroniącego przed działaniem atmosfery i zbyt szybkim stygnięciem. Metoda MMA jest uniwersalna pod względem gatunku spawanego materiału, rodzaju konstrukcji oraz pozycji i miejsca spawania. Wykorzystuje się ją w przemyśle stoczniowym, do spawania rurociągów, konstrukcji budowlanych (również pod wodą). Jest popularną metodą w małych warsztatach naprawczych.



Rys. 3.14. Schemat spawania metodą MMA

• **MAG** (ang. *Metal Active Gas*) – **spawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonie gazu aktywnego**. W tej metodzie drut spawalniczy (elektroda) jest podawany mechanicznie przez uchwyt spawalniczy. Przez dyszę w końcówce uchwyty jest dozowany aktywny gaz osłonowy (głównie **dwutlenek węgla**), który chroni spoinę przed działaniem atmosfery. Reakcje chemiczne, zachodzące w gazie pod wpływem wysokiej temperatury, wspomagają proces topienia i łączenia spawanego metalu.

• **MIG** (ang. *Metal Inert Gas*) – **spawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonie gazu obojętnego**. Jest to metoda podobna do metody MAG, z tą różnicą, że gaz ochronny (**argon** lub **hel**) nie jest aktywny i jego rola ogranicza się jedynie do osłony spoiny.

Spawanie metodami MAG i MIG może być stosowane do wykonywania wysokiej jakości połączeń tych metali i ich stopów, które dają się łączyć za pomocą spawania łuko-

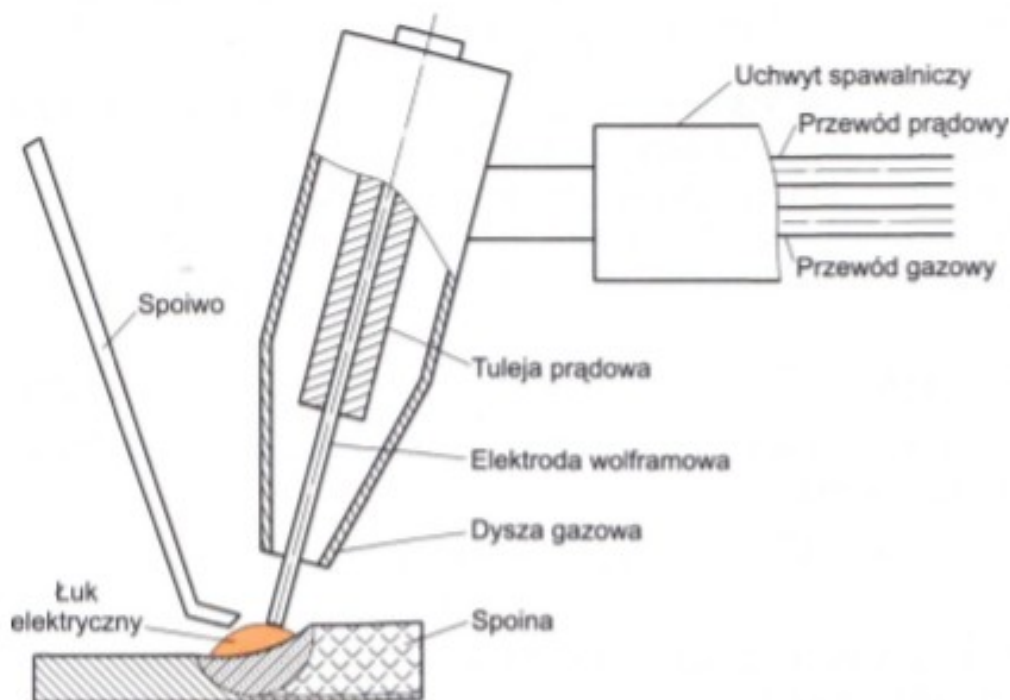


Rys. 3.15. Schemat końcówki uchwyty do spawania metodami MAG i MIG

wego. Należą do nich stale węglowe i niskostopowe, stale odporne na korozję oraz stopy aluminium, miedzi i niklu. Metody MAG i MIG szeroko wykorzystuje się także w samochodowych warsztatach naprawczych, ze względu na możliwość spawania cienkich blach.

• **TIG** (ang. *Tungsten Inert Gas*), inaczej zwana **GTAW** (ang. *Gas Tungsten Arc Welding*) – **spawanie łukowe nietopliwą elektrodą wolframową w osłonie gazu obojętnego**. Jest to najbardziej uniwersalna metoda spawania łukowego. Można nią spawać prawie wszystkie metale i stopy, we wszystkich pozycjach. Łuk elektryczny jarzy się między nietopliwą elektrodą wolframową a materiałem spawanym. Proces odbywa się w osłonie gazu obojętnego (**argonu** lub **helu**). Spoiwo może być podawane ręcznie lub automatycznie, w zależności od rodzaju zastosowanego procesu. Ponieważ w procesie spawania metodą TIG nie powstaje żużel, uzyskuje się wyjątkowo czystą, równą i gładką spoinę bez zanieczyszczeń. Metodę TIG stosuje się głównie do spawania stali nierdzewnych i innych stali stopowych, stopów aluminium, miedzi, tytanu i niklu. Wykorzystuje się ją w przemyśle lotniczym, samochodowym, chemicznym i spożywczym.

Nie wszystkie metale i ich stopy dają się spawać jednakowo łatwo. Łatwo spawalne są stale i staliwa o zawartości węgla do 0,25%. Wraz ze wzrostem zawartości węgla stale stają się trudniej i trudno spawalne. Stale zawierające ponad 0,4% węgla są już niespawalne. Podobnie jak węgiel na spawalność stali wpływają niektóre składniki stopowe, np. mangan, chrom, nikiel, aluminium, krzem. Z tego powodu stale niskostopowe są trudniej spawalne. Natomiast stale wysokostopowe, stopy aluminium, miedzi oraz żeliwa nie dają się spawać elektrycznie prostymi metodami i wymagają specjalnych technologii spawania.



Rys. 3.16. Schemat uchwyty do spawania metodą TIG

3.4.4. Połączenia zgrzewane i lutowane

Połączenia zgrzewane

Połączenie zgrzewane powstaje bez dodatku spoiwa, w wyniku miejscowego ogrzania łączonych elementów do stanu plastyczności (temperatura białego żaru) i docięnięcia ich do siebie za pomocą siły mechanicznej (kucie, prasowanie lub docisk). Powstałe w wyniku zgrzewania złącze nazywa się zgrzeiną. Zgrzewanie umożliwia łączenie różnych metali lub metali z niemetalami.

W zależności od sposobu nagrzewania rozróżnia się następujące **rodzaje zgrzewania**:

- **ogniskowe** (elementy łączone nagrzewa się w ognisku kuziennym),
- **gazowe** (elementy są nagrzewane palnikiem gazowym),
- **tarciowe** (ciepło powstaje w wyniku tarcia o siebie łączonych powierzchni),
- **oporowe, elektryczne** (do wytworzenia ciepła wykorzystuje się energię elektryczną).

Najbardziej rozpowszechnione jest **zgrzewanie oporowe**, podczas którego przez zetknięte ze sobą części przepuszcza się prąd o dużym natężeniu. Wskutek oporu elektrycznego miejsca styku nagrzewają się do temperatury białego żaru i wtedy łączy się je ze sobą przez docisk. Zgrzewanie elektryczne oporowe wykonuje się za pomocą maszyn zwanych zgrzewarkami.

Ze względu na rodzaj powstałej zgrzeiny rozróżnia się zgrzewanie punktowe, garbowe, liniowe i doczołowe.

Zgrzewanie punktowe (rys. 3.18a) stosuje się do łączenia blach, wyprasek i profili tłoczonych o grubości 0,2...15 mm, gdy nie wymaga się szczelności złącza. Tę odmianę zgrzewania stosuje się powszechnie do łączenia blach nadwozi samochodowych.

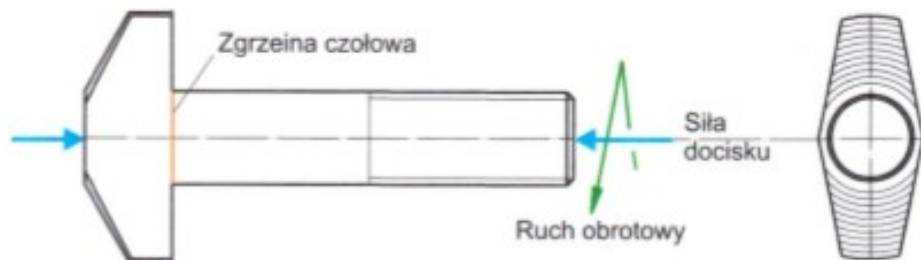
Zgrzewanie garbowe jest ulepszoną wersją zgrzewania punktowego i służy do łączenia elementów konstrukcji o dużej powierzchni styku (rys. 3.18b). Wykonanie takiego połączenia wymaga wyłobienia garbów w jednym z łączonych elementów i zastosowania płytowych elektrod o kształcie odpowiednim do wykonanych garbów.

Zgrzewanie liniowe (rys. 3.18c) odbywa się za pomocą elektrod krążkowych. Stosuje się je, gdy jest wymagana szczelność połączenia, a grubość łączonych elementów nie przekracza 4 mm.

Zgrzewanie doczołowe wykorzystuje się przede wszystkim do łączenia powierzchni czołowych prętów i rur (rys. 3.18d). Rozróżnia się przy tym dwie metody nagrzewania:

- zwarciową, w której podczas przepływu prądu części łączone cały czas się stykają;
- iskrową, w trakcie której łączone części kilkakrotnie rozsuwa się i zwiiera w celu wywołania iskrzenia przyspieszającego proces nagrzewania.

Zgrzewanie tarciove jest zgrzewaniem mechanicznym, podczas którego występuje ruch obrotowy jednej z części zgrzewanych. Wskutek tarcia wydziela się ciepło, które szybko nagrzewa łączone powierzchnie do stanu plastycznego, a dzięki osiowemu dociskowi powstaje zgrzeina czołowa. Metoda ta znajduje szerokie zastosowanie w produkcji różnych narzędzi, w których nie wszystkie elementy muszą być wykonane z drogiej stali narzędziowej (rys. 3.19).

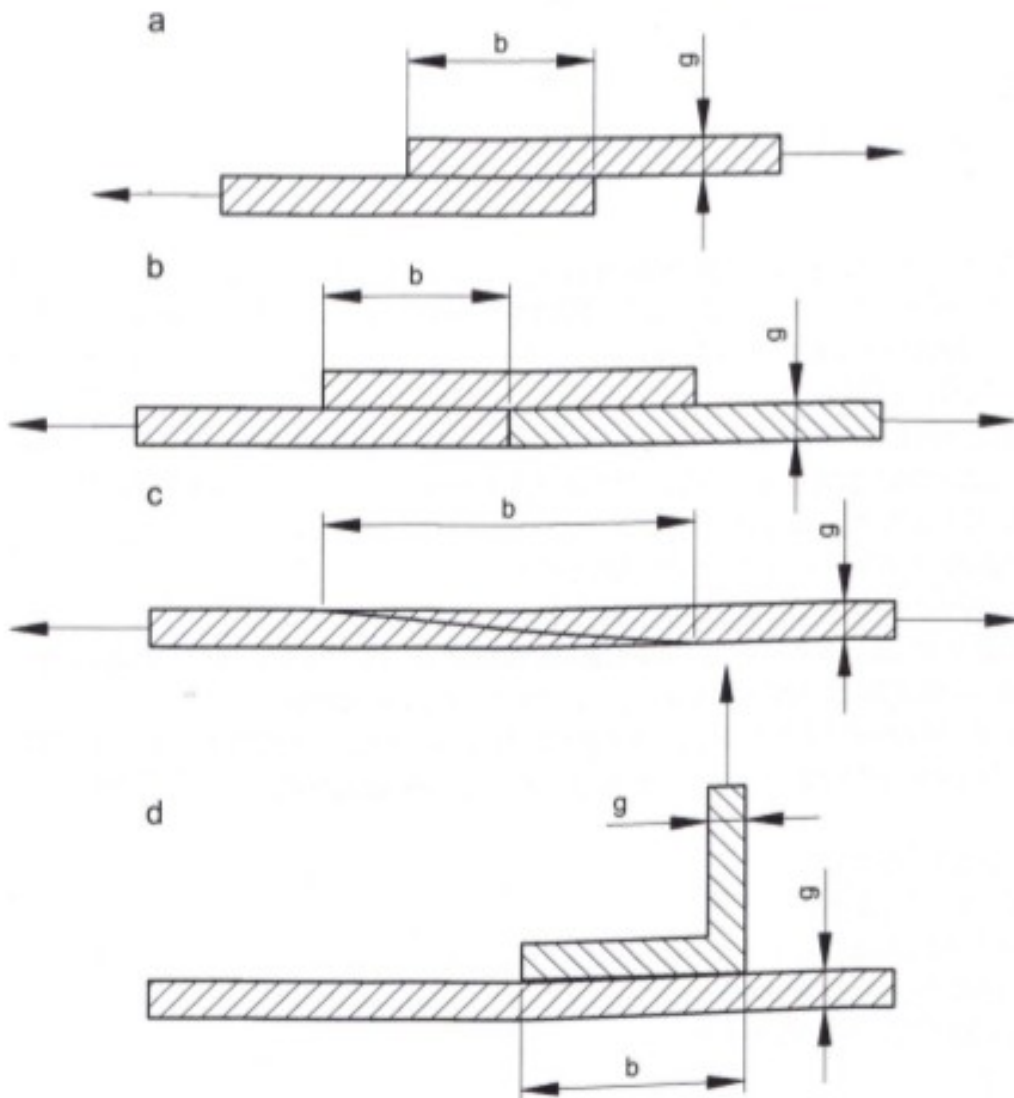


Rys. 3.19. Szczęka klucza nastawnego wykonana ze stali narzędziowej zgrzana metodą tarciową ze śrubą wytworzoną ze stali konstrukcyjnej

Połączenia lutowane

Lutowanie polega na spajaniu metalowych części roztopionym spoiwem (zwanym lutem), którego temperatura topnienia jest niższa od temperatury łączonych elementów. Rozróżnia się **lutowanie miękkie**, wykonywane za pomocą lutów o temperaturze topnienia nieprzekraczającej 500°C , oraz **lutowanie twarde**, w którym wykorzystuje się luty o temperaturze topnienia powyżej 500°C . Połączenie roztopionego lutu z rozgrzanym materiałem powstaje wskutek przylegania (adhezji) oraz wzajemnego przenikania atomów z lutu do materiału lutowanego i odwrotnie (dyfuzji). Roztopiony lut powinien dobrze zwilżać łączone powierzchnie, dlatego przed lutowaniem powinny one być dokładnie oczyszczone i odtłuszczone. W trakcie lutowania stosuje się odpowiednie topniki (np. kalafonia, boraks). Ltuje się za pomocą lutownic, nagrzewnic indukcyjnych, palników gazowych, nagrzewania w piecach lub zanurzania w roztopionym lutowiu.

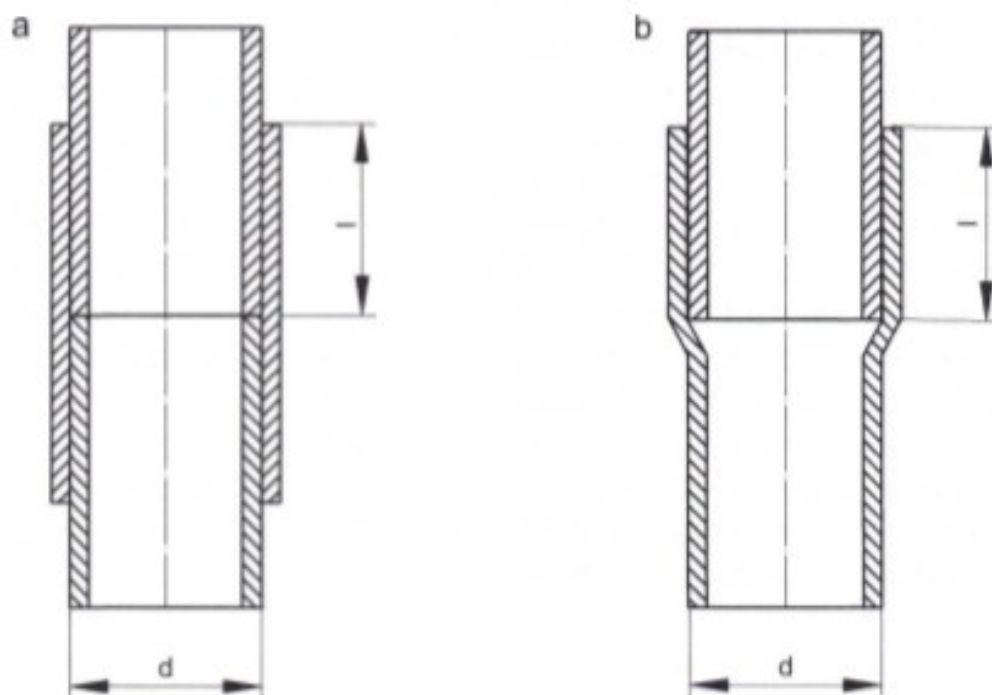
Złącze lutowane powinno być tak zaprojektowane, aby w spoinie występowały naprężenia styczne (ściananie). Połączenia lutowane najczęściej projektuje się jako zakładkowe, nakładkowe lub przykładowe (rys. 3.20).



Rys. 3.20. Połączenia lutowane

a – zakładkowe, b – nakładkowe, c – zakładkowe z zakładką gubioną, d – przykładkowe

Połączenia lutowane wykorzystuje się również do spajania rur. Stosuje się wówczas złącza mufowe oraz kielichowe (rys. 3.21).



Rys. 3.21. Lutowane połączenia rur
a – mufowe, *b* – kielichowe

Lutami miękkimi są stopy na osnowie cyny, cynku, kadmu oraz indu i bizmutu. Ich wytrzymałość na ścinanie $R_t = 20 \dots 80$ MPa. Natomiast luty twarde są stopami na osnowie miedzi, aluminium oraz srebra. Wytrzymałość na ścinanie tych stopów wynosi $100 \dots 250$ MPa.

Naprężenia dopuszczalne w połączeniu lutowanym przyjmuje się dla materiału lutu, stosując następujące wartości współczynników bezpieczeństwa:

- $x \approx 3$ dla obciążeń statycznych,
- $x \approx 5$ dla obciążeń jednostronnie zmiennych,
- $x \approx 8$ dla obciążeń obustronnie zmiennych.

Grubość lutowia w połączeniu powinna wynosić $0,01 \dots 0,15$ mm, przy czym mniejsze grubości dotyczą lutów twardych, a większe – lutów miękkich.

3.4.5. Połączenia klejone

Klejenie jest procesem łączenia metali lub metali z niemetalami za pomocą klejów syntetycznych. Warunkiem poprawnego wykonania połączenia klejonego jest dobra zwilżalność powierzchni klejonych przez klej. Na wytrzymałość złącza klejonego mają wpływ siły spójności klejonego materiału, siły spójności utwardzonego kleju oraz siły przyczepności między klejem a materiałem klejonym.

Proces technologiczny klejenia przebiega w następującej kolejności:

- przygotowanie powierzchni,
- przygotowanie kleju,
- nałożenie kleju na powierzchnie klejone,
- utwardzanie kleju,
- kontrola jakości spoiny.

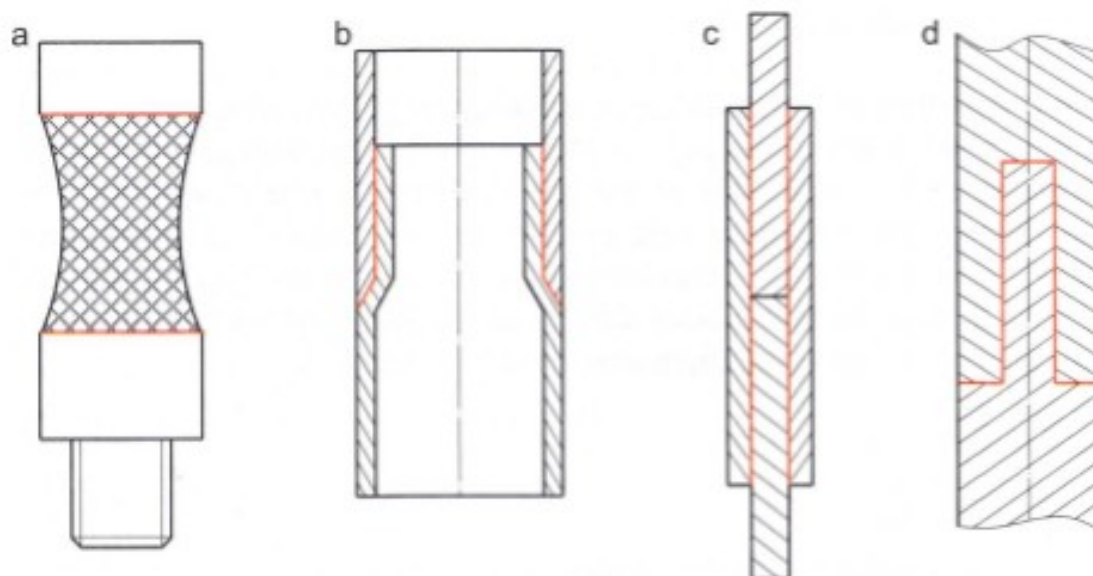
Powierzchnie klejone muszą być czyste, wolne od smarów, produktów korozji, farb, lakierów i innych zanieczyszczeń. Do oczyszczenia powierzchni klejonych stosuje się metody mechaniczne, chemiczne i elektrochemiczne. Przed czyszczeniem powierzchnie odtłuszcza się benzyną ekstrakcyjną, rozpuszczalnikiem tri, tetra, acetonem lub roztworami alkaicznymi.

Połączenia klejone wykonuje się przeważnie jako złącza zakładkowe, rzadziej doczołowe. Złącza doczołowe stosuje się do łączenia elementów metalowych z niemetalowymi o różnych polach powierzchni przekroju poprzecznego (rys. 3.22a). Najkorzystniejsze właściwości mają jednak klejone złącza zakładkowe, nakładkowe i wpuszczane (rys. 3.32b–d).

Niezmiernie ważny jest prawidłowy dobór kleju, odpowiedniego dla łączonych elementów i późniejszych warunków pracy. Równie ważne jest prawidłowe przygotowanie kleju. Kleje suche wymagają podgrzewania, natomiast kleje chemo-utwardzalne trzeba wymieszać z odpowiednim utwardzaczem. Sposób przygotowania kleju zawsze jest podany przez producenta na opakowaniu lub w dołączonej instrukcji.

W handlu dostępna jest duża grupa klejów produkcji krajowej i zagranicznej. Różnią się one przeznaczeniem oraz technologią wykonywania połączeń.

Do klejenia metali stosuje się omówione niżej rodzaje klejów.



Rys. 3.22. Złącza klejone

a – doczołowe, b – zakładkowe, c – nakładkowe, d – wpuszczane

Kleje epoksydowe, produkowane na bazie żywic epoksydowych, są chemo-utwardzalne i przed zastosowaniem wymagają wymieszania z utwardzaczem. Do klejenia metali, jak również do ich laminowania, wykorzystuje się utwardzacze *PAC*, *TFF* lub *Z1*. Klejenie odbywa się w temperaturze pokojowej bez konieczności dociskania łączonych elementów. Najbardziej rozpowszechnionymi klejami z tej grupy są *Epidian* i *Poxipol*.

Kleje fenolowe w połączeniu ze składnikami termoplastycznymi tworzą spoiwa o dużej wytrzymałości i odporności na działanie wody oraz podwyższonej temperatury. Wykorzystuje się je do łączenia aluminium oraz stali niskowęglowych i stopowych. Są one dostępne pod handlowymi nazwami *Borsol* (utwardzany w temp. 70...80°C) oraz *Żywica AW* (utwardzana w temp. 180°C).

Kleje poliuretanowe produkowane w Polsce, mające postać gęstej cieczy, występują pod nazwami *Poles 170/12*, *Poles 220/11*, *Poles 300/8* i *Izokol 102*. Po zmieszaniu z *Izocynem PF-100* utwardzają się w temperaturze pokojowej lub na gorąco w ciągu ok. 30 min. Na klejone elementy należy wywrzeć nacisk ok. 0,2 MPa.

Kleje cyjanoakrylowe występują powszechnie pod nazwą *Cyjanopan*. Są przeznaczone do klejenia metali, szkła, ceramiki, gumy i niektórych tworzyw sztucznych. Charakteryzują się bardzo krótkim czasem utwardzania (kilkadziesiąt sekund) przy docisku ręcznym.

Kleje anaerobowe utwardzają się bez dostępu powietrza w temperaturze pokojowej przez kilkanaście minut. Krajowy *Kolfix* znajduje zastosowanie do zabezpieczania śrub i nakrętek przed odkręcaniem, osadzania łożysk, panewek i tulei oraz do uszczelniania spoin.

Kleje przewodzące charakteryzują się bardzo małą opornością elektryczną. Z powodzeniem zastępują połączenia lutowane, gdy obciążenie nie przekracza 1 A/cm². Polski *Elektroklej* można stosować do montażu diod, tranzystorów i innych elementów elektronicznych małej mocy.

3.4.6. Połączenia wciskowe

Połączeniem wciskowym nazywa się połączenie, w którym wzajemne unieruchomienie łączonych części następuje na skutek tarcia wywołanego przez wcisk.

Połączenie wciskowe powstaje w wyniku skojarzenia części wewnętrznej o wymiarze zewnętrznym większym niż wymiar wewnętrzny części obejmującej (np. skojarzenie czop-piasta). Wciskiem W nazywamy bezwzględną wartość ujemnego luzu L , czyli dodatnią wartość różnicy między wymiarem zewnętrznym czopa i wymiarem wewnętrznym części obejmującej

$$W_{\max} = |-L_{\min}| \quad (3.37)$$

$$W_{\min} = |-L_{\max}| \quad (3.38)$$

Uzyskany wcisk – o wartości

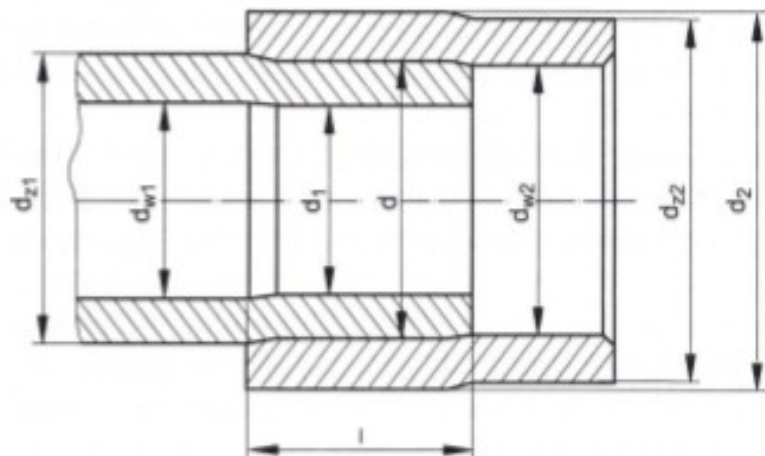
$$W = d_{z1} - d_{w2} \quad (3.39)$$

powoduje docisk na powierzchniach styku, będący wynikiem działania odkształceń sprężystych w łączonych częściach (rys. 3.23). Docisk ten wywołuje z kolei znaczną siłę tarcia, zdolną do przeciwstawienia się siłom wzdłużnym lub momentowi skręcającemu, które obciążają połączenie. Siła wtłaczania powinna być o 30% większa od wzdłużnej siły tarcia w połączeniu.

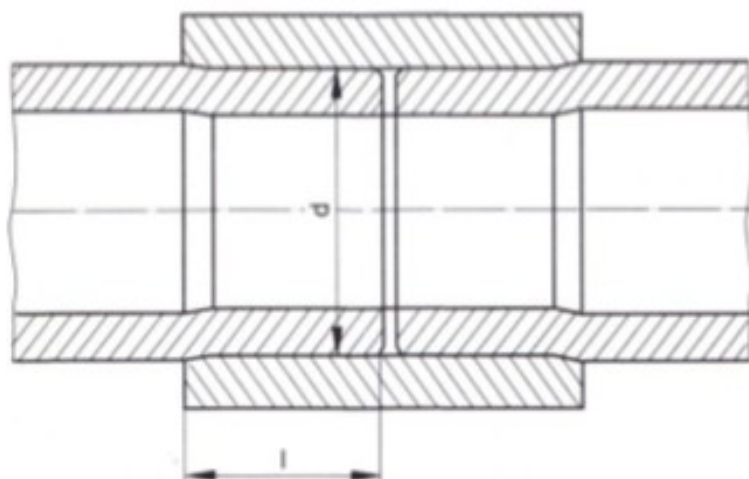
Połączenia wciskowe mogą być **bezpośrednie** (rys. 3.23) lub **pośrednie**, w których wykorzystuje się łącznik w postaci mufy, pierścienia lub innego elementu łączącego (rys. 3.24).

Ze względu na sposób montażu rozróżniamy **połączenia**:

- **wtłaczane**, uzyskiwane w wyniku wciśnięcia czopa w oprawę na prasie;
- **roztlaczane**, powstałe poprzez rozwałcowanie rurowego czopa w otworze oprawy;
- **skurczowe**, tworzone przez podgrzanie oprawy do temperatury umożliwiającej swobodne nasunięcie jej na czop;
- **rozprężne**, wytwarzane dzięki oziębieniu czopa zestalonym CO_2 (temp. -70°C) lub ciekłym azotem (temp. -190°C);



Rys. 3.23. Połączenie wciskowe bezpośrednie – wymiary czopa i oprawy przed zamontowaniem i po zmontowaniu



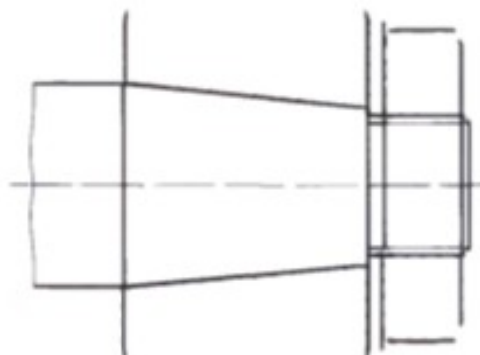
Rys. 3.24. Połączenie wciskowe pośrednie

– **kombinowane (skurczowo-rozprężne)**, stosowane przy dużych wartościach wcisku.

Szczególnym rodzajem połączeń wciskowych są połączenia wtlaczane stożkowe, w których naciski powierzchniowe, a więc i obciążenie, mogą być regulowane wzdłużnym przesunięciem czopa względem oprawy (rys. 3.25).

Podczas montażu połączeń skurczowych i rozprężnych należy zachować dużą ostrożność, aby nie ulec poparzeniu ani odmrożeniu.

Połączenia wciskowe na ogół są nierozłączne. Ponowne skojarzenie zdemontowanego połączenia wciskowego jest możliwe tylko w przypadku małych wcisków oraz dużej twardości i gładkości łączonych powierzchni.



Rys 3.25. Połączenie wtlaczane stożkowe